



Editores:

Maria Antonieta C. Rodrigues

Silvia Dias Pereira

Sergio Bergamaschi

# INTERAÇÕES HOMEM-MEIO

---

nas zonas costeiras: Brasil / Portugal

Rio de Janeiro  
Corbã Editora Artes Gráficas Ltda.  
2013

Interações Homem - Meio nas zonas costeiras: Brasil / Portugal

Editores:

Maria Antonieta da Conceição Rodrigues

Silvia Dias Pereira

Sergio Bergamaschi

Projeto Gráfico, Diagramação e Capa:

Daniela Freire

Otoniel Santos Jr.

Impressão e Acabamento:

Corbã Editora Artes Gráfica Ltda.

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ / REDE SIRIUS / BIBLIOTECA CTC/C

161 Interações Homem - Meio nas zonas costeiras Brasil/Portugal / Editores, Maria Antonieta da Conceição Rodrigues, Silvia Dias Pereira e Sergio Bergamaschi.- Rio de Janeiro: Corbã, 2013.  
296p. : il.

Bibliografia.

ISBN XXXXXXXXXXXX

1. Homem - Influência sobre a natureza. 2. Meio ambiente - Costa - Brasil. 3. Meio ambiente - Costa - Portugal. 4. Geologia estratigráfica - Quaternário. 5. Assentamentos humanos - Aspectos ambientais. I. Pereira, Silvia Dias. II. Rodrigues, Maria Antonieta da Conceição. III . Bergamaschi, Sergio . IV. Título.

CDU 551.7:504

## SUMÁRIO

005	AGRADECIMENTOS	
007	APRESENTAÇÃO	
009	PREFÁCIO	
011	TEMA I	INFLUÊNCIAS DO HOMEM NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS ECOSISTEMAS
013	CAPÍTULO I	O Antropoceno na Baía de Guanabara: características sedimentares, elementos – traço e das razões isotópicas de chumbo em testemunho
041	CAPÍTULO II	Avaliação de impactes antropicos na zona costeira portuguesa
055	CAPÍTULO III	Efeitos antrópicos no entorno da Baía de Sepetiba a partir do século XVII como possível fator atuante na erosão da porção central da Restinga da Marambaia, litoral sul do Rio de Janeiro
083	CAPÍTULO IV	Caracterização geoquímica de sedimentos estuarinos do sul da Península Ibérica como ferramenta para o diagnóstico ambiental
101	CAPÍTULO V	Distribuição de elementos traço e avaliação de risco de toxicidade de sedimentos da Laguna de Aveiro (NW Portugal)
121	CAPÍTULO VI	O caso de Espinho (Portugal): um exemplo das conseqüências das acções antrópicas nas zonas costeiras
137	CAPÍTULO VII	Os escorregamentos da enseada do Bananal e do Morro da Carioca em Angra dos Reis na Baía de Ilha Grande-RJ
147	TEMA II	A COMPONENTE BIOLÓGICA DOS ECOSISTEMAS NA PRESENÇA DO HOMEM
149	CAPÍTULO VIII	Assembléia de diatomáceas da Baía de Guanabara - RJ
183	TEMA III	PARCERIA HOMEM – AMBIENTE : CONSONÂNCIAS E DISSONÂNCIAS



- 185 CAPÍTULO IX Poder e fortificações: Uma abordagem arqueológica da ocupação e defesa do litoral Sul Fluminense
- 199 CAPÍTULO X “Radiografia” de Paraty em 1804: Aspectos antrópicos
- 215 CAPÍTULO XI “Como era verde o meu vale...” pedras, louças, vidros, cachimbos: vestígios do mundo rural no Rio de Janeiro no século XIX
- 233 CAPÍTULO XII O nível do mar - história e perspectivas de investigação
- 243 CAPÍTULO XIII Relações entre a sedimentação quaternária, o condicionamento tectônico e as variações relativas do nível médio do mar no canal central da Baía de Ilha Grande, Rio de Janeiro - RJ
- 261 CAPÍTULO XIV Morfologia de fundo e cobertura sedimentar da Baía de Paraty
- 279 CAPÍTULO XV Caracterização paleoambiental utilizando argilas costeiras de subsuperfície - estudo de caso: Baía de Sepetiba - RJ



## AGRADECIMENTOS

Dando continuidade à divulgação dos resultados produzidos pelo acordo bilateral entre Brasil e Portugal, denominado Rede BrasPor, apresentamos este compêndio que teve o suporte e a colaboração de várias agências de fomento, instituições de ensino e empresas, a saber: Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro – FAPERJ, Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Fundação Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Serviço Geológico do Estado do Rio de Janeiro – DRM, Eletronuclear – Eletrobrás Termonuclear S.A. e Petróleo Brasileiro S.A. – PETROBRAS.

Gostaríamos ainda de registrar os nossos agradecimentos aos centros de investigação científica portugueses, em especial o Centro de Estudos da População Económica e Sociedade – CEPESE e Centro de Investigação Marinha e Ambiental – CIMA/Ualg, que das mais variadas formas deram apoio às pesquisas que possibilitaram este resultado.

Cabe ainda um particular elogio à laboriosa tarefa de Maria de Fátima Belerique.

A editoração desta obra deve-se exclusivamente ao apoio financeiro da FAPERJ a quem direcionamos os nossos mais profundos agradecimentos.

Finalmente, um agradecimento especial aos autores como também aos revisores abaixo relacionados que contribuíram sobremaneira mediante seus comentários e sugestões:

- **Alberto Garcia de Figueiredo Júnior**
- **Antônio Montenegro**
- **Egberto Pereira**
- **Filomena Melo**
- **Helena Polivanov**
- **Hernani Aquini Fernandes Chaves**
- **Ismar de Souza Carvalho**
- **José Maria Landim Domingues**
- **Luiz Carlos Ferreira da Silva**
- **Maria Tereza Toríbio**
- **René Rodrigues**
- **Tomasz Boski**



## APRESENTAÇÃO

Missões de trabalho bilaterais entre Brasil e Portugal demonstraram, em curto espaço de tempo, que seria altamente produtivo incrementar esta colaboração no estudo interdisciplinar de casos fundamentados nas duas margens do Atlântico que ressaltassem as interações Homem-Meio.

Dentro deste contexto e, por iniciativa da UERJ (Universidade do Estado do Rio de Janeiro), realizou-se entre 17 e 18 de junho de 2010 o I Seminário da Baía de Sepetiba – Estado da Arte que visou, principalmente, reunir e consolidar expressivo acervo resultante dos inúmeros trabalhos científicos multidisciplinares ali realizados. Objetivou-se entender as modificações decorrentes das atividades naturais e antropogênicas desenvolvidas na área e suas implicações, formulando propostas e políticas públicas que permitam mitigar e prevenir novos danos com vistas à preservação de tão importante patrimônio.

Segue-se a proposta do CEPES (Centro de Estudos da População, Economia e Sociedade) de realizar no Porto – Portugal uma reunião de reflexão com vistas a intensificar essa parceria. No encontro, ocorrido entre 11 e 12 de outubro de 2010, decidiu-se criar uma rede científica informal focalizada no estudo interdisciplinar das interações Homem-Meio nas zonas costeiras, aqui designada por Rede BrasPor.

Dando continuidade à proposta original, realizou-se, no período de 1 a 4 de abril de 2012, o II Encontro da Rede na Casa da Cultura da aprazível cidade litorânea de Paraty – RJ – Brasil. Foram apresentados, na forma oral e pôster, trabalhos da maior relevância que, na sua grande maioria, atenderam plenamente ao caráter multidisciplinar, e que foram distribuídos em três temas: Influências do Homem nas características físicas

e químicas dos ecossistemas; A componente biológica dos ecossistemas na presença do Homem; e Parcerias Homem – Ambiente: consonâncias e dissonâncias.

Desta forma, à semelhança do primeiro evento que resultou no livro “Baía de Sepetiba – Estado da Arte”, decidiu-se por agrupar os melhores trabalhos expostos e discutidos neste segundo encontro da Rede BrasPor no livro “Interações Homem-Meio nas zonas costeiras Brasil/Portugal” que agora apresento.

Já, há longo tempo, existe uma parceria altamente produtiva entre o CEPES e a FAPERJ (Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro), tendo como base o trabalho de inúmeros pesquisadores da UERJ. E essa parceria ainda resultará em inúmeras pesquisas altamente relevantes, tenho absoluta certeza.

É com grande satisfação que, como Presidente da FAPERJ desde 2007, tenho acompanhado e apoiado tal iniciativa. É missão da FAPERJ estimular atividades científicas como esta, em que se busca a plena interação entre Brasil e Portugal.

Parabenizo os autores dos artigos aqui apresentados, certamente de grande relevância para o perfeito entendimento das relações luso-brasileiras.

Rio de Janeiro, Junho de 2013.

Ruy Garcia Marques  
Presidente da FAPERJ



## PREFÁCIO

Inúmeros trabalhos desenvolvidos por equipes da Universidade do Estado do Rio de Janeiro -UERJ, de Estratigrafia do Quaternário e das modificações decorrentes das atividades naturais e, principalmente, antropogênicas nas zonas costeiras, particularmente na Baía de Sepetiba permitiram a cooperação luso-brasileira e a realização do seminário “**Baía de Sepetiba: Estado da Arte**” junho de 2010, tendo, entre seus excelentes resultados, a criação da Rede Braspor (Rede de cooperação...), com a participação de universidades brasileiras e portuguesas e a publicação de magnífico volume com alguns dos trabalhos apresentados no evento. A Rede Braspor realizou o seu primeiro encontro em outubro de 2010, na cidade do Porto, em Portugal.

Dando continuidade aos trabalhos da Rede, realizou-se, o no período de 1 a 4 de abril de 2012, o II Encontro da Rede Braspor, na cidade de Paraty, RJ. Como no encontro realizado em 2010, reuniram-se os quatorze melhores trabalhos ali apresentados no livro “**Interações Homem-Meio nas zonas costeiras**

**Brasil/Portugal**” organizados nas mesmas seções do II Encontro, a saber: 1) Influências do Homem nas características físicas e químicas dos ecossistemas; 2) A componente biológica dos ecossistemas na presença do Homem; e 3) Parcerias Homem – Ambiente: consonâncias e dissonâncias.

O livro que temos a satisfação de entregar ao público discute os vários aspectos da ação antrópica e seus efeitos no decurso das últimas décadas, incluindo aspectos geomorfológicos e geoquímicos nos corpos de água e seu entorno. Aborda, também, o efeito antrópico na assembleia de diatomáceas da Baía da Guanabara e diversos aspectos históricos e antropológicos da presença do homem em áreas costeiras do sudeste do Brasil e zonas costeiras e ribeirinhas de Portugal, incluindo as variações sedimentares associadas às variações do nível do mar e à movimentação tectônica.

Com esta publicação completa-se, de forma admirável, os trabalhos do **II Encontro da Rede Braspor** para o qual contamos com todo o apoio da FAPERJ (Fundação para o Amparo da Ciência Carlos Chagas).





## TEMA I

---

# INFLUÊNCIAS DO HOMEM NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E QUÍMICAS DOS ECOSISTEMAS







## CAPÍTULO I

---

### O ANTROPOCENO DA BAÍA DE GUANABARA: CARACTERÍSTICAS SEDIMENTARES, ELEMENTOS-TRAÇO E RAZÕES ISOTÓPICAS DE CHUMBO EM TESTEMUNHOS





# O ANTROPOCENO DA BAÍA DE GUANABARA: CARACTERÍSTICAS SEDIMENTARES, ELEMENTOS-TRAÇO E RAZÕES ISOTÓPICAS DE CHUMBO EM TESTEMUNHOS

Luiz Saavedra Baptista Filho<sup>1</sup>, José Antônio Baptista Neto<sup>2</sup> e Mauro Cesar Geraldês<sup>3</sup>

## RESUMO

Variações das características sedimentológicas, dos elementos-traço e dos isótopos estáveis de chumbo ao longo de dois testemunhos coletados na área mais interna da Baía de Guanabara foram associadas a eventos históricos, tornando possível estudar e delimitar diferentes fases de seu Antropoceno. A ocorrência de sedimentos mais finos em plena “Pequena Idade do Gelo”, logo após o descobrimento e das guerras para ocupação, associada à tendência crescente no conteúdo de matéria orgânica, observadas em ambos os testemunhos, indicaram a primeira ação antrópica direta sobre a Baía de Guanabara, sendo aí considerado o início de seu Antropoceno. Alterações quali-quantitativas de palinórfos verificadas no testemunho T8, à época, corroboram para esta delimitação. Variações no testemunho T3 das concentrações de prata, molibdênio e chumbo, bem como das razões isotópicas, durante o século XVIII (ciclo da mineração), marcam o início da segunda fase do Antropoceno que, acompanhada de aumentos nos teores de cobre, manganês, sódio e enxofre em meados do século XIX, se estende até o início do século XX (início da terceira fase). Nesta ocasião, o padrão hidrodinâmico da baía é alterado bruscamente por modificações antrópicas em mais de 10 km de sua orla ocidental, propiciando a deposição de partículas sílticas e consequente maior acumulação dos elementos-traço danosos ao ambiente, até o começo dos anos 50, quando tem início a quarta e última fase. Esta, marcada pela construção do Canal de Imunana, obra

que envolveu construção de barragem e transposições de leitos fúviais a fim de atender à necessidade crescente de abastecimento de água, ocasionou a decantação de partículas predominantemente argilosas e a tendência de estabilização dos elementos-traço em níveis máximos, em meio a quantidades bem elevadas de matéria orgânica. No testemunho T8, considerado representativo das condições ambientais gerais da baía, os resultados das análises isotópicas de chumbo e das Taxas de Suprimento Local (TSL) de onze elementos-traço ratificaram a importância da ação antropogênica do início do século XX. Foi também percebida alguma melhoria ambiental através de análise integrada do cálcio, fósforo e enxofre, entre meados dos anos 70 e o final dos 90, provavelmente atrelada aos resultados dos esforços empreendidos, a partir de então, para preservação da área nordeste da baía. Já no testemunho T3, localizado próximo à franja de mangue litorâneo preservado nesta região, a análise das TSLs mostraram atraso médio de oito anos para impor os efeitos resultantes da redução da energia hidrodinâmica geral da baía sobre a hidrodinâmica litorânea local. As análises isotópicas de chumbo agruparam suas sub-amostras em dois grupos principais, anterior e posterior à adição de chumbo na gasolina, a partir de 1923. Ferro, magnésio e lítio são indicados, nesta ordem, como os melhores normalizadores geoquímicos dos sedimentos da área interna da baía.

**Palavras-chave:** Antropoceno; Baía de Guanabara; Elementos-Traço; Isótopos de Chumbo.

1. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. São Francisco Xavier, 524, sala 4006D, CEP: 22550-013; lsaavbf@yahoo.com.br  
2. Universidade Federal Fluminense, Av. Gen. Milton T. de Souza s/n, 4º andar, lado ímpar, CEP:24210-346; jabneto@id.uff.br  
3. Universidade do Estado do Rio de Janeiro, R. São Francisco Xavier, 524, sala 4024A, CEP: 22550-013; geraldês@uerj.br

## ABSTRACT

Variations of sediment, trace elements and stable isotopes of lead characteristics over two sediment cores collected in the interior of Guanabara Bay, were associated with historical events, making it possible to study and delimit different phases of its Anthropocene. The occurrence of finer sediments in full “Little Ice Age”, soon after the discovery and wars for occupancy associated with the growing trend in organic matter levels, observed in both cores, indicated the first direct human impact in Guanabara Bay, and then considered the beginning of the Anthropocene recorded in the bay. Changes in the qualitative and quantitative analysis of palynomorphs in the sediment core T8 at that time, corroborate these informations. Variations in the concentrations of silver, molybdenum and lead in sediment core T3, as well as isotope ratios during the eighteenth century (the mining cycle), marking the beginning of the second phase of the Anthropocene, followed by the increases in the levels of copper, manganese, sodium and sulfur in the mid-nineteenth century, extends to the early twentieth century (Stage Three). On this occasion, the standard hydrodynamic of the Bay is abruptly altered by human disturbances in more than 10 km from its western edge, allowing the deposition of siltic particles and consequent greater accumulation of trace elements harmful to the environment, until the early ‘50s, when begins the fourth and final phase. This, marked by construction of the Imunana channel, work involving dam construction and transpositions of fluvial beds to supply the growing need for water, caused the settling of particles predominantly clayey and stabilization trend of trace elements at peak levels associated with the high levels of organic matter as well. In sediment core T8, considered representative of the general environmental conditions of the bay, the results of isotopic analysis of lead and Local Supply Rate (TSL) of eleven trace elements ratified the importance of anthropogenic activities and impact the early twentieth century. It was also observed some environmental improvement through integrated analysis of calcium, phosphorus and sulfur, between the mid 70s and late 90s, probably linked to the results of efforts, since then, to preserve the area northeast of the bay. However in sediment core T3,

located near the coastal mangrove fringe preserved in this region, the TSLs analysis showed average delay of eight years to impose the effects of reducing overall hydrodynamics energy of the Bay to the local coastal hydrodynamics. The isotopic analysis of lead grouped their sub-samples into two main groups, before and after the addition of lead in gasoline from 1923. Iron, magnesium and lithium are given, in order, as the best geochemical normalizing sediments of the inner area of the bay.

**Keywords:** *Anthropocene; Guanabara Bay; Trace Elements; Lead Isotopes.*

## INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

### APRESENTAÇÃO DO PROBLEMA

A Baía de Guanabara e sua bacia hidrográfica contribuinte, localizadas no Estado do Rio de Janeiro e abrangendo 13 municípios numa área de cerca de 7600 Km<sup>2</sup>, é um dos ambientes mais degradados do Brasil, tanto do ponto de vista ambiental quanto social, refletindo seu processo de ocupação em seus diferentes estágios e que vem sofrendo drástica destruição nas últimas décadas, com o pleno desenvolvimento do modelo urbano-industrial. Sua paisagem de paraíso tropical foi sendo alterada, inicialmente com a exploração do pau-brasil, depois com sua ocupação e defesa, que levariam a criação da Cidade de São Sebastião do Rio de Janeiro pelos portugueses, em 1565, continuando com os ciclos econômicos da cana-de-açúcar nos séculos XVI a XIX, mineração no século XVIII, café nos séculos XVIII e XIX e, finalmente, com o da industrialização do século XIX aos nossos dias, segundo Amador (1997).

Esses modos de produção acarretaram a ocupação do entorno e das ilhas da Baía de Guanabara descaracterizando-a por retirada de grande parte da vegetação natural composta de mata atlântica e manguezais. Concorreram ainda para essa descaracterização obras de aterramento, tanto de ilhas para construção de aeroportos, quanto da orla, como as realizadas do Caju a Copacabana entre 1902 e 1906 e, a partir da década de 50, para construção da Avenida Brasil, aterro do Flamengo, ponte Rio - Niterói, rodovia Niterói - Manilha e Linha Vermelha. Arrasamento de

morros e retilinizações de alguns canais fluviais que na baía deságuam, entre outras intervenções implantadas formalmente com a concepção “sanitarista”, no século XVIII, e intensificados a partir do início do século XX. A finalidade de tais intervenções seria a de propiciar sustentação para a expansão urbana e industrial. No entanto, tais expansões acabaram por se instalar de forma desordenada devido ao crescimento populacional em escala geométrica.

Atualmente, a região da bacia hidrográfica da Guanabara, que é dividida em 32 sub-bacias, com 91 rios e canais (KJERFVE *et al.*, 1997), conta com uma população de cerca de 11 milhões de habitantes e cerca de 12.000 indústrias (PEREIRA *et al.*, 2007). Centenas delas responsáveis pelo lançamento de quantidades expressivas de poluentes na Baía de Guanabara e nos vários rios e riachos que a alimentam, além do esgoto doméstico *in natura*. Ainda contribuem com carga poluidora na baía 14 terminais marítimos de carga e descarga de produtos oleosos, 2 portos comerciais entre eles o segundo mais importante de país com 1700 navios/ano (FERNANDEZ *et al.*, 2005), diversos estaleiros e marinas, 2 refinarias de petróleo, 2 aeroportos, 2 bases navais, mais de 1000 postos de combustíveis, além de uma complexa rede de transporte de matérias-primas, combustíveis e produtos industrializados permeando zonas urbanas altamente congestionadas.

Segundo Francioni *et al.*, (2007), a bacia da Guanabara hospeda o segundo mais importante distrito industrial do Brasil, despejando nas águas da baía cerca de 20 toneladas/segundo de esgoto bruto. Esta carga orgânica, por outro lado, disponibiliza, anualmente, aproximadamente  $3,2 \times 10^9$  mols de fósforo e  $6,2 \times 10^{10}$  mols de nitrogênio que, aliada à grande quantidade de luz solar e à temperatura da água elevada ao longo do ano, proporciona um dos ecossistemas mais produtivos com uma rede de produção primária média de 0,17 mols de carbono por metro quadrado por dia (CARREIRA *et al.*, 2002).

Assim, a Baía de Guanabara, que até então recolhia a carga sedimentar de sua bacia hidrográfica vinculada por constituir-se em espaço natural de acomodação desses sedimentos, passou a recolher o excedente sedimentar provocado pelas intervenções antrópicas, somado ao aumento de resíduos domésticos (lixo em geral e esgoto) e industriais (óleo, metais pesados, substâncias tóxicas e carga

orgânica) vinculados à expansão das atividades no seu entorno, acarretando a aceleração da perda de área de superfície e de profundidade. Amador (1997), baseado em mapas antigos, iconografias, documentos, relatos e textos históricos, além de cartas geológicas, imagens de satélite e fotointerpretação, calculou que sua superfície, excluindo as ilhas e considerando seu limite externo o arco formado entre as pontas de Copacabana e de Itaipú, e as ilhas do Pai, Mãe e Menina; era de 468 Km<sup>2</sup> em 1500 e atualmente é de 377 Km<sup>2</sup>. Com base em cartas batimétricas antigas e recentes, registros ecobatimétricos e testemunhos de sondagem, calculou que a velocidade média de sedimentação aumentou de 18 cm . 100 anos<sup>-1</sup> no final do século XIX para 24 cm . 100 anos<sup>-1</sup> no início do século XX, alcançando recentemente 81 cm . 100 anos<sup>-1</sup>, com valores absolutos chegando a 500 cm . 100 anos<sup>-1</sup>.

Conforme o citado autor, apesar de seu embrião remeter ao pré-cambriano quando ocorreram os primeiros rasgos estruturais, a Baía de Guanabara instalou-se com a formação da Serra do Mar, do Maciço Litorâneo e do “graben” da Guanabara durante a “reativação Wealdeniana” ocorrida no Cenozóico, quando a drenagem para o então recém-nascido Oceano Atlântico dirigiu-se primeiramente para a Bacia de Campos (Terciário Inferior) e depois para a Bacia de Santos (Terciário Superior ao Quaternário Medio). O sistema de drenagem da bacia da Baía de Guanabara se instalou no último período interglacial (Sangamon), há cerca de 200.000 anos AP, através da captura por erosão remontante de rios que antes se dirigiam para a baía de Sepetiba. Durante o Pleistoceno Superior (Wisconsin) depósitos fluviais da Formação Caceribu, encontrados tanto no continente quanto no assoalho da baía, indicam posição do nível do mar cerca de 100 metros abaixo do nível atual, clima seco, sistema de canais anastomosantes com canais largos e rasos, e linha de costa a dezenas de quilômetros da atual, sobre a plataforma continental (AMADOR - 1980, 1997).

Posteriormente, há 16.000 anos AP, tem início o afogamento gradual por águas marinhas da bacia fluvial pleistocênica, evento denominado Transgressão Guanabarina (AMADOR, 1980), tendo seus detalhes de esculpimento associados às oscilações climáticas e de variações do nível do mar acontecidas durante o

Holoceno, há cerca de 6000 anos. O referido autor então a classifica como um estuário originado pelo afogamento marinho de uma bacia fluvial complexa condicionada por compartimentos estruturais.

#### CAMADA SEDIMENTAR REFERENTE AO ANTROPOCENO

O termo “Antropoceno” foi primeiramente publicado por Crutzen & Stoermer (2000) ganhando, no entanto, maior notoriedade através de publicação intitulada “Geologia da humanidade” na Revista Nature (CRUTZEN, 2002), na qual o primeiro autor, premiado com o Nobel de Química, em 1995, por seu estudo sobre a formação e decomposição do ozônio na atmosfera, a define como fruto dos crescentes efeitos dos seres humanos sobre o meio ambiente global. Atribuiu o termo ao período mais recente em que formas dominadas pelo homem vêm complementando o Holoceno, tendo iniciado, segundo ele, na última metade do século XVIII, quando análises de ar retidas em gelo polar mostraram o início de crescentes concentrações de dióxido de carbono e metano em escala global, coincidente com a invenção da máquina a vapor por James Watt, em 1784, portanto início da era industrial no planeta que, no Brasil, chegou com certa defasagem temporal.

Crutzen (op. cit.) descreve como eventos caracterizadores deste período:

- A rápida expansão da humanidade, em números e em exploração *per capita* de recursos da Terra, que continua em ritmo acelerado. Durante os últimos três séculos, a população aumentou dez vezes, para mais de 6 bilhões e espera-se chegar a 10 bilhões de habitantes neste século;

- A população de gado, grandes produtores de metano, aumentou para 1,4 bilhões;

- Cerca de 30 a 50% da superfície do planeta terra é explorada por seres humanos. Florestas tropicais desaparecem a um ritmo acelerado, liberando dióxido de carbono e aumentando fortemente as espécies em extinção. Construção de barragens e desvio de rio tornaram-se comuns. Mais do que a metade de toda a água doce acessível é usada pela humanidade. A pesca remove mais de 25% da produção primária em regiões oceânicas com ocorrência de ressurgência, e 35% em plataformas

continentais de clima temperado;

- O uso de energia aumentou 16 vezes durante o século XX, aumentando para 160 milhões de toneladas por ano as emissões atmosféricas de dióxido de enxofre, o que é mais que o dobro da soma de suas emissões naturais e;

- Fertilizantes nitrogenados são aplicados na agricultura em quantidade maior do que a fixada naturalmente em todos os ecossistemas terrestres. A produção de óxido nítrico pela queima de combustíveis fósseis e biomassa também sobrepuja as emissões naturais. A queima de combustíveis fósseis e a agricultura têm causado aumento substancial dos gases responsáveis pelo “efeito estufa”, de cerca de 30% para o dióxido de carbono e de mais de 100% para o metano, atingindo seus maiores níveis em 400.000 anos e continuando a subir.

Até agora, esses efeitos têm sido largamente causados por apenas 25% da população mundial. As consequências são, entre outras, precipitação ácida, poluição fotoquímica do tipo nevoeiro (*smog*) e o aquecimento do clima. Assim, de acordo com as últimas estimativas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC), a Terra vai aquecer de 1,4 a 5,8°C, em média, durante este século.

Crutzen (2002) conclui expondo que, com exceção de uma catástrofe global, como o impacto de um meteorito, uma guerra mundial ou pandemia; a humanidade continuará a ser uma grande força ambiental por muitos milênios. A tarefa difícil pela frente está nas mãos de cientistas e engenheiros na orientação da sociedade para a gestão sustentável do meio ambiente durante a era do Antropoceno. Isso requer comportamento humano adequado em todas as escalas, e pode envolver projetos de geo-engenharia em larga escala internacionalmente aceitos como, por exemplo, para “otimizar” o clima.

Crutzen & Steffen (2003) acataram as considerações de Ruddiman (2003) com relação ao início do Antropoceno e concluíram por sua divisão em quatro etapas ou fases distintas descritas na Tabela I:

Tabela I: Fases do Antropoceno global conforme Crutzen &amp; Steffen (2003)

FASES GLOBAIS	PERÍODO	EFEITOS OBSERVADOS
I	De 8000 a 5000 anos AP até 1784 (invenção da máquina a vapor)	Disparidades de valores projetados contra observados de dióxido de carbono (8.000 anos AP) e metano (5.000 anos AP) em testemunhos de gelo, relacionando-as ao desmatamento em grande escala para desenvolvimento da cultura do arroz.
II	De 1784 (Século XVIII) ao início da década de 50	A invenção da máquina a vapor, em 1784, ocasionou clara a aceleração nas tendências de crescimento do gás carbônico, metano e óxido nítrico na atmosfera, acompanhados de outros resíduos industriais dela oriundos, considerado aí o início da segunda fase.
III	Do Início dos anos 50 ao recente	Marcada pelo impacto do homem sobre a economia global e o meio ambiente constatado pelas variações das curvas de 12 indicadores em escala global, nos últimos 250 anos.
IV	Do presente para o futuro	A ser desenvolvida neste século deve ser caracterizada não pela pilhagem dos recursos terrestres e produção de quantidades excessivas de resíduos antropogênicos sendo despejados no ambiente. Deve se pautar, sim, na busca de tecnologias mais limpas e na melhor gestão ambiental objetivando a utilização racional dos recursos restantes da Terra, o controle da população humana e de animais domésticos e, sobretudo, o tratamento e a recuperação do meio ambiente. Em síntese, espera-se gestão responsável do Sistema Terra.

Os autores pontuaram que, de muitas maneiras e não somente no clima, o ser humano influencia o ambiente global, sendo claramente perceptível e sobrepujando, por vezes, a variabilidade natural. Todos os componentes do sistema Terra - atmosfera, terra, mar, zona costeira – estão sendo significativamente afetados por atividades antrópicas. O período do Antropoceno, desde 1950, destaca-se como aquele em que as atividades humanas rapidamente passaram de uma simples influência sobre o ambiente, para seu domínio, de várias formas:

- Impactos antropogênicos na estrutura do sistema Terra (por exemplo, cobertura do solo, estrutura da zona costeira) e funcionamento (por exemplo, ciclos biogeoquímicos), agora igualam ou excedem em magnitude as forças da natureza, muitos em escala global;

- As taxas de alterações antropogênicas são quase sempre muito maiores do que a variabilidade natural. Como exemplo expuseram o estudo de Falkowski *et al.* (2000), no qual observaram que a concentração atmosférica atual de gás carbônico foi atingida a uma taxa, pelo menos 10 e, possivelmente, 100 vezes mais rápida do que os aumentos naturais desse gás durante os últimos 420 mil anos;

- Todas as alterações do Sistema Terra estão ocorrendo ao mesmo tempo, e em muitos casos acelerando de forma simultânea.

Blum & Eswaran (2004) descreveram o Antropoceno como uma época em que o impacto das atividades humanas sobre os ecossistemas excedeu a resultante das forças naturais. Do ponto de vista de

recursos do solo e sedimentos, o Antropoceno pode ser descrito como uma época de degradação, incluindo desertificação, levando a criação de sedimentos e suas decantações. Esclareceram que as forças antropogênicas não estão agindo da mesma forma e com a mesma intensidade em todas as partes do mundo, e nem têm causado os mesmos impactos em todo lugar. Para fins de discussão sobre impactos antropogênicos nos solos e sedimentos, o início do século XVIII foi sugerido, pois os três últimos séculos têm documentado as mudanças da terra e da ecologia em geral.

Os autores informaram que, para os solos, as principais ameaças induzidas por atividades antrópicas são descritas em uma comunicação da Comissão Européia para o Conselho e Parlamento Europeu, intitulada “Rumo a uma Estratégia Temática de Proteção do solo”. No documento são apontadas oito principais ameaças ao solo:

- Erosão criando sedimentos nos cursos d’água;
- Diminuição da matéria orgânica;
- Contaminação difusa e local, respectivamente devido à deposição atmosférica e às práticas de uso específico da terra e de deposição de resíduos, lamas de depuração e outros produtos finais das atividades industriais e urbanas;
  - Impermeabilização ameaçando sua utilização multifuncional;
  - Compactação e deterioração física;
  - Declínio da biodiversidade;
  - Salinização, inundações e deslizamentos de terra e;

– Acidificação devido à deposição atmosférica, considerada uma ameaça indireta. Notaram que a criação de novos sedimentos é o resultado mais relevante de muitos desses impactos sobre o solo.

Nota-se a preocupação de Blum & Eswaran (2004) com parâmetros e eventos de caráter planetário para definição do Antropoceno em escala global, não sendo assim considerado que cada país ou região do planeta tenha momentos distintos do registro do início desta era, por exemplo, em seus sedimentos, conforme sua evolução histórica/social/econômica.

Impactos antropogênicos sobre bacias hidrográficas durante o Antropoceno vêm sendo recentemente estudados e documentados em todos os continentes, em relação às alterações nos recursos naturais, nos regimes hidrológicos, e à degradação geral da qualidade da água nos sistemas aquáticos continentais e costeiros, entre outros impactos que ocorrem com diferenças espaço-temporais, em função de seus diferentes níveis de “desenvolvimento” geral. Neste sentido, visando determinar seus Antropocenos locais, uma série de estudos mais recentes empregando diferentes parâmetros foi iniciada (HOLMGREN *et al.*, 2010; CAI *et al.*, 2011).

Mullins *et al.* 2011, por exemplo, apresentaram registros de alterações climáticas e ambientais holocênicas no centro do Estado de Nova Iorque (EUA), inferidas da variação dos isótopos estáveis de oxigênio e carbono, além das características sedimentares, ao longo de dois testemunhos, no lago Cayuga. Foi possível dividi-los em três intervalos: o primeiro relacionado ao início do Holoceno (11,6 a 8,8 . 10<sup>3</sup> anos); “*Hypsithermal*”, correspondente ao período do Holoceno onde foram observadas as mais altas temperaturas devido à maior insolação no verão, em média 5 % maior que a atual (8,8 a 4,4 . 10<sup>3</sup> anos); e a que cobre o período Neoglacial (4,4 . 10<sup>3</sup> anos ao presente).

Para a região estudada por Mullins *et al.* (2011), o início do Holoceno começou de forma abrupta, com elevação do nível de água do lago gerando lâmina d’água relativamente profunda. Entre 10,8 e 9,2 . 10<sup>3</sup> anos, um clima anormalmente fresco e seco prevaleceu em momento de insolação máxima, o qual tem sido referido como “intervalo climático pós-Younger Dryas”, que durou cerca de 1.600 anos. O “*Hypsithermal*” foi o período mais quente, úmido e biologicamente

produtivo do Holoceno na região, sendo caracterizado em escalas centenária a multi-centenária de variabilidade. O período Neoglacial caracterizou-se por condições climáticas mais frias e secas, níveis do lago em queda, e várias anomalias climáticas proeminentes. Em aproximadamente 2,4 . 10<sup>3</sup> anos, a concentração de matéria orgânica aumentou abruptamente em cerca de 5%, e o nível do lago diminuiu, sendo sua flora dominada por *Chara* sp. durante o mais frio intervalo do Neoglacial.

Inúmeras variáveis dos sedimentos mostraram maior variabilidade a partir de 2.0 . 10<sup>3</sup> anos, continuando até hoje. Dados arqueológicos da literatura sugerem que as populações nativas norte-americanas podem ter sido grandes o suficiente para impactar a cobertura do solo por volta de 2,4 . 10<sup>3</sup> anos, sendo hipótese dos autores que o Antropoceno teria começado nessa época na região.

Também foram encontradas evidências paleolimnológicas para o Período Medieval Quente (1,4 a 0,5 . 10<sup>3</sup> anos), mais aquecido e úmido do que atualmente, bem como para a Pequena Idade do Gelo (500 a 150 anos AP), um período mais frio do que hoje. A comparação deste último período com o citado por Barth (2003) com base em estudos palinológicos na Baía de Sepetiba (825 a 265 anos AP); indica que, no hemisfério sul esta fase mais fria iniciou e terminou antes do verificado no hemisfério norte, apresentando ainda duração superior, de mais de dois séculos (350 anos no norte e 560 no sul). Demonstra assim que, mesmo eventos de caráter global possuem ação diferenciada conforme a posição geográfica.

Ao considerar, ainda, que a pressão antrópica sobre os distintos ambientes se deu, também, de forma espaço-temporalmente diferenciada, conforme seus distintos níveis de desenvolvimento econômico e social; justifica-se plenamente a necessidade de estudos localizados sobre os registros deixados destas distintas evoluções para, ao menos, investigar se as fases descritas por Crutzen & Steffen (2003) são percebidas e confirmadas nos “Antropocenos” locais, e/ou se existem ações antrópicas localizadas que alterariam a classificação sugerida.

A Baía de Guanabara vista como espaço de acomodação de cargas sedimentares naturais e antropogênicas, de áreas conturbadas e industrializadas

sob a influência de sua bacia de drenagem; constitui-se num excelente ambiente para essa investigação. Por ter sofrido ações antrópicas praticamente desde o descobrimento do Brasil, pode ser considerada como representativa do Antropoceno brasileiro.

## OBJETIVOS

Propõe este estudo estabelecer as fases do Antropoceno da Baía de Guanabara através de investigações de sinais da ação antrópica sobre seus sedimentos, baseadas nas variações das características sedimentares, dos elementos-traço e dos isótopos estáveis de chumbo ao longo de dois testemunhos, atrelando tais variações a eventos históricos ambientalmente relevantes ocorridos em seu entorno e interior.

Para atendimento a este objetivo maior, objetivos secundários foram necessários serem atingidos, tais como:

- Estimar a idade das sub-amostras nos testemunhos;
- Explicar as variações dos parâmetros analisados à luz dos eventos, tanto naturais quanto antropogênicos, pelo que a Baía de Guanabara passou ao longo do tempo;
- Identificar, dentre os elementos-traço, aqueles cujas concentrações aumentaram, os que não se alteraram substancialmente, e os que diminuíram ao longo do tempo em ambos os testemunhos;
- Determinar os Fatores de Enriquecimento, bem como as variações locais no suprimento dos elementos-traço cujas concentrações aumentaram em direção ao recente, em ambos os testemunhos;
- Quantificar aumentos e reduções dos elementos-traço, antes e depois da detecção de atividades antropogênicas nos sedimentos;
- Definir, entre os elementos-traço que apresentaram comportamento mais conservativo ao longo dos testemunhos, aqueles que melhor se prestam como normalizadores geoquímicos dos sedimentos da baía;
- Pesquisar as variações das razões isotópicas do chumbo ao longo dos testemunhos analisados, a fim de também correlacioná-las a eventos históricos de forma geral, especificamente verificando se há alguma alteração a partir do momento em que este metal foi adicionado à gasolina, se disse-

minando de forma mais eficiente pela atmosfera; e

- Pesquisar registros fotográficos que ratifiquem os resultados obtidos.

## LOCALIZAÇÃO DOS TESTEMUNHOS E METODOLOGIA DE PESQUISA

### LOCALIZAÇÕES DOS TESTEMUNHOS

Os testemunhos T3 (Lat. 22°45'16"S; Long. 43°04'29"W) e T8 (Lat. 22°44'28"S; Long. 43°06'45"W) se localizam na parte norte-nordeste da Baía de Guanabara, estando o T3 mais próximo da APA de Guapimirim, junto à franja de manguezal associada à atual desembocadura do rio Iriri, tendo sido coletado em lâmina d'água inferior a 1 metro. O T8 se localiza ao norte da ilha de Paquetá sob camada d'água de cerca de 4 metros, estando protegido de aumentos na energia hidrodinâmica provocados por frentes frias que, por vezes, adentram a baía de sul para norte, agindo de forma bastante eficaz sobre a dinâmica de suas águas e dos seus sedimentos. Um terceiro testemunho, T16 (Lat. 22°45'80"; Long. 43°04'72"), coletado a cerca de 4 metros de profundidade foi utilizado inicialmente para estimativa das idades das sub-amostras do T8 (Figura 1). Os testemunhos acima citados foram coletados em 2001 com testemunhador a percussão utilizando tubos de PVC, por equipe do Laboratório de Geologia Marinha da Universidade Federal Fluminense (LAGEMAR/UFF).

Todos os testemunhos estão inseridos numa área classificada inicialmente por Amador (1980) como sendo de baixa energia hidrodinâmica, ou seja, as correntes de maré ali não são intensas, propiciando a sedimentação de material mais fino. Portanto, apresentam grande possibilidade de suas colunas sedimentares não conterem eventos erosivos, salvo se os testemunhos tivessem alcançado épocas de regressão marinha importante.

De fato, Barreto *et al.* (2007) ao realizarem análises palinológicas ao longo do testemunho T8, verificaram bem próximo à sua base, entre 230-235 cm (profundidade abaixo das sub-amostras aqui analisadas), a existência de discordância, ou superfície erosiva, atrelando-a a uma regressão marinha.

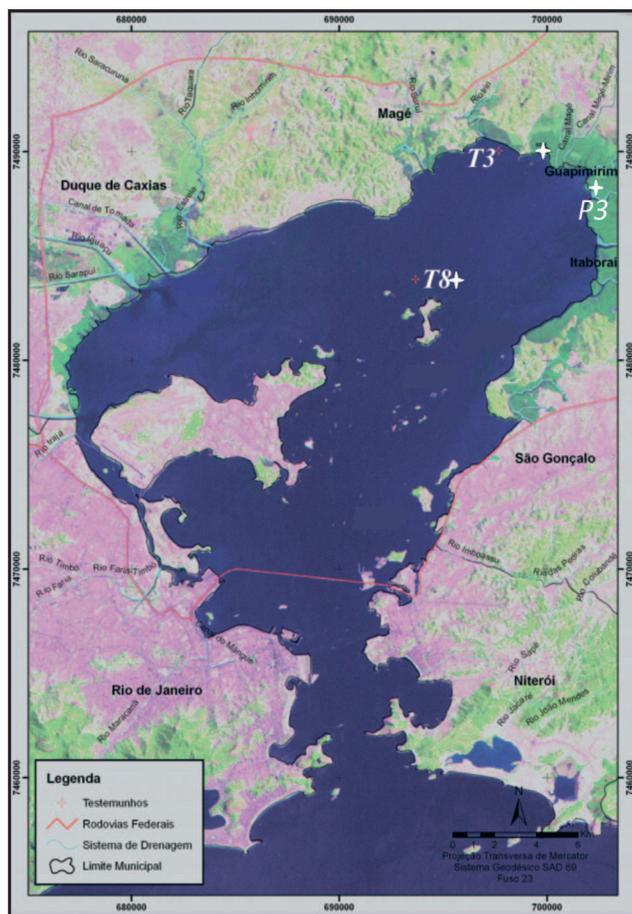


Figura 1: Localização dos testemunhos estudados, bem como o P3 onde Godoy *et al.* (1998) determinaram a taxa (ou velocidade) de sedimentação.

Esta discordância erosiva concorda com a “Síntese da Evolução Geológica da Baía de Guanabara”, de Amador (1980). Baseando-se em sua descrição elaborou-se curva de variação do nível do mar desde o início do Holoceno (Figura 2), na qual se observa elevação gradativa do nível médio das águas marinhas desde 100 metros abaixo do nível atual, acerca de 16000 anos AP, atingindo 3 a 4 metros acima do mesmo entre 6000 e 5000 anos AP (ótimo climático de Bigarella *et al.*, 1970 *apud* Amador, 1980), o que o autor denominou de “Transgressão Guanabarina”.

Embora o autor não tenha mencionado quantos metros abaixo do atual nível do mar chegaram as águas marinhas antes de 4000 anos AP, a superfície erosiva encontrada em T8 e a sua profundidade de coleta, em aproximadamente 4 metros de profundidade, nos permitiram estimá-la em 6 metros. Já a sua idade aproximada, de cerca de 4500 anos AP, foi inferida a

partir da datação de 4210 anos AP a 222 cm do topo de sua coluna (Barth *et al.*, 2004), e sua extrapolação até 235 cm, onde aparecem registros de superfície erosiva.

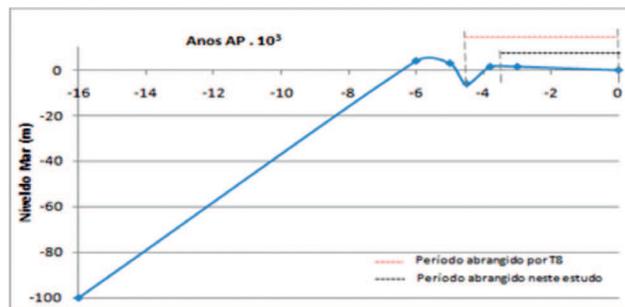


Figura 2: Variação do nível do mar desde o início do Holoceno, estimado das informações de Amador (1980) e do testemunho T8, para o qual é apresentada a abrangência total e a estudada.

Nova transgressão aconteceu entre 3800 e 3000 anos AP, com o nível do mar chegando a 1,5 metros acima do atual, ocasião na qual ocorreu, segundo o autor, a edificação de praias fósseis suspensas. O contorno da baía neste período era semelhante ao atual, no entanto com seus seguimentos truncados pela sedimentação marinha e fluvial mais recente, formando em sua retaguarda lagunas e extensos manguezais que adentravam em muitos quilômetros os canais fluviais. A partir daí não foram verificados registros de flutuações importantes, com o nível do mar gradativamente regredindo ao 0 metro atual.

Portanto, para a parte do T8 estudada, não são esperadas quaisquer superfícies erosivas já que, no período abrangido pelo mesmo, o nível médio do mar esteve, a princípio, sempre acima do atual. Não obstante, há que se considerarem possíveis reduções nas cargas sedimentares aportadas devidas a truncamentos de canais fluviais, que deslocariam suas desembocaduras por ação da dinâmica costeira sobre o terreno afogado, quando da segunda transgressão marinha citada.

A localização mais próxima à costa do testemunho T3, portanto mais perto de fontes, propicia maiores taxas de sedimentação, sendo mais atuais os pacotes recolhidos para análise. Espera-se ser o T3 mais sensível às variações do nível do mar e das fontes de suprimento de sedimentos, bem como aos consequentes processos tanto erosivos, quanto deposicionais que, em sua localidade, são passíveis de ocorrerem.

## METODOLOGIA

Para a determinação dos parâmetros investigados foram empregadas as metodologias descritas a seguir:

– **Datações** – Foram obtidas datações de três sub-amostras do T8, sendo duas destas utilizadas para estimativa da idade de todas as sub-amostras analisadas. Foram determinadas a partir de conchas coletadas ao longo de testemunho e enviadas ao *Center for Applied Isotope Studies, University of Georgia* (USA). No laboratório este material foi atacado com HCl diluído para remover qualquer contaminação superficial. Lavado e seco posteriormente foi tratado a vácuo, com ácido fosfórico concentrado, para recuperar o dióxido de carbono, o qual foi criogenicamente purificado de outros produtos da reação e cataliticamente convertido em grafite. Razões  $^{14}\text{C}/^{13}\text{C}$  do Grafite foram determinadas utilizando espectrômetro acelerador de massa CAIS 0,5 MeV, sendo comparadas a taxas medidas com ácido oxálico I, conforme normas de referência NBS SRM 4990. As razões  $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$  das sub-amostras foram medidas separadamente empregando a razão isotópica estável do espectrômetro de massa, expressa como  $\delta^{13}\text{C}$ , com erro inferior a 0,1 ‰. As datas foram estimadas em anos de radiocarbono antes de 1950, utilizando meia-vida do  $^{14}\text{C}$  de 5568 anos.

As idades das sub-amostras do T3 foram estimadas a partir da velocidade de sedimentação por  $\text{Pb}^{210}$ , calculada por Peixoto (2005).

– **Análises granulométricas** – Foi utilizada difração a laser, cujo princípio se baseia no espalhamento da luz para determinar a distribuição do tamanho das partículas. As análises foram feitas através do equipamento *Malvern Mastersizer Microplus*, MAF 5001, do Laboratório de Sistemas Particulados – PEQ / COPPE / UFRJ, o qual determina a distribuição de tamanhos de partículas na faixa de diâmetro entre 0,5-550  $\mu\text{m}$ . O resultado da análise é a distribuição relativa do volume das partículas na faixa de classes de tamanho. A partir deste resultado foi calculada a mediana da distribuição do volume, que corresponde ao diâmetro médio da amostra.

Sub-amostras de sedimentos contendo partículas com diâmetro superior a 0,5  $\mu\text{m}$  foram analisadas pelos métodos de peneiramento e pipetagem para as frações grossa e fina, respectivamente, e separadas por via úmida utilizando-se peneira com malha de 0,062 mm. O material retido na peneira foi depositado em um béquer e colocado para secar em estufa a 50 °C por 72 horas, para

posterior peneiramento em jogo de peneiras e pesagem das distintas classes de tamanho. O material que passou pela peneira (fração fina) foi depositado em proveta para a execução do método de pipetagem com a finalidade de quantificar o peso de suas classes de tamanho. As sub-amostras foram, então, classificadas baseando-se na distribuição dos pesos nas distintas classes de tamanho e expressas em  $\phi$  ( $\Phi$ ).

Análises estatísticas tradicionais foram realizadas para definir os parâmetros estatísticos: média, mediana, moda, desvio padrão, assimetria e curtose.

– **Matéria orgânica** - As concentrações de matéria orgânica nos testemunhos foram determinadas utilizando-se o equipamento *CS infrared analyser (ELTRA Metalyt 1000CS)*, do Instituto Oceanográfico do Mar Báltico (Alemanha).

– **Elementos-traço e Isótopos do chumbo** – 42 camadas de 2 cm de espessura foram coletadas ao longo dos testemunhos T3 (22) e T8 (20) para determinações das razões isotópicas do chumbo e das concentrações de 36 elementos-traço. Cerca de 2 gramas da fração pelítica das sub-amostras (partículas com tamanho inferior a 0,062 mm) foram separadas no laboratório da Faculdade de Geologia da UERJ e enviadas para o *Activation Laboratories LTD*, em Ontário (Canadá). Análises, com erro calculado em duplicata e utilizando a referência NIST981 para calibração das razões, envolveram digestão total com os ácidos nítrico, hidrocloreídrico, hidrofluorídrico e perclórico, e determinação das concentrações utilizando Espectrofotômetro de Massa por Indução de Plasma (ICP-MS) para os elementos-traço, e Espectrofotômetro de Massa por Indução de Plasma de Alta Resolução (HR ICP-MS) para os isótopos de chumbo, em sub-amostras com concentração de chumbo igual ou superior a 15 ppm.

Imagens de satélite da região, esboço topográfico delas derivado, fotografias, assim como informações gerais sobre alguns elementos-traço pesquisados, foram obtidos da literatura formal e a partir de *sites* de domínio público, como o *Google Earth* e *Wikipédia*.

## RESULTADOS, DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

Foi possível caracterizar e delimitar o Antropoceno nos sedimentos dos testemunhos coletados na área mais interna da Baía de Guanabara, região mais criticamente impactada por atividades antrópicas dos seus arredores e interior; através das variações

das características sedimentares, dos elementos-traço e dos isótopo de chumbo ao seu longo. Além disso, foi possível associar importantes variações a eventos históricos ambientalmente marcantes. No entanto, primeiramente serão abordadas considerações sobre a estimativa da idade das sub-amostras.

Os artifícios empregados de forma diferenciada nos testemunhos permitiram estimativas, em geral, bem precisas, claramente comparáveis e validadas pelas variações dos parâmetros investigados, e pela história.

Em T3 (Figura 3) as idades foram estimadas por interpolação a partir da taxa de sedimentação de  $67 \text{ cm} \cdot 100 \text{ anos}^{-1}$ , calculada por Peixoto (2005), aplicada à camada superficial até 70 cm, e a partir daí em direção à base, a taxa natural de  $19,4 \text{ cm} \cdot 100 \text{ anos}^{-1}$ , calculada por Amador (1980) na região. A contraposição de linhas de tempo calculadas por este método, sobre as variações do cobre, chumbo e zinco, que se apresentaram crescentes em direção ao recente, aliado ao fato citado por vários autores de que as maiores variações seriam encontradas a partir do início do século XX; foram elementos

balizadores para a assunção das estimativas realizadas, ratificadas posteriormente pela variação e história de determinados elementos-traço.

Em T8 (Figura 3b) empregou-se, após várias tentativas, o artifício de estimar a taxa de sedimentação com base em dois pontos datados no testemunho, próximo à base e em sua parte intermediária, procedendo às estimativas das linhas de tempo a partir da datação basal até 100 anos AP, verificando se os centímetros restantes até o recente contemplavam as taxas de sedimentação obtidas neste período, calculadas na região por Amador (1980), Godoy *et al.* (1998) e a obtida em T3. Efetuou-se o cotejo das linhas de tempo com a variação do cobre, chumbo e zinco empregando como fatos balizadores que, da base até 500 anos AP os parâmetros não apresentariam variações importantes, sendo estas observadas dentro dos últimos 100 anos. Atendidos tais critérios, passou-se à estimativa da idade das sub-amostras a partir da datação basal até cerca de 100 anos AP, a partir daí interpolando-as considerando os centímetros restantes, até o recente.

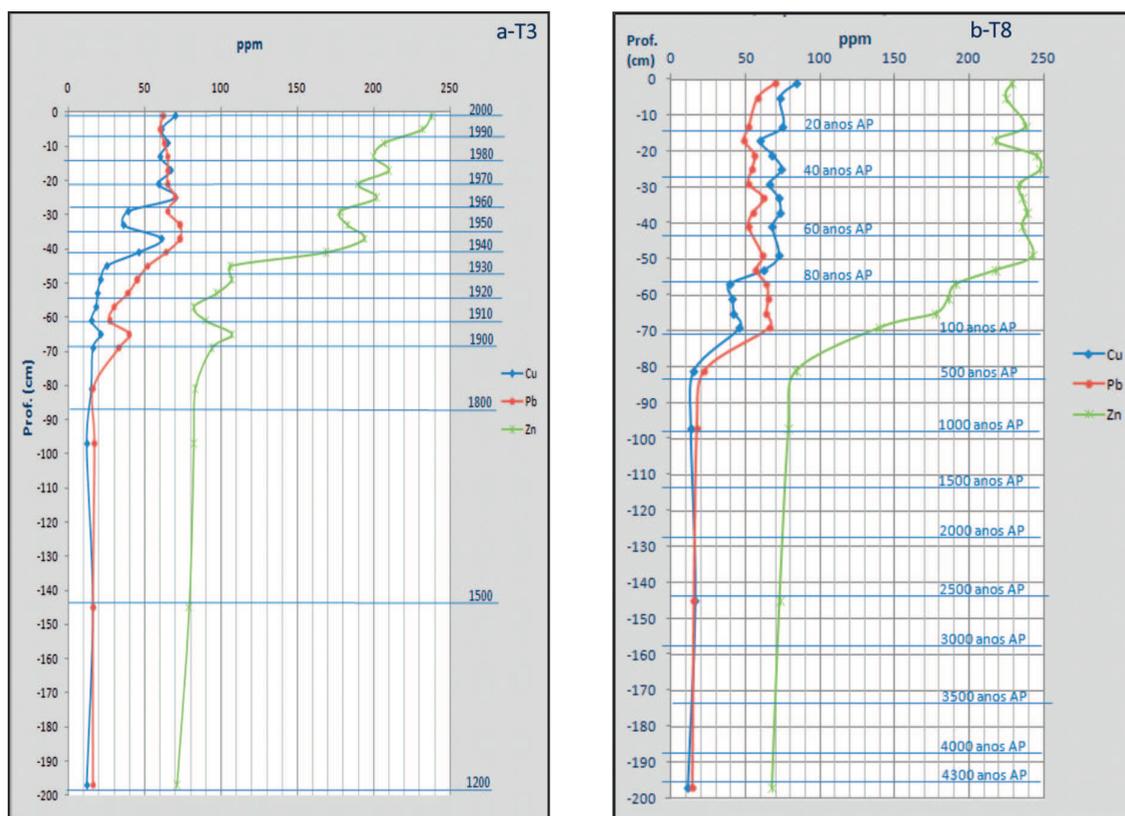


Figura 3: Variação das concentrações de chumbo, zinco e cobre com a profundidade. Em T3 (a), disposição de linhas decadais e seculares calculadas a partir das velocidades de sedimentação. Em T8 (b) dispostas conforme a taxa de  $3,0 \text{ cm} \cdot 100 \text{ anos}^{-1}$ , calculada a partir das datações de 970 e 4300 anos AP a 97 e 197 cm, respectivamente.

Com relação às características sedimentares dos testemunhos, verificaram-se em T3 (Figura 4), mais próximo ao continente e junto à área de manguezais, sedimentos classificados como lamosos em quase toda extensão, exceto pela aparição localizada de lentes de areia fina, sugerindo ser produto de fluxos de tempestade. No entanto, as variações de seus diâmetros médios nas classes de tamanho deste grupo de sedimentos mais finos

(Figura 4b) puderam ser claramente associadas a eventos naturais e antrópicos. De sua base, estimada em cerca do ano de 1370, até próximo de 1500, se observou a mais ampla variação, com os sedimentos tornando-se progressivamente de maior tamanho, sendo por isso associada a um estado regressivo do nível mar o que aumentaria, mesmo que quase insensivelmente, a energia hidrodinâmica local devido à redução da lâmina d'água.

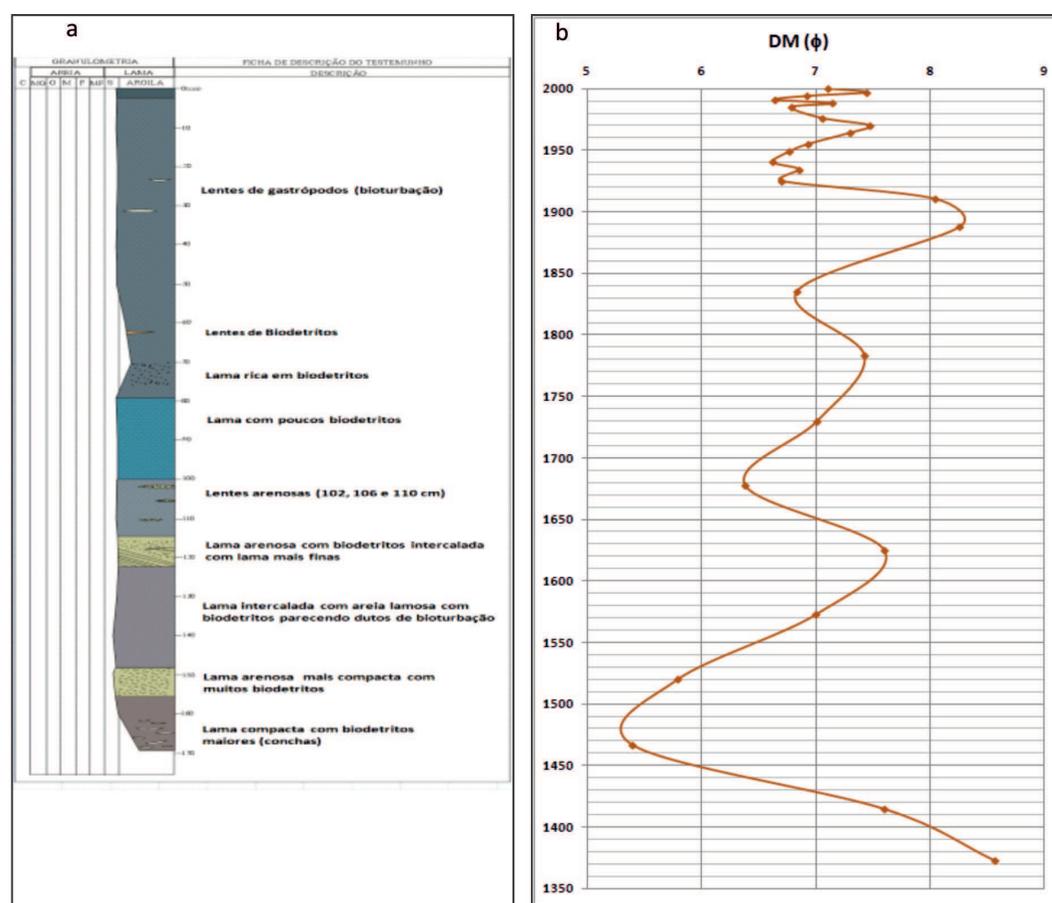


Figura 4: Classificação dos sedimentos com descrição visual e sua representação ao longo do T3, com a escala vertical em cm (a); e variação do diâmetro médio na escala  $\Phi$ , de silte grosso ( $\Phi=5$ ) a argila média ( $\Phi=9$ ) ao longo do tempo (b).

Em cerca de 1520 os sedimentos vão afinando cada vez mais até, aproximadamente, 1620, a partir de então variando no entorno do silte fino até, aproximadamente, 1835. Observa-se, no final do século XIX, transição para sedimentos argilosos, permanecendo nesta classe até a primeira amostra do século seguinte, no entorno de 1910. Marcantes foram a abrupta variação verificada na amostra seguinte, já na década de 1920, e o afinamento progressivo das amostras localizadas entre,

aproximadamente, 1940 e 1970.

A busca das fontes responsáveis pelas variações observadas levou-nos, por um lado, a refletir sobre possíveis pulsos de menor amplitude na variação do nível do mar, ao longo de sua tendência de diminuição progressiva desde cerca de 3800 anos AP.

Por outro lado, indicou não ser o rio Iriri, com canal fluvial meândrico de baixa competência e foz atualmente adjacente à localidade do T3, a principal

fonte de sedimentos, e sim os rios localizados ao nordeste, principalmente Guapi, Guarai e Caceribu (Figura 5). Estes rios fazem parte de uma ampla rede de drenagem que foi antropicamente alterada, segundo Dantas *et al.* (2008), no início dos anos 50 com a construção do canal de Imunana e barragem associada, envolvendo a transposição de rios para fins de drenagens de terras antes não servidas, e para abastecimento de água à população que cada vez mais se expande ao redor,

incluindo a de Niterói. O afinamento crescente dos sedimentos, iniciado nos anos 40 e se estendendo até os 70, foi considerado reflexo desta ação.

As fracas variações verificadas a partir daí até o recente, inclusive um sensível afinamento ao longo dos anos 90, foram associados à continuidade das modificações na rede de drenagem influente, com a construção de novas barragens e retirada de maiores volumes de água para abastecimento.

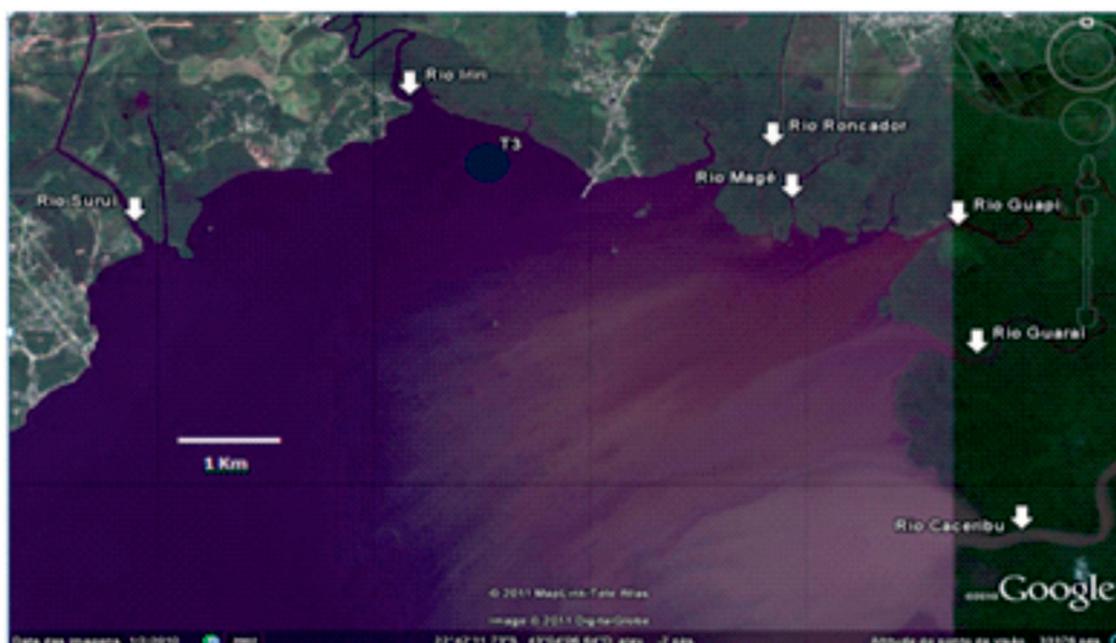


Figura 5: Imagem modificada do *Google Earth* com a localização de T3 e dos principais rios que contribuem com carga sólida em suspensão na região nordeste da Baía de Guanabara.

A escala temporal mais abrangente de T8, considerado mais representativo da região interna da baía por sua localização propícia a influência de várias fontes, inclusive da parte noroeste mais poluída; permitiu verificar tendência geral regressiva com alguns pulsos, através da tendência ao aumento da granulometria de sua base até o início do século XX, a partir daí indicando tendência transgressiva numa primeira vista, através da tendência ao crescente afinamento até o recente (Fig. 6). Entretanto, a distribuição das amostras ao seu longo deixou descoberta a camada sedimentar associada ao período de 434 a 97 anos AP, isto é, entre cerca de nosso descobrimento até o início do século XX.

Outra observação preliminar importante se refere ao abrupto afinamento verificado na amostra estimada

em 434 anos AP (1566), época em que estaríamos sob a ação da Pequena Idade do Gelo, segundo Barth (2003). Durante essa época não seriam esperadas decantações de sedimentos mais finos, pois uma pequena redução da lâmina d'água associada ao esfriamento do clima promoveria aumento da hidrodinâmica local dificultando essa deposição. Esta modificação, também percebida em T3, indicou-nos sinal da primeira ação antrópica direta sobre a baía, registrada em seus sedimentos, considerado fruto dos esforços de guerra dos portugueses contra os franceses e tupinambás para dominação do novo território, estes últimos apresentando redução significativa de população só alcançada novamente, em termos numéricos, no século XIX segundo Amador (1997).

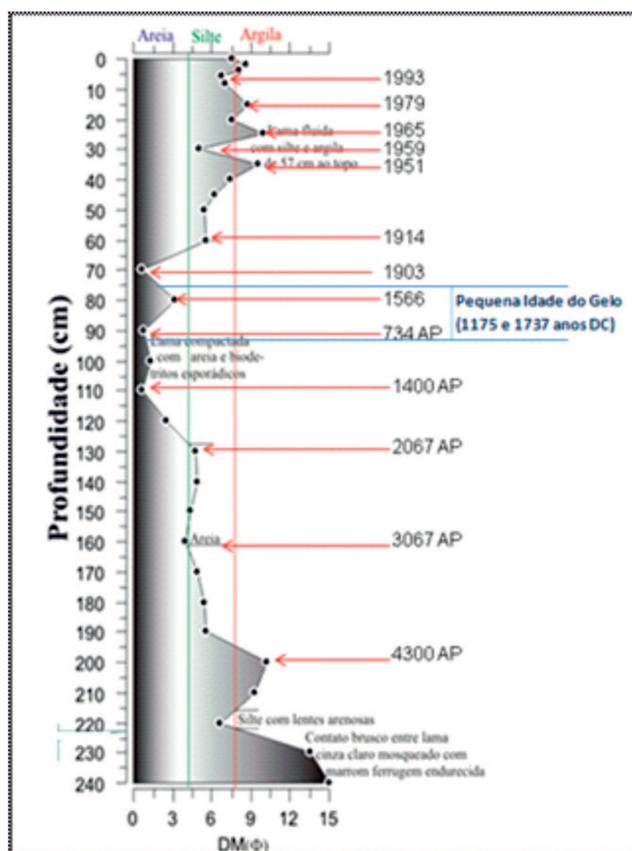


Figura 6: Variação do diâmetro médio e sua classificação ao longo de T8, com descrição visual; alguns pontos com a idade estimada, e com o posicionamento do período referente à Pequena Idade do Gelo, mencionado em Barth (2003).

Duas transições importantes caminhando da parte intermediária do testemunho em direção ao recente foram encontradas: a primeira de sedimentos arenosos para siltosos entre as amostras estimadas nos anos de 1903 e 1914, e de sedimentos siltosos para mais argilosos a partir dos anos 40, no entanto com abrupta inversão dessa tendência entre 1951 e 1959. A busca pelas causas das anomalias mais marcantes verificadas levou-nos a dois eventos antropogênicos considerados relevantes especificamente sobre a baía.

O primeiro se vinculou à alteração produzida em mais de 10 km de sua orla ocidental próxima de sua entrada, desde a área do atual Porto do Rio de Janeiro até Botafogo, que teria alterado o padrão hidrodinâmico da baía, tornando-a menos energética e, conseqüentemente, possibilitando a deposição de sedimentos mais finos. Tais alterações, continuadas com o aterramento para criar a Urca e demais transformações, foram efetuadas durante a gestão do Prefeito Pereira Passos (1902-1906), e constitui-

se de enrocamentos dispostos retilinearmente a certa distância do antigo contorno da orla, nos quais a energia das ondas que adentram a baía se dissipa ou é minimizada. A retaguarda dos enrocamentos era então aterrada com resíduos de morros arrasados e com sedimentos dragados de sua área externa. Registros fotográficos possibilitaram constatar as alterações produzidas, inclusive ao longo do tempo, de algumas localidades desta área, como a região do bairro da Glória, por exemplo (Figura 7).

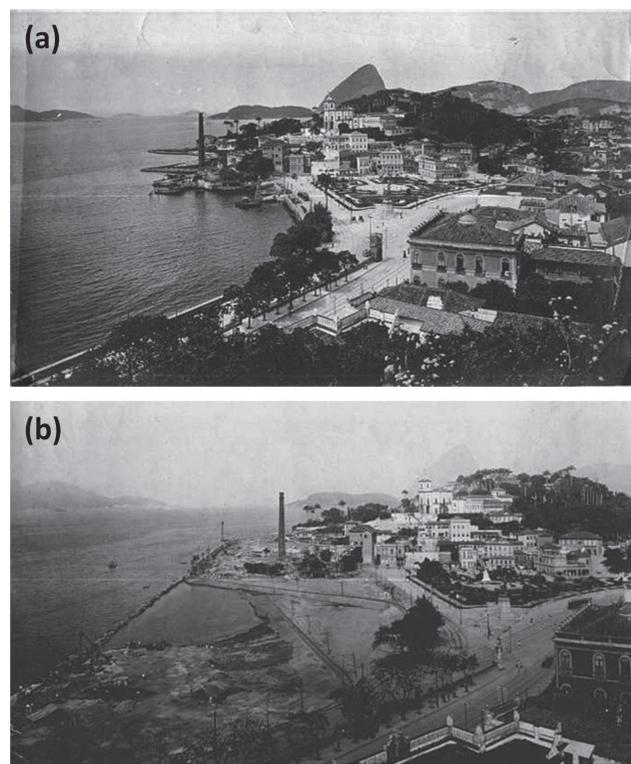


Figura 7: Fotografias da região da Glória em 1902 (a) e em 1903 (b), após início da construção da Av. Beira Mar. A chaminé alta era da companhia de esgoto inglesa que ali se instalou à época (FONTE: <http://www.flickr.com/photos/quadro>)

O rápido aumento da granulometria entre 1951 e 1959, constatado em T3 de forma inversa, foi explicado como redução no fornecimento de finos para áreas mais afastadas das fontes, devida a um provável lapso de reação ambiental causado pela transposição de canais fluviais, construção de barragem e do canal de Imunana. Até que as novas condições de equilíbrio da rede hidrográfica antropicamente estabelecida e bastante influente na região fossem atingidas, o fornecimento de sólidos em suspensão poderia diminuir a ponto de sua pluma não atingir, ou reduzir sua influência sobre a localidade do T8.

As variações dos percentuais de matéria orgânica ao longo dos testemunhos (Figura 8) comprovaram, através de sua tendência geral crescente com algumas variações compreendidas à luz da história local; ser a região que os contém sítio preferencial de produção e acumulação, tanto da matéria orgânica localmente produzida, quanto

da transportada e lá depositada. Mais relevante, no entanto, foi a constatação, em ambos os testemunhos, dos efeitos da ação antrópica sobre essa tendência mais crescente a partir da fase inicial de nossa colonização, confirmando o início do Antropoceno da Baía de Guanabara a partir daí.

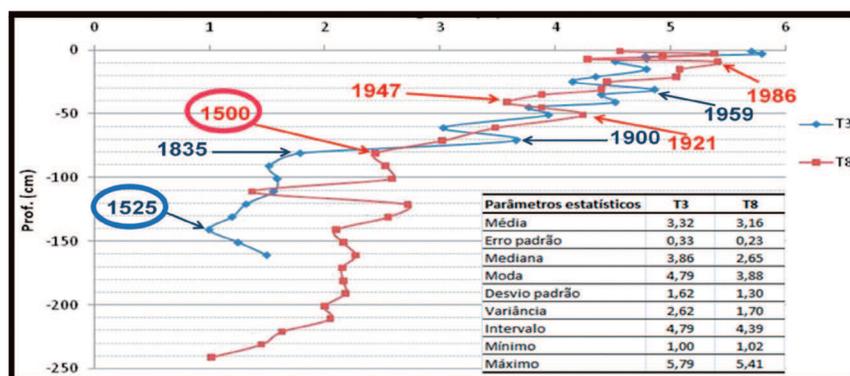


Figura 8: Variação dos percentuais de matéria orgânica com a profundidade e parâmetros estatísticos no T3 (curva azul) e T8 (curva vermelha). Alguns anos localizados nas curvas, estando envolto em círculo os referentes ao início de nossa colonização.

Nota-se nítida mudança na tendência, de decréscimo para acréscimo de matéria orgânica, em 1525 (T3) e 1500 (T8). A partir daí aumentos mais relevantes são verificados entre 1835 e 1900 (T3), associado à época que a cidade do Rio de Janeiro e arredores começaram a viver grande crescimento populacional e industrial, e entre 1500 e 1921 (T8), pontuando, na escala temporal deste testemunho, o início de nosso processo civilizatório como detonador do maior fornecimento de matéria orgânica para a baía. Ambas as curvas continuam a evoluir com variações até as camadas mais recentes, onde atingem valores máximos.

Com relação aos elementos-traço, dos 36 analisados, 7 (Berílio, Bismuto, Mercúrio, Antimônio, Tálcio, Urânio e Tungstênio) foram prontamente descartados por seus teores se encontrarem abaixo ou próximo ao limite de detecção do método de determinação. Com os demais se efetuou uma primeira classificação conforme suas relações com a profundidade, baseada nos valores do coeficiente de correlação de Pearson entre cada elemento e suas variações quantitativas nas sub-amostras dos dois testemunhos (Tabela II). Maior atenção foi dada aos resultados obtidos em T8 por representar as condições ambientais médias da região, vez que sua localização e ação de fluxo e refluxo da maré garantem o alcance de plumas, tanto de áreas

bastante industrializadas, a noroeste, quanto de áreas ainda protegidas, a nordeste da Baía de Guanabara.

As análises conjuntas das variações das concentrações (absolutas e normalizadas) e dos Fatores de Enriquecimento (FEs) dos onze elementos-traço selecionados por possuírem, geralmente em ambos os testemunhos, crescimentos em direção ao recente (elementos escritos em azul na Tabela II); localizaram de forma geral maiores tendências de crescimento e variações a partir do início do século XX.

Foi possível verificar ainda, em T3, que apresentou maior adensamento amostral a partir do século XX, aumentos de concentrações e conseqüentes enriquecimentos de alguns metais e outros elementos-traço, nas amostras datadas em 1751 durante o ciclo da mineração (prata, molibdênio e chumbo, Fig. 9), e em 1835, quando o Brasil começou a industrializar-se (cobre, manganês, sódio e enxofre). A boa relação encontrada entre os eventos ambientalmente relevantes e os elementos-traço associados ratificaram os resultados, mesmo com o menor adensamento amostral na parte médio-inferior do testemunho.

Sinais de alterações no comportamento das curvas foram também observadas, de forma geral, na altura de 1950.

Tabela II: Classificação dos elementos-traço conforme suas relações com a profundidade.

COMPORTAMENTO	ELEMENTO (SÍMBOLO)	COEFIC. CORRELAÇÃO EM T3	COEFIC. CORRELAÇÃO EM T8	CORRELAÇÃO MÉDIA
Aumentam muito em direção ao recente	Sódio (Na)	0,77	0,88	0,83
	Chumbo (Pb)	0,81	0,75	0,78
	Zinco (Zn)	0,78	0,86	0,82
	Prata (Ag)	0,52	0,78	0,65
	Cobre (Cu)	0,74	0,86	0,80
	Manganês (Mn)	0,71	0,85	0,78
Aumentam moderadamente em direção ao recente	Fósforo (P)	0,54	0,82	0,68
	Cádmio (Cd)	0,64	0,74	0,69
	Níquel (Ni)	-0,08	0,58	0,25
Não variam com a profundidade	Enxofre (S)	0,56	0,63	0,60
	Alumínio (Al)	-0,05	0,05	0,00
	Astato (As)	0,15	0,10	0,13
	Cobalto (Co)	0,17	-0,08	0,05
	Ferro (Fe)	0,11	-0,11	0,00
	Gálio (Ga)	0,02	0,14	0,08
	Magnésio (Mg)	-0,24	0,25	0,01
	Escândio (Sc)	0,07	0,03	0,05
	Vanádio (V)	-0,19	-0,23	-0,21
	Ítrio (Y)	0,07	-0,10	-0,02
Diminuem moderadamente em direção ao recente	Bário (Ba)	-0,34	0,04	-0,15
	Cromo (Cr)	-0,27	-0,29	-0,28
	Potássio (K)	-0,41	-0,37	-0,39
	Lítio (Li)	-0,4	-0,47	-0,44
	Molibdênio (Mo)	0,01	-0,31	-0,15
	Estrôncio (Sr)	-0,64	-0,39	-0,52
	Telúrio (Te)	-0,36	0,06	-0,15
	Titânio (Ti)	-0,76	-0,69	-0,73
Diminuem muito em direção ao recente	Cálcio (Ca)	-0,79	-0,76	-0,78
	Zircônio (Zr)	-0,85	-0,77	-0,81

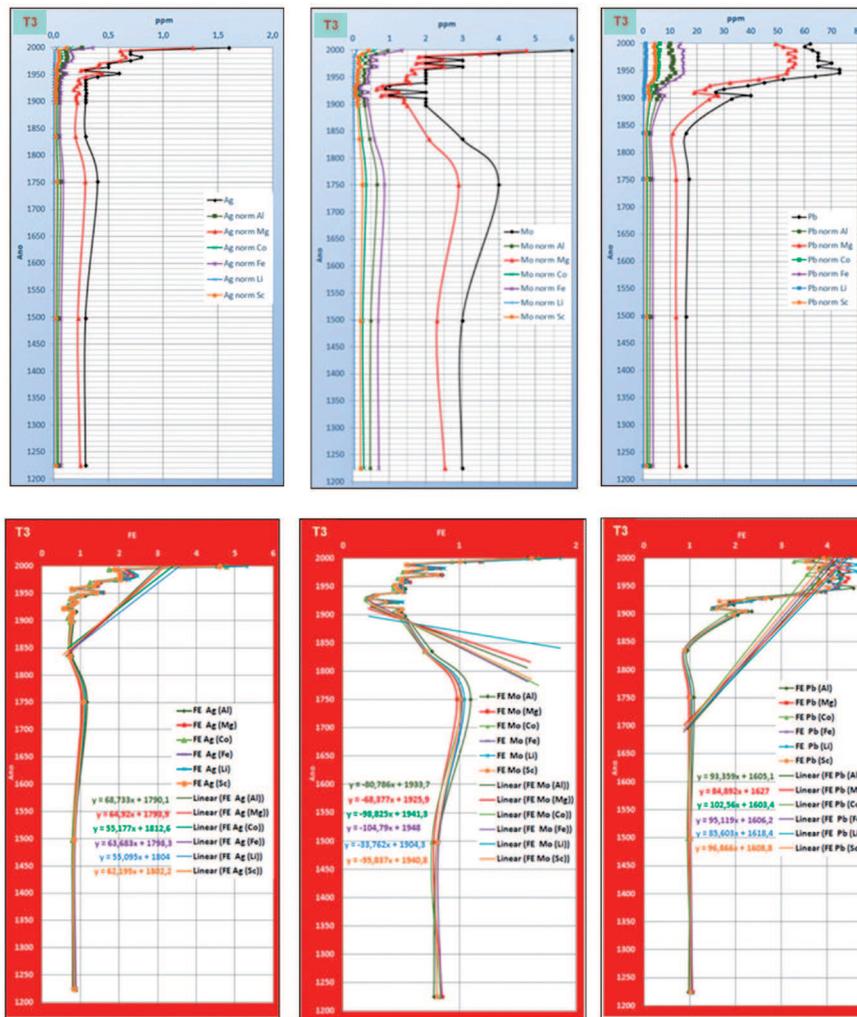


Figura 9: Variações das concentrações absolutas e normalizadas (parte superior) e dos Fatores de Enriquecimento (parte inferior) da Prata, Molibdênio e Chumbo ao longo do testemunho T3, nestes últimos apresentando as equações das retas de tendência das curvas normalizadas com os seis elementos empregados.

A busca de informações gerais sobre certos metais ajudou na compreensão de suas variações, indicando utilização pretérita de alguns deles, por vezes em outros continentes, mas que de alguma forma foram impressas no sedimento da baía. Isto também foi notado pelos tempos iniciais de enriquecimentos antrópicos de alguns elementos ( $FE > 1$ ), calculados das equações das retas de tendência relativas às distribuições normalizadas das

concentrações nas amostras (Tabela III). Os valores médios obtidos em T3 mostram enriquecimentos de cobre, chumbo e zinco a partir do século XVIII, e dos demais durante o século XIX. Já, a maior abrangência do T8 e a ausência de dados durante os citados séculos acabaram por localizar o início do enriquecimento da grande parte dos elementos (exceto molibdênio e telúrio) em tempos anteriores ao nosso descobrimento.

Tabela III: Fator de Enriquecimento (FE ou x) = 1 nas equações das retas de tendência dos Fatores de Enriquecimento dos metais abordados e seus distintos normalizadores geoquímicos, em T3 (acima) e T8 (abaixo), este último com a escala de tempo em anos AP. Valores hachurados correspondem aos mínimos e máximos.

X (norm)	X (Al)	X (Mg)	X (Co)	X (Fe)	X (Li)	X (Sc)	Med (norm)
Ag (T3)	1859	1859	1868	1862	1859	1864	1862
Cd (T3)	1820	1826	1845	1828	1825	1835	1830
Cu (T3)	1784	1789	1794	1787	1789	1790	1789
Mn (T3)	1774	1805	1838	1797	1793	1819	1804
Mo (T3)	1853	1858	1843	1843	1871	1845	1852
Na (T3)	1779	1807	1846	1802	1798	1825	1810
P (T3)	1838	1846	1875	1855	1844	1865	1854
Pb (T3)	1699	1712	1706	1701	1704	1706	1705
S (T3)	1884	1882	1894	1887	1877	1892	1886
Te (T3)	1844	1840	1823	1829	1855	1835	1838
Zn (T3)	1764	1778	1786	1772	1776	1777	1776

X (norm)	X (Al)	X (Mg)	X (Co)	X (Fe)	X (Li)	X (Sc)	Med (norm)
Ag (T8)	1152	1208	1094	1170	1219	1098	1157
Cd (T8)	1329	1340	1223	1321	1382	1239	1306
Cu (T8)	1600	1660	1526	1606	1612	1541	1591
Mn (T8)	1337	1577	1121	1426	1595	1123	1363
Mo (T8)	520	527	569	523	380	562	514
Na (T8)	1439	1725	1289	1557	1714	1233	1493
P (T8)	1128	1339	981	1173	1313	1003	1156
Pb (T8)	1943	1995	2069	2038	2074	1912	2005
S (T8)	1217	1141	1104	1246	1425	1051	1197
Te (T8)	432	436	441	432	477	435	442
Zn (T8)	1722	1743	1635	1711	1605	1629	1674

A análise integrada das Taxas de Suprimento Local (TSLs) dos onze elementos escolhidos permitiu sua divisão em quatro grupos:

– Os que apresentaram, em ambos os testemunhos, variações atuais de TSLs positivas, isto é, indicam crescimento atual no fornecimento local de metal nas duas localidades – cobre (Figura 10), chumbo, telúrio e sódio;

– Os que apresentaram comportamento crescente atual em um dos testemunhos, não sendo verificado o mesmo no outro, indicando alterações importantes no fornecimento local do metal considerado. A prata (Figura 11a) mostrou importante crescimento em T3, enquanto que em T8 notou-se tímido decaimento, sugerindo que T3 estaria recebendo fornecimento atual

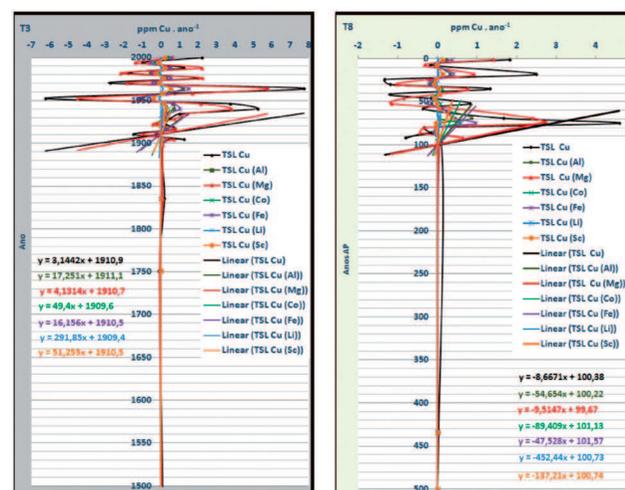


Figura 10: Variação da Taxa de Suprimento Local do cobre nos últimos 500 anos, em T3 (esquerda) e T8 (direita).

deste metal através de suas fontes mais próximas, não chegando, ainda, a influenciar T8.

O zinco (Figura 11b), bastante associado a fontes

de esgoto doméstico, apresentou tímido crescimento em T8 e notório decaimento em T3, sugerindo melhorias no esgotamento sanitário da área que o influencia;

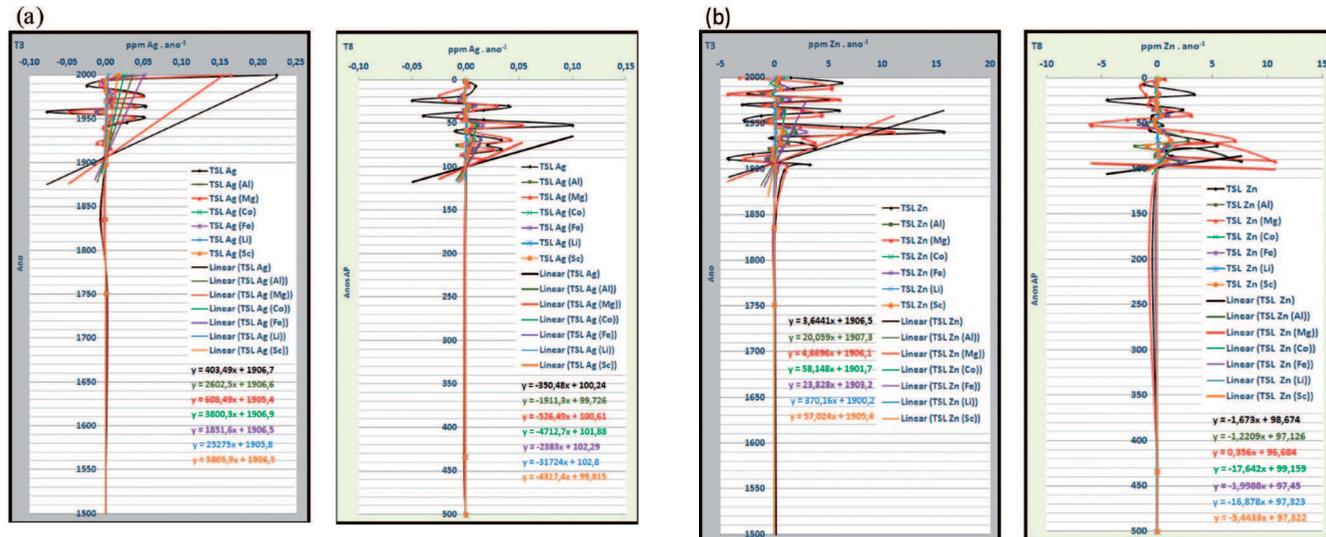


Figura 11: Variação da Taxa de Suprimento Local da prata (a) e zinco (b) nos últimos 500 anos, em T3 (esquerda) e T8 (direita).

– Os que também apresentaram comportamento diferenciado recente, mas foram separados por melhor refletirem as condições de eutrofização natural e antrópica pelo que Baía de Guanabara passou ao longo do tempo - fósforo e enxofre. O relevante decréscimo recente da TSL do enxofre (Figura 12a) em T3 corroborou a hipótese levantada com o zinco quanto à melhoria das condições ambientais desta localidade da baía. Na mesma direção

apontou o crescimento recente da TSL do fósforo (Figura 12b) que, sendo bem associado à produção primária, também indica melhoria da qualidade ambiental. No entanto, redução e aumento nas TSLs mais atuais do fósforo e enxofre, respectivamente, verificados em T8 indicam que esta localidade e, portanto, a Baía de Guanabara de forma geral, apresenta piora recente na qualidade ambiental e;

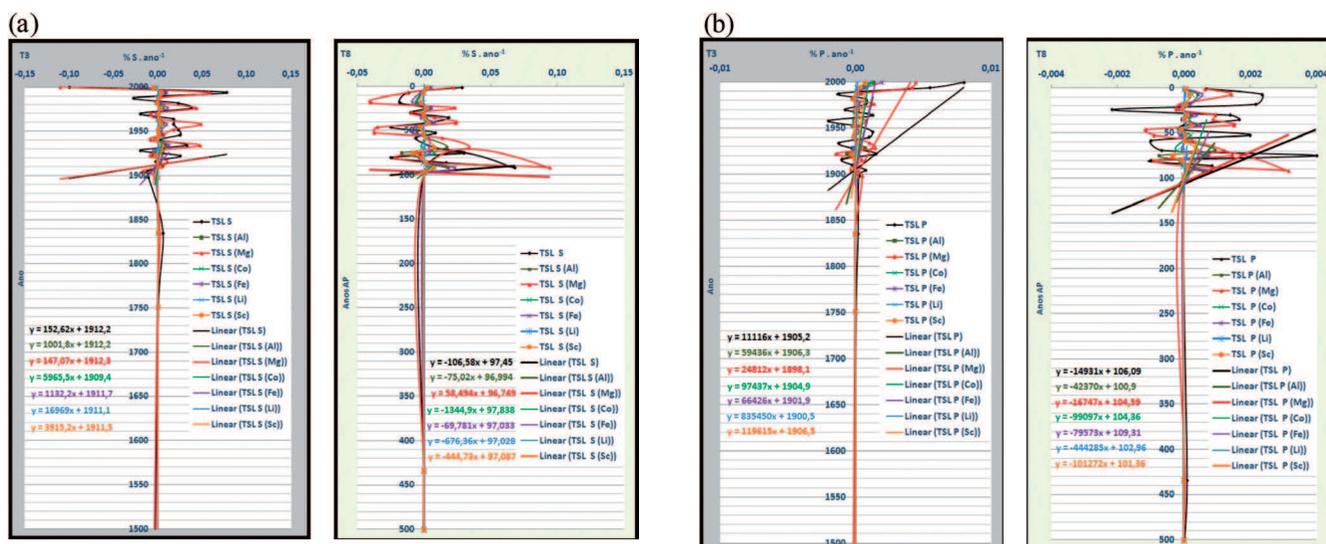


Figura 12: Variação da Taxa de Suprimento Local do enxofre (a) e fósforo (b) nos últimos 500 anos, em T3 (esquerda) e T8 (direita).

– Os metais que apresentaram reduções de suprimentos recentes em ambos os testemunhos, por vezes da mesma ordem que o crescimento verificado imediatamente abaixo sugerindo que processos de migração de metais para níveis abaixo na coluna sedimentar após a sedimentação, o que seria corroborado pelo estado mais fluido das lamas superficiais - cádmio, manganês (Figura 13) e molibdênio.

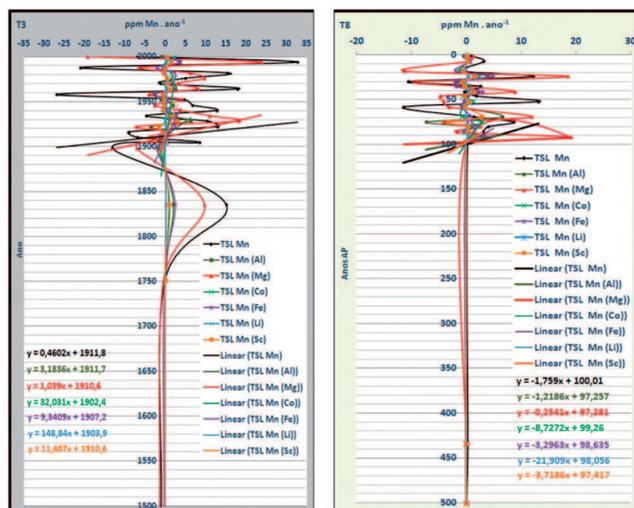


Figura 13: Variação da Taxa de Suprimento Local do manganês nos últimos 500 anos, em T3 (esquerda) e T8 (direita).

De forma geral, variações evidentes de TSL, por vezes opostas nos testemunhos, foram verificadas no início do século XX e nos anos 50, ratificando a influência das alterações antrópicas introduzidas no ambiente da Baía de Guanabara naquelas ocasiões.

Ao considerar  $x=0$  nas equações das retas de tendência associadas às curvas de variações de TSLs, tanto da concentração absoluta quanto das normalizadas desses elementos-traço (Tabela IV); os resultados mostraram que em T8, de forma geral e com exceção do fósforo, os elementos sinalizam o início do século XX, anterior à alteração da orla ocidental da baía, como a época de origem do aumento de suprimento de metais para a localidade, e para a Baía de Guanabara como um todo, se considerada dela representativa.

Em T3 as estimativas mostraram diferença média, para mais, de 8 anos em relação ao T8, sinalizando o atraso dos efeitos vinculados ao aumento de suprimento de metais sobre os sedimentos desta localidade “mais protegida” e relativamente distante de grandes fontes poluidoras da Baía de Guanabara. Também, sua posição próxima à costa torna propício o retardo na sobreposição dos efeitos da hidrodinâmica litorânea, pelos decorrentes da alteração da hidrodinâmica geral

Tabela IV: Cálculo das equações das retas de tendência referentes às Taxas de Suprimento Locais (TSL) das concentrações absolutas e normalizadas dos metais nos últimos 500 anos, considerando TSL (ou  $x$ ) = 0, em T3 e T8, este último com a escala de tempo convertida em anos.

X (norm)	X (Al)	X (Mg)	X (Co)	X (Fe)	X (Li)	X (Sc)	Med (norm)
Ag (T3)	1859	1859	1868	1862	1859	1864	1862
Cd (T3)	1820	1826	1845	1828	1825	1835	1830
Cu (T3)	1784	1789	1794	1787	1789	1790	1789
Mn (T3)	1774	1805	1838	1797	1793	1819	1804
Mo (T3)	1853	1858	1843	1843	1871	1845	1852
Na (T3)	1779	1807	1846	1802	1798	1825	1810
P (T3)	1838	1846	1875	1855	1844	1865	1854
Pb (T3)	1699	1712	1706	1701	1704	1706	1705
S (T3)	1884	1882	1894	1887	1877	1892	1886
Te (T3)	1844	1840	1823	1829	1855	1835	1838
Zn (T3)	1764	1778	1786	1772	1776	1777	1776

X (norm)	X (Al)	X (Mg)	X (Co)	X (Fe)	X (Li)	X (Sc)	Med (norm)
Ag (T8)	1152	1208	1094	1170	1219	1098	1157
Cd (T8)	1329	1340	1223	1321	1382	1239	1306
Cu (T8)	1600	1660	1526	1606	1612	1541	1591
Mn (T8)	1337	1577	1121	1426	1595	1123	1363
Mo (T8)	520	527	569	523	380	562	514
Na (T8)	1439	1725	1289	1557	1714	1233	1493
P (T8)	1128	1339	981	1173	1313	1003	1156
Pb (T8)	1943	1995	2069	2038	2074	1912	2005
S (T8)	1217	1141	1104	1246	1425	1051	1197
Te (T8)	432	436	441	432	477	435	442
Zn (T8)	1722	1743	1635	1711	1605	1629	1674

da baía devida à modificação de seu litoral ocidental. Tal lapso de reação do ambiente foi verificado nos gráficos, nesta época, através dos comportamentos opostos das TSLs em boa parte dos elementos, isto é, enquanto geralmente em T8 foi verificado aumentos importantes no início do século XX, em T3 notou-se tendência ao decréscimo de concentrações.

Os percentuais de aumentos e reduções médios verificados nos últimos 500 anos (Tabela V) permitiram a classificação quantitativa de todo o elenco de elementos-traço levantados, excetuando aqueles em que predominaram concentrações abaixo do limite de detecção do método empregado.

Tabela V: Percentuais de redução e de aumento dos 29 elementos químicos nos últimos 500 anos, calculados em ambos os testemunhos com base na média das concentrações absolutas obtidas nas sub-amostras anterior e posteriormente a esta idade estimada.

ELEMENTO	T3		T8	
	% REDUÇÃO	% AUMENTO	% REDUÇÃO	% AUMENTO
Ag	-	70	-	190
Al	-	-	-	10
As	-	10	-	-
Ba	-	-	-	-
Ca	50	-	50	-
Cd	-	60	-	100
Co	-	20	-	10
Cr	-	-	-	-
Cu	-	220	-	340
Fe	-	10	-	-
Ga	-	-	-	-
K	-	10	10	-
Li	-	-	10	-
Mg	-	10	-	-
Mn	-	20	-	30
Mo	20	-	20	-
Na	-	30	-	50
Ni	-	10	-	10
P	-	20	-	50
Pb	-	210	-	260
S	-	-	-	30
Sc	-	10	-	10
Sr	20	-	20	-
Te	20	-	-	10
Ti	10	-	10	-
V	-	10	-	-
Y	-	-	-	-
Zn	-	110	-	180
Zr	30	-	30	-

– Os metais pesados que apresentaram percentuais de aumento importantes em ambos os testemunhos foram o cobre, chumbo, zinco, prata e cádmio, em azul escuro na ela acima;

– Os elementos-traço, em azul claro, que mostraram aumentos de até 50%, considerados moderados, foram o manganês, o sódio que indica maior influência marinha, fósforo e enxofre, este último não apresentando variação em T3, mas atingindo 30% em T8.

– O grupo de elementos-traço que apresentaram tanto reduções quanto aumentos de até 20%, considerados fracos (na cor mostarda), foram o alumínio, astato, cobalto, ferro, potássio, lítio, magnésio, molibdênio, níquel, escândio, estrôncio, telúrio, titânio, vanádio, além do bário, gálio, ítrio e cromo que não apresentaram qualquer variação em ambos os testemunhos. Este resultado obtido com o cromo foi surpreendente tendo em vista sua indicação por Baptista Neto *et al.* (2006) e Perin *et al.* (1997) como um dos poluentes preocupantes atualmente. No entanto o exame variações dos seus FEs (Figura 14), indicaram enriquecimentos durante a década de 30 em ambos os testemunhos, que podem ser associados ao desenvolvimento industrial da época, e na década de 80, somente no T3. Deduziu-se, então, ou que este metal migrou na coluna sedimentar para níveis mais abaixo, ou que atualmente suas emissões foram restringidas e mais localizadas; e

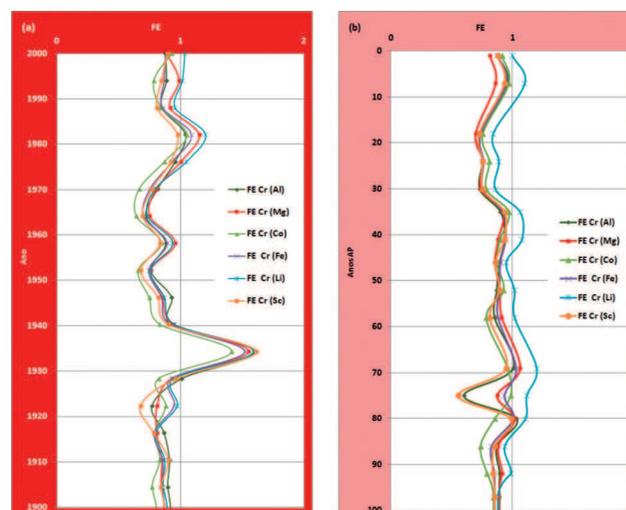


Figura 14: Variação dos Fatores de Enriquecimento do cromo nos últimos 100 anos ao longo de T3 (a) e T8 (b), calculados com os elementos-traço normalizadores utilizados.

– Os que apresentaram reduções consideradas moderadas como o zircônio (30% em ambos os testemunhos) e importantes como o cálcio (50% nos dois testemunhos). O exame do comportamento deste último elemento, analisado conjuntamente com as variações de fósforo e enxofre, além de informações obtidas de Figueira (2006) referentes às carapaças calcárias geralmente desgastadas de foraminíferos bentônicos; indicaram, que este elemento é bastante

requerido na região para equilibrar o pH mais ácido da água intersticial. Através do comportamento conjunto dos elementos supracitados, verificado na Figura 15, pode ser ratificada a melhoria mais recente das condições ambientais de T3, bem como, em T8, entre meados das décadas de 70 e 90, sendo esta última muito provavelmente fruto dos esforços do Prof. Amador e de outros, para instituir a Área de Preservação Ambiental de Guapimirim, na época, e outras que surgiram a partir daí, principalmente na área norte e nordeste da baía. No entanto, o indício de piora recente dessas condições em T8 justificam investigações futuras.

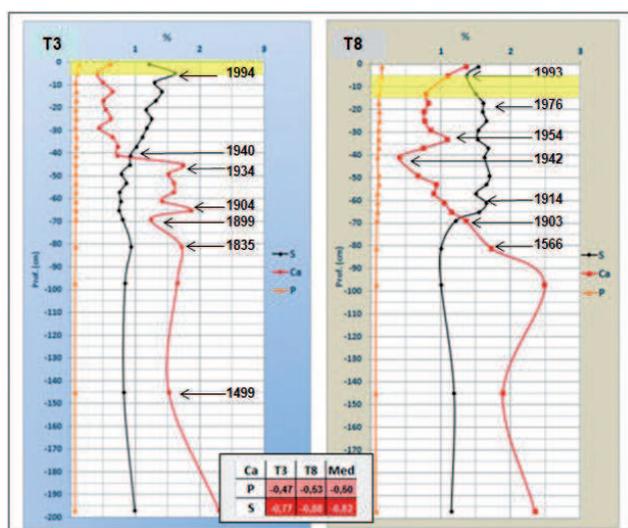


Figura 15: Concentrações absolutas de cálcio, enxofre e fósforo ao longo de T3 (esquerda) e T8 (direita), e ela de correlação desses elementos. Escala vertical em centímetros com algumas idades estimadas. Partes em amarelo indicam épocas de melhorias nas condições ambientais.

Foram utilizados seis elementos-traço como normalizadores geoquímicos, sendo cinco citados na bibliografia, e o magnésio, escolhido pelos comparativos menores intervalo de valores, variância, erro-padrão e desvio-padrão. Notou-se também que, em geral, a curva normalizada com o magnésio de um determinado elemento-traço apresenta maior similaridade com a de concentração absoluta, tanto nos gráficos de variação da concentração dos elementos-traço com o tempo, quanto nos de Taxa de Suprimento Local (TSL), indicando-o como um bom normalizador, de forma geral, em ambos os testemunhos.

Entretanto, o ferro se mostrou como elemento normalizador mais intermediário, tanto nos cálculos das distintas equações relacionadas às curvas de Fatores de Enriquecimento (FE = 1, vide Tab. III), quanto das vinculadas à Taxa de Suprimento Local (TSL = 0, vide Tabela IV), neste último sendo possível perceber alguns anos coincidentes com os calculados com a concentração absoluta.

Através da verificação da média das correlações de Pearson médias obtidas com os 6 normalizadores no universo dos 29 elementos-traço analisados quanto aos FEs (Tabela VIa), como também as obtidas com estes normalizadores e a concentração absoluta nos 11 elementos onde a TSL foi examinada (Tab. VIb), conclui-se que o ferro, magnésio e lítio, nesta ordem, são os metais que melhor se prestam a compensar os demais elementos em análise dos efeitos da variação da granulometria, em sedimentos da área interna da baía onde a grande quantidade de matéria orgânica e condições redutoras comandam os processos de fixação de metais nos sedimentos (PERRIN *et al.*, 1997; MACHADO *et al.*, 2004).

Tabela VI: Valores médios de correlação obtidos para cada normalizador, referente aos dados de Fator de Enriquecimento nos 29 elementos (a) e aos de Taxa de Suprimento Local dos 11 elementos selecionados (b), nos dois testemunhos e com a média dos mesmos.

(a)	T3	T8	Med.	(b)	T3	T8	Med.
Al	0,79	0,73	0,76	Al	0,85	0,62	0,73
Mg	0,83	0,78	0,80	Mg	0,87	0,80	0,83
Co	0,79	0,68	0,73	Co	0,80	0,52	0,66
Fe	0,85	0,82	0,83	Fe	0,89	0,78	0,83
Li	0,80	0,71	0,76	Li	0,88	0,73	0,80
Sc	0,80	0,71	0,75	Sc	0,85	0,61	0,73

As análises da variação dos isótopos de chumbo em separado, ao longo dos testemunhos, possibilitou localizar variações importantes, ratificando conclusões anteriores. Os decréscimos verificados em T3 (Figura 16, parte su-

perior), entre cerca de 1500 e os séculos XVIII/XIX, indicou alterações de fontes mais influentes promovidas pelo ciclo da mineração e início do da industrialização que se seguiu, ambos desencadeando o crescimento da atividade

portuária no interior da baía. Sugerem, por consequente e em consonância com o aumento da concentração de certos elementos-traço, como anteriormente descrito, a segunda fase do Antropoceno na Baía de Guanabara, na qual se observa influência antrópica direta mais nociva ao seu ambiente, mas ainda considerada não impactante.

A inexistência de amostras em T8 durante este período impossibilitou análises correlatas (Figura 16, parte inferior). No entanto, notórias variações foram encontradas em ambos os testemunhos, por vezes com

picos invertidos numa mesma época na parte mais recente, de maior adensamento amostral. Principalmente os picos verificados no início do século XX e nos anos 50, entremeados por outros mais ou menos importantes, refletem mais uma vez a marca das alterações antrópicas introduzidas especificamente nestas ocasiões, e mostra a introdução de chumbo de diferentes origens, portanto com diferentes assinaturas isotópicas, requerido na consolidação do modelo urbano-industrial e/ou deste modelo decorrente, gerando as inconstâncias verificadas.

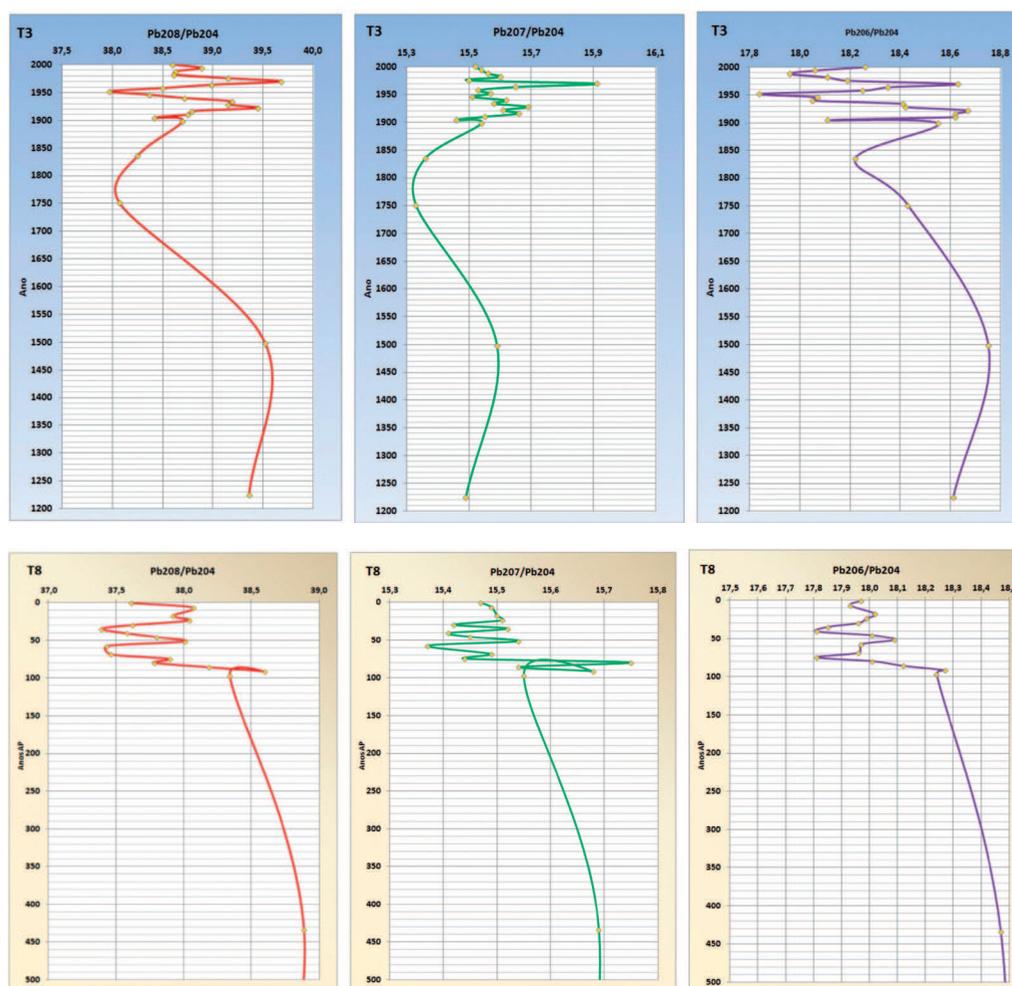


Figura 16: Variação das relações  $Pb_{208}/Pb_{204}$ ,  $Pb_{207}/Pb_{204}$  e  $Pb_{206}/Pb_{204}$  ao longo de T3 (parte superior), bem como de T8 (parte inferior) nos últimos 500 anos.

Portanto, de forma concordante com Crutzen & Steffen (2003), o ano 1950 marcou o início do que seria a terceira fase do Antropoceno para os autores, percebido em ambos os testemunhos por todas as vias analíticas empregadas e intensificado localmente pela construção do canal de Imunana.

Entretanto também foi notada a ação antropogênica realizada no início do século XX, verificada em todas as análises, que propiciou alteração no padrão sedimentar, crescimentos mais importantes de matéria orgânica, ambos favorecendo a fixação crescente de metais, até os anos 50 quando atingem valores mais elevados. Efetuou-

se, em decorrência, a divisão da segunda fase geral dos supracitados autores, em duas para a Baía de Guanabara: uma que vai de meados do século XVIII ao início do século XX, e outra que se estende daí até os anos 50, caracterizada por impactos crescentes em função da aceleração do processo de industrialização verificado no período, somado à explosão demográfica de seu entorno e interior.

A comparação da faixa de variação de uma mesma relação isotópica nos dois testemunhos, mostrou que as localidades que os representam apresentam influências de fontes de chumbo comuns, no entanto certamente possuem dominância de fontes distintas.

Outra informação relevante foi obtida através dos gráficos que associam os três isótopos estáveis de chumbo ( $Pb_{207}/Pb_{206}$  contra  $Pb_{208}/Pb_{206}$ ), em ambos os testemunhos. Notou-se nítida tendência de separação das amostras em dois grupos: amostras mais antigas e mais recentes.

Em T3 (Figura 17) separou-se esses grupos, com

apenas uma discordância (amostra 1904), em amostras entre 1225 e 1922 e entre 1928 e 2000. Mostrou assim e apesar de mascarado por outras fontes neste testemunho, que a adição de chumbo na gasolina a partir de 1922 segundo Nriagu (1990), teve significado ambiental sobre a dispersão das amostras.

Em T8 (Figura 18) separou-se as sub-amostras de 4300 a 97 anos AP (esta última igual a 1903), das de 92 a 1 ano AP (1908 a 2000), estando as sub-amostras limites consecutivas sinalizadas com setas vermelhas. Indicou, ratificando mais uma vez, a redução da hidrodinâmica geral da baía provocada pela alteração de cerca de 10 km de sua orla ocidental; como a principal causa da separação das sub-amostras mais antigas das mais recentes. A influência da adição de chumbo na gasolina pode, também, ser associada à localização das amostras 80 e 75 anos AP (1920 e 1925, sinalizadas por setas rosas), em áreas extremas do gráfico, acima e abaixo respectivamente, da reta de melhor ajuste dos valores das amostras.

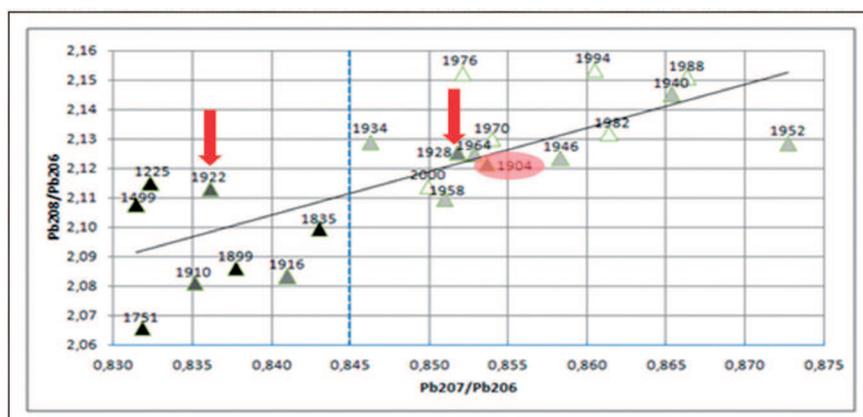


Figura 17: Relações  $Pb_{207}/Pb_{206}$  X  $Pb_{208}/Pb_{206}$  nas sub-amostras do testemunho T3 separadas pela linha com valor da relação  $Pb_{207}/Pb_{206} = 0,845$ , em destaque. A amostra discordante está hachurada, e as anterior e posterior à adição de chumbo na gasolina sinalizadas por setas.

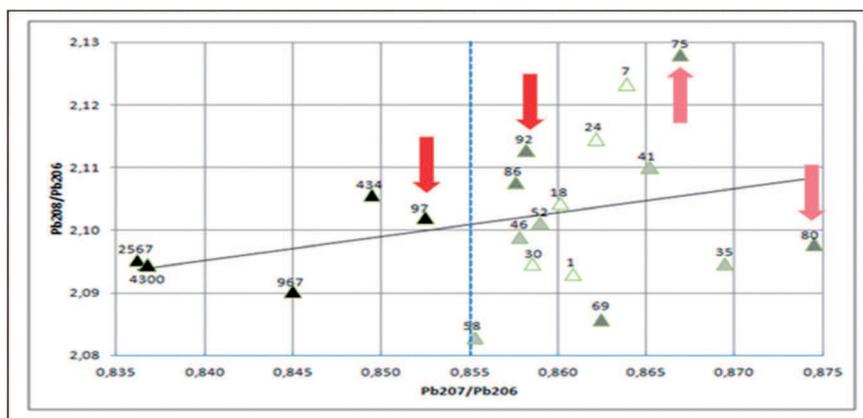


Figura 18: Relações  $Pb_{207}/Pb_{206}$  X  $Pb_{208}/Pb_{206}$  nas sub-amostras do testemunho T8 separadas pela linha com valor da relação  $Pb_{207}/Pb_{206} = 0,855$ , em destaque.

Por fim, com relação à camada sedimentar referente ao Antropoceno, esta foi delimitada pela variação granulométrica ao longo dos testemunhos estudados, a partir do início de nosso processo civilizatório / exploratório / colonialista, sendo nesta época observada redução pontual da granulometria e início de crescimentos relevantes de matéria orgânica a partir de cerca de 1500, em pleno período denominado “Pequena Idade do Gelo”. A esta época sedimentos relativamente mais grossos dominavam em função da pequena redução no nível do mar, produtora de energia hidrodinâmica mais eficaz sobre os sedimentos da baía de forma geral e, principalmente, nas áreas próximas à costa.

Outra observação relevante foi obtida a partir da pesquisa conduzida por Barreto *et al.* (2007), que reconstituíram a história ambiental da Baía de Guanabara a partir da variação quali-quantitativa de

grupos polínicos ao longo do testemunho T8, sem terem sido estimadas as idades das sub-amostras. Através de nossas estimativas foi possível datar os limites das zonas ambientais propostas pelos autores, bem como traçar a linha dos 500 anos AP (ano de 1500) sobre a distribuição dos grupos polínicos analisados, conforme Figura 19. Notam-se as reduções mais proeminentes da concentração total de palinóforos, bem como dos grupos “Floresta Ombrófila Densa” e “Pteridófitas / Briófitas”, ambas indicativas de condição ambiental mais úmida com instalação de exuberante Mata Atlântica, a partir da linha de 500 anos AP traçada. Por outro lado, o grupo “Vegetação de Campo”, que associa-se tanto a um clima mais seco, quanto a deflorestação para a construção de vilas e cidades, reverte a tendência de redução anterior a esta linha passando a crescer quantitativamente em direção ao recente.

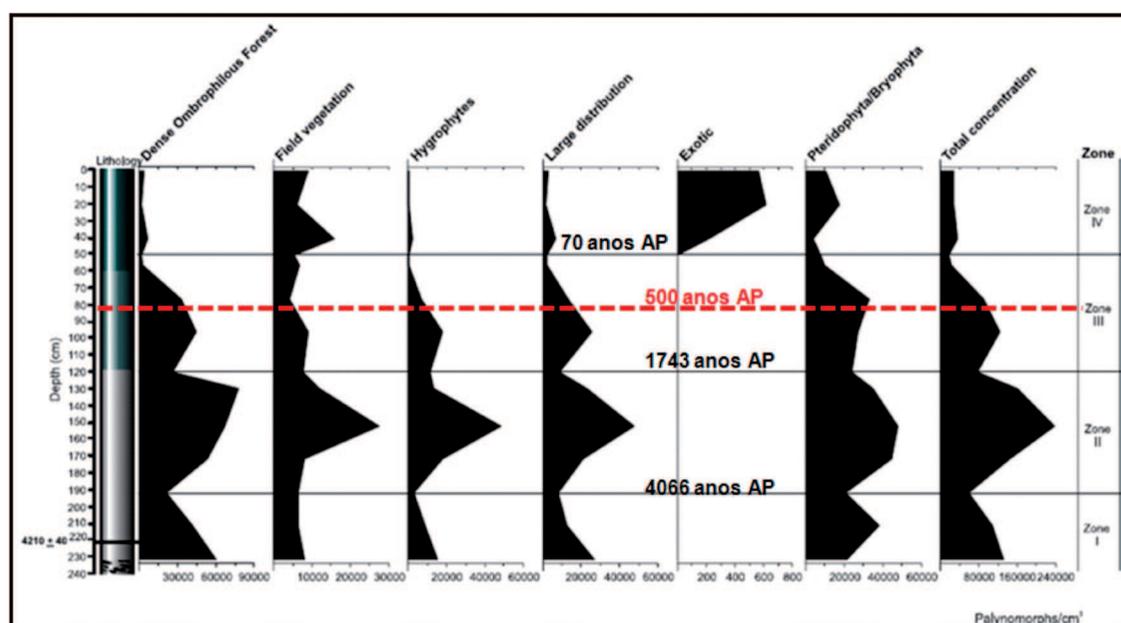


Figura 19: Zoneamento do testemunho T8 com base na análise de palinóforos encontrados em suas sub-amostras, tendo sido a idade de seus limites aqui estimada. A linha vermelha pontilhada corresponde a 500 anos AP (modificado de Barreto *et al.*, 2007).

Todos estes efeitos, mesmo que não tidos como danosos ou impactantes ambientalmente, foram considerados como marcos do início do Antropoceno na Baía de Guanabara.

As análises de elementos-traço, aí incluídos os isótopos de chumbo, permitiram estender esta primeira fase até meados do século XVIII, a partir daí sendo

verificado o início de uma influência antrópica mais danosa, porém ainda não considerada impactante devido, tanto às quantidades ainda não muito elevadas, quanto às características mais arenosas de seus sedimentos superficiais à época.

Permitiram verificar, ainda, que as ações antrópicas mais danosas ao ambiente foram sentidas de forma

abrupta nos sedimentos da baía a partir do início do século XX, tendo como principal fato detonador as obras de Pereira Passos, entre 1902 e 1906, efetuadas na orla ocidental da baía, próxima à sua desembocadura. Os aterros e enrocamentos construídos resultaram em perda da energia hidrodinâmica da baía favorecendo intensa sedimentação fina, de matéria orgânica, e consequentemente, de metais pesados e outros elementos-traço, com os quais se associam positivamente em função de sua crescente produção.

A partir dos anos 50 e de forma concordante com Crutzen & Steffen (2003), estende-se a última fase até então registrada, na qual é percebida de forma geral certa constância ou fracas tendências ao crescimento, ou mesmo à redução, das elevadas concentrações de elementos traços obtidas nessa época, até o recente.

Na Tabela VII é apresentado um resumo das fases delimitadas pelas informações contidas nos sedimentos

da Baía de Guanabara, bem como suas causas e características. Fica claro que o início do Antropoceno é particular de cada lugar e relacionado ao seu processo de ocupação. Nota-se que as fases locais do Antropoceno da Baía de Guanabara foram delimitadas pelas variações dos parâmetros investigados, atreladas às ações antrópicas diretas identificadas na história local e registradas nos testemunhos.

Ressalta-se também que, não por coincidência, os limites do início das fases II e III de Crutzen & Steffen (2003), foram similares. A invenção da máquina a vapor, que marca o início da segunda fase, e o desenvolvimento decorrente deste invento vinculou-se à necessidade de matéria-prima, conseguida a baixo custo nos países colonizados à época. Já os anos 50, provavelmente seja um limite comum dos países que experimentaram a industrialização, acompanhado de crescimento demográfico mais importante durante o século XX.

Tabela VII: Fases globais do Antropoceno definidas por Crutzen & Steffen (2003) e locais aqui definidas para a Baía de Guanabara, seus limites, causas e efeitos observados nos parâmetros estudados no sedimento.

FASES GLOBAIS	PERÍODO	FASES LOCAIS	PERÍODO	CAUSAS	EFEITOS NO SEDIMENTO
I	De 8000 a 5000 anos AP até 1784 (invenção da máquina a vapor)	I	A partir de nossa descoberta até meados do século XVIII	Esforços de ocupação e defesa local após o descobrimento, em 1502, que culminou com a criação da cidade do Rio de Janeiro, em 1565.	Afinamento dos sedimentos em plena Pequena Idade do Gelo; crescimento mais acentuado de matéria orgânica a partir de então; alterações qualitativa em grupos polínicos.
II	De 1784 (Século XVIII) ao início da década de 50	II	De meados do séc. XVIII ao início do séc. XX	Ciclo da mineração inicialmente e, depois, o início do ciclo da industrialização.	Início da poluição danosa porém ainda não impactante verificando-se variações em alguns metais e nos isótopo estáveis de chumbo.
		III	Do Início do séc. XX ao início dos anos 50	Alteração de mais de 10 Km da orla ocidental da baía próxima a desembocadura, entre 1902 e 1906; desenvolvimento industrial e crescimento populacional.	Alteração do padrão hidrodinâmico, brusca transição de sedimentos arenosos para silticos, todos os parâmetros exibem maiores e crescentes variações.
III	Do Início dos anos 50 ao recente	IV	Do Início dos anos 50 ao recente	Consolidação do modelo urbano industrial; construção do canal de Imunana; boom populacional.	Transição para sedimentos predominantemente argilosos; todos os metais, inclusive a matéria orgânica atingem os máximos valores antropogênicos ao longo desta última camada.

Como anteriormente mencionado, a fase global II foi dividida em duas fases bem definidas na Baía de Guanabara, tendo como fato desencadeador às

obras em sua orla ocidental no início do século e consequente redução de sua energia hidrodinâmica geral.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMADOR, E. D. S., 1980. Assoreamento da Baía de Guanabara – Taxas de Sedimentação. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 52 (4): 723-742
- AMADOR, E. D. S., 1997. *Baía de Guanabara e Ecossistemas Periféricos: Homem e Natureza*. Rio de Janeiro: Reproarte Gráfica e Editora Ltda. 539 p.
- BAPTISTA NETO, J. A.; GINGELE, F.X.; LEIPE, T. & BREHME, I., 2006. Spatial Distribution of Heavy Metals in Surficial Sediments from Guanabara Bay: Rio de Janeiro, Brazil. *Environmental Geology*, 49: 1051–1063
- BARRETO, C. F.; LUZ, C. F.P.; BAPTISTA NETO, J. A.; VILELA, C. G. & BARTH, O. M., 2007. Palynological analysis of a sediment core obtained in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 79 (2): 223-234
- BARTH, O. M., 2003. A Palinologia como Ferramenta no Diagnóstico e Monitoramento Ambiental da Baía de Guanabara e Regiões Adjacentes, Rio de Janeiro, Brasil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, 26: 52-59
- BARTH, O. M., BARRETO, C. F.; COELHO, L. G. & LUZ, C. F. P., 2004. Pollen record and paleoenvironment of a 4210 years B.P. old sediment in the Bay of Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v. 76, (3): 549-551
- BLUM, W. E. H. & ESWARAN, H., 2004. Editorial: Soils and sediments in the Anthropocene. *J Soils & Sediments*, 4, (2): 71.
- CAI, X.; YANG, H.; GU, Y., 2011. Discussion on the previous proposal of the addition of a chronostratigraphic unit over the Holocene. *Front. Earth Sci.*, 5 (1): 56–60.
- CARREIRA, R. S., WAGENER, A. L. R., *et al.*, 2002. Changes in the sedimentary organic carbon pool of a fertilized tropical estuary, Guanabara Bay, Brazil: an elemental, isotopic and molecular marker approach. *Marine Chemistry*, 79, (3-4): 207–227.
- CRUTZEN, P. J. & STOERMER, E. F., 2000. The “Anthropocene”. *IGBP Newsletter*, 41: 17–18
- CRUTZEN, P. J., 2002. Geology of Mankind. *Nature*, 415, p. 23
- CRUTZEN, P. J. & STEFFEN, W., 2003. How long have we been in the Anthropocene era? An Editorial Comment. *Climatic Change*, 61: 251–257
- DANTAS, J. R. C.; ALMEIDA, J. R.; LINS, G. A., 2008. *Impactos ambientais na bacia hidrográfica de Guapil Macacu e suas conseqüências para o abastecimento de água nos municípios do leste da Baía de Guanabara*. Rio de Janeiro: CETEM/MCT. Série Gestão e Planejamento Ambiental, n. 10. 26p.
- FERNANDEZ, M. A. S.; WAGENER, A. D. L. R.; LIMAVERDE, A.M.; SCOFIELD, A.L.; PINHEIRO, F.M. & RODRIGUES, E., 2005. Imposex and surface sediment speciation: A combined approach to evaluate organotin contamination in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research*, 59 (5): 435-452
- FIGUEIRA, B. O., 2006. *Foraminíferos em sedimentos da Baía de Guanabara e Lagoa de Itaipú, Rio de Janeiro: Variações ecológicas e dos níveis de poluição durante o Holoceno final e período histórico*. Dissertação (Mestrado em geologia), Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 161p.
- FRANCIONI, E.; WAGENER, A. D. L. R., *et al.*, 2007. Polycyclic aromatic hydrocarbon in intertidal mussel *Perna perna*: Space-time observations, source investigation and genotoxicity. *Science of The Total Environment*, 372 (2-3): 515-531.
- GODOY, J. M.; MOREIRA, I.; BRAGANÇA, M. J.; WANDERLEY, C. & MENDES, L. B., 1998. A study of Guanabara Bay sedimentation rates. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, 227 (1-2): 157-160.
- HOLMGREN, S. U.; BIGLER, C.; INGÓLFSSON, O. & WOLFE, A. P., 2010. The Holocene–Anthropocene transition in lakes of western Spitsbergen, Svalbard (Norwegian High Arctic): climate change and nitrogen deposition. *J Paleolimnol.*, 43: 393–412
- KJERFVE, B.; RIBEIRO, C. H. A.; DIAS, G. T. M.; FILIPPO, A. M.; QUARESMA, V. S., 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continental Shelf Research*, 17 (13): 1609-1643
- MACHADO, W.; CARVALHO, M.F.; SANTELLI, R.E. & MADDOCK, J.E.L., 2004. Reactive sulfides relationship with metals in sediments from an eutrophicated estuary in Southeast Brazil.

- Marine Pollution Bulletin*, **49**: 89–92
- MULLINS, H. T.; PATTERSON, W. P.; TEECE, M. A.; BURNETT, A. W., 2011. Holocene climate and environmental change in central New York (USA). *J. Paleolimnol.*, **45**: 243–256
- NRIAGU, J. O., 1990. The Rise and Fall of Leaded Gasoline. *The Science of the Total Environment*, **92**: 1-28
- PEIXOTO, T. C. S., 2005. *Geocronologia e fluxos de carbono orgânico em sedimentos recentes da porção norte da Baía de Guanabara, RJ*. Monografia de Graduação. Instituto de Geociências, Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ, Rio de Janeiro, 52 p.
- PEREIRA, E.; BAPTISTA NETO, J. A., SMITH, B. J. & McALLISTER, J. J., 2007. The contribution of heavy metal pollution derived from highway runoff to Guanabara Bay sediments – Rio de Janeiro / Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **79** (4): 739-750
- PERIN, G; FABRIS, R.; MANENTE, S.; WAGENER A. L. R.; HAMACHER, C. & SCOTTO, S., 1997. A five-year study on the heavy-metal pollution of Guanabara Bay sediments (Rio de Janeiro, Brazil) and evaluation of the metal bioavailability by means of geochemical speciation. *Water. Research*, **31** (12): 3017-3028.
- RUDDIMAN, W. F., 2003. The anthropocene greenhouse era began thousands of years ago. *Clim. Change*, **61**: 261–293



## CAPÍTULO II

---

# AVALIAÇÃO DE IMPACTES ANTRÓPICOS NA ZONA COSTEIRA PORTUGUESA





# AValiação de Impactes Antrópicos na Zona Costeira Portuguesa

M. Fátima Araújo<sup>1</sup> & J.M. Alveirinho Dias<sup>2</sup>

## RESUMO

Estudaram-se sedimentos de superfície amostrados na plataforma continental portuguesa, em particular nos depósitos lodosos localizados em frente aos estuários dos rios Minho, Douro, Tejo e Guadiana, que drenam regiões com características distintas e se distribuem ao longo da zona costeira portuguesa. A caracterização química foi realizada por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energia, o que permitiu a determinação de cerca de 20 elementos com várias origens: litogénica, antropogénica e biogénica. As variações observadas nos teores em elementos litogénicos (*e.g.*, Al, Si, Mn, Fe) parecem estar directamente relacionadas com a distribuição granulométrica dos sedimentos (*e.g.*, Al, Si) ou com características litológicas específicas das respectivas bacias de drenagem (*e.g.*, Mn, Fe). De forma a fazer uma avaliação da influência de actividades humanas desenvolvidas nas diferentes bacias, compararam-se os valores obtidos para os elementos que podem ter origem antrópica (metais pesados) utilizando em cada caso os valores medidos em sedimentos finos depositados em cada um dos estuários e na plataforma continental adjacente. Os padrões de distribuição elementar para a cobertura sedimentar são semelhantes aos valores publicados para sedimentos não poluídos, no caso dos rios Minho e Douro e encontram-se enriquecidos em Cu, Zn e Pb na plataforma adjacente aos rios Tejo e Guadiana (neste também em Cr) estando relacionados com actividades humanas nomeadamente efluentes domésticos e industriais no caso do Tejo e com a longa

e intensa exploração mineira na região (Faixa Piritosa Ibérica), na plataforma adjacente ao Guadiana.

**Palavras-chave:** Geoquímica, Sedimentos, Contaminação antrópica, Zona costeira Ibérica,

## ABSTRACT

Surficial sediments were collected along the Portuguese continental shelf, in particular on the fine sedimentary deposits adjacent to estuaries of Minho, Douro, Tagus and Guadiana rivers, draining the Portuguese coastal area and presenting diverse characteristics. Elemental composition was determined using Energy-Dispersive X-Ray Fluorescence spectrometry, allowing the determination of about 20 elements of various origins: lithogenic, anthropogenic and biogenic. Variations on the lithogenic elements (*e.g.*, Al, Si, Mn, Fe) seem to be directly related either to the grain size particle distribution (*e.g.*, Al, Si) or to particular lithological features of the draining basin (*e.g.*, Mn, Fe). In order to be able to assess the influence of Human activities developed in the different basins, heavy metal contents determined in fine sediments collected at the estuaries were compared with values obtained for adjacent shelf sediments. Elemental distribution patterns along the shelf sedimentary cover are similar to values published for non-polluted sediments, in the case of Minho and Douro rivers and exhibit Cu, Zn and Pb enriched values for the Tagus and Guadiana shelf (also in Cr for Guadiana). This can

1. Campus Tecnológico e Nuclear, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Estrada Nacional 10, 2686-953, Sacavém, Portugal, faraujo@ctn.ist.utl.pt  
2. CIMA, Universidade do Algarve, Edifício 7, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal, jdias@ualg.pt

be related to human activities, most probable domestic and industrial effluents for Tagus and to the long and intensive mining exploitation in this area (Iberian Pyrite Belt) for Guadiana shelf.

**Key words:** Geochemistry, sediments, anthropogenic contamination, Iberian coastal area.

## INTRODUÇÃO

Os maiores rios portugueses (Minho, Douro, Tejo e Guadiana) nascem em Espanha e desaguam na zona costeira portuguesa, no Oceano Atlântico, estabelecendo todos eles, em troços distintos, parte da fronteira entre Portugal e Espanha. As descargas e a quantidade de sedimentos transportados por estes rios para os estuários e a plataforma continental adjacente foram modificadas ao longo do tempo devido ao aumento crescente das actividades antrópicas, nas quais se incluem a construção de barragens, as intervenções fluviais (rectificação do curso, dragagens, etc.), as actividades mineiras e o desenvolvimento de núcleos urbanos. Contudo, as bacias hidrográficas aludidas apresentam características muito distintas. As bacias dos rios Minho e Douro situam-se na região Noroeste Ibérica, caracterizada por actividades agrícolas e industriais diversificadas e uma elevada densidade populacional. A região central do país é atravessada (E-W) pelo maior rio da Península, o Tejo, em cujo estuário se localiza a região mais densamente povoada do território nacional e onde durante várias décadas do século passado se foram instalando muitas indústrias de vários tipos (cintura industrial de Lisboa).

O rio Guadiana percorre a região sudoeste da Península (N-S), uma região relativamente árida, com grandes variações de temperatura e pluviosidade e drena uma das maiores formações metalogenéticas de sulfuretos maciços – a Faixa Piritosa Ibérica, ao longo da qual as actividades metalúrgicas têm sido o suporte económico de muitas civilizações desde a Pré-História.

Os rios aludidos são fortemente contrastantes, o que está expresso, entre outros indicadores, na relação entre os valores dos escoamentos máximo e mínimo publicados por Ribeiro *et al.*, (1988), que no rio Minho tinham o valor 7, no Douro 6, no Tejo 17, e no Guadiana o impressionante valor de 55.

No que diz respeito à agitação marítima, as condições são igualmente muito diversas. A costa W

é altamente energética, as ondas atingem, no Verão, entre 1-3 m, com períodos inferiores a 10 s. Durante as tempestades de Inverno chegam a exceder os 7 m, com períodos típicos de cerca de 13 s, que podem atingir os 18 s (VITORINO *et al.*, 2002), tendo sido registados valores de 9-12m (Pita e Santos, 1989). A agitação na costa sul é muito mais moderada, a altura das ondas varia entre 0,6 e 1,5 m, com valores sistematicamente superiores a 1 m durante o Inverno (Outubro a Março) (COSTA *et al.*, 2001). Os períodos médios variam entre 4 e 6 s, podendo contudo atingir picos entre 6 e 11 s (Novembro a Janeiro). Nesta zona, foram considerados episódios de tempestade para uma ondulação superior a 3 m (PESSANHA & PIRES, 1981).

Os estuários do Minho e do Douro estão expostos directamente à ondulação dominante proveniente de NW, bastante energética. O estuário do Tejo, devido à serra de Sintra, está relativamente abrigado da onda dominante de NW. O estuário do Guadiana desagua na fachada Sul portuguesa, estando exposto tanto à agitação marítima de SW (dominante) como de SE. Em frente às desembocaduras de todos estes rios localizam-se depósitos lodosos, que na região NW Ibérica apresentam uma forma alongada e estão orientados segundo a direcção Sul-Norte.

A composição química dos sedimentos depositados é uma consequência de diversos factores que incluem, entre outros, a sua origem, o grau de meteorização, os processos de transporte e deposição, o clima, bem como o tipo de actividades antrópicas desenvolvidas nas bacias drenantes. Desta forma, o material sedimentar é constituído por elementos litogénicos tipicamente de origem continental, que dependem sobretudo da litologia de cada região (*e.g.*, Al, Si, K, Ti, Mn, Fe, Rb), aos quais se podem adicionar metais pesados (*e.g.*, Ni, Cr, Cu, Zn, As, Pb) produzidos por actividades antrópicas e ainda outros elementos químicos que podem ter origem marinha (*e.g.*, Ca, Sr, S, Cl, Br).

Nas regiões costeiras adjacentes a grandes estuários que se caracterizam por uma deposição sedimentar elevada, e onde, em geral, desde há alguns séculos, existe uma concentração demográfica bastante elevada, os sedimentos mais recentes encontram-se frequentemente enriquecidos em metais.

A compreensão da origem e dos mecanismos de dispersão e de deposição dos sedimentos finos tem sido alvo de estudos multidisciplinares, nos quais se tem

incluído de uma forma sistemática a geoquímica (e.g., ARAÚJO *et al.*, 2002; 2003; CORREDEIRA *et al.*, 2005, 2008; DIAS *et al.*, 2002; MACHADO *et al.*, 2005; MIL-HOMENS *et al.*, 2006; PAIVA *et al.*, 1997). Neste trabalho, pretendemos associar características específicas destas grandes bacias ibéricas, designadamente litologia, caudais, clima e as diferentes actividades humanas, com

a composição química (elementos maiores, menores e traços) do material depositado na plataforma continental adjacente. Para tal, fez-se a análise por espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias de amostras de sedimentos de superfície finos recolhidos nas regiões adjacentes às desembocaduras dos rios Minho, Douro, Tejo e Guadiana.



Figura 1: Mapa com a localização das bacias hidrográficas dos rios Minho, Douro, Tejo e Guadiana e depósitos adjacentes aos estuários.

Os resultados obtidos permitiram caracterizar a origem, bem como identificar alguns dos mecanismos de transporte e dispersão dos sedimentos na plataforma, avaliar os níveis de contaminação e respectiva associação a diferentes actividades antrópicas.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Enquadramento regional

#### *Região Norte (Minho-Galiza)*

Os rios Minho e Douro fluem na direcção este-oeste e desaguam no Oceano Atlântico na costa W portuguesa. A bacia do rio Minho localiza-se no norte do país, ocupa uma área de 17 081 km<sup>2</sup> (LOUREIRO, 1986:3-4), dos quais 846km<sup>2</sup> em Portugal, com um percurso de 300 km, que no seu sector terminal estabelece a fronteira com Espanha. Na região a montante possui uma grande densidade de barragens hidroeléctricas e as litologias dominantes correspondem a formações intensamente metamorizadas intruídas por rochas granitóides. Na região estuarina do lado português distribuem-se por pequenos aglomerados populacionais, pequenas indústrias e agricultura variada. Na margem direita (Espanha) os aglomerados urbanos e as indústrias instaladas no parque industrial do Porrinho e em Ourense são frequentemente identificados como eventuais fontes de poluição no rio Minho.

O rio Douro, com 927 km de comprimento, ao longo do qual estão instaladas numerosas barragens, detém a maior bacia hidrográfica da Península Ibérica, com 97 682 km<sup>2</sup> (LOUREIRO, 1986:149-150), sendo contudo inferior a 1/5 a situada em território português, onde se desenvolvem actividades agrícolas e industriais diversificadas e possuindo uma elevada densidade populacional. Em Portugal, o rio corre através da conhecida região vinhateira do Douro (Património Mundial da Unesco) até à Régua (onde termina a viticultura devido à influência mais forte do clima Atlântico), ao longo da qual se instalaram, desde há centenas de anos, numerosas quintas dedicadas ao cultivo da vinha para produção do Vinho do Porto. A jusante, nas margens do estuário, localizam-se as cidades do Porto (a 2<sup>a</sup> do país) e de Gaia resultando numa elevada densidade populacional. As litologias dominantes correspondem a rochas graníticas e metamórficas. As numerosas barragens que foram sendo construídas ao longo das

últimas décadas, nas bacias hidrográficas dos rios Minho e Douro alteraram profundamente os regimes fluviais naturais. Por exemplo, a capacidade de armazenamento instalada na bacia hidrográfica do Douro aumentou de forma impressionante, passando de 1 689 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, em 1950, para 8 165 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, em 1980, ou seja, quase 5 vezes mais (DIAS, 2005). Como resultado, o rio Douro, que em regime natural debitaria cerca de 1,8 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano de carga sólida transportada junto ao fundo, teve esse valor reduzido para cerca de 0,25 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>/ano no início da década de 80 do século passado (OLIVEIRA *et al.*, 1982). Mesmo assim, o Douro continua a constituir a maior fonte de sedimentos na plataforma NW Ibérica (DIAS *et al.*, 2002).

#### *Região Centro (Tejo)*

O rio Tejo, o maior da Península Ibérica, possui uma bacia hidrográfica com 80 629 km<sup>2</sup> e um comprimento de cerca de 1100 km (LOUREIRO, 1986:281-281), dos quais 230 km correm no centro do país (E-W) até atingir um dos maiores estuários da Europa (320 km<sup>2</sup>). Também na bacia hidrográfica do Tejo se construiu, ao longo do século XX, uma grande cascata de barragens. A capacidade de armazenamento instalada passou de 573 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup> em 1950 para 13 300 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, em 1980, isto é, 23 vezes mais em apenas 3 décadas (DIAS, 2005). A região do estuário do Tejo é provavelmente a de maior índice populacional e industrial do país, aqui localizam-se as cidades de Lisboa (a maior do país) e Almada, assim como muitos outros agregados populacionais e onde ao longo do último século, em particular durante as décadas de 60 e 70 do século passado se foram instalando numerosas indústrias com características diversas, incluindo indústrias químicas de detergentes, adubos e pesticidas, químico-farmacêuticas, curtumes, metalúrgicas. Para além destas, desenvolveram-se ainda outro tipo de actividades antrópicas, como matadouros municipais, instalações agro-pecuárias, indústrias de curtumes e de pasta de papel. Em termos globais, estas actividades deram origem à produção de efluentes muito contaminados caracterizados por teores elevados de matéria orgânica, óleos e metais pesados. Nas últimas décadas várias destas indústrias foram encerradas o que conduziu a um melhoramento da qualidade ambiental do estuário do Tejo. Do ponto de vista litológico ocorre uma grande variedade de rochas, entre as quais formações xisto-grauvácicas, granitos e rochas carbonatadas.

### *Região Sul (Guadiana)*

O rio Guadiana percorre 810 km desde a nascente em Espanha até desaguar no Oceano Atlântico tendo bacia hidrográfica com área de 66 960 km<sup>2</sup> (LOUREIRO, 1986:341). A jusante (~110 km) corre na direcção N-S estabelecendo a fronteira com Espanha ao longo de uma região semi-árida onde ocorrem grandes variações de temperatura e pluviosidade, na Faixa Piritosa Ibérica (FPI). As características climáticas nesta região do SW ibérico provocavam uma grande variabilidade nos caudais, resultando em fortes descargas sazonais que alternavam com períodos de seca. Contudo, as actividades antrópicas desenvolvidas, em particular a construção de barragens a partir dos anos 50 do século XX, modificaram fortemente o regime fluvial. A capacidade de armazenamento instalada que era, em 1950, de apenas 56 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, passou em 1980 para e 4 469 x 10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>, isto é, quase 80 vezes mais (DIAS, 2005). A construção do Alqueva, já em 2001, que constituiu o maior lago artificial da Europa, veio modificar ainda mais a situação. Esta grande cascata de barragens provocou forte diminuição da carga sedimentar, estando actualmente o caudal mais ou menos regulado (DIAS *et al.*, 2004). Na fase anterior à construção de grandes barragens, as violentas cheias que por vezes ocorriam, propiciavam a depuração do estuário, exportando para a plataforma continental a contaminação que aí se ia acumulando nos anos em que não se verificavam grandes cheias. Porém, na situação actual, principalmente após a construção da grande barragem do Alqueva, já muito próximo do estuário, deixaram de ocorrer cheias significativas e, consequentemente, a contaminação fica na maior parte arquivada nos sedimentos estuarinos, sendo legítimo deduzir que a exportação para a plataforma diminuiu abruptamente na última década. Porém, continuando o Guadiana a ser um dos maiores rios da Península, em conjunto com o Guadalquivir, estes rios constituem a maior fonte de sedimentos continentais para o Golfo de Cádiz (GONZALEZ *et al.*, 2001).

A litologia dominante é constituída por grauvaques e xistos e um complexo vulcano-sedimentar de complexos de sulfuretos maciços polimetálicos e rochas carbonatadas.

A principal actividade antrópica da região resulta principalmente da intensa e antiga exploração mineira, que remonta à pré-História (CRADDOCK, 1995), tendo sido muito dinamizada durante o período romano.

Todavia, em comparação com as actividades mineiras do mundo contemporâneo, eram explorações relativamente modestas. Foi só em meados do século XIX, com a redescoberta e início da exploração industrial das minas de São Domingos, bem como de várias outras localizadas em Espanha, que os volumes de minério atingiram grandes valores, o que provocou, na altura, episódios de grande poluição do estuário (que, na altura, acabava por ser depurado quando da ocorrência de grandes cheias). O Guadiana, constituiu assim, pelo menos desde o período romano, um meio privilegiado para o transporte de minérios provenientes da mina de S. Domingos até à região costeira. Durante o século XIX, o tráfego fluvial tornou-se intenso, dada a construção de portos fluviais nas margens portuguesa (Pomarão) e espanhola (La Laja) de forma a transportar o minério das minas.

### Amostragem e preparação de amostras

As amostras de sedimentos superficiais foram recolhidas nos depósitos sedimentares localizados ao largo das desembocaduras dos grandes rios Ibéricos (Minho, Douro, Tejo e Guadiana) a partir de navios oceanográficos (NRP Almeida Carvalho, NRP Andrómeda e NRP Auriga), durante diferentes campanhas (e.g., PLAMIBELIII, GEOMAR92, CORVET96). Foram também recolhidos sedimentos nos cursos e estuários dos rios Minho, Douro e Guadiana (SEDIMINHO I/93 e WADISED2008). Após a recolha, os sedimentos foram guardados em caixas de plástico e congelados, até ao início da preparação para análise, tendo sido então liofilizados.

### *Análises químicas*

Analisaram-se cerca de 70 amostras de sedimentos superficiais, utilizando-se a espectrometria de fluorescência de raios X, dispersiva de energias, para determinar os elementos maiores, menores e traços, utilizando um espectrómetro comercial KEVEX 771. As análises geoquímicas foram efectuadas na fracção <2mm, de forma a separar elementos grosseiros, como por exemplo conchas. As amostras foram moídas utilizando moinhos de ágata e homogeneizadas, tendo sido preparadas pastinhas a partir de ~2 g de amostra à qual se adicionou um aglomerante. A emissão da radiação X característica dos elementos constituintes das amostras foi obtida recorrendo ao feixe primário produzido na

ampola de Rh do espectrómetro (diferença de potencial 4 kV, intensidade de corrente 0,18 mA, na determinação de Al, Si e S) e também utilizando radiação produzida em alvos secundários: Ge (18kV, 1mA) e Ag (35kV, 0,5mA) para quantificar os elementos K, Ca, Ti, Cr, Mn Fe, Ni, Cu, Zn, e Rb, Sr, Y, Zr, Pb, respectivamente. As intensidades relativas dos picos relativos à difusão elástica e inelástica produzida na interacção com o feixe secundário de Ag foram utilizados na correcção dos efeitos de matriz. A calibração para a determinação quantitativa dos elementos presentes, bem como a avaliação da precisão e exactidão do método foi feita recorrendo aos materiais de referência certificados SRM2704 (Buffalo River, National Institute of Standards and Technology, New York, U.S.A) e SRM1646 (Chesapeake Bay, National Institute of Standards and Technology, New York, U.S.A). A descrição pormenorizada do método de preparação de amostras, equipamento, condições experimentais, análise espectral, determinações quantitativas, bem como a precisão e exactidão do método analítico encontra-se publicada em Araújo *et al.* (2002) e Araújo *et al.* (2003).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A composição química de sedimentos depositados em regiões costeiras adjacentes a estuários resulta de factores diversos, como a litologia e as características da bacia de drenagem, o clima, a distribuição granulométrica, os processos de transporte e deposição, bem como o tipo de actividades antrópicas. Assim, as diferenças entre os teores dos elementos medidos nas amostras estudadas para os vários depósitos sedimentares são fundamentais para a compreensão da evolução específica de cada um dos sistemas estudados.

### *Sedimentos superficiais da plataforma continental*

Na Tabela I apresentam-se os valores máximos e mínimos dos valores das concentrações dos elementos (litogénicos, antropogénicos e lito/biogénicos) determinados nos sedimentos superficiais para cada um dos depósitos sedimentares amostrados.

As variações observadas nos valores de elementos maiores (Al, Si, K) de origem continental, resultantes em geral da erosão e alteração das rochas da bacia de drenagem, não indiciam diferenças significativas

que permitam distinguir a origem dos materiais depositados. De uma forma geral, assemelham-se e parecem resultar sobretudo de variações na distribuição granulométrica e nos teores mais ou menos variáveis de componentes que neste tipo de amostras, podem ser maioritariamente de origem marinha (Ca, Sr). Com efeito, as litologias dominantes nas bacias do Minho e Douro são de índole granítica e xisto-grauváquica, o que se reflecte nos muitos baixos valores de Ca nos sedimentos fluviais e estuarinos (ARAÚJO *et al.*, 2000). No caso das bacias do Tejo e Guadiana, embora ocorram formações carbonatadas, os valores baixos detectados na plataforma adjacente indicam claramente que as partículas carbonatadas resultantes dos processos de erosão e alteração dessas rochas se dissolvem antes de serem depositados. O Al encontra-se normalmente associado a sedimentos mais finos (aluminossilicatos), sendo as concentrações mais elevadas determinadas nos depósitos sedimentares associados ao Tejo e ao Guadiana. O Si apresenta concentrações mais baixas na região adjacente ao Guadiana, associado a fracções granulométricas mais finas e ainda a uma maior diluição devida à presença significativa de bioclastos de origem marinha, indicada pelos teores mais elevados de Ca e de Sr. Observa-se, contudo, outro tipo de comportamento com os elementos Mn e Fe, associados à componente litogénica dos sedimentos. Apresentam valores muito mais elevados nos sedimentos depositados na zona de influência do Guadiana, representando claramente uma assinatura geoquímica dos depósitos de sulfuretos maciços da Faixa Piritosa Ibérica e da sua exploração mineira.

No que se refere a elementos que se podem associar a actividades humanas (efluentes industriais, domésticos, agricultura, actividades mineiras), como o Cr, Cu, Zn e Pb, as diferenças observadas são muito mais significativas. Verifica-se, nos depósitos sedimentares localizados a norte (Minho e Douro), que os valores determinados são em geral baixos e muito semelhantes. Assim, verifica-se que as concentrações são claramente inferiores aos valores publicados na literatura para sedimentos não poluídos, como por exemplo o *Average Shale* (SALOMONS & FÖRSTNER, 1984); Cr = 90mg/kg; Cu = 45mg/kg; Zn = 95mg/kg e Pb = 20 mg/kg. A única excepção é o Pb que apresenta valores um pouco mais elevados, mas que em estudos anteriores se observou que, de uma forma sistemática,

os teores medidos para sedimentos finos não poluídos, depositados na plataforma eram mais elevados (ARAÚJO *et al.*, 2002; MARTINS *et al.*, 2012). Os sedimentos recolhidos nas regiões adjacentes ao Tejo e Guadiana

apresentam valores mais elevados para Cu, Zn e Pb, este último mais significativo na região adjacente ao Tejo. Os sedimentos depositados a sul, na região adjacente ao Guadiana apresentam também teores elevados de Cr.

Tabela I: Valores máximos e mínimos das concentrações dos elementos determinados nos sedimentos superficiais para cada um dos depósitos sedimentares amostrados.

Elemento	Minho n=5 min-máx	Douro n=17 min-máx	Tejo n=10 min-máx	Guadiana n=10 (min-máx)
Al %	5,0 – 6,8	5,3 – 7,4	5,2 – 8,6	6,6 - 8,1
Si %	26,9 – 30,6	23,1 – 32,6	26,2 – 32,8	20,9 – 25,6
K %	2,0 – 2,3	1,9 – 2,5	2,3 – 2,7	2 – 2,6
Ca %	1,9 – 3,9	1,4 – 5,0	2,9 – 5,8	1,6 – 10,5
Ti %	0,3 – 0,4	0,3 – 0,4	0,4 – 0,5	0,4 – 0,9
Cr mg/kg	59 – 77	22 – 83	27 – 92	58 – 160
Mn mg/kg	222 – 248	235 – 335	200 – 309	379 – 947
Fe %	2,5 – 2,9	2,4 – 3,3	2,1 – 3,8	3,7 – 4,9
Ni mg/kg	23 – 31	22 – 38	15 – 30	17 – 32
Cu mg/kg	14 – 23	15 – 26	26 – 50	27 – 93
Zn mg/kg	61 – 78	64 – 88	94 – 306	121 – 279
Rb mg/kg	129 – 151	139 – 167	124 – 161	83 – 109
Sr mg/kg	150 – 212	139 – 277	139 – 259	184 – 360
Pb mg/kg	27 – 47	26 – 50	45-119	23 – 71

#### Influência das bacias hidrográficas na plataforma continental

De forma a avaliarmos as diferentes influências de cada uma das bacias hidrográficas (Minho, Douro e Guadiana) nos sedimentos da plataforma comparámos os intervalos de variação dos valores obtidos para as concentrações de elementos químicos (Al, Si, Mn, Fe, Cr, Cu e Zn) associados a uma origem continental ou a eventuais influências antrópicas.

#### Sistema Minho

No sistema Minho/depósito sedimentar Galiza

(Figura 2), verifica-se um decréscimo no teor de Si, acompanhado por um pequeno aumento do Al nos teores medidos nos sedimentos da plataforma. Em relação aos restantes elementos (metais pesados), verifica-se que os sedimentos estuarinos não apresentam sinais de contaminação, ocorrendo um aumento significativo das concentrações medidas nos sedimentos depositados na plataforma, embora se verifique uma grande diminuição nos intervalos de variação. Este comportamento poderá ser atribuído à deposição mais rápida de partículas grosseiras (muito abundantes no acarreo sedimentar do rio Minho), ainda no estuário e à mais provável exportação de

partículas finas (mais enriquecidas em metais pesados) no acarreo sedimentar em direcção à plataforma. De qualquer forma é também de considerar que a origem dos sedimentos depositados nesta formação seja maioritariamente proveniente de sedimentos transportados do sul, principalmente exportados pelo rio Douro (ARAÚJO *et al.*, 2002).

#### Sistema Douro

No sistema Douro/depósito sedimentar Galiza (Figura 3), observam-se valores muito semelhantes nos teores medidos em Al e Si nos sedimentos estuarinos e da plataforma. Em relação aos restantes elementos (metais pesados) verifica-se uma tendência geral para uma diminuição significativa das concentrações medidas nos sedimentos depositados na plataforma, bem como dos intervalos de variação determinados. Este comportamento indica que a contaminação determinada nos sedimentos do estuário (teores elevados em Cr, Cu, Zn e Pb) não é detectada na plataforma. Contudo e dado que a principal fonte de sedimentos na plataforma NW Ibérica tem origem no rio Douro, os teores baixos medidos podem ser explicados através das condições oceanográficas particulares que ocorrem na região (tempestades que coincidem com condições de *downwelling*) e que conduzem a uma remobilização e ressuspensão dos sedimentos finos (DIAS *et al.*, 2002) durante os quais o sinal antrópico desaparece.

#### Sistema Guadiana

No sistema Guadiana/depósito sedimentar Galiza (Figura 4), não se observam variações significativas nos teores medidos em Al e Si nos sedimentos estuarinos e da plataforma, verificando-se contudo uma pequena diminuição de Si, nos sedimentos da plataforma e também nos intervalos de variação de ambos, como consequência da menor granulometria dos sedimentos transportados e depositados. Em relação aos restantes elementos (Mn, Fe, Cr, Cu, Zn e Pb) verifica-se, de uma forma geral que, estes se encontram enriquecidos nos sedimentos estuarinos, mas por outro lado os sedimentos depositados na plataforma adjacente apresentam teores semelhantes igualmente enriquecidos em Mn, Fe, Cr, Cu, Zn e Pb. Os resultados obtidos indicam que os mecanismos de transporte de sedimentos finos na plataforma média

são extremamente eficientes nesta região do norte do Golfo de Cádiz, tal como referido por Gonzalez *et al.* (2007).

No caso do estuário do Tejo, valores de concentrações de metais em sedimentos publicados por outros autores (CAÇADOR *et al.*, 2000; VALE, 1990) indicam claramente a existência de sedimentos estuarinos muito contaminados, principalmente em Zn e Pb. A comparação com valores determinados nos sedimentos da plataforma, que apresentam teores metálicos igualmente elevados (Tabela I) indica que os sedimentos estuarinos são exportados e depositados rapidamente devido à geomorfologia da região mantendo o sinal antrópico.

### CONCLUSÃO

O presente estudo demonstra que a composição química dos sedimentos depositados nas formações sedimentares adjacentes aos estuários dos rios Minho, Douro, Tejo e Guadiana é resultado da litologia das bacias drenantes, das actividades antrópicas e das diferentes condições oceanográficas e geomorfológicas na plataforma. No caso dos rios do norte do país, os níveis de industrialização, população e agricultura da região do Douro conduzem a níveis elevados de poluição nos sedimentos da região estuarina. Contudo e embora a carga sedimentar destes rios (em particular a do Douro) seja a maior fonte de material para a plataforma, os sedimentos exportados e depositados em direcção ao Norte “perdem” essa contaminação devido a um longo transporte e mistura com materiais marinhos. No caso do Tejo, a grande industrialização e níveis de população elevados dão origem a sedimentos contaminados (Pb e Zn), que saem directamente do estuário e são depositados rapidamente devido à geomorfologia da plataforma resultando num sinal antrópico acentuado no depósito sedimentar adjacente. No Guadiana as actividades mineiras na Faixa Piritosa Ibérica (sulfuretos minerais) são a principal fonte dos teores elevados em Mn, Fe, Cr, Cu, Zn e Pb medidos nos sedimentos estuarinos. Estes níveis elevados de teores metálicos são também encontrados numa vasta zona da plataforma, como resultado dos mecanismos de transporte, muito eficientes, que ocorrem no norte do Golfo de Cádiz.

### MINHO

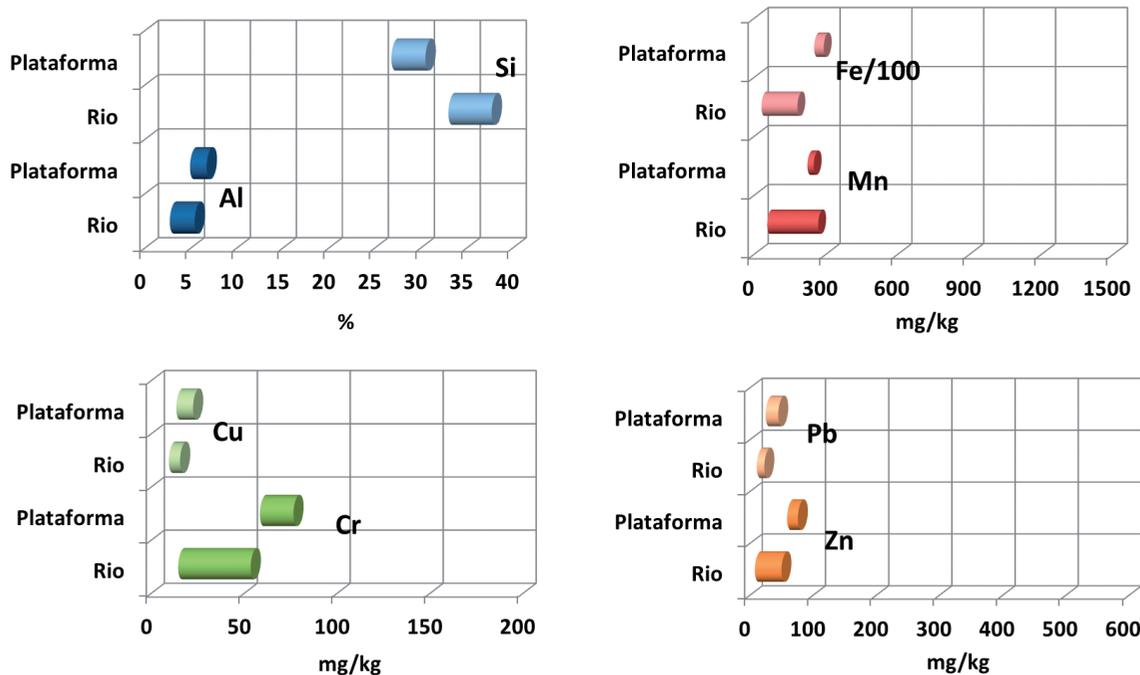


Figura 2: Comparação dos intervalos de variação na composição de alguns elementos químicos nos sedimentos do estuário e na plataforma adjacente (Minho)

### DOURO

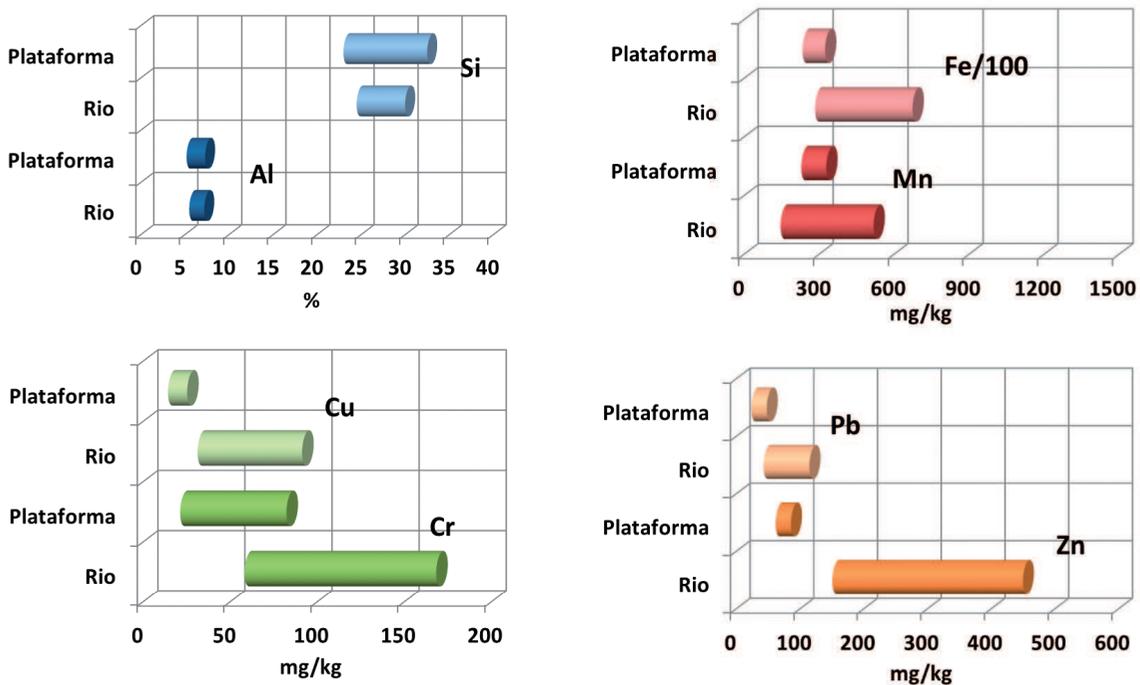


Figura 3: Comparação dos intervalos de variação na composição de alguns elementos químicos nos sedimentos do estuário e na plataforma adjacente (Douro)

## GUADIANA

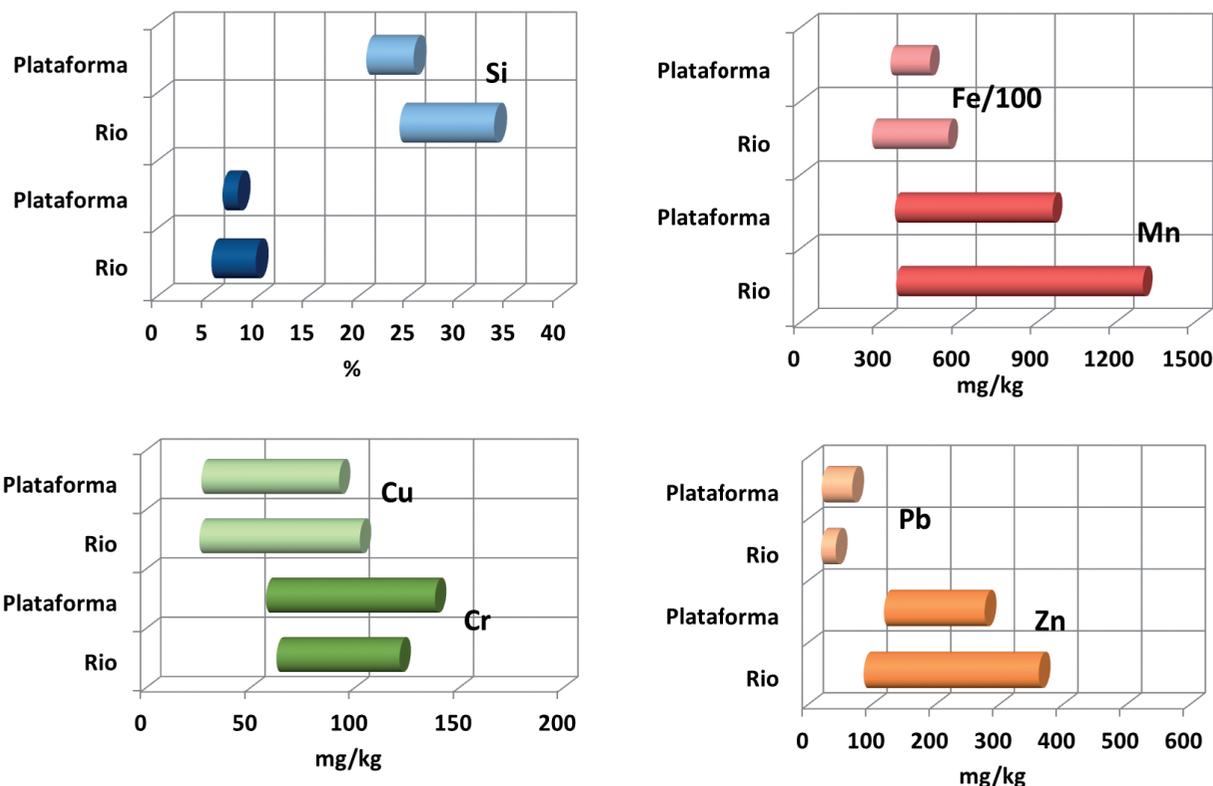


Figura 4: Comparação dos intervalos de variação na composição de alguns elementos químicos nos sedimentos do estuário e na plataforma adjacente (Guadiana)

### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem às equipas que participaram nas campanhas de amostragem e cruzeiros, em particular a colaboração do Instituto Hidrográfico. Agradecem também os subsídios concedidos pela organização para participação no II ENCONTRO DA REDE BRASPOR, que teve lugar entre 1 – 4 Abril de 2012, em Paraty, Rio de Janeiro.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, M.F., CONCEIÇÃO, A., BARBOSA, T., LOPES, M.T., HUMANES, M. 2003. Elemental Composition of Marine Sponges from the Berlengas Natural Park, *Western Portuguese Coast*, *X-Ray Spectrometry* 32: 428-433.
- ARAÚJO, M.F.; JOUANNEAU, J.-M.; VALÉRIO, P.; BARBOSA, T.; GOUVEIA, A.; WEBER, O.; OLIVEIRA, A.; RODRIGUES & A., DIAS, J.M.A. 2002. Geochemical Tracers of Northern Portuguese Estuarine Sediments on the Shelf. *Progress in Oceanography*, 52 (2-4): 277-297.
- ARAÚJO, M.F.; MARQUES, R. & ROCHA, F. 2000. Chemical and mineralogical characterization of the clay/silt size fraction of sediments from the Minho, Lima, Cávado, Ave and Douro rivers. *Proceedings 3<sup>rd</sup> In: SYMPOSIUM ON THE IBERIAN ATLANTIC CONTINENTAL MARGIN*, Faro, Portugal, 2000. *Proceedings...* Faro, p. 97-98. 25–27 September, 97–98.
- CAÇADOR, I.; VALE C. & CATARINO, F. 2000. Seasonal variation of Zn, Pb, Cu and Cd concentrations in the root-sediment system of *Spartina maritima* and *Halimione portulacoides* from Tagus estuary salt marshes. *Marine Environmental Research*, 49 (3): 279 -290.
- CORREDEIRA, C., ARAÚJO, M.F., GOUVEIA, A., JOUANNEAU, J.-M. 2005. Geochemical characterization of sediment cores from the

- continental shelf off the western rias area (NW Iberian Peninsula), *Ciencias Mariñas*, **31** (1B): 319-325.
- CORREDEIRA, C.; ARAÚJO, M.F. & JOUANNEAU J.-M. 2008. Copper, zinc and lead impact in SW Iberian shelf sediments: an assessment of recent historical changes in Guadiana river basin. *Geochemical Journal*, **42**: 319 – 329.
- COSTA, M.; SILVA, R. & VITORINO, J. 2001. Contribuição para o Estudo do Clima de Agitação Marítima na Costa Portuguesa, JORNADAS DE ENGENHARIA COSTEIRA E PORTUÁRIA, 2<sup>as</sup>, Sines, Portugal, 2001. Anais...
- CRADDOCK, P.T. 1995. *Early Mining and Production*. Smithsonian Institution Press, Washington, 363 pp.
- DIAS, JOÃO M. ALVEIRINHO. 2005. Evolução da Zona Costeira Portuguesa: Forçamentos Antrópicos e Naturais. *Encontros Científicos - Turismo, Gestão, Fiscalidade*, 1:7-27. ISSN: 1646-2408.
- DIAS, J.; GONZALEZ, R. & FERREIRA, O. 2004. Natural versus anthropic causes in variations of sand export from river basins: an example from the Guadiana river mouth (Southwestern Iberia). *Polish Geological Institute Special Papers*, **11**, 95-102.
- DIAS, J.; JOUANNEAU, J.-M.; GONZALEZ, R.; ARAÚJO, F.; DRAGO, T.; GARCIA, C.; OLIVEIRA, A.; RODRIGUES, A.; VITORINO, F. & WEBER, O. 2002. Present day sedimentary processes in the northern Iberian shelf. *Progress in Oceanography*, **52** : 249-259.
- GONZALEZ, R.; ARAÚJO, M.F.; BURDLOFF, D.; CACHÃO, M.; CASCALHO, J.; CORREDEIRA, C.; DIAS, J.M.A.;FRADIQUE, C., FERREIRA, J.; GOMES, C.; MACHADO, A.; MENDES, I. & ROCHA, F. 2007. Sediment and pollutant transport in the Northern Gulf of Cadiz: A multi-proxy approach. *Journal of Marine Systems*, **68**: 1-23.
- GONZALEZ, R.; DIAS, J.M.A. & FERREIRA, O. (2001) Recent rapid evolution of the Guadiana estuary (South Western Iberian Peninsula). *Journal of Coastal Research Special Issue*. **34**, 516-527.
- LOUREIRO, J.J.M. (coord.) 1986. *Monografia Hidrológicas dos Principais Cursos de Água de Portugal Continental*. 569pp., Direcção-Geral dos Recursos e Aproveitamentos Hidráulicos, Lisboa, Portugal.
- MACHADO, A.; ROCHA, F.; ARAÚJO, M. F.; VITALI, F.; GOMES, C. & DIAS, J.A. 2005. Geochemical characterisation of surficial sediments from the southwestern Iberian continental shelf, *Ciencias Mariñas*, **31** (1B): 161-177.
- MARTINS R.; AZEVEDO, M.R.; MAMEDE, R.; SOUSA, B.; FREITAS, R.; ROCHA, F.; QUINTINO, V. & RODRIGUES, A.M. 2012. Sedimentary and geochemical characterization and provenance of the Portuguese continental shelf soft-bottom sediments. *Journal of Marine Systems*, **91**:41-52.
- MIL-HOMENS, M.; STEVENS, R.L.; ABRANTES, F. & CATO, I. 2006. Heavy metal assessment for surface sediments from three areas of the Portuguese continental shelf. *Continental Shelf Research*, **26**(10): 1184-1205.
- OLIVEIRA, I. B. MOTA; VALLE, A. J. S. F. & MIRANDA, F. C. C. 1982. Littoral Problems in the Portuguese West Coast, *Coastal Engineering*, **3**: 1950-1969.
- PAIVA, P.; JOUANNEAU, J.-M.; ARAÚJO, F.; WEBER, O.; RODRIGUES, A. & DIAS, J.M.A. 1997. Elemental distribution in a sedimentary deposit on the shelf off the Tagus estuary (Portugal). *Water, Air and Soil Pollution*, **99**: 507-514.
- PESSANHA, L.E. & PIRES, H.O. 1981. *Elementos sobre o clima de agitação marítima na costa sul do Algarve*. Relatório do Instituto Nacional de Meteorologia e Geofísica, Portugal, 66pp.
- PITA, C. & SANTOS, J. 1989. *Análise dos temporais da costa oeste de Portugal Continental*. Relatório POWAVES 1/89-A, IH/LNEC, 29pp.
- RIBEIRO, O.; LAUTENSACH, H. & DAVEAU, S. 1988 - *Geografia de Portugal. II - O Ritmo Climático e a Paisagem*. Edições João Sá da Costa, 623p., Lisboa, Portugal
- SALOMONS, W. & FÖRSTNER, U. 1984. Metals in the Hydrocycle. Springer-Verlag press. 349 pp.
- VALE, C. 1990. Temporal variations of particulate metals in the Tagus river estuary. *The Science of the Total Environment*, **97/98**, 137-154.
- VITORINO, J.; OLIVEIRA, A.; JOUANNEAU, J.-M. & DRAGO, T. 2002. Winter dynamics on the northern Portuguese shelf. 1: Physical processes. *Progress in Oceanography*, **52** (2-4), 277-297.





## CAPÍTULO III

---

EFEITOS ANTRÓPICOS NO ENTORNO DA BAÍA DE SEPETIBA  
A PARTIR DO SÉCULO XVII COMO POSSÍVEL FATOR ATUANTE NA  
EROSÃO DA PORÇÃO CENTRAL DA RESTINGA DA MARAMBAIA,  
LITORAL SUL DO RIO DE JANEIRO





# EFEITOS ANTRÓPICOS NO ENTORNO DA BAÍA DE SEPETIBA A PARTIR DO SÉCULO XVII COMO POSSÍVEL FATOR ATUANTE NA EROSÃO DA PORÇÃO CENTRAL DA RESTINGA DA MARAMBAIA, LITORAL SUL DO RIO DE JANEIRO

Soraya Gardel Carelli<sup>1</sup>

## RESUMO

A baía de Sepetiba, localizada no litoral sul do Rio de Janeiro, detêm importância econômica devido à presença de portos, terminais e indústrias, o que lhe permite articular um eixo estratégico de circulação de produtos entre os Estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro. No entanto, para chegar neste patamar de industrialização, o entorno da baía vem passando por inúmeras mudanças desde o século XVII, com a chegada dos jesuítas, até os dias atuais com a retilinização e transposição dos cursos d'água. Acredita-se que a alteração desses cursos acarretou em elevação do assoreamento e quantidade de água doce introduzida na baía. Trabalhando com a comparação de mapas elaborados entre os séculos XVII e XIX, é notório um progressivo estreitamento da restinga da Marambaia, que se encontra posicionada em frente às drenagens, a partir da segunda metade do século XIX. Este fator pode estar relacionado à implementação de atividades agropecuárias de fazendas instaladas no entorno da baía e/ou associado a obras de engenharia executadas com o intuito de minimizar alagamentos e inundações, ou ainda a fatores geológicos. As ações antrópicas podem ter aumentado a carga hidráulica das drenagens existentes, modificando o sistema de correntes oceânicas através da ampliação do influxo de água doce, o que poderia ser um dos fatores que ocasionaram erosão na parte central da restinga. Neste trabalho pretendeu-se analisar os fatores que podem ter causado a erosão da porção central da restinga de Marambaia.

**Palavras-chave:** efeitos antrópicos; baía de Sepetiba; restinga da Marambaia; Jesuítas; mapas históricos.

## ABSTRACT

The Sepetiba Bay, located at southern coast of Rio de Janeiro, holds economic importance due to the presence of ports, terminals and industries, allowing the strategic movement of products between the states of São Paulo, Minas Gerais and Rio de Janeiro. However, to reach this level of industrialization, the surroundings of the Bay has undergone numerous changes since the seventeenth century, with the arrival of the Jesuits, until the present with the straight and transposition of the watercourses. It is believed that these changes resulted in increased siltation and quantity of fresh water introduced into the bay. Comparing the maps produced between the seventeenth and nineteenth centuries, it is observed a notorious progressive narrowing of the Marambaia sandbar, which is positioned in front of the drainages that came from the continent, since the second half of the nineteenth century. This factor may be related to the implementation of agricultural activities on farms located around the bay and / or associated engineering works executed in order to minimize waterlogging and flooding. These actions may have increased the hydraulic load of the existing watercourses, modifying the system of ocean currents by the increasing the influx of fresh water, which could be one of the factors that caused erosion in the central part of the bar. This study

1. Departamento de Geociências, Instituto de Agronomia, Km 7 – BR 465- Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, UFRRJ, CEP 23890-000. (carelli@ufrj.br)

intended investigate the factors which may be caused this erosion.

**Keywords:** anthropic effects; Sepetiba bay; Marambaia sandbar; Jesuits; historical maps.

## 1. INTRODUÇÃO

Sabe-se que 2/3 da população mundial atual encontra-se espalhada ao longo da costa litorânea de grandes cidades. Da mesma forma, a ocupação do Rio de Janeiro após o descobrimento se dá a partir da costa. A localidade de Santa Cruz posicionada no entorno da baía de Sepetiba, começou a ser povoada

em meados do século XVI, ainda como concessão de sesmarias a fidalgos portugueses por méritos na defesa da recém-descoberta colônia de Portugal. Por fim, em 1589, partes das terras são doadas aos padres da Companhia de Jesus, desta forma, consolidando a efetiva ocupação do território pelos padres jesuítas, que expandiram a área da sesmaria adquirindo terras vizinhas até alcançar dez léguas quadradas. A fazenda ia de Sepetiba até Vassouras, abrangendo também o atual Município de Itaguaí. (MARQUESE, 1997) (Figura 1).

A planície de maré impossibilitava o desenvolvimento de atividades agropecuárias, além de propagar doenças como a malária. Sendo assim, para

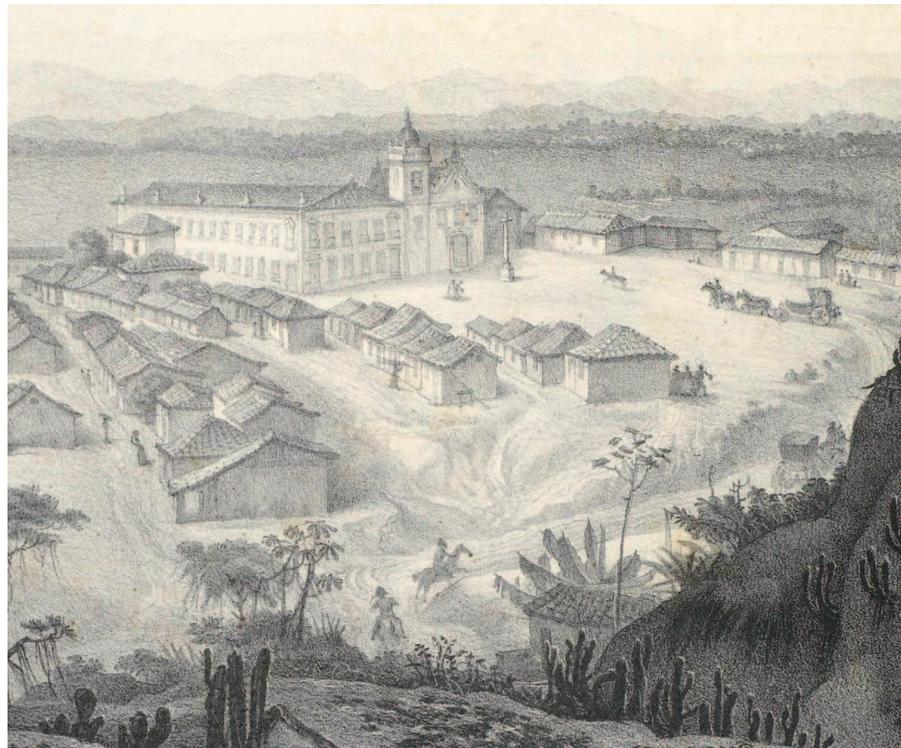


Figura 1: A Fazenda de Santa Cruz.

viabilização de uma fazenda produtiva seria necessário drenar e controlar os rios existentes por meio de diversas obras de engenharia hidráulica. Há por trás das obras de barragens e plantações uma nova concepção de natureza. Os jesuítas deixam de enxergá-la apenas como fonte de contemplação e passam a dinamizá-la e a controlá-la. Predomina assim, a partir do século XVII, o discurso de ocupação e modificação como forma de sobrevivência

que se prolonga até meados do século 20 com as obras de transposição de águas do rio Paraíba do Sul e retificação dos rios da baixada de Sepetiba.

As obras de retificação e transposição dos rios alteraram a dinâmica de transporte e erosão dos cursos d'água, acarretando na elevação do assoreamento e quantidade de água doce que é introduzida na baía. É neste cenário que é notado um progressivo estreitamento

da restinga de Marambaia ao se comparar mapas do século XVII ao século XIX, o que pode estar relacionado à intensificação das atividades agropecuárias no entorno da baía de Sepetiba e obras de engenharia executadas no local com o intuito de minimizar alagamentos e inundações.

A ponte dos jesuítas datada de 1752, (Figura 2) que fazia parte de um complexo sistema de drenagem, irrigação e barragem das águas do rio Guandu, é testemunho de que os padres foram os primeiros modificadores do sistema fluvial da área circundada pela baía de Sepetiba (CARELLI, 2012).



Figura 2: Ponte dos Jesuítas (Foto do autor).

## 2. CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA E OBJETIVOS

Inicialmente ao comparar-se a carta topográfica elaborada em 1767 a mando do Vice Rei do Brasil, o Conde da Cunha (Figura 3), e a carta elaborada em 1868 pela marinha francesa (Figura 4), pode-se perceber que a restinga da Marambaia é retratada completamente diferente nesses 101 anos que separam esses dois mapas. Nesta primeira representação de 1767 a parte central da restinga era grossa e não havia o esporão denominado ponta da Pombeba. No mapa de 1868, a retratação da restinga de Marambaia assemelha-se à conformação atual com a porção central erodida (fina) e apresentando o esporão anteriormente citado (Figura 5).

Analisando a evolução do afinamento no cordão arenoso ocorrido em um período de 101 anos, e, considerando que as obras hidráulicas tiveram início

antes de 1752, como se pode observar na data esculpida na ponte dos Jesuítas na localidade de Santa Cruz, começamos a questionar se a ação antrópica seria capaz de causar mudanças tão bruscas no ambiente em um século. Logicamente foi necessário atentar para todas as possibilidades, inclusive a ocorrência de erros cartográficos. Considerando que o primeiro mapa foi elaborado por portugueses – exímios cartógrafos, e que a restinga era passível de se circundar e executar medições, a probabilidade de um equívoco foi minimizada, mas não descartada. Entretanto, apenas dois mapas e um século de passagem de tempo eram dados insuficientes para especulações e conjecturas. Logo, se fez necessário ampliar as pesquisas que pudessem dar suporte às nossas hipóteses.

Uma abordagem do ponto de vista hidrodinâmico, para verificar as possíveis causas da erosão central da restinga remeteu-nos à análise das correntes marinhas atuantes na baía de Sepetiba, através do modelo de



Figura 3: Detalhe da Carta topográfica da capitania do Rio de Janeiro, mandadas tirar pelo Ilmo. e Exmo. Sr. Conde da Cunha Capitam general e Vice-Rey do Estado do Brazil – Leão, Manuel Vieira – 1767 – Biblioteca Nacional (BN) – cart512339.

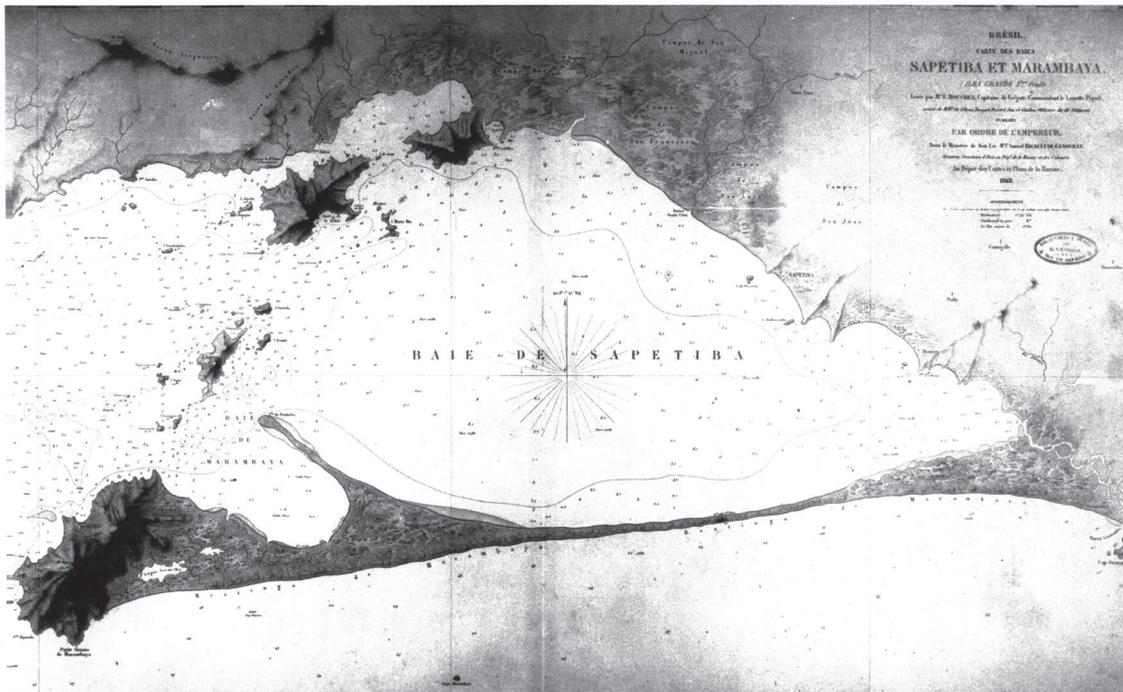


Figura 4: Carte des baies Sapetiba et Marambaya - Levée par MR E. Mouchez par ordre de L'Empereur – 1868 – Arquivo Nacional – seção de mapas 2.759/63AA.



Figura 5: Imagem de satélite LANDSAT da área de estudo, escala aproximada 1:60.000.

Roncarati; Barrocas (1978), onde se questionou se a execução de obras de dragagens e abertura de valas para drenar a área da fazenda jesuítica poderia influenciar neste regime ao ponto de ser um fator modificador do relevo em apenas um século.

Desta forma, este estudo pretendeu, através da pesquisa de mapas topográficos da região da baía de Sepetiba desde o século XVII e do relato das atividades econômicas no entorno da baía de Sepetiba desde o século XVI, investigar as causas que podem ter sido atuantes nos efeitos erosivos da porção central da restinga de Marambaia.

### 3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para cumprir os objetivos dessa pesquisa, os setores de mapas históricos de instituições como Arquivo da Cidade do Rio de Janeiro, Biblioteca Nacional e Arquivo Nacional, entre outras, foram consultados. Além desses, também foram realizadas pesquisas no Instituto Geográfico e Histórico do Brasil, Cúria Metropolitana, Núcleo de Orientação de Pesquisa Histórica, a antiga sede da Fazenda Jesuítica de Santa Cruz e serviços de COMUT entre bibliotecas de diversos países como França, Portugal, Espanha e Inglaterra, pois inicialmente possuía-se apenas dois mapas cartográficos com um enorme intervalo de tempo e representações completamente diferentes entre eles no que dizia respeito à espessura da restinga de Marambaia. Além da procura por mapas da área em questão, foi executada pesquisa acerca das atividades agrícolas no entorno da baía de Sepetiba, a qual praticamente se concentrou no período em que os jesuítas estiveram presentes na região, pois verificou-se que os padres da Companhia de Jesus foram os responsáveis pelas grandes obras de engenharia executadas na área para fins de viabilização de suas atividades agropecuárias. Foram consultados neste estudo dezesseis mapas e plantas históricas entre os anos de 1627 e 1888.

### 4. A FAZENDA DE SANTA CRUZ

A origem da fazenda de Santa Cruz data do século XVI, porém, seu desenvolvimento ocorreu no século XVII sob a administração dos padres da Companhia de Jesus, passando assim a constituir a mais importante propriedade destes religiosos. Apesar do tamanho retratado no mapa (Figura 6), a fazenda foi adquirida

paulatinamente.

Diferentemente das demais propriedades rurais jesuíticas da região do Rio de Janeiro, a Fazenda de Santa Cruz não foi constituída através de doações de sesmarias feitas pela Coroa. Segundo a literatura, a viúva de Cristóvão Monteiro, D. Marquesa Ferreira, herdeira de metade da propriedade doou o terreno correspondente à fazenda aos jesuítas em dezembro de 1589 (VIANA, 1974).

Em meados do século XVIII, as dimensões da propriedade alcançavam o tamanho de dez léguas quadradas. Sabe-se que, quando da expulsão da Companhia de Jesus do Brasil em 1759, a fazenda de Santa Cruz era uma das mais prósperas propriedades pertencentes à ordem em terras brasileiras.

Dotados de vasto conhecimento humanístico e técnico, os jesuítas logo perceberam a importância daquele terreno. Distanto catorze léguas da baía de Guanabara, o local apresentava rios navegáveis, terras planas e vasta costa marítima que viabilizaria o escoamento da futura produção.

Com o passar dos anos, as terras da fazenda foram tomando suas formas definitivas e suas atividades tornando-se cada vez mais sólidas. “Concluído o Tombo em 17 de maio de 1731, a fazenda ficou com os seguintes limites: Freguesia de Sacra Família do Tinguá, em Vassouras; a linha do curral Falso contígua à Freguesia de Guaratiba até o mar; e os terrenos de Marapicu, à leste de Mangaratiba” (VIANA, 1974).

Cortada pelos rios Itaguaí, Guandu e Guandu-Mirim, a fazenda de Santa Cruz apresentava excelente localização. As diferentes possibilidades de fazer seus produtos chegarem até a capital garantiram aos jesuítas extrema importância no abastecimento da cidade do Rio de Janeiro. “Além de suprir as suas necessidades e as do Colégio do Rio de Janeiro, a fazenda ainda produzia um excedente de alimentos e mão de obra que era aproveitada pela cidade e até mesmo exportada para outras regiões da colônia.” (TELES, 1992).

Os jesuítas haviam efetuado inúmeras obras de engenharia em Santa Cruz, construindo canais, drenando brejos e os transformando em pastagens férteis. Aliás, a pecuária era a principal atividade econômica da fazenda no tempo dos jesuítas, complementada, em segundo plano, pela cultura do arroz, feijão, mandioca e algodão (SANTOS, 1977, *apud* MARQUESE, 1997). Entretanto, relatos imputam o sucesso da fazenda como empreendimento à política de administração da mão-



Figura 6: Mapa da Fazenda de Santa Cruz – manuscritos / obras anteriores a 1800 – Biblioteca Nacional (BN) cart326132.

de-obra escrava: estimulando a formação de famílias entre os cativos, impondo uma rigorosa disciplina, e elaborando um eficiente sistema de incentivos, com a concessão de espaços para os escravos desenvolverem uma economia própria. Em 1742 os jesuítas tinham, sob o seu domínio, mais de setecentos escravos. O notável é que esta numerosa escravaria fora agregada à fazenda de Santa Cruz com poucas compras de cativos no mercado do Rio de Janeiro, escorando-se quase que inteiramente no crescimento vegetativo dentro da própria fazenda (MARQUESE, 1997).

Apesar do sucesso nas plantações, a pecuária era a atividade mais rentável. Os padres preocupavam-se em “plantar os campos com boas forrageiras para alcançar os melhores resultados na saúde de seu rebanho” (TELES, 1992) e aproveitar para engordar o gado que estava a caminho da capital. Sabendo que Santa Cruz estava na rota dos gados advindos de São Paulo e Minas Gerais, os jesuítas alugavam os pastos da fazenda onde os animais descansavam e engordavam antes de irem para o mercado do Rio de Janeiro para serem abatidos. O tipo de pecuária que os padres jesuítas implantaram em Santa Cruz apresentava características de organização muito modernas para a época.

Relata-se que “o gado particular, ou seja, da própria fazenda, era distribuído em 22 currais, convenientemente localizados pelos campos. Os padres chegaram a possuir dezenas de milhares de cabeças entre gado, suínos e lanígero, sem contar as aves e outros animais domésticos de uso cotidiano também existentes em abundância e variedade” (VIANA, 1974).

Com a expulsão dos jesuítas e o confisco de suas propriedades, a fazenda de Santa Cruz passou às mãos da Coroa portuguesa e entrou em franca decadência; nem mesmo se transformando em um Paço Imperial como residência de verão com a chegada da Família Real, levou à recuperação dos padrões produtivos anteriores da fazenda.

## 5. AS OBRAS DE SANEAMENTO E DRENAGEM NA FAZENDA DE SANTA CRUZ

Os padres jesuítas foram hábeis em contornar as hostilidades da natureza da região da baixada de Sepetiba, transformando a fazenda de Santa Cruz num complexo econômico que contava com atividade pecuária em grande escala e uma expressiva atividade agrícola, além de um conjunto de manufaturas que retratavam um

nível técnico avançado para os padrões da época.

Devido ao relevo e às condições climáticas da Baixada Fluminense (região quente e chuvosa) grande parte do terreno ficava alagado durante quase todo o ano, formando extensas planícies pantanosas que inutilizavam as plantações e destruíam o pasto. Diante de tamanhos transtornos, “os jesuítas realizaram uma série de obras hidráulicas de grande envergadura, admiráveis para a época, tais como: diques, canais de irrigação e escoamento, comportas, paredões e pontes.” (VIANA, 1974).

A ocupação dessa região e o esforço para a realização das obras deram-se devido aos interesses da Coroa em ocupar o local que era extremamente vulnerável à invasões estrangeiras.

Utilizando-se de técnicas holandesas, no início do século XVII, os padres jesuítas obras de saneamento monumentais, suportadas pela mão de obra escrava, para drenar as enchentes anuais do rio Guandu e transformar as planícies pantanosas em campos para pastagens. Assim, o terreno foi cortado em canais e valas niveladas gradualmente para que o excesso de água fosse escoado para o mar (GAMA, 1875).

Extremamente sinuoso e estreito, o rio Guandu, nos meses de enchente, inundava e destruíam os leitos dos rios. “Abriu-se então, uma vala larga e funda como um rio, e em vez de um rio, ficaram dois. O comprimento do novo rio era de dez quilômetros e 859 metros, denominado vala do Itá, por possuir leito pedregoso” (LEITE, 1938). Navegável “essa vala dava vida ao comércio entre o centro da fazenda e os pescadores do litoral” (GAMA, 1875).

*“Juntando-se à vala do Itá, havia o canal de Santa Luzia, que possuía treze quilômetros e 642 metros de extensão. Entre o rio Guandu e o rio Itaguaí cavou-se outro canal semelhante, o canal do São Francisco, com dez quilômetros de extensão, o canal do Cabuçu, além de mais duas outras valas: a da Goiaba com cinco quilômetros e 580 metros de extensão e a do Cação Vermelho. Todos eles interligados aos rios por um sistema perfeito que limitava os campos de Santa Cruz”* (LEITE, 1938).

“Além das valas foram construídos quilômetros de taipas que protegiam os pontos mais vulneráveis às inundações. Eram muralhas muito sólidas feitas de barro, pedra (na parte voltada para as águas) e areia (na parte voltada para o campo).” A mais famosa denominada taipa do Frutuoso (TELES, 1992) que mais

tarde tornou-se vasto pasto.

Para garantir que o terreno não voltasse a ser pantanoso, foi realizada uma obra de engenharia e de arte, na abertura de um canal profundo entre o rio Guandu e o rio Itaguaí: foi construída a Ponte do Guandu, ou, como hoje é conhecida, Ponte dos Jesuítas. “Trata-se de uma ponte de cantaria com arcos desiguais que possuía um sistema de comportas. Quando a enchente era grande, as comportas cerravam e obrigava a água a refluir sobre si, percolando pelo canal até chegar no rio Itaguaí, e, deste, para o mar” (LEITE,1938). Além de útil, a Ponte dos

Jesuítas era também ornamental: apresentava pavimento calçado e abaulado. Na parte da frente, à direita, gravou-se a seguinte frase – já traduzida do latim – datada de 1752: “Dobra o joelho a tão grande nome, dobra-o, tu que passas, porque também aqui, refluindo as águas, se dobra o rio” (Figura 7). A maioria das obras citadas podem se observadas na Figura 8.

As obras realizadas tiveram resultado esperado pelos jesuítas. O terreno da fazenda de Santa Cruz deixou de ser pantanoso e passou a ser um belo campo onde era possível criar animais e plantar alimentos. Desta forma,



Figura 7: Detalhe da ponte dos Jesuítas (Foto do autor).

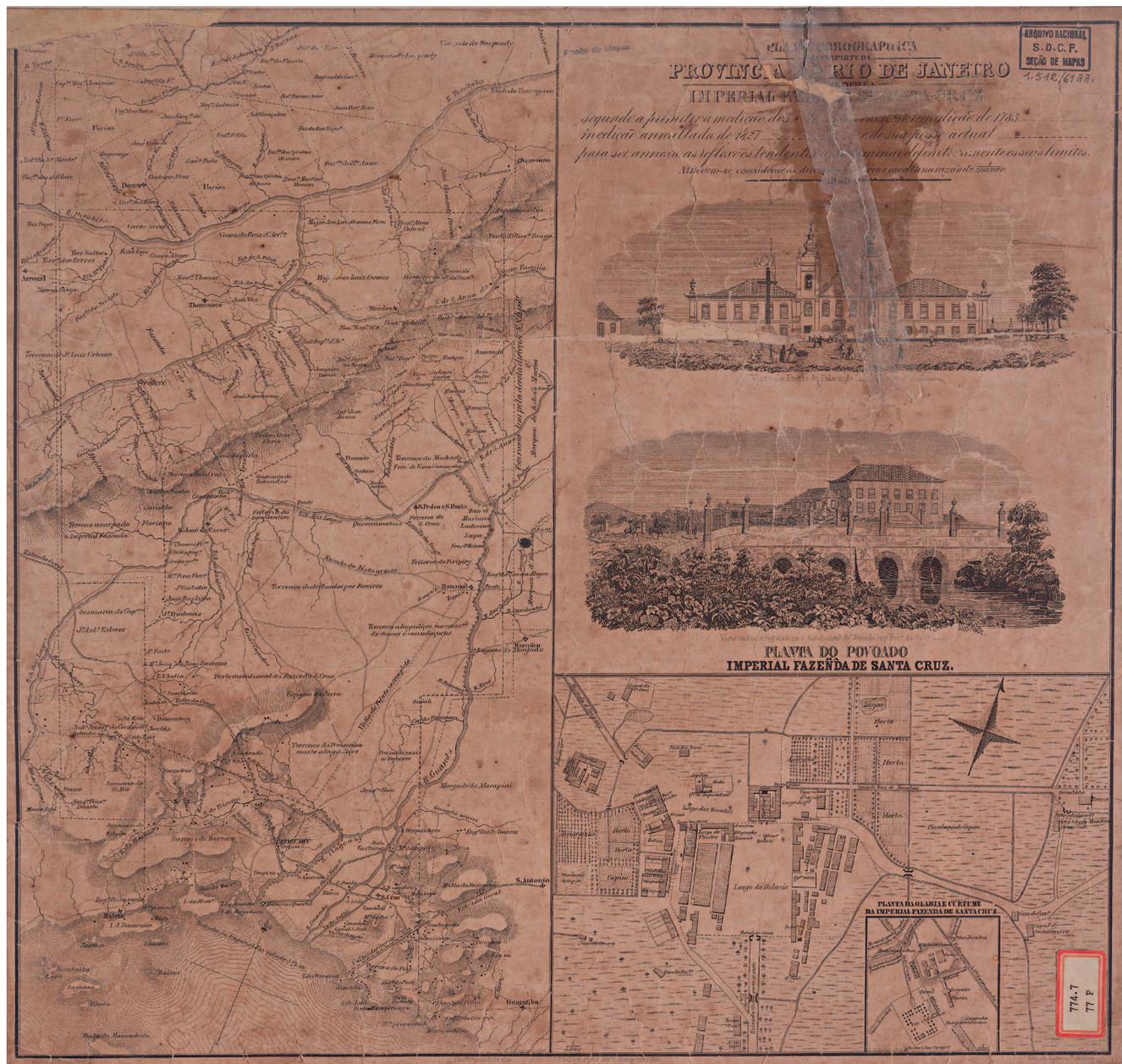


Figura 8: Planta corographica da provincia do Rio de Janeiro – Imperial Fazenda de Santa Cruz, s/data, Arquivo Nacional, seção de mapas, 1512/61AA.

“estabeleceu-se gradualmente dentro do terreno uma hospedaria, uma igreja, escola de rudimentos, açougue, hospital, vasta residência de sobrado, catequese para meninos, tecelagem, carpintaria, fábrica de cal, de farinha, curtume, engenho de açúcar estaleiros onde se fabricavam canoas” (VIANA, 1974), dentre outras atividades. Em 1759 os Jesuítas foram então expulsos do Brasil por ordem do Marquês de Pombal. A partir daí, a fazenda de Santa Cruz passou a fazer parte do Patrimônio Real da Coroa Portuguesa, passando a ser conhecida como

Fazenda Real, Fazenda Imperial ou Fazenda Nacional de Santa Cruz. Neste mesmo ano de sua expulsão, os jesuítas ainda executavam mais um de seus bem-sucedidos trabalhos de drenagem, “a interminada vala do Piloto, que transformaria os brejos de São João Grande e São João Pequeno em pastagens” (TELES, 1992).

Apesar do título de Patrimônio da Real Coroa Portuguesa, durante os trinta anos seguintes, a fazenda permaneceu num estado de quase abandono. Só no ano de 1790 a fazenda torna-se alvo de interesse por parte da

Coroa que, devido à crise no sistema colonial, tentará torná-la mais rentável. Muitas das obras executadas pelos jesuítas foram inutilizadas. Com a entrada da burocracia administrativa da Coroa, tudo se desfigurou e caiu no abismo do descuido até chegar à ruína. O prédio principal da fazenda encheu-se de florestas e charcos. Do mesmo modo, as valas se arruinaram e os diques, enfraquecidos, ficaram cobertos de grossos matos e se desfizeram com o peso das inundações dos rios, dando entrada às águas, que por sua vez, estragaram os campos. Nesta época percebeu-se que os jesuítas haviam desenvolvido excelentes técnicas para gerir a propriedade e para que tudo tomasse novamente o rumo correto, seria necessário retomar as práticas jesuíticas.

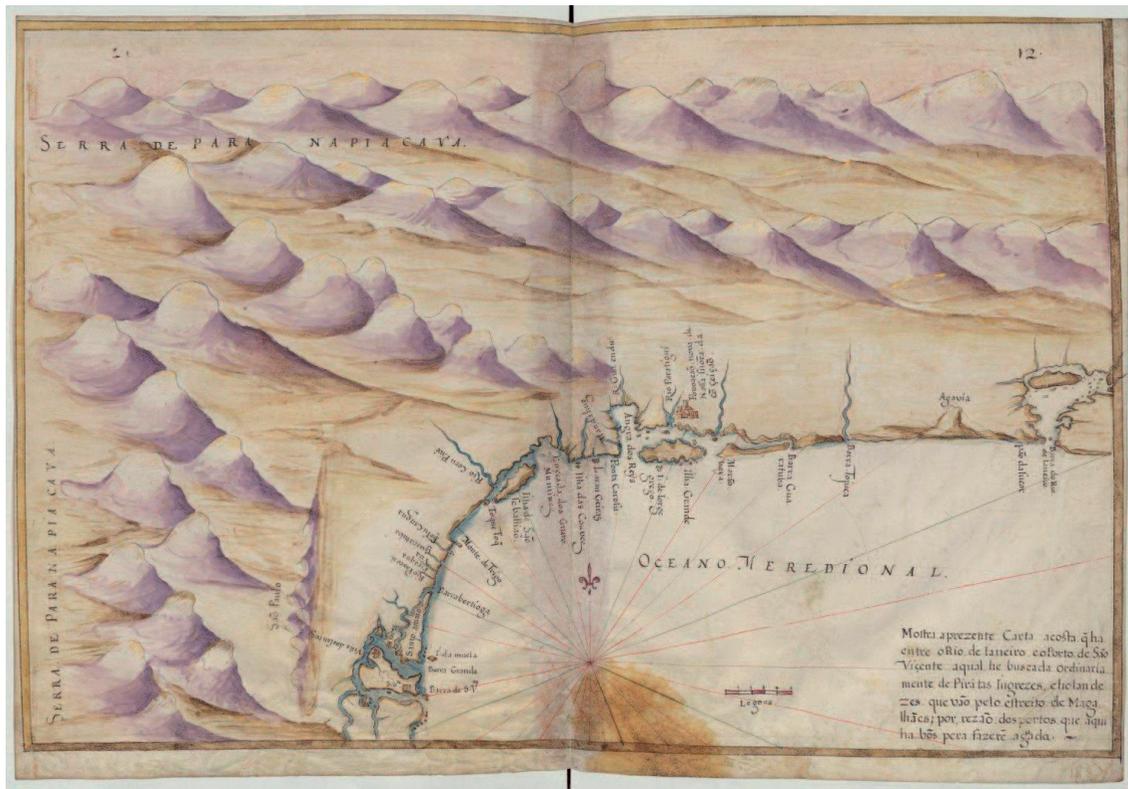
## 6. RESULTADOS E DISCUSSÃO DOS DADOS BASEADO NOS MAPAS HISTÓRICOS DA COSTA DO RIO DE JANEIRO ENTRE 1627 E 1888

Foram consultados oito mapas entre 1627 e 1888 originários de diversos países como Portugal, França, Espanha e também do Brasil. Alguns eram apenas croquis da costa enquanto outros eram mapas cartográficos e apresentavam também dados batimétricos da baía. Provavelmente alguns dados foram compilados. Nem todos se preocuparam em retratar com fidelidade os rios que desembocavam na baía de Sepetiba, mas outros apresentaram até as valas abertas pelos Jesuítas para drenar a planície de maré. Dentre todos os dezesseis mapas pesquisados, somente após 1866 é possível observar claramente o afinamento da restinga de Marambaia, assim como a presença do esporão arenoso denominado ponta da Pombeba. Os mapas serão apresentados a seguir em ordem cronológica e comentados individualmente.

- 1627 – mapa português elaborado por João Teixeira Albernaz, retratando a baía de Guanabara (RJ) até São Vicente (SP). Não possui escala e não apresenta nenhum dos rios da baía de Sepetiba. A restinga é larga e se apresenta desconectada do continente à direita. Assemelha-se a um croqui (Figura 9).
- 1730 – mapa corográfico português executado por Domingos Capassi da Companhia de Jesus representando desde o rio Paraíba do Sul a Angra dos Reis, sem escala, com a restinga larga e desconectada do

continente, já apresenta dois rios desembocando na baía de Sepetiba, também assemelha-se a um croqui, onde falta resolução (Figura 10).

- 1767 - Cartas topográficas da capitania do Rio de Janeiro a pedido do Vice Rei Conde da Cunha em Portugal, por Manuel Vieira Leão. Neste estão representados cinco rios desaguando na baía de Sepetiba a leste da Ilha da Madeira, poucas valas abertas pelos jesuítas são mostradas neste mapa e a restinga ainda se apresenta larga e desconectada ao continente (Figura 11).
- 1777 - Carta corographica da capitania do Rio de Janeiro elaborada por Francisco João Roscio. Apresenta em torno de cinco rios principais desaguando na baía a leste da Ilha da Madeira, e a restinga está larga e desconectada ao continente e a baía é chamada de Lagoa de Guaratiba (Figura 12).
- 1780 – Carta esférica da costa do Rio de Janeiro de origem luso-hispânica apresenta escala, entretanto carece de informações detalhada acerca de rios e localidades, apresenta quatro rios desaguando na baía a leste da Ilha da Madeira, não apresenta muitas informações do continente e a restinga embora larga aparece apenas pontilhada (Figura 13).
- 1783 – Planta inglesa de grandes e pequenas baías, executada por William Funnell, neste nem a restinga aparece, assim como carece de quaisquer informações cartográficas (Figura 14).
- 1808 – Mapa inglês de Cabo Frio a São Sebastião executado por William Heather, a restinga aparece larga com um leve estreitamento no centro e desconectada do continente, apresenta cinco rios a leste da Ilha da Madeira sem apresentar informações sobre as valas (Figura 15).
- 1830 - Planta da província do Rio de Janeiro, desenhada por Laurianno José Martins Penha. Apresenta cinco rios a leste da Ilha da Madeira e um pequeno estreitamento bem ao centro da restinga, não apresenta informações sobre as valas abertas pelos jesuítas. Apresenta escala (Figura 16).
- 1839 - Carta corográfica da província do Rio de Janeiro, segundo os reconhecimentos feitos pelo Coronel Conrado Jacob de Niemeyer. Coordenada e desenhada pelo Engenheiro Pedro Taulois. Apresenta seis rios a leste da ilha da Madeira e as valas ou canais do São Francisco e do Itá. A restinga está



1627

Source gallica.bnf.fr / Bibliothèque nationale de France

Figura 9: Mapa do Livro em que se mostra a descrição de toda a costa do estado do Brasil e seus portos, barras e sondas d'elas, feito por João Teixeira Albernaz, moço da camara de Sua Magestade e seu cosmographo. Em Lixboa, anno de 1627 - Bibliothèque nationale de France, Département des manuscrits, Portugais 6 - ark:/12148/btv1b55002487b.



1730

Figura 10: Mappa corográfica da capitania do Rio de Janeiro / por Capassi, Domingos da Companhia de Jesus - 1730 - Biblioteca Nacional (BN) - ARC.023,01,001.



Figura 11: Carta topográfica da capitania do Rio de Janeiro, mandadas tirar pelo Ilmo. e Exmo. Sr. Conde da Cunha Capitam general e Vice-Rey do Estado do Brazil – Leão, Manuel Vieira – 1767 – Biblioteca Nacional (BN) – cart512339.

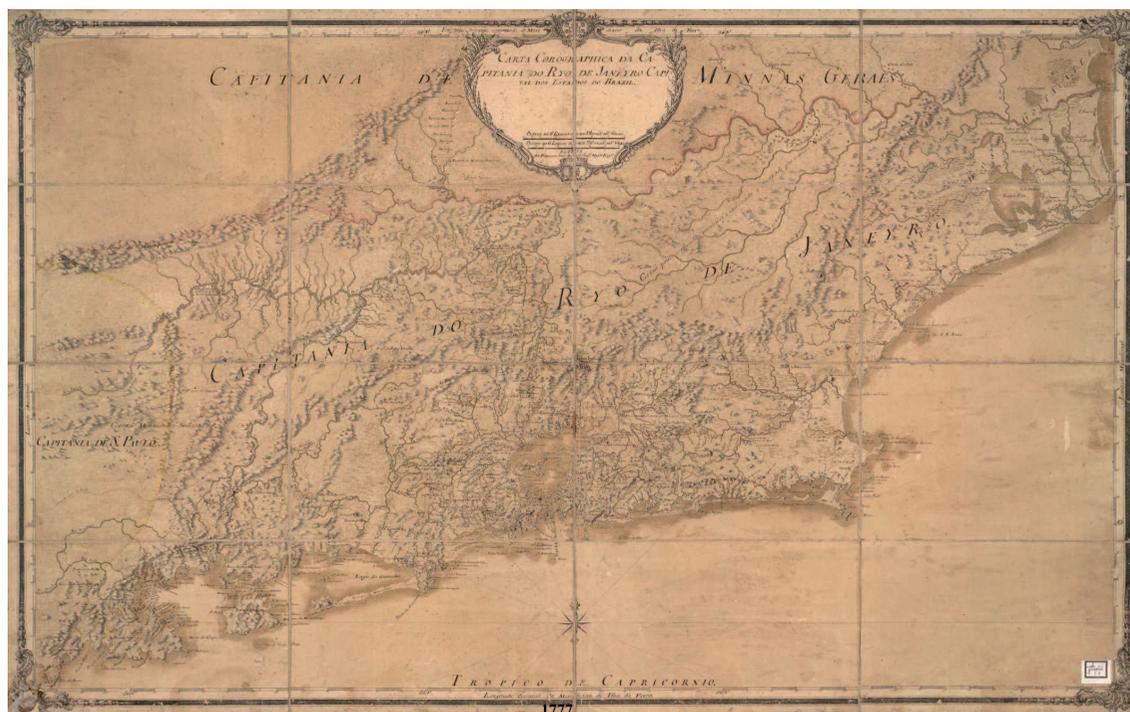


Figura 12: Carta corographica da capitania do Ryo de Janeiro, capital dos estados do Brasil / Por Francisco João Roscio – 1777 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC.012,04,006.

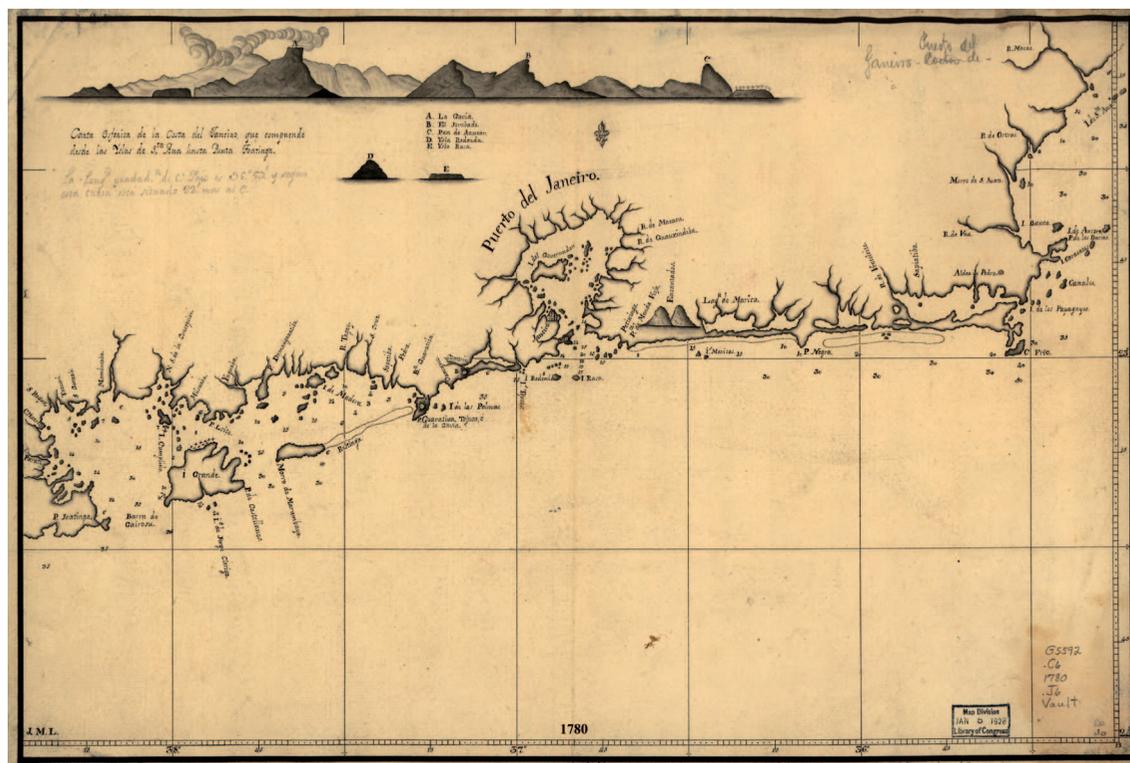


Figura 13: Carta esférica de la costa del Janeiro, que comprende desde las Yslas de Sta. Ana hasta Punta Joatinga / J.M.L. – 1780 - Library of Congress Geography and Map Division Washington, D.C. 20540-4650 USA.



Figura 14: Plan of Isle Grande on the Coast of Brazil in Lat. 23° 20' S - : From a French MS. Grande (Brasil) (Isla) – 1783 / PID - 1557919 CDU (811.5 Grande, Isla)/ Biblioteca digital hispanica.



Figura 15: A new chart of the coast of Brazil from St. Ann's Islands to St. Sebastian – Heather, William – 1808 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC.008,03,040.



Figura 16: Planta da Provincia do Rio de Janeiro – Penha, José Martins Lauriano – 1830 – Biblioteca Nacional (BN) – CDD 918.153

totalmente larga e desconectada do continente (Figura 17).

- 1840 - Carta da Província do Rio de Janeiro, litoteca do arquivo militar muito similar ao anterior (Figura 18).
- 1854 - Carta topographica de parte da província do Rio de Janeiro e do município neutro extraída da carta do Arquivo da Directoria da Província. Elaborada por José Pereira de Sá. As informações são muito similares aos dois anteriores no que diz respeito a largura da restinga, rios e valas. A restinga também aqui se encontra desconectada do continente (Figura 19).
- 1866 - Mapa da Província do Rio de Janeiro por Laemmert. Neste mapa o cenário passa a diferir totalmente dos onze mapas anteriores no que diz respeito à largura da restinga, aqui ela se apresenta muito semelhante à conformação atual e pela primeira vez é representado o esporão arenoso a oeste da restinga conhecido como Ponta da Pombeba.

Nesta representação a restinga também começa a se conectar ao continente dando início a vasta planície de maré que atualmente encontramos na região (Figura 20).

- 1868 – Carta das baías de Sepetiba e Marambaia, executado pela Marinha Francesa. Este mapa é pobre no que diz respeito à topografia e aos rios que desembocam na baía, mas repete a forma erodida no meio da restinga, assim como apresenta o esporão da Pombeba. Apresenta dados batimétricos da baía, dados de maré e da declinação magnética. A planície de maré encontra-se nesse mapa bem desenvolvida em virtude do ancoramento definitivo da restinga ao continente (Figura 21).
- 1887 - Mapa da Província do Rio de Janeiro mandado organizar pelo presidente da província para o serviço da imigração, executado por José C. de Carvalho. Este é um mapa geopolítico onde carecem informações cartográficas. Entretanto, embora não tão erodida no centro, a restinga apa-



Figura 17: Carta corographica da provincia do Rio de Janeiro, segundo os reconhecimentos feitos pelo Coronel Conrado Jacob de Niemeyer [e outros] ... Coordenada e desenhada pelo Engenheiro Pedro Taulois – 1839 – Biblioteca Nacional (BN) - cart164664.



Figura 18: Carta da Província do Rio de Janeiro - 1840 - Lith. do Archivo Militar – Biblioteca Nacional (BN) – ARC 7,12,18.

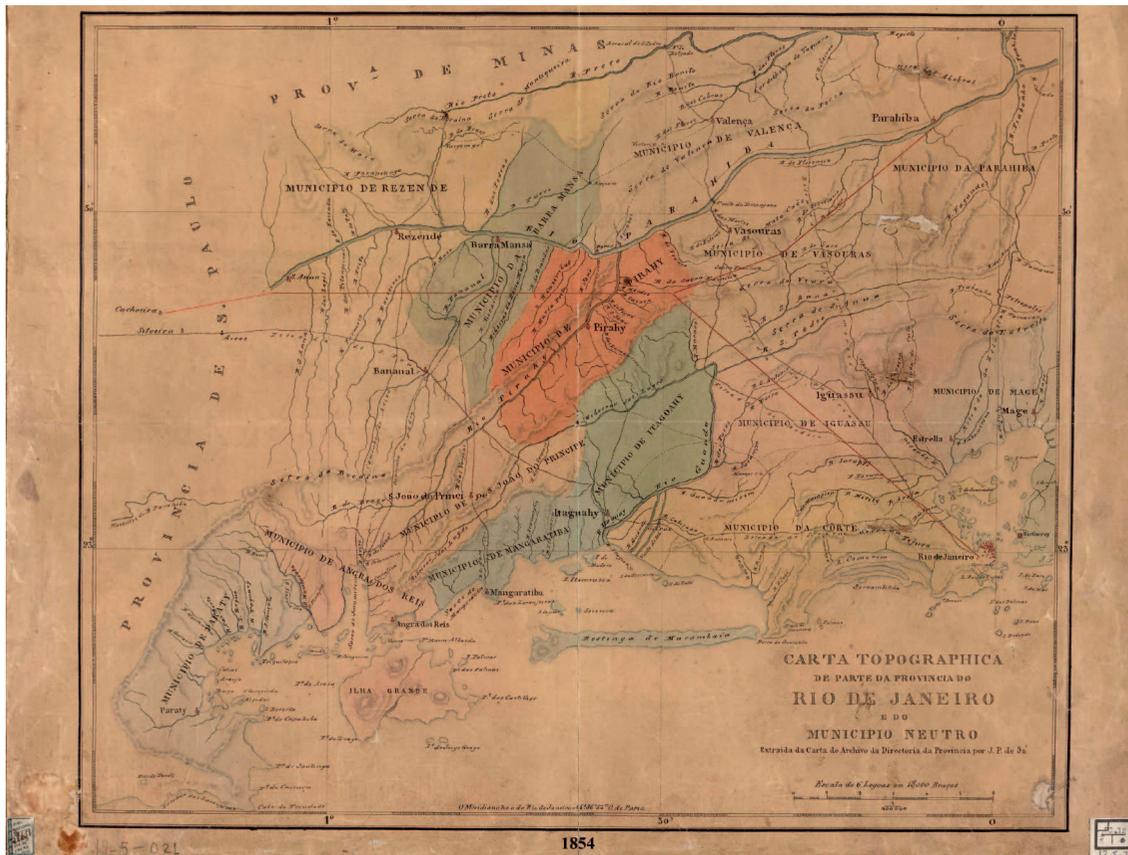


Figura 19: Carta topographica de parte da província do Rio de Janeiro e do município neutro – Sá, José Pereira de- 1854 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC 12,5,21.



Figura 20: Província do Rio de Janeiro – Laemmert – 1866 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC 6,6,9.



Figura 21: Carte des baies Sapetiba et Marambaya – Levée par MR E. Mouchez par ordre de L'Empereur – 1868 – Arquivo Nacional – seção de mapas 2.759/63AA.



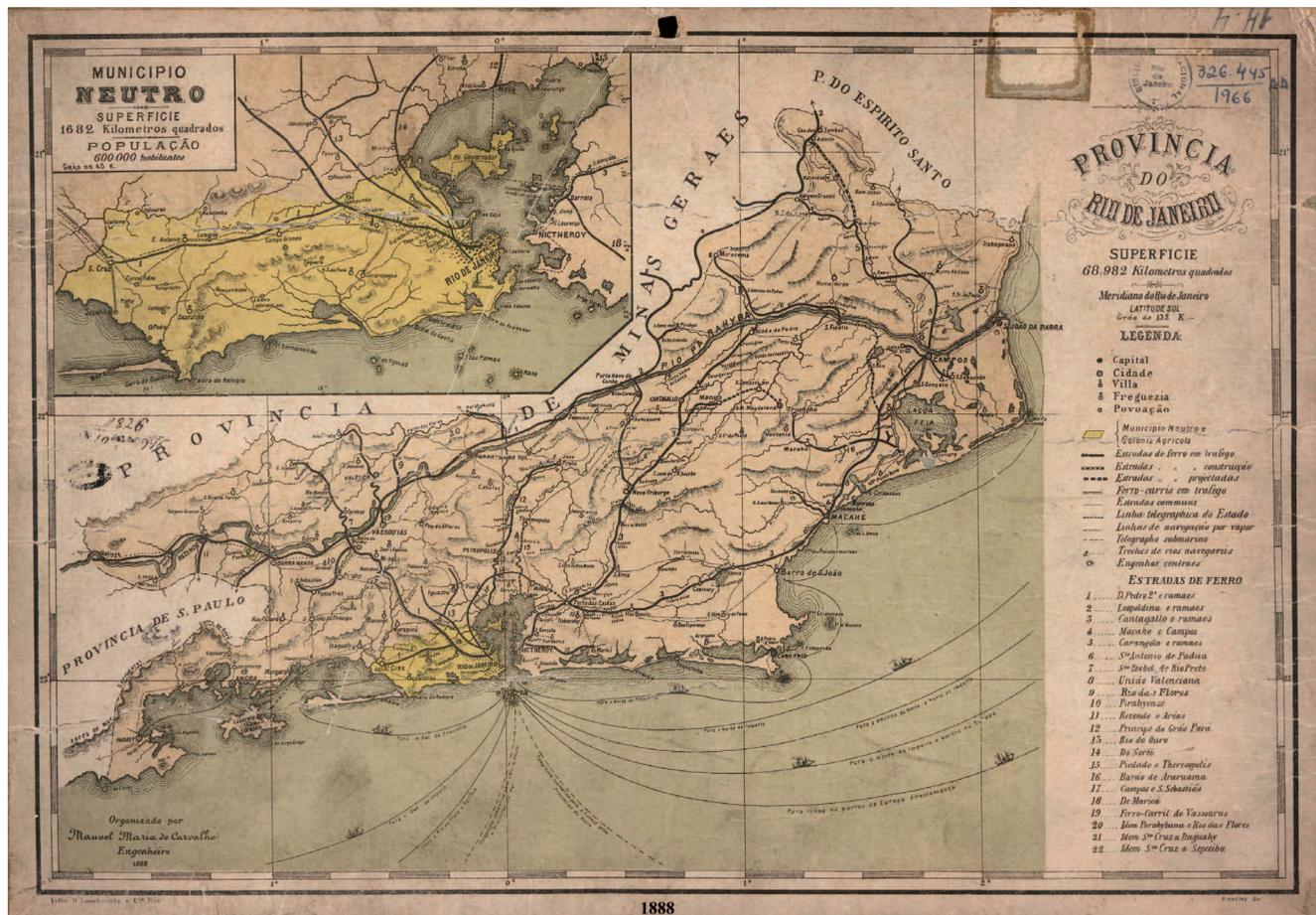


Figura 23: Província do Rio de Janeiro - Carvalho, Manoel Maria de.- 1888 – Biblioteca Nacional (BN) - cart326445.

## 7. CONCLUSÃO

Os padres da Companhia de Jesus foram interessantes para a Coroa entre os séculos XVI e XVII e responsáveis pela reprodução e divulgação da cultura europeia na colônia até serem expulsos do Brasil, em novembro de 1759.

A fazenda de Santa Cruz a princípio era um grande latifúndio onde os Jesuítas utilizaram tecnologia avançada para a época para vencer os obstáculos naturais do terreno insalubre como canais de escoamento, irrigação, paredões, comportas, diques e pontes, foram e diversas daquelas obras de engenharia permaneceram úteis até os dias de hoje, como os canais do Itá, do São Francisco.

Também para a coroa portuguesa o estabelecimento dos padres naquela região foi extremamente útil, pois além da Fazenda de Santa Cruz ser um celeiro abastecedor tanto na produção agrícola quanto pastoril,

a ocupação da área também exerceu um controle estratégico para conter a vulnerabilidade a invasões estrangeiras e controle das rotas marítimas entre as províncias do Rio de Janeiro e São Vicente. Entretanto, todo esse progresso entrou vertiginosamente em declínio após 1759. Somente a partir de 1790 a fazenda tornou-se novamente alvo de interesse por parte da Coroa e para torná-la mais rentável, segundo a literatura, seria necessário retornar às práticas jesuítas, o que implicaria fatalmente na desobstrução e drenagem dos antigos brejos para as práticas agropecuárias, embora isso não tenha ficado bem claro nas obras consultadas.

Temos então a princípio, dois momentos indicadores de ação antrópica específica, um antes de 1759 com a construção dos canais e outro possivelmente após 1790, com a desobstrução e retomada das antigas obras de drenagem.

Comparando-se esses dados históricos com os mapas obtidos neste estudo, observa-se que a restinga

da Marambaia permanece larga pelo menos até o mapa elaborado em 1777. A partir dos mapas datados de 1808 e 1830 um leve estreitamento no centro da restinga começa a ser inferido, até ser definitivamente representado no mapa de 1866, assim como o esporão arenoso da Pombeba. Talvez a explicação para o estreitamento da restinga não ter sido representado nos mapas de 1839, 1840 e 1854 pode estar associada ao fato de ter havido compilação de mapas mais antigos o que pode ter gerado equívocos principalmente no que diz respeito aos mapas geopolíticos.

Segundo o trabalho de Roncarati; Barrocas (1978), a explicação geológica para a erosão da parte central da restinga da Marambaia se deve a ação de correntes superficiais, a partir da mistura de água doce trazida pelos rios que desaguam na baía de Sepetiba, com a água salgada das correntes oceânicas conforme apresentado na

Figura 24. Estas correntes erodem o centro da restinga e também são as causadoras de cúspides, como o esporão da Pombeba. Cúspides são também encontradas em outros locais da restinga como mostra a imagem de satélite com essas formas ressaltadas na Figura 25.

Entretanto, baseado neste modelo de circulação de correntes (Roncarati; Barrocas 1978), pode-se inferir que com pequenas e escassas drenagens fluindo para dentro da baía, o que era comum nos primórdios dos anos 1600, antes das intervenções jesuíticas na área de estudo, menor quantidade de água doce seria lançada na baía. Com a construção de canais de drenagem de dezenas de quilômetros, equivalentes a verdadeiros rios, a carga hidráulica pode ter sido aumentada ao ponto de formar molhes que podem ter modificado correntes de circulação pretéritas sendo progressivamente transformadas no modelo atual da Figura 24.



Figura 24: Dinâmica das correntes de circulação interna na baía de Sepetiba, modificado de Roncarati; Barrocas (1978).

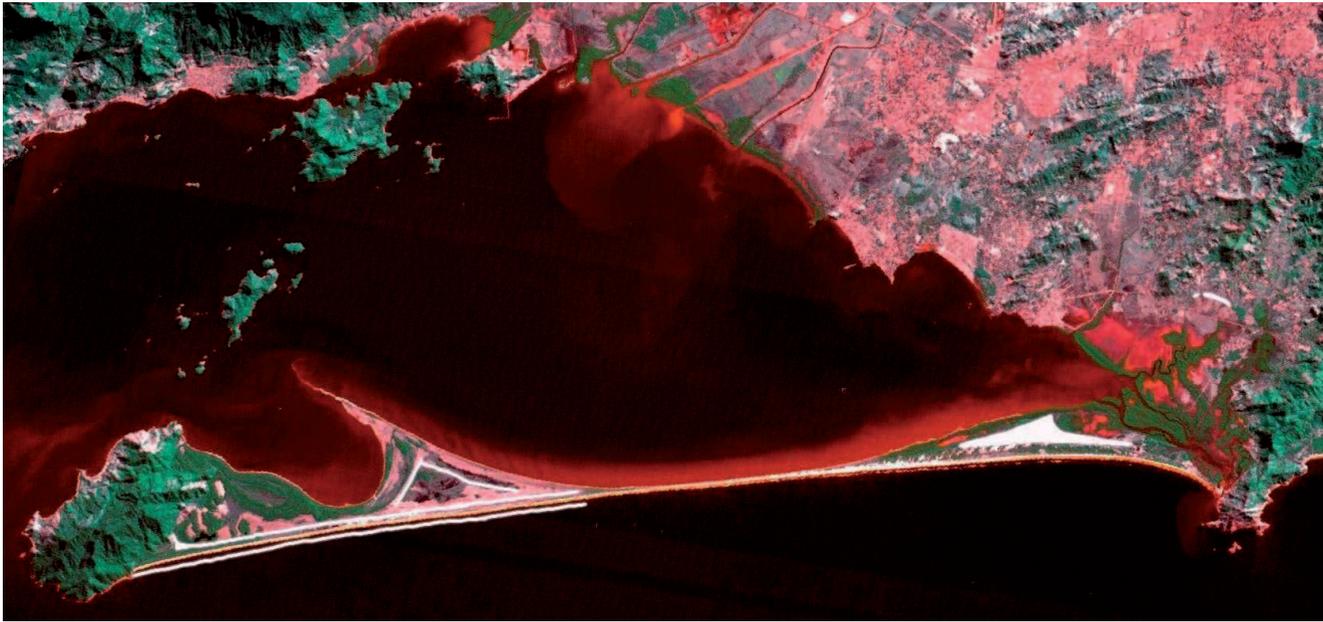


Figura 25: Detalhe de Imagem de satélite LANDSAT da restinga de Marambaia, mostrando as cúspides de baía.

Sendo assim, as obras de engenharia hidráulica executadas no entorno da baía de Sepetiba talvez possam ter fornecido elementos para uma forte modificação da restinga de Marambaia. Ou seja, a corrente erosiva superficial, que segundo o modelo de Roncarati; Barrocas (1978) é produzida pela entrada de água doce na baía, antes da construção dos canais de drenagem talvez pudesse ser menos atuante, com isso a restinga permanecesse mais larga como pode ser observado nos mapas até 1777.

Com a revitalização da fazenda a partir de 1790 e incremento na produção agrícola, talvez tenha havido novo impulso na modificação das correntes superficiais da baía de Sepetiba e no transporte de sedimentos, o que pode tanto ter potencializado as correntes erosivas como o maior aporte de sedimentos assoreando a baía, vindo a obstruir a comunicação da restinga com o oceano, ancorando-a ao continente e construindo a planície de maré de Guaratiba.

Ressalta-se que esta situação pode ter sido alternada por várias vezes até finalmente se estabelecer as feições observadas a partir de 1866, sem que isso tenha sido representado nos mapas, já que àquela época não se dispunha de tecnologia para representações

cartográficas imediatas como imagens de satélites e fotografias aéreas.

Existem ainda fatores geológicos que também podem estar relacionados à erosão da porção central da restinga da Marambaia como os de origem Neotectônica atuantes na baía de Sepetiba, o que vem sendo frequentemente relatado por diversos autores.

Acreditamos que a ação antrópica aqui relatada seja um importante fator num contexto dinâmico de agentes modificadores do relevo e como nos baseamos apenas em dados históricos para formular esta suposição, reconhecemos que estudos empíricos baseados em dados numéricos e modelagens para estabelecimento do tempo necessário para que mudanças deste porte sejam impostas ao ambiente sejam desejáveis para aperfeiçoar a hipótese apresentada neste trabalho.

## 8. AGRADECIMENTOS

A autora agradece a colaboração da Professora Adjunta Nanci Vieira Oliveira do Laboratório de Antropologia Biológica da Universidade do Estado do Rio de Janeiro pela cessão de mapas históricos, sem os quais seria impossível a realização deste trabalho.

## 9. FONTES DOCUMENTAIS

- A new chart of the coast of Brazil from St. Ann's Islands to St. Sebastian** – Heather, William – 1808 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC.008,03,040
- Carta corographica da capitania do Ryo de Janeyro, capital dos estados do Brasil / Por Francisco João Roscio** – 1777 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC.012,04,006
- Carta corographica da provincia do Rio de Janeiro, segundo os reconhecimentos feitos pelo Coronel Conrado Jacob de Niemeyer [e outros] ... Coordenada e desenhada pelo Engenheiro Pedro Taulois** – 1839 – Biblioteca Nacional (BN) – cart164664
- Carta da Província do Rio de Janeiro** - 1840 - Lith. do Archivo Militar – Biblioteca Nacional (BN) – ARC 7,12,18
- Cartas topográficas da capitania do Rio de Janeiro: mandadas tirar pelo Ilmo. e Exmo. Sr. Conde da Cunha Capitam general e Vice-Rey do Estado do Brazil** – Leão, Manuel Vieira – 1767 – Biblioteca Nacional (BN) – cart512339
- Carta topographica de parte da província do Rio de Janeiro e do município neutro** – Sá, José Pereira de – 1854 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC 12,5,21
- Carta esférica de la costa del Janeiro, que comprende desde las Yslas de Sta.Ana hasta Punta Joatinga / J.M.L.** – 1780 - Library of Congress Geography and Map Division Washington, D.C. 20540-4650 USA
- Carte des baies Sapetiba et Marambaya** – Levée par M<sup>R</sup> E. Mouchez par ordre de L'Empereur – 1868 – Arquivo Nacional – seção de mapas 2.759/63AA
- Livro em que se mostra a descrição de toda a costa do estado do Brasil e seus portos, barras e sondas d'elas, feito por Joaõ Teixeira Albernás, moço da camara de Sua Magestade e seu cosmographo. Em Lixboa, anno de 1627** - Bibliothèqne nationale de France, Département des manuscrits, Portugais 6 - [ark:/12148/btv1b55002487b](http://ark:/12148/btv1b55002487b)
- Mapa da Fazenda de Santa Cruz** – manuscritos / Obras anteriores a 1800 – Blioteca Nacional (BN) cart326132
- Mappa corográfico da capitania do Rio de Janeiro / por Capassi, Domingos da Companhia de Jesus** – 1730

- Blioteca Nacional (BN) – ARC.023,01,001

- Mappa da Provincia do Rio de Janeiro:** mandado organizar pelo presidente da provincia o Exmo. Sr. Dr. Antonio da Rocha Fernandes Leão para o serviço da immigração. Carvalho, José C. de – 1887 – Biblioteca Nacional (BN) – cart 326149
- Plan of Isle Grande on the Coast of Brazil in Lat. 23° 20 S° - : From a French MS. Grande (Brasil) (Isla)** – 1783 / PID - 1557919 CDU (811.5 Grande, Isla)/ Biblioteca digital hispanica
- Planta corographica da província do Rio de Janeiro** – Imperial Fazenda de Santa Cruz, s/data, Arquivo Nacional, seção de mapas, 1512/61AA
- Planta da Provincia do Rio de Janeiro** – Penha, José Martins Lauriano – 1830 – Biblioteca Nacional (BN) – CDD 918.153
- Província do Rio de Janeiro** – Laemmert – 1866 – Biblioteca Nacional (BN) – ARC 6,6,9
- Provincia do Rio de Janeiro** - Carvalho, Manoel Maria de.- 1888 – Biblioteca Nacional (BN) - cart326445

## 10. REFERÊNCIAS

- GAMA, JOSÉ DE SALDANHA DA. 1875. História da imperial fazenda de Santa Cruz. *Revista do IHGB* - Tomo 38 II, 1875, pag 163-230.
- LEITE, SERAFIM. 1938 *História da Companhia de Jesus no Brasil*. Tomo II. Porto: Tipografia Porto Médico, 1938. 458p.
- MARQUESE, RAFAEL DE BIVAR. 1997. A administração do Trabalho escravo nos manuais de fazendeiro do Brasil império, 1830-1847. *REVISTA DE HISTÓRIA - Portal de Revistas USP*, n.137, dez. 1997.
- RONCARATI, H. & BARROCAS, S.L.S. *Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baía de Sepetiba, Município do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba, RJ.* (Projeto Sepetiba). Rio de Janeiro: Petrobrás, CENPES, 1978, 78p. (Relatório preliminar).
- SANTOS, LARA D'ASSUNÇÃO DOS & CARELLI, S.G.; Relevância da ocupação jesuítica durante o século XVII como um possível fator modificador do relevo da restinga de Marambaia, litoral sul do Rio de Janeiro. In: II ENCONTRO DA REDE BRASPOR, Paraty, RJ. .Resumos.
- TELLES, MARIA LAURA MARIANI DA SILVA. A

*Forma e a Imagem: Arte e Arquitetura Jesuítica no RJ Colonial.* PUC - RIO, RJ, 1992.

VIANA, SÔNIA BAYÃO RODRIGUES. 1974. *A fazenda de Santa Cruz e a política real e Imperial em relação ao desenvolvimento brasileiro - 1790 – 1850.* UFF, Niterói, RJ, 1974.





## CAPÍTULO IV

---

# CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS ESTUARINOS DO SUL DA PENÍNSULA IBÉRICA COMO FERRAMENTA PARA O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL





# CARACTERIZAÇÃO GEOQUÍMICA DE SEDIMENTOS ESTUARINOS DO SUL DA PENÍNSULA IBÉRICA COMO FERRAMENTA PARA O DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

Frederico S. da Silva<sup>1</sup>, Lazaro L. M. Laut<sup>2,6</sup>, Sinda Beatriz V. Carvalhal-Gomes<sup>1</sup>, Luiz Francisco Fontana<sup>1</sup>, Virginia A. Martins<sup>3</sup>, Ana Izabel Gomes<sup>4</sup>, Iara M. M. M. Clemente<sup>2,5</sup>, Vanessa M. Laut<sup>1</sup>, Rosa C. C. L. Souza<sup>6</sup>, Mírian A. C. Crapez<sup>6</sup>, Maria Antonieta Conceição Rodrigues<sup>5</sup> e João Graciano Mendonça Filho<sup>1</sup>

## RESUMO

Os depósitos sedimentares registram os processos que ocorrem na coluna d'água e constituem o destino final de acumulação da matéria orgânica autóctone e alóctone. O objetivo central desta investigação é identificar descritores do estado trófico dos sedimentos, usando ferramentas bioquímicas na análise da quantidade e qualidade da matéria orgânica sedimentar. As amostras de sedimentos foram coletadas em cinco estações no rio Arade e dez no rio Guadiana, sul da Península Ibérica - Portugal. Estas amostras foram armazenadas em sacos de polietileno, mantidas em gelo e levadas ao laboratório onde após secas em estufa a cinquenta graus, seguiram para análises de carbono orgânico total (COT), enxofre (S), proteínas (PTN), carboidratos (CHO), lipídios (LIP). O COT variou de 0,09 a 1,88% e a razão C:S variou de 3,88 a 44,96 indicando que todas amostras estavam sob condições aeróbicas e óxicas (C:S > 3). As proteínas variaram de 0,20 a 4,25 mg.g<sup>-1</sup>. Os carboidratos variaram entre 0,41 a 3,39 mg.g<sup>-1</sup>. Os lipídios, por sua vez, 1,11 e 16,29 mg.g<sup>-1</sup>. Nos rios Guadiana e

Arade, os lipídios representam 69% dos biopolímeros presentes nos sedimentos, seguidos de proteínas (17%) e carboidratos (14%). Utilizando as concentrações de proteínas e carboidratos como indicadores do estado de eutrofização em sistemas costeiros, os rios Guadiana e Arade se enquadram como mesotróficos (PTN <1,5 mg/g; CHO <5 mg/g).

**Palavras-chave:** Carbono Orgânico Total, Biopolímeros, Sedimentos, Estuários de Mesomare.

## ABSTRACT

The sediments record the processes occurring in the water column and are the final destination of accumulation of autochthonous and allochthonous organic matter. The central objective of this research is to identify descriptors of trophic status of sediments, using biochemical tools in analyzing the quantity and quality of sedimentary organic matter. The sediment samples were collected at five stations on the Guadiana river and ten in Arade river, south of the Iberian Peninsula - Portugal.

1. Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânicas – LAFO, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, Av. Athos da Silveira, 274 - prédio do CCMN, sala J1020, Campus Ilha do Fundão - Cidade Universitária. 21.949-900. Rio de Janeiro, RJ, Brasil (fsobrinho@gmail.com; sinda.carvalhal@gmail.com; lffontana@gmail.com; vanessalaut@hotmail.com; graciano@igeo.ufrj.br).

2. Laboratório de Micropaleontologia – LabMicro, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO, Av. Pasteur, 458 Prédio IBIO/CCET sala 500 Urca, Rio de Janeiro - RJ - Brasil CEP 22.240-490(lazarolaut@hotmail.com).

3. Unidade de Investigação GeoBioTec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago. 3810-193 Aveiro, Portugal (virginia.martins@ua.pt).

4. Centro de Investigação Marinha e Ambiental - CIMA, Universidade do Algarve – UALG. Faculdade de Ciências e Tecnologia, Edifício 7, Campus Universitário de Gambelas, 8005-139, Faro, Portugal (aisgomes@ualg.pt).

5. PPG da Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Rua São Francisco Xavier, 524 sal 4037F, Maracanã, 20550-013 Rio de Janeiro, Brasil (iarammmc@hotmail.com; tutucauerj@gmail.com).

6. Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense– UFF, Cx postal: 100.644, Niterói, RJ – Brasil – 24001-970 (rcclsouza@yahoo.com.br; miriancrapez@id.uff.br).

These samples were stored in polyethylene bags, kept on ice and taken to the laboratory where after dried at fifty degrees, followed for analysis of total organic carbon (TOC), sulfur (S), proteins (NSP), carbohydrate (CHO), lipids (LIP). The TOC varied from 0.09 to 1.88% and the ratio C: S ranged from 3.88 to 44.96 indicating that all samples had been under aerobic conditions and oxic (C: N > 3). The proteins ranged from 0.20 to 4.25 mg.g<sup>-1</sup>. The carbohydrates ranged from 0.41 to 3.39 mg.g<sup>-1</sup>. The lipids, in turn, 16.29 and 1.11 mg.g<sup>-1</sup>. Guadiana and Arade rivers, lipids represent 69% of biopolymers sediment, followed protein (17%) and carbohydrates (14%). Was established using the concentrations of protein and carbohydrates as an indicator of the state of eutrophication in coastal systems: the rivers Guadiana and Arade fall as mesotrophic (PTN < 1.5 mg / g, CHO < 5 mg / g).

**Key words:** Total organic carbon, biopolymers, sediment, mesotidal estuary

## INTRODUÇÃO

A descarga excessiva de nutrientes oriundos dos esgotos domésticos e industriais, do *run-off* urbano e da agricultura levam ao enriquecimento orgânico e inorgânico das águas costeiras. Esses *inputs* resultam na eutrofização, atualmente o maior fator de estresse dos ambientes marinhos (MEYER-REIL & KOSTER, 2000).

Nos ecossistemas aquáticos, os sedimentos de fundo tem a importante função de ser uma armadilha natural para diversas substâncias (incluindo contaminantes), regulando os processos que ocorrem no fundo oceânico, podendo estocar grande quantidade de matéria orgânica e afetar o oxigênio das águas de fundo. São também fontes de nutrientes para a coluna d'água ligando os grupos bênticos aos pelágicos, influenciando a produtividade primária (JØRGENSEN, 1996). Por ser o destino final da matéria orgânica que é produzida ou introduzida ao sistema, autóctone e alóctone, os sedimentos representam o registro de todos os processos que ocorrem na coluna d'água (FABIANO & DANOVARO, 1994).

A matéria orgânica sedimentar em áreas costeiras é normalmente derivada da produtividade primária e secundária do ecossistema, da entrada de material terrestre e da produtividade bacteriana nos sedimentos.

A importância relativa dessas fontes é determinada por fatores locais como clima, suprimento de nutrientes, condições hidrodinâmicas e ciclos biogeoquímicos das águas. A mudança desses fatores, incluindo os fatores antrópicos, pode refletir na alteração composicional da matéria orgânica sedimentar (PINTURIER-GEISS *et al.*, 2002).

A composição bioquímica dos sedimentos não é apenas uma abordagem válida na determinação da origem da matéria orgânica, mas também uma ferramenta útil para se avaliar apropriadamente a qualidade desse material orgânico (BERNER, 1995; COLOMBO *et al.*, 1996; BORREGO *et al.*, 1998; PAEZ-OSUNA *et al.*, 1998; COTANO & VILLATE, 2006). Pode também ser utilizada como um importante indicador do estado trófico dos ambientes marinhos (FABIANO *et al.*, 1995; DANOVARO *et al.*, 1999; DELL'ANNO, 2002) e transitórios como deltas estuarinos (SILVA *et al.*, 2011a).

Embora essa ferramenta tenha sido aplicada para regiões oceânicas (FABIANO *et al.*, 1995; FABIANO & PUSCEDDU, 1998; PUSCEDDU *et al.*, 1999; DELL'ANNO *et al.*, 2002; PUSCEDDU *et al.*, 2004) poucos estudos foram realizados em regiões estuarinas. Desta forma, o objetivo central desta investigação é avaliar a quantidade e qualidade da matéria orgânica bem como identificar possíveis descritores do estado trófico dos sedimentos nos rios Arade e Guadiana, sul da Península Ibérica – Portugal, através de ferramentas bioquímicas aliadas a análises geoquímicas.

## ÁREA DE ESTUDO

Os rios Guadiana e Arade são os principais rios da região do Algarve, sul de Portugal. O rio Arade situa-se no Algarve ocidental e possui 75 km de comprimento. Ele se origina na Serra do Caldeirão e corre para Portimão, drenando uma bacia de 966 km<sup>2</sup> (FLETCHER, 2005). O estuário do Arade, cerca de 15 km de comprimento, atinge a cidade de Silves. Em seu curso superior, o Arade atravessa xistos e grauvacas do carbonífero e no curso inferior atravessa, principalmente, as séries sedimentares triássicas (FLETCHER, 2005), calcários jurássicos e biocalcarenitos miocênicos da Formação Lagos-Portimão, sobrepostos por areias vermelhas plio-pleistocênicas. Sedimentos holocênicos acumulam-se principalmente nos 8 km finais do estuário (Figura 1).

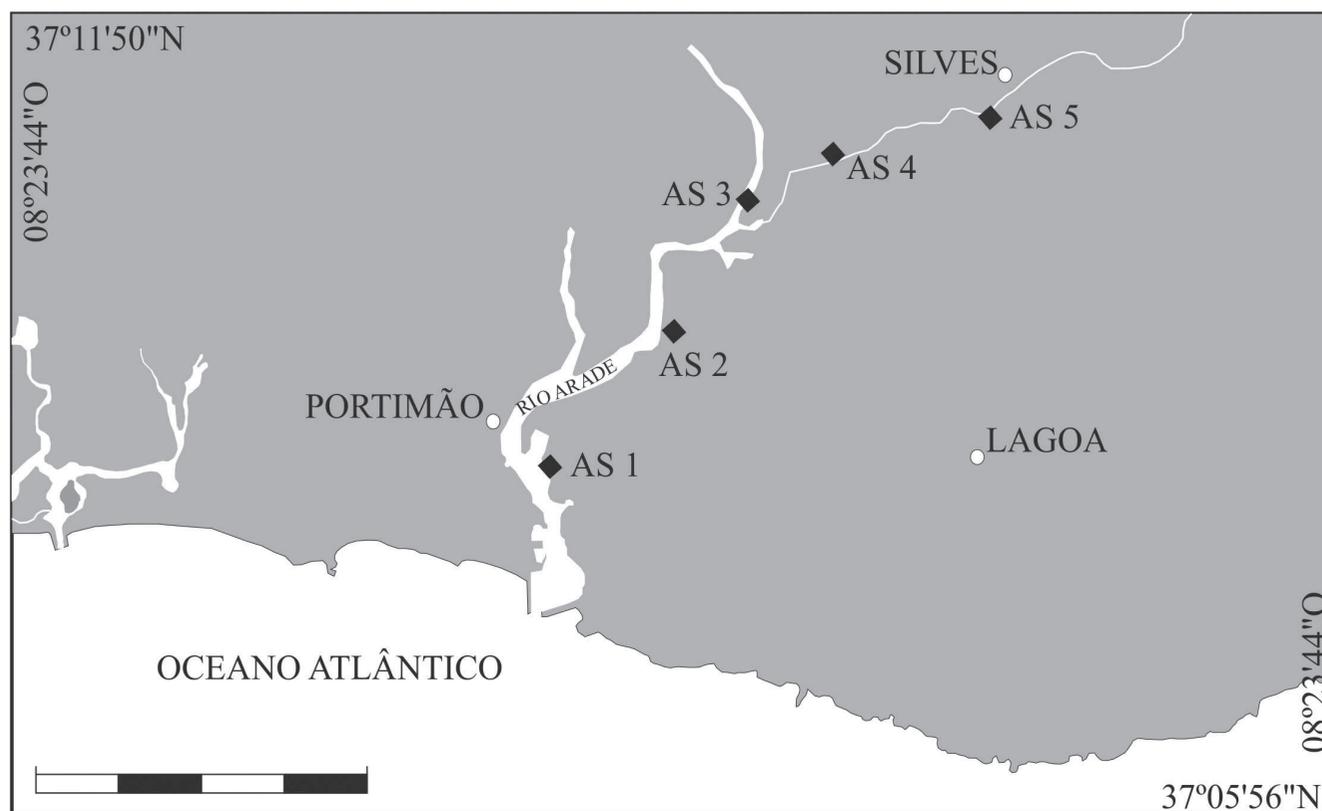


Figura 1: Mapa de localização dos pontos amostrais no Rio Arade, Portugal.

O rio Guadiana possui 810 km de comprimento de Campo de Monteil (Espanha) à montante e Vila Real de Santo António (Portugal) e Ayamonte (Espanha) a jusante, com uma área de influência de 67 000 km<sup>2</sup>. Sua foz é de cerca de 70 km de comprimento (DOMINGUES *et al.*, 2005). Os últimos 200 km do rio formam uma fronteira natural entre Portugal e Espanha. Nesta seção, o leito do rio corta uma camada de xistos e grauwacas do carbonífero, bem como calcários do cretáceo e jurássico nos últimos 5 km (BOSKI *et al.*, 2002). A maior parte dos sedimentos estuarinos / marinhos holocênicos está acumulada neste último trecho do rio (Figura 2).

Ambos os rios estão sob a influência de um clima Termomediterrânico, caracterizado por invernos moderadamente úmidos e verões quentes e secos. Desta forma, registram maior saída de água doce durante o inverno e descarga relativamente baixa durante o verão. O fluxo de água doce é regulado por várias barragens, mais de 40 no rio Guadiana (MORALES, 1997) e duas sobre o Arade. Ambos os estuários experimentam um regime de mesomare semi-diurno com uma amplitude média de 2 m.

## MATERIAL E MÉTODOS

Sedimentos superficiais foram amostrados em quinze estações ao longo dos Rios Arade e Guadiana, na Península Ibérica em setembro de 2010, usando amostrador do tipo Eckman. Do sedimento amostrado foram retiradas alíquotas: 100 ml para análises granulométricas, 2g para carbono orgânico total (COT) e enxofre total (S) e 5g para biopolímeros. Todas as análises foram feitas em triplicata utilizando-se os 2 cm de sedimento superficial.

Na análise granulométrica, as amostras foram lavadas inicialmente com água destilada para a eliminação de sais solúveis, e secas em estufa à temperatura de 50°C. Após esta fase, foram atacadas com peróxido de hidrogênio a 30%, em ambiente natural para eliminação da matéria orgânica. As frações arenosas (>0,062 mm) foram peneiradas, usando-se peneiras com intervalo de 0,5 phi. Para classificação foi utilizada a escala de Wentworth. As frações lamosas (<0,062 mm) foram analisadas utilizando-se o método de pipetagem (SUGUIO, 1973).



Figura 2: Mapa de localização dos pontos amostrais no Rio Guadiana, fronteira entre Portugal e Espanha.

As determinações do carbono orgânico total e enxofre total foram realizadas no aparelho SC 144 da LECO, através dos métodos ASTM D 4239 (*American Society for Testing and Materials - ASTM, 2008*) e NCEA-C-1282 (*United States Environmental Protection Agency - US EPA, 2002*).

Os lipídeos totais foram extraídos com clorofórmio – metanol segundo Bligh & Dyer (1959) e Marsh & Weinstein (1966). Os resultados foram comparados aos padrões equivalentes ao tripalmitato. As proteínas foram analisadas seguindo o método de Hartree (1972), modificado por Rice (1982) compensado com Fenol e expresso com o padrão equivalente ao da albumina bovina. Carboidratos foram analisados, segundo

Gerchacov & Hatcher (1972), e expressos como padrão equivalente a glicose, baseado no princípio do método de Dubois *et al.* (1956) adaptado para sedimentos. As análises bioquímicas foram todas adaptadas para sedimentos e determinadas segundo Pusceddu *et al.* (1999; 2004).

### RESULTADOS

No rio Arade a granulometria variou entre 0 – 2,5% de cascalho, 11 – 83% de areia, 13,9 – 80,4% de silte e 0 – 29,3% argila. Já no Guadiana houve variação de 0 – 3,6% de cascalho, 22,60 – 73,6% de areia, 16,2 – 63,6% de silte e 6,2 – 13,9% argila (Figura 3).

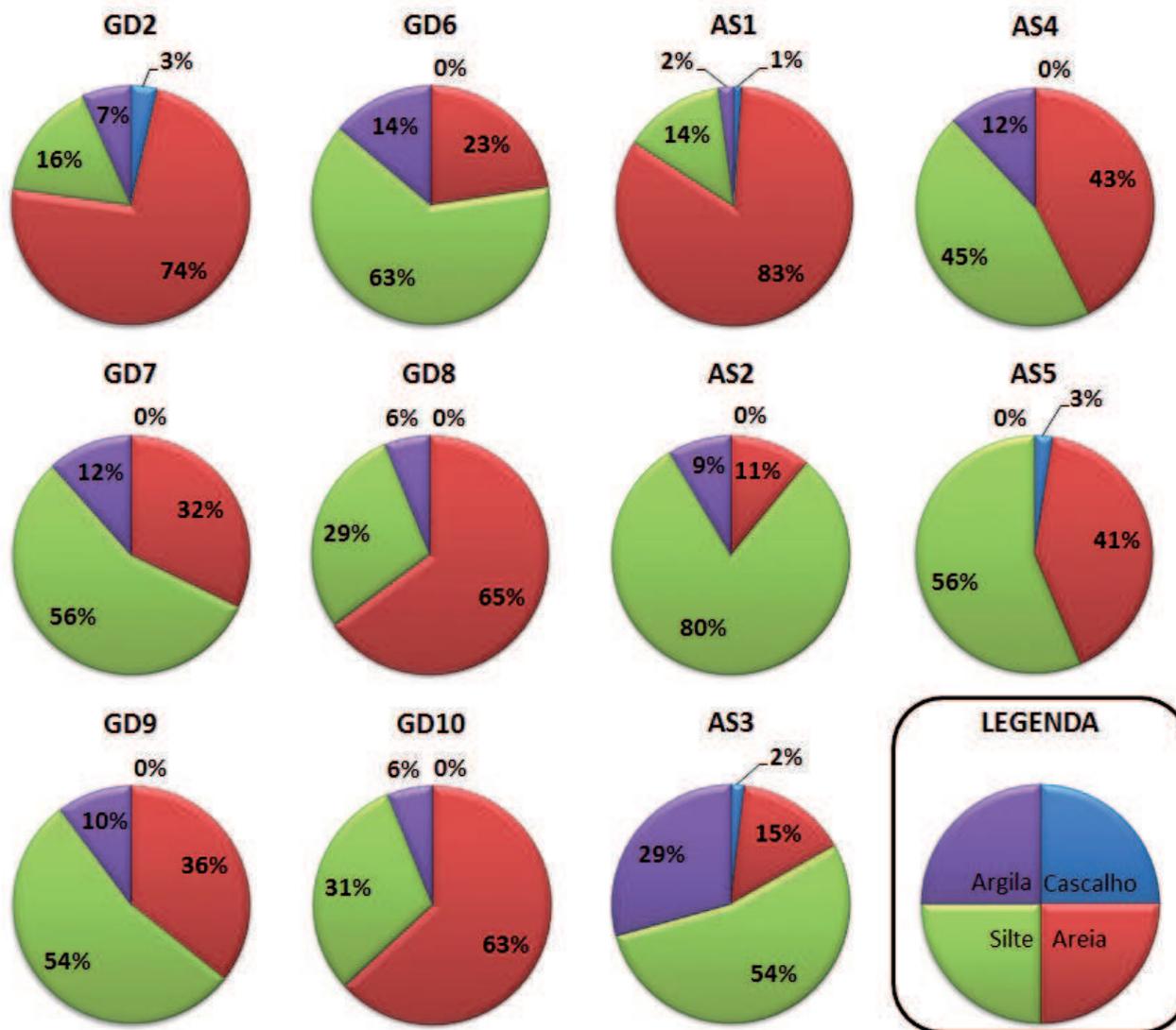


Figura 3: Diagrama das análises granulométricas dos rios Guadiana (GD) e Arade (AS).

O rio Arade apresentou valores de carbono orgânico total (COT) variando entre 0,32 – 1,60% com média de 1,25%, e o enxofre total (S) variando entre 0,08 – 0,29% com média de 0,17%. No rio Guadiana o COT variou entre 0,09 – 1,87% com

média de 1,34%, já o enxofre variou entre 0,01 – 0,11% com média de 0,08%. Nos dois rios a razão C:S variou entre 3,88 – 44,96 com média de 15,01. Sendo os valores mais baixos para essa razão encontrados no rio Arade (Figura 4).

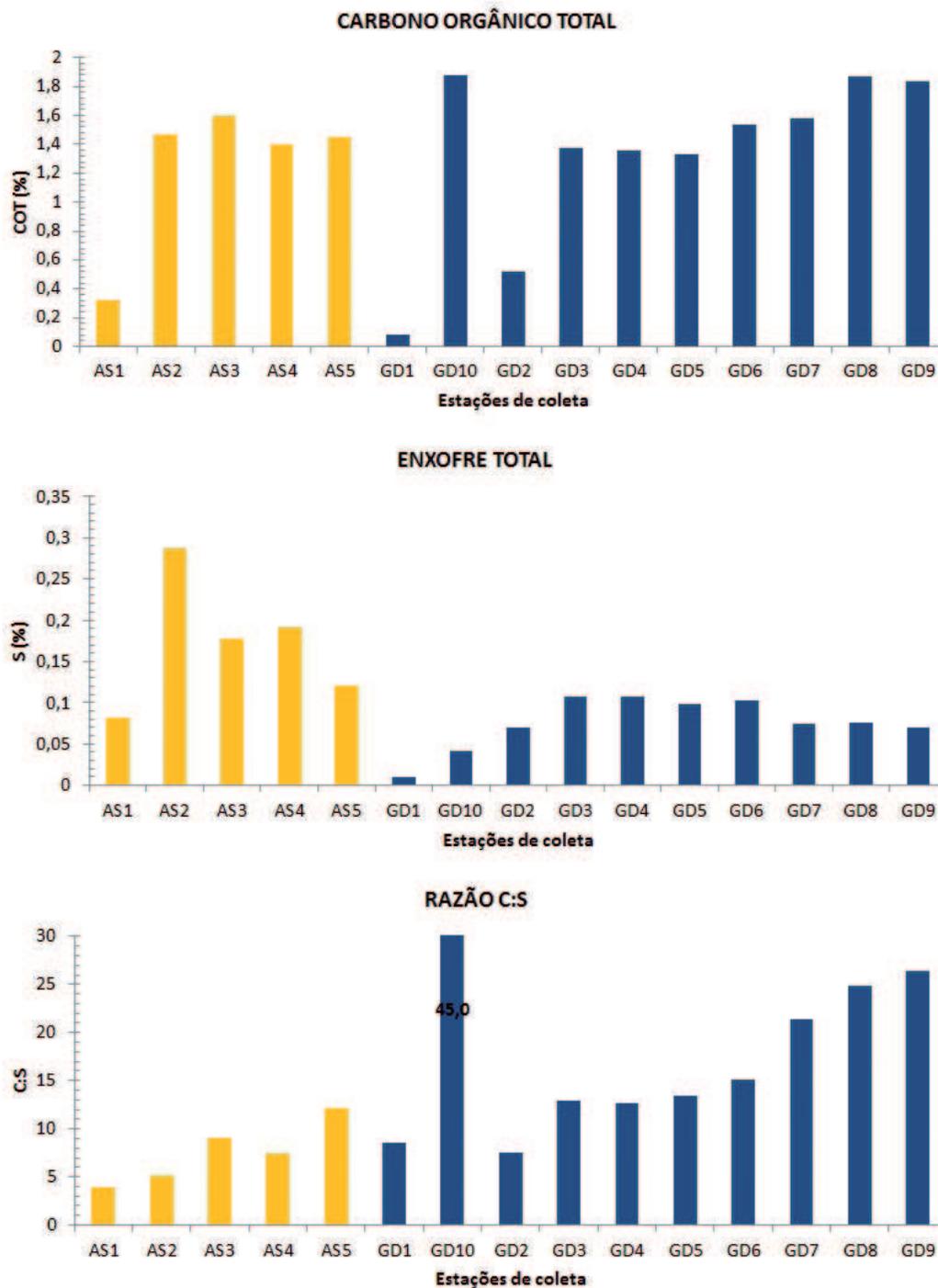


Figura 4: Distribuição da porcentagem de carbono orgânico total (COT), enxofre (S) e razão C:S nas amostras de sedimento dos Rios Arade (AS) e Guadiana (GD).

Os carboidratos variaram entre 0,96 – 3,22 mg.g<sup>-1</sup>, com média de 2,05 mg.g<sup>-1</sup> nos sedimentos do rio Arade. No Guadiana variaram entre 0,41 – 3,39 mg.g<sup>-1</sup> com média de 2,13 mg.g<sup>-1</sup> (Figura 5). A quantificação das proteínas no rio Arade, variou entre 0,84 – 2,9 mg.g<sup>-1</sup> com média de 2,28 mg.g<sup>-1</sup> e no Guadiana entre 0,20 – 4,25 mg.g<sup>-1</sup>, com média

de 2,78 mg.g<sup>-1</sup> (Figura 5). Finalmente os lipídeos (LIP) no rio Arade, variaram entre 3,88 -15,21 mg.g<sup>-1</sup> com média de 9,73 mg.g<sup>-1</sup> e no Guadiana entre 1,11 – 16,29 mg.g<sup>-1</sup> com média de 11,01 mg.g<sup>-1</sup> de sedimento (Figura 5). O carbono biopolimérico variou entre 1,10 – 15,11 mg C.g<sup>-1</sup> com média de 10,05 mg C.g<sup>-1</sup> (Figura. 6).

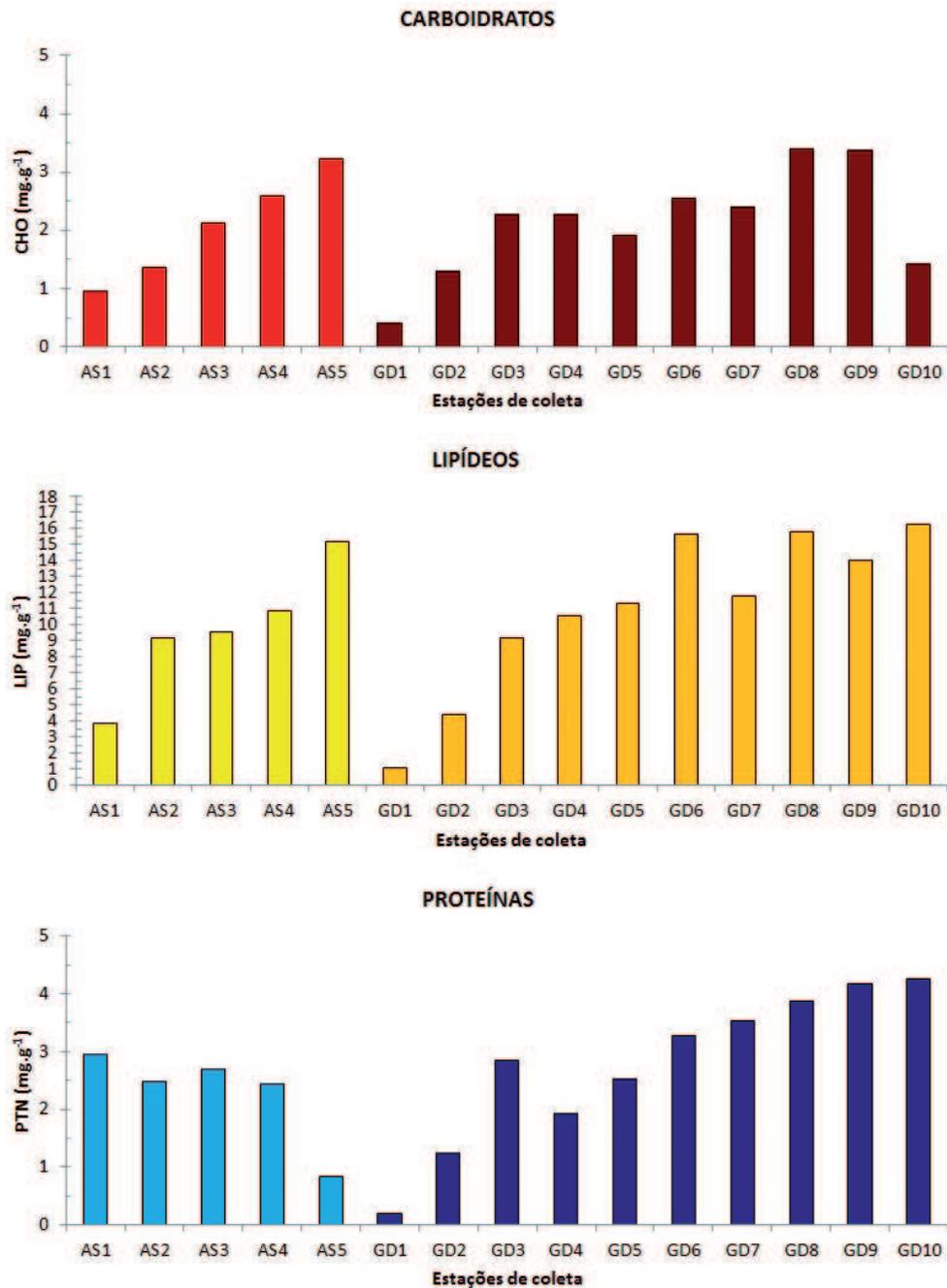


Figura 5: Distribuição das proteínas (PTN), lipídeos (LIP) e carboidratos (CHO) nas amostras de sedimento dos Rios Arade (AS) e Guadiana (GD).

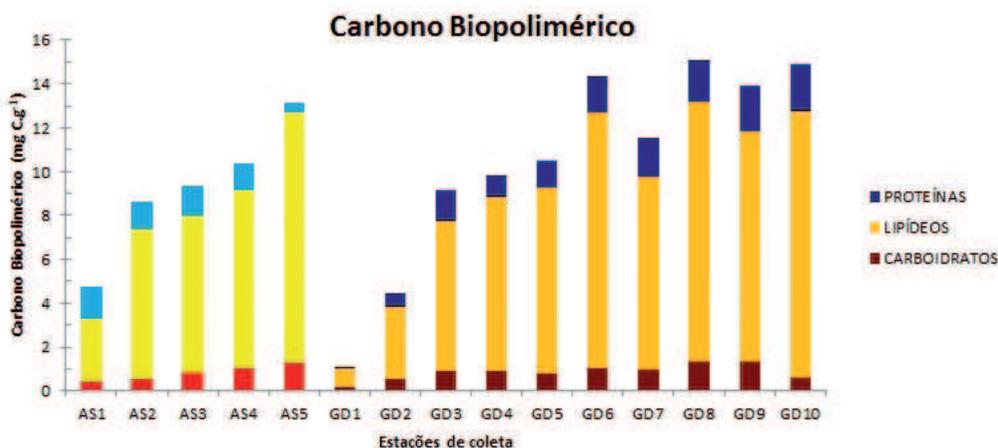


Figura 6: Distribuição do carbono biopolimérico nas amostras de sedimento dos Rios Arade (AS) e Guadiana (GD).

A análise de agrupamento realizada através do método de Ward com distância Manhattan e utilizando as variáveis COT, S, C:S, CHO, PTN e LIP, em 15 amostras gerou 3 grupos. O primeiro com as estações GD1, GD2 e AS1, compondo as amostras do estuário externo com os menores valores de todas as variáveis em questão. É importante salientar que as maiores concentrações de enxofre se encontram nessas amostras do primeiro grupo e diminuem para o interior dos estuários, sem muita

variação do COT. As amostras GD3, GD4, GD5, GD6, AS2, AS3, AS4 e AS5 compõem as amostras do estuário médio, cujos valores dos parâmetros são os resultados intermediários. E o terceiro grupo com as amostras GD7, GD8, GD9 e GD10 localizadas, exclusivamente, no estuário interno do rio Guadiana, os mais altos valores para os parâmetros analisados. A separação dos grupos foi determinada principalmente pela concentração de lipídeos e razão C:S. (Figura 7).

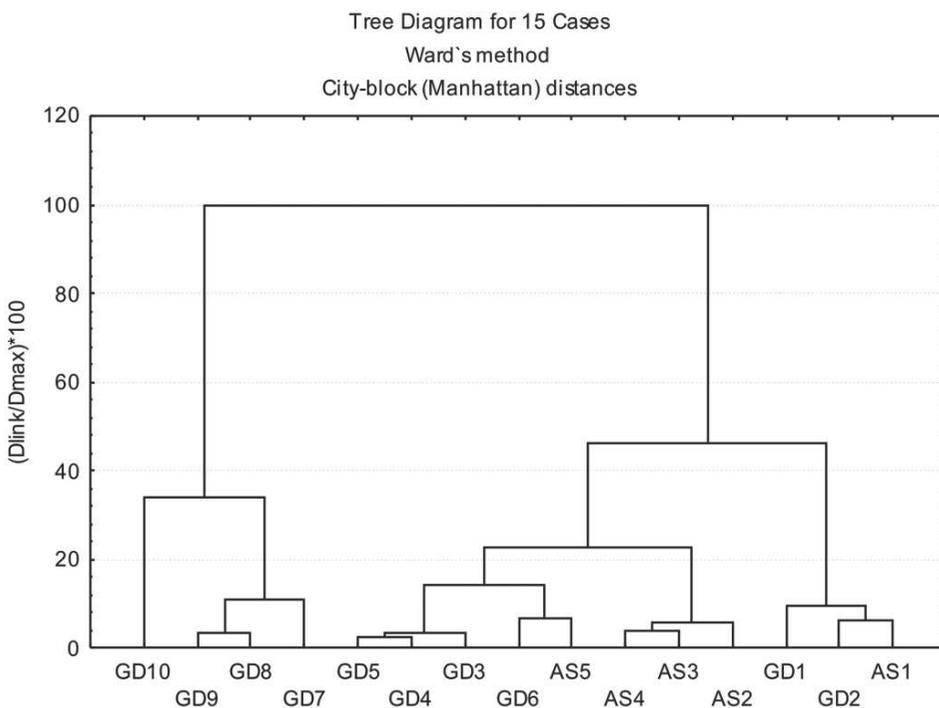


Figura 7: Agrupamento estatístico das estações do Rio Arade (AS) e Guadiana (GD) e agrupamento estatístico dos parâmetros mensurados (LIP – lipídeos, CHO – carboidratos, PTN – proteínas, COT – carbono orgânico total, S – enxofre, C:S – razão carbono-enxofre) com método de Ward e distancia de Manhattan.

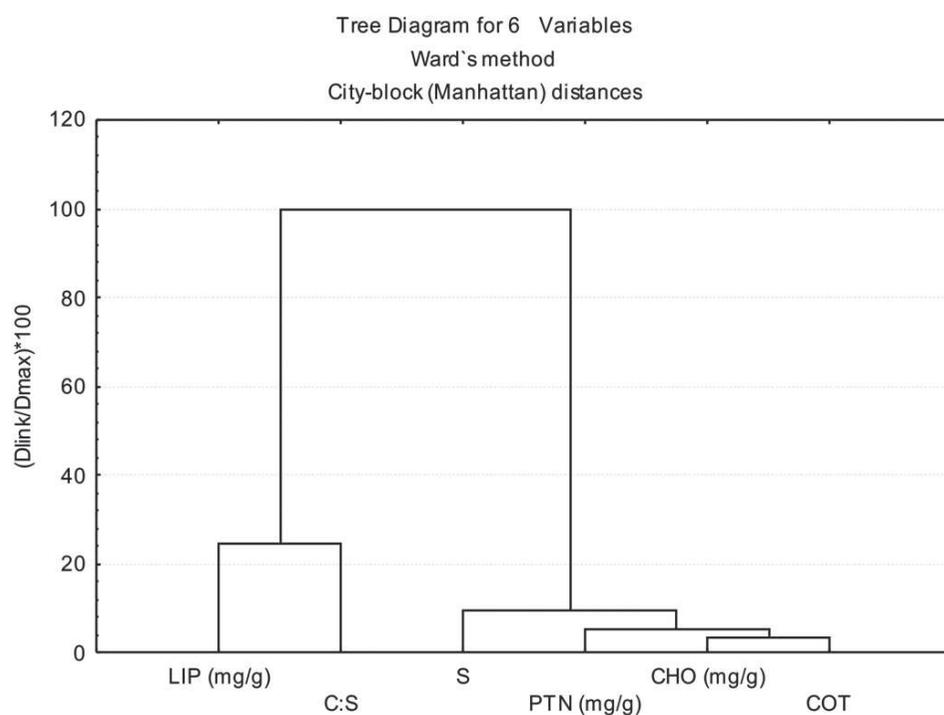


Figura 7: continuação

## DISCUSSÃO

A análise bibliográfica realizada na base de dados do SCIEDIRECT ao curso deste trabalho encontrou mais de 900 artigos referentes aos rios Arade e Guadiana contando com trabalhos realizados desde 1886. Estes trabalhos englobam principalmente pesquisas na coluna d'água e direcionadas para análises de metais pesados, conservação da natureza, qualidade da água, hidrologia, ecologia de populações, microfósseis, filogenia e pesca. Contudo, estudos bioquímicos aliados a análises geoquímicas nos sedimentos são ainda insipientes para estas regiões e por isso fez-se necessário utilizar resultados obtidos em outras regiões do mundo, principalmente do Brasil.

A granulometria encontrada nos dois estuários apresenta a tendência areia < silte < argila como em outros estuários, como descrito por Silva *et al.* (2011a) para o Delta do Paraíba do Sul (areia (65,5%) > silte (32,6%) > argila (1,8%)), ou por Almeida & Souza (2008) que encontraram, também no Rio Paraíba do Sul, a fração arenosa como predominante (77%). Contudo, observaram diferenças na distribuição granulométrica entre o estuário primário [areia (80%) > silte (10%) > argilas (10%)] e secundário [silte (50%)

> areia (30%) > argilas (20%)], além de relação entre a fração fina e o conteúdo orgânico. A granulometria predominantemente arenosa, seguindo a tendência de areia > silte > argilas nos sedimentos superficiais dos estuários, também foi encontrada no delta estuarino do Rio São Francisco (SABADINI-SANTOS *et al.*, 2009) e no Delta do Rio Pearl na China (GAO *et al.*, 2007).

Além das frações mais finas vale ressaltar que nos dois rios ainda ocorre a fração cascalho, que tem sua origem em função das formações rochosas locais.

O valor de carbono orgânico total (COT) entre os dois estuários, Arade e Guadiana, não foi muito diferente, contudo, foi baixo quando comparado com outras regiões estuarinas. No estuário do Paraíba do Sul os valores variam entre 0,04 – 4,7% (SILVA *et al.*, 2011a) e Almeida & Souza (2008) encontraram diferenças nos sedimentos superficiais entre o estuário principal e o secundário (0,55% e 1,69% de COT, respectivamente). No estuário da Baía da Guanabara vários autores encontraram valores em média maiores que os encontrados nos rios Arade e Guadiana, como Eichler *et al.* (2003), que obteve valores entre 0,018 – 5,763%, cujos maiores valores foram em áreas de menor circulação. Ainda na Baía da Guanabara, Vilela *et al.* (2003) encontraram valores de COT variando entre 0,05

- 4,81% e Mendonça Filho *et al.* (2003) determinaram valores entre 0,04 - 6,1%. Estes mesmos autores sugerem, que sedimentos superficiais com COT similar a 4%, são caracterizados como ambiente desóxico-anóxico com alta taxa de preservação. Carreira *et al.* (2004) obtiveram o COT variando entre 2,68% - 4,75%. Fernandez *et al.* (2005) verificaram uma variação entre 0,93% - 5,52%. Sabadini-Santos *et al.* (2008) encontraram teores variando na faixa de 0,12 - 8,55%. Estes teores mais elevados foram encontrados em estações diretamente afetadas por efluentes (7,64% e 8,55 %). Já em estudos realizados em outras baías, como a de Ubatuba/SP, as concentrações de COT encontradas por Burone *et al.* (2003) variaram entre 0,10% e 3,57 %. Ainda no estado de São Paulo, Siqueira *et al.* (2006) verificaram para o estuário de Santos, concentrações de carbono orgânico presentes nas amostras de sedimentos, com variações de 0,09% a 5,78%, com média de  $2,25 \pm 1,53\%$  para toda área estudada. Uehara *et al.* (2007), para a sedimentação estudada no sistema estuarino - lagunar de Cananéia - São Paulo, encontraram COT variando entre 0,08 - 2,56% ligados aos sedimentos mais finos.

Em outras regiões estuarinas e deltaicas do mundo, o COT varia conforme o encontrado nos estuários brasileiros, diferindo desses dois estuários da Península Ibérica. Ruttenberg & Goñi (1997) encontraram no estuário do Rio Mississippi, uma variação do COT entre 0,34 - 1,53%. Paez-Osuna *et al.* (1998), no sistema lagunar Altata - Ensenada Del Pabellón, no México, encontraram uma variação do COT entre 0,28 - 3,13%. Borrego *et al.* (1998), em seu trabalho com sedimentos superficiais do estuário do Rio Odiel na Espanha, encontraram o COT variando entre 1,66 - 4,51%. Vigure *et al.* (2002), na Baía de Santander na Espanha determinaram COT entre 0,08 - 4,1%. Böttcher *et al.* (2000), trabalhando na planície de lama no estuário no Mar de Wadden na Alemanha - Mar do Norte, encontraram COT variando entre 1,01 - 3,33%. Piotrowski (2004), no estuário do Rio Odra (Noroeste da Polônia) encontraram um COT médio de  $4,80 \pm 2,97\%$ . Gao *et al.* (2007), encontraram no Delta do Rio Pearl, uma variação do COT entre 0,62 - 1,68%. Abdel Gawad *et al.* (2008), na costa dos Estados dos Emirados Árabes, encontraram uma variação entre 0,04 - 17,8%.

Neste trabalho o enxofre (S) variou entre 0,01 - 0,29%, sendo que as maiores concentrações são encontradas no rio Arade, e também apresentam valores

mais baixos que na literatura. No delta do rio Paraíba do Sul os teores de enxofre variam de 0,02 - 0,96% (SILVA *et al.*, 2011a). Fernandez *et al.* (2005) encontraram concentrações de enxofre na Baía de Guanabara variando de 0,07 % na região próxima ao manguezal e na região portuária valores de 1,55%. Na Baía de Ubatuba/SP, Burone *et al.* (2003) verificaram que o enxofre atingiu teores entre 0,01% e 0,48%. Siqueira *et al.* (2006) verificou para o estuário de Santos/SP, que o enxofre foi o elemento que apresentou grandes variações, oscilando entre 0,03% e 47,93%, com média de  $6,03 \pm 11,10\%$ . Uehara *et al.* (2007), para a sedimentação encontrada no estuário de sistema estuarino - lagunar de Cananéia - São Paulo, encontraram S variando entre 0,01 - 1,01%, ligados aos sedimentos mais finos. Na Espanha, em sedimentos superficiais do estuário do Rio Odiel, foi encontrado S variando entre 0,47 - 1,3% (BORREGO *et al.*, 1998).

Os valores das razões C/S acima de 3 indicam ambientes oxidantes, já baixos valores (<3%), indicam ambientes redutores (BERNER, 1995; BORREGO *et al.*, 1998). A razão C/S mostrou-se muito superior a 3 nas amostras, sendo os valores mais baixos encontrados no rio Arade. Condições semelhantes foram encontradas no delta estuarino do Rio Paraíba do Sul por (SILVA *et al.*, 2011a). Siqueira *et al.* (2006), em sedimento superficial do estuário de Santos - São Paulo, encontraram uma razão C/S variando entre 0,09 - 3,90 e média de  $1,86 \pm 1,26$ . Uehara *et al.* (2007), para a sedimentação encontrada no sistema estuarino - lagunar de Cananéia - São Paulo, encontraram a razão C/S entre 1,75 - 5,03, e constataram que a maioria dos sedimentos analisados foi depositada sob condição redutora, excetuando-se os sedimentos do intervalo entre 324 e 290 cm, que apresentam condições mais oxidantes. Esses mesmos autores também atribuem a razão entre 3 - 5 como tendência redutora. Borrego *et al.* (1998), em seu trabalho com sedimentos superficiais no estuário do Rio Odiel na Espanha, encontraram uma razão C/S com variação 2,6 - 7,03 dentro do canal do estuário, margem do canal, pântano salgado e apicum do pântano. Esses mesmos autores associam a predominância de processos redutores à presença de matéria orgânica e disponibilidade de enxofre.

A dosagem de biopolímeros em ambientes marinhos é uma ferramenta bioquímica utilizada para caracterização e interpretação da origem da matéria orgânica acumulada no ambiente, sendo ainda pouco

aplicada em ambientes estuarinos. No presente trabalho, os valores médios encontrados para carboidratos e proteínas, foram menores que os encontrados na literatura para ambientes estuarinos.

Os lipídeos, por sua vez, foram em média maiores que os referidos para estes ambientes. Pinturier-Geiss *et al.* (2002) afirmam que a preservação de lipídios está ligada à condição predominante anóxica dos sedimentos, contudo os dados da razão C:S apontam para uma característica oxidante nos sedimentos dos rios Arade e Guadiana.

Silva *et al.* (2011a) no delta do rio Paraíba do Sul determinaram a fração de carbono dos biopolímeros, onde carboidratos apresentaram uma média de 2075,93  $\mu\text{g C.g}^{-1}$ , proteínas em média de 25,70  $\mu\text{g C.g}^{-1}$  e lipídeos em média de 363,10  $\mu\text{g C.g}^{-1}$ . Silva *et al.* (2011b), na Baía de Guanabara, encontraram nos sedimentos superficiais formas totais de proteínas variando de 0,22-0,111  $\text{mg.g}^{-1}$  ( $0,05 \pm 0,0 \text{ mg.g}^{-1}$ ). Os carboidratos variando entre 0,219-1,483  $\text{mg.g}^{-1}$  ( $0,92 \pm 0,3 \text{ mg.g}^{-1}$ ). Os lipídios variando entre 0,064-1,711  $\text{mg.g}^{-1}$  ( $0,60 \pm 0,4 \text{ mg.g}^{-1}$ ). O carbono biopolimérico total apresentou valores entre 0,191-1,684  $\text{mgC.g}^{-1}$ , com uma média de  $0,85 \pm 0,4 \text{ mg.g}^{-1}$ . Fontana *et al.* (2010), estudando o manguezal do rio Suruí encontraram os carboidratos variando entre 398 - 1760  $\mu\text{g.g}^{-1}$ , mostrando a maior variação quando comparados com proteínas e lipídeos. As proteínas variaram entre 118 - 220  $\mu\text{g.g}^{-1}$  e obtiveram um carbono biopolimérico entre 0,27 - 10,24  $\mu\text{g C.g}^{-1}$ . Pusceddu *et al.* (1999) encontraram 0,76 - 70,53  $\text{mg de carboidratos.g}^{-1}$  de sedimento, 2,16 - 12,1  $\text{mg de proteína .g}^{-1}$  de sedimento e 0,26 - 4,47  $\text{mg de lipídeos .g}^{-1}$  de sedimento na Itália, a oeste do Mar Mediterrâneo. Dell'Anno *et al.* (2002) encontraram, na Costa Apulian (Itália), valores médios de carboidratos, proteínas e lipídios equivalentes a 4,6  $\text{mg.g}^{-1}$ , 0,37 - 2,1  $\text{mg.g}^{-1}$  e  $>1 \text{ mg.g}^{-1}$ , respectivamente. Na Baía de Biscay, nos estuários de Bilbao e Mundaka, Cotano & Villate (2006) encontraram concentrações de proteínas entre 0,00 - 5,61  $\text{g.g}^{-1}$ , lipídios entre 0,03 - 2,54  $\text{g.g}^{-1}$  e carboidratos entre 0,02 - 1,20  $\text{g.g}^{-1}$  de sedimento.

A relação bioquímica representativa da composição orgânica sedimentar dos rios Arade e Guadiana foi LIPÍDEOS > PROTEÍNAS > CARBOIDRATOS, sendo as relações completamente diferentes do apresentado na literatura. A relação bioquímica representativa da composição orgânica sedimentar no

rio Paraíba do Sul é CARBOIDRATOS > LIPÍDEOS > PROTEÍNAS (SILVA *et al.*, 2011a). Silva *et al.* (2011b), na Baía de Guanabara, encontraram os carboidratos (59%) > lipídeos (38%) > proteínas (3%), que já se apresentou diferente dos descritos na literatura em sedimentos superficiais (CARBOIDRATOS > PROTEÍNAS > LIPÍDEOS) (PUSCEDDU *et al.*, 1999; DELL'ANNO *et al.*, 2002). COTANO & VILLATE (2006) encontraram outra relação representativa da composição orgânica dos sedimentos (PROTEÍNAS > LIPÍDEOS > CARBOIDRATOS). Na literatura, concentrações elevadas de lipídeos foram observadas em estuários altamente industrializados. As proteínas e lipídeos são associados à origem antrópica da matéria orgânica, enquanto os carboidratos são mais relacionados à origem fitoplâncton e detritica (COTANO & VILLATE, 2006). Ainda em relação ao papel funcional das proteínas, Dell'Anno *et al.* (2002) relacionam suas altas concentrações à produtividade primária, enquanto Pusceddu *et al.* (1999) as associam ao fator limitante para os organismos bentônicos.

Segundo Pusceddu *et al.* (1999) e Dell'Anno *et al.* (2002), a relação entre proteína e carboidrato, pode servir como indicador dos níveis tróficos dos sistemas costeiros que são: meso-oligotrófico (proteínas  $<1,5 \text{ mg.g}^{-1}$ ; carboidratos  $<5 \text{ mg.g}^{-1}$ ), eutrófico (proteínas  $<1,5 - 4 \text{ mg.g}^{-1}$ ; carboidratos  $5 - 7 \text{ mg.g}^{-1}$ ) e hiper-trófico (proteínas  $>4 \text{ mg.g}^{-1}$ ; carboidratos  $>7 \text{ mg.g}^{-1}$ ). Ao utilizar esse indicador dos níveis tróficos de sistemas costeiros, o delta estuarino do Rio Paraíba do Sul, se enquadra como um ambiente meso-oligotrófico (SILVA *et al.*, 2011a). Os valores encontrados nos rios Arade e Guadiana os enquadram como mesotróficos (PTN  $<1,5 \text{ mg.g}^{-1}$ ; CHO  $<5 \text{ mg.g}^{-1}$ ).

É comum também encontrar na literatura diversas razões entre os biopolímeros, que são ferramentas elucidativas na avaliação da origem da matéria orgânica sedimentar. Dentre elas, destacam-se as razões PROTEÍNA:CARBOIDRATO e CARBOIDRATO:COT. A razão PROTEÍNA : CARBOIDRATO está diretamente ligada a importância da fração nitrogenada na matéria orgânica (FABIANO *et al.*, 1999; MARTIN *et al.*, 1987). Áreas produtivas, como os ambientes estuarinos e regiões costeiras, tendem a ter altos valores das razões de PROTEÍNAS:CARBOIDRATOS, como foi encontrado no estudo do estuário de Biscay (COTANO & VILLATE, 2006). Nos estuários do rio

Arade a razão variou entre 0,26 – 3,06, demonstrando que há um aporte maior de compostos nitrogenados. Já no rio Paraíba do Sul, esta razão variou entre 0,01 – 0,02, que são valores bem baixos (SILVA *et al.*, 2011a).

A razão CARBOIDRATO:COT é usada na distinção qualitativa ou semi-qualitativa da matéria orgânica de origem autóctone e alóctone, como efluentes agrícolas e domésticos. Paez-Osuna *et al.* (1998) sugerem que, valores inferiores a 20 indicam matéria orgânica de origem natural (marinha ou terrestre), enquanto que valores superiores, indicam aporte de efluentes da indústria de cana-de-açúcar. Os mesmos autores dizem ainda que valores em torno de 30 indicam aporte de esgoto. Em lagunas tropicais mexicanas, impactadas por atividades agrícolas, as concentrações máximas da razão CARBOIDRATO:COT foram encontradas nos canais (25±7%) que recebem efluentes agrícolas, enquanto que as menores concentrações ocorreram na laguna (17±4%) com maior comunicação com o mar (PAEZ-OSUNA *et al.*, 1998). Nos estuários dos rios Arade e Guadiana a razão foi de 0,008 – 0,048, que é considerada de origem natural e sem aportes orgânicos. No estuário do Paraíba do Sul as razões encontradas, foram superiores a 19, desta forma, os sedimentos estuarinos do Rio Paraíba do Sul são identificados como impactados por atividades antrópicas, tanto por aporte de esgoto doméstico como de efluente da indústria açucareira - fortemente presente no seu baixo curso (SILVA *et al.*, 2011a).

## CONCLUSÃO

Os sedimentos superficiais dos sistemas estuarinos dos rios estudados foram classificados como de granulometria predominantemente arenosa e, empobrecidos em carbono e enxofre, quando comparados aos de outras regiões estuarinas no Brasil e no mundo. A razão elementar C:S indica que o ambiente é predominantemente oxidante, coerente com a forte influência fluvial no estuário de médio porte. Os carboidratos, proteínas e lipídeos também apresentaram concentrações inferiores a outros ambientes. Em função dessas baixas concentrações, pode-se classificar o ambiente como mesotrófico (PTN <1,5 mg/g; CHO <5 mg/g). A razão CARBOIDRATO:COT não identificou o impacto de atividades antrópicas. As técnicas bioquímicas vêm

sendo muito utilizadas para definir indicadores de estado trófico em sedimentos e coluna d'água, tanto na costa da Itália como no Brasil, por grupos isolados e foi aplicado nos sedimentos destes dois estuários da Península Iberica para se testar as ferramentas de diagnóstico ambiental. Em função da drástica diferença nos resultados comparando com outros locais, novos estudos devem ser conduzidos e executados, pois a carência de resultados na área de estudo ainda é grande, necessitando de um refinamento das técnicas para o local.

## AGRADECIMENTO

Ao projeto FAPERJ nº E-26/110.473/2010, por ter dado apoio financeiro. E ao Laboratório de Palinofácies e Fácies Orgânica da Universidade Federal do Rio de Janeiro pelo apoio analítico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABDEL GAWAD, E. A.; AL AZAB, M. & LOTFY, M. M. 2008. Assessment of organic pollutants in coastal sediments, UAE. *Environmental Geology*, 54: 1091-1102.
- ALMEIDA, M. G. & SOUZA, C. M. M. 2008. Distribuição espacial de mercúrio total e elementar e suas interações com carbono orgânico, área superficial e distribuição granulométrica em sedimentos superficiais da bacia inferior do Rio Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 22 (3): 140-158.
- AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). 2008. *Standard test methods for Sulfur in the analysis sample of coal and coke using high-temperature tube furnace combustion methods ASTM D 4239*.
- BERNNER, R. A. 1995. Sedimentary organic matter preservation: an assessment and speculative synthesis-a comment. *Marine Chemistry*, 49: 121-122.
- BLIGH, E. G. & DYER, W. J. 1959. A rapid method for total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, 37: 911-917.
- BORREGO, J.; LOPEZ, M., PEDON, J. G. & MORALES, J. A. 1998. C/S ratios in estuarine

- sediments of the Odiel River-mouth, S.W. Spain. *Journal of Coastal Research*, **14** (4): 1276-1286
- BOSKI, T., MOURA, D., VEIGA-PIRES, C., CAMACHO, S., DUARTE, D., SCOTT, D. & FERNANDES S. 2002. Postglacial sea-level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, **150**: 103–122.
- BÖTTCHER, M. E.; HESPENHEIDE, B.; LLOBET-BROSSA, E.; BEARDSLEY, C.; LARSEN, O.; SCHRAMM, A.; WIELAND, A.; BÖTTCHER, G.; BERNINGER, U-G. & AMANN, R. 2000. The biogeochemistry, stable isotope geochemistry, and microbial community structure of a temperate intertidal mudflat: an integrated study. *Continental Shelf Research*, **20**: 1749-1769.
- BURONE, L., MUNIZ, P., PIRES-VANIN, A.M. & RODRIGUES, M. 2003. Spatial distribution of organic matter in the surface sediments of Ubatuba Bay (Southeastern – Brazil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **75** (1): 77-90,
- CARREIRA, R. S., WAGENER, A. L. R., READMAN, J.W., FILEMAN, T.W., MACKO, S.A. & VEIGA, A. 2044. Sterols as markers of sewage contamination in a tropical urban estuary (Guanabara Bay, Brazil): space-time variations. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **60** (4): 587-598.
- COLOMBO, J. C.; SILVERBERG, N. & GEARING, J. N. 1996. Biogeochemistry of organic matter in the Laurentian Through, II. Bulk composition of sediments and relative reactivity of major components during early diagenesis. *Marine Chemistry*, **51**: 295-314.
- COTANO, U. & VILLATE, F. 2006. Anthropogenic influence on the organic fraction of sediments in two contrasting estuaries: A Biochemical approach. *Marine Pollution Bulletin*, **52**: 404-414.
- DANOVARO, R., MARRALE, D., DELLA CROCE, N., PARODI, P., FABIANO, M. 1999. Biochemical composition of sedimentary organic matter and bacterial distribution in the Aegean Sea: trophic state and pelagic–benthic coupling. *Journal of Sea Research*, **42**: 117–129.
- DELL'ANNO, A., MEI, M.L., PUSCEDDU, A & DANOVARO, R. 2002. Assessing the trophic state and eutrophication of coastal biochemical composition of sediment organic matter. *Marine Pollution Bulletin*, v. 44, p. 611-622.
- DOMINGUES, R.; BARBOSA, A. & GALVÃO, H. 2005. Nutrients, light and phytoplankton succession in a temperate estuary (the Guadiana, south-western Iberia). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **64**: 249-260.
- DUBOIS, M., GILLES, K., HAMILTON, J.K.; REBERS, P.A., SMITH, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, **28**: 350–356.
- EICHLER, P. P. B.; EICHLER, B. B.; MIRANDA, L. B.; PEREIRA, E. R. M.; KFOURI, P. B. P.; PIMENTA, F. M.; BÉRGAMO, A. L. & VILELA, C. G. 2003. Benthic foraminiferal response to variations in temperature, salinity, dissolved oxygen and organic carbon, in the Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ*, **26**: 36-51.
- FABIANO, M. & PUSCEDDU, A. 1998. Total and hydrolyzable particulate organic matter (carbohydrates, proteins and lipids) at a coastal station in Terra Nova Bay (Ross Sea, Antarctica). *Polar Biology*, **19**: 125–132.
- FABIANO, M.; DANOVARO, R. & FRASCHETTI, S. 1995. Temporal trend analysis of the elemental composition of the sediment organic matter in subtidal sandy sediments of the Ligurian Sea (NW Mediterranean): a three years study. *Continental Shelf Research*, **15**: 1453–1469.
- FABIANO, M.; POVERO, P.; DANOVARO, R. & MISIC, C. 1999. Particulate organic matter composition in a semi-enclosed Periantartic system: the Strait of Magellan. *Scientia Marina*, **63** (1): 89–98.
- FERNADEZ, M. A.; WAGENER, A. L. R.; LIMA VERDE, A. M.; SCOFIELD, A. L.; PINHEIRO, F. M. & RODRIGUES, E. 2005. Imposed and surface sediment speciation: A combined approach to evaluate organotin contamination in Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research*, **59**: 435–452.
- FLETCHER, W. 2005. *Holocene landscape history of southern Portugal*. 2005. Thesis (Ph.D. thesis) - University of Cambridge. 317 p.
- FONTANA, L. F.; SILVA, F. S.; FIGUEIREDO, N.; BRUM, D. M.; PEREIRA NETTO, A. D.; FIGUEIREDO JR., A. G. & CRAPEZ, M. A.

- C. 2010. Superficial distribution of aromatic compounds and geomicrobiology of sediments from Suruí Mangrove, Guanabara Bay, RJ, Brazil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, **82** (4): 1013-1030.
- GAO, X.; CHEN, S.; XIE, X.; LONG, A. & MA, F. 2007. Non aromatic hydrocarbons in surface sediments near the Pearl River estuary in the South China Sea. *Environmental Pollution*, **148**: 40-47.
- GERCHACOV, S. M. & HATCHER, P. G. 1972. Improved technique for analysis of carbohydrates in sediment. *Limnology and Oceanography*, **17**: 938-943.
- HARTREE, E.F. 1972. Determination of proteins: a modification of the Lowry method that give a linear photometric response. *Analytical Biochemistry*, **48**: 422-427.
- JØRGENSEN, B.B., Material flux in the sediment. In: JØRGENSEN, B.B., RICHARDSON, K. 1996. (Eds.), *Eutrophication in Coastal Marine Ecosystems*. American Geophysical Union, Washington, DC, p. 115-135.
- MARSH, J.B. & WEINSTEIN, D.B. 1966. A simple charring method for determination of lipids. *Journal of Lipids Research*, **7**: 574-576.
- MARTIN, J. H.; KNAUER, G. A.; KARL, D. M. & BROENKOW, W. W. 1987. Carbon cycling in the Northeast Pacific. *Deep-Sea Research*, **34** (2a): 267-285.
- MENDONÇA FILHO, J.G., MENEZES, T.R., OLIVEIRA, A. & IEMMA, M.B. 2003. Caracterização da contaminação por petróleo e seus derivados na Baía de Guanabara: aplicação de técnicas organogeoquímicas e organopetrográficas. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*, **26**: 69-78.
- MEYER-REIL, L-A. AND KOSTER, M. 2000. Eutrophication of marine waters: effects on benthic microbial communities. *Marine Pollution Bulletin*, **41**: 255-263.
- MORALES, J. 1997. Evolution and facies architecture of the mesotidal Guadiana River delta (S. W. Spain-Portugal ). *Marine Geology*, **138**: 127-148.
- PAEZ-OSUNA, F.; BOJÓRQUEZ-LEYVA, H. & GREEN-RUIZ, C. 1998. Total carbohydrates: organic carbon in lagoon sediments as an indicator of organic effluents from agriculture and sugar-cane industry. *Environmental Pollution*, **102**: 321-326.
- PINTURIER-GEISS, L., MEJANELLE, L., DALE, B. & KARLSEN, D. A. 2002. Lipids as indicators of eutrophication in marine coastal sediments. *Journal of Microbiological Methods*, **48**: 239-257.
- PIOTROWSKI, S. 2004. Geochemical characteristics of bottom sediments in the Odra River estuary – Roztoka Ordrzanska (North-west Poland). *Geological Quaterly*, **48**: 61-76.
- PUSCEDDU, A., DELL'ANNO, A., FABIANO, M. & DANOVARO, R. 2004. Quantity and biochemical composition of organic matter in marine sediments. *Biologia Marina Mediterranea*, **11**, (1): 39-53.
- PUSCEDDU, A.; SARA, G.; ARMENI, M.; FABIANO, M. & MAZZOLA, A. 1999. Seasonal and spatial changes in the sediment organic matter of a semi-enclosed marine system (W-Mediterranean Sea). *Hydrobiologia*, **397**: 59-70.
- RICE, D.L. 1982. The detritus nitrogen problem: new observation and perspectives from organic geochemistry. *Marine Ecology Progress Series*, **9**: 153-162.
- RUTTENBERG, K. C. & GOÑI, M. A. 1997. Phosphorous distribution, (C:N:P) ratios, and  $\delta^{13}\text{C}_{\text{OC}}$  in arctic, temperate, and tropical coastal sediments: Tools for characterizing bulk sedimentary organic matter. *Marine Geology*, **139**: 123-145.
- SABADINI-SANTOS, E.; CARREIRA, R. S. & KNOPPERS, B. A. 2008. Sedimentary sterols as indicators of environmental conditions in southeastern Guanabara Bay, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **56** (2): 97-113.
- SABADINI-SANTOS, E.; KNOPPERS, B. A.; OLIVEIRA, E. P.; LEIPE, T. & SANTELLI, R. E. 2009. Regional geochemical baselines for sedimentary metals of the tropical São Francisco estuary, NE-Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, v. **58**: 601-606.
- SILVA, F. S.; LAUT, L. L. M.; SABADINI-SANTOS, E.; LAUT, V. M.; CRAPEZ, M. A. C. & MENDONÇA FILHO, J. G. 2011a. Biopolímeros, Carbono e Enxofre Totais Associados à Atividade Bacteriana dos Sedimentos Superficiais do Delta do Paraíba do Sul, RJ-Brasil. *Anuário do Instituto*

- de Geociências-UFRJ*, **34** (1): 33-45.
- SILVA, F. S.; BITENCOURT, J. A. P.; SAVERGNINI, F.; GUERRA, L. V.; BAPTISTA-NETO, J. A. & CRAPEZ, M. A. C. 2011b. Bioavailability of Organic Matter in the Superficial Sediment of Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil, **34** (1): 52-63.
- SIQUEIRA, G. W.; BRAGA, E. S.; MAHÍQUES, M. M. & APRILE, F. M. 2006. Determinação da matéria orgânica e razões C/N e C/S em sedimentos de fundo do estuário de Santos- SP/ Brasil. *Arquivos de Ciências do Mar-Fortaleza*, **39**: 18–27.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução a Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 317 p.
- UEHARA, R. S.; DULEBA, W.; PETRI, S.; MAHIQUES, M. M. & RODRIGUES, M. 2007. Micropaleontologia e sedimentologia aplicadas à análise paleoambiental: um estudo de caso em Cananéia, São Paulo, Brasil. *Revista Brasileira de Paleontologia*, **10** (3): 137-150.
- UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (U.S.EPA). 2002. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments. In: NCEA-C-1282, *Ecological Risk Assessment Support Center*. Las Vegas: Office of Research and Development, 23 p.
- VIGURI, J.; VERDE, J. & IRABIEN, A. 2002. Environmental assessment of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) in surface sediments of the Santander Bay, Northern Spain. *Chemosphere*, v. **48**: 157-165.
- VILELA, C. G.; SANJINES, A. E. S.; GHISELLI-JR., R. O.; MENDONÇA FILHO, J. G.; BAPTISTA NETO, J. A. & BARBOSA, C. F. 2003. Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integration of ecologic patterns. *Anuário do Instituto de Geociências-UFRJ*, **26**: 25-35.





## CAPÍTULO V

---

# DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO E AVALIAÇÃO DE RISCO DE TOXICIDADE DE SEDIMENTOS DA LAGUNA DE AVEIRO (NW PORTUGAL)





# DISTRIBUIÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO E AVALIAÇÃO DE RISCO DE TOXICIDADE DE SEDIMENTOS DA LAGUNA DE AVEIRO (NW PORTUGAL)

Virgínia A. Martins<sup>1,2</sup>, João Alveirinho Dias<sup>3</sup>, Lazaro L.M. Laut<sup>4</sup>, Frederico S. Silva<sup>5</sup>, Paulo Miranda<sup>1</sup>, Belén Rubio<sup>6</sup>, Sandra Fernández-Fernández<sup>6</sup>, Ana Bernabeu<sup>6</sup>, Daniel Rey<sup>6</sup>, Bruna Ferreira<sup>1</sup>, Raquel Renó<sup>7</sup>, Cintia Yamashita<sup>7</sup>, Iara M.M.M. Clemente<sup>4,8</sup>, Vanessa M. Laut<sup>4,5,8</sup>, Maria Antonieta C. Rodrigues<sup>8</sup>, Fabrizio Frontalini<sup>9</sup>, João Graciano de Mendonça-Filho<sup>5</sup>, Cristina Bernardes<sup>2</sup> e Fernando Rocha<sup>1</sup>

## RESUMO

Este trabalho tem por objetivo avaliar o estado de contaminação e risco de toxicidade de sedimentos por metais considerados tóxicos na Laguna de Aveiro (NW Portugal). Foram analisadas 116 amostras de sedimentos de fundo recolhidas ao longo dos seus canais. Os sedimentos foram submetidos a análises granulométricas, geoquímicas e mineralógicas.

A distribuição da dimensão e da composição (mineralógica e geoquímica) dos sedimentos de fundo dos canais denota a importância da ação das correntes de maré nos processos de dinâmica sedimentar deste sistema. Nas zonas mais confinadas, onde a ação das correntes é fraca e permite a acumulação de sedimentos finos e matéria orgânica, verifica-se um enriquecimento em elementos traços considerados tóxicos: As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb e Zn. O índice de enriquecimento (EF) e o índice de carga poluente (PLI) permitiram perceber que este sistema possui “hot-spots” de contaminação. Estes localizam-se na zona mais interna do Canal da Murtoza, no Porto de Salreu, no extremo Norte do Canal de Ovar (Marina de Ovar), nos canais da cidade de Aveiro, no Canal Espinheiro e nas áreas portuárias situadas

próximo da embocadura da laguna. Este enriquecimento está associado à atividade antrópica em torno da Ria devendo-se essencialmente a despejos diretos nos seus canais e ao contributo dos rios e linhas de água que a ela afluem. A comparação dos nossos dados com as diretrizes estabelecidas para avaliar da qualidade do sedimento (SQGs – “Sediment Quality Guidelines”), desenvolvidas pela NOAA EUA, permitiu identificar locais em que as concentrações de metais podem exercer efeitos tóxicos nos organismos vivos bentônicos. É o caso, por exemplo, da zona interna do Canal da Murtoza, conhecido como Largo do Laranjo e nos esteiros adjacentes, em que os sedimentos se encontram contaminados por Zn, Pb, As, Hg, Cu, Ni e Cd. Os níveis de contaminantes podem causar efeitos tóxicos em organismos vivos com a possibilidade de ocorrência de bioacumulação e biomagnificação através das cadeias alimentares nas quais se integra o homem, podendo correr riscos de saúde pública sobretudo nas populações ribeirinhas, como têm sugerido estudos anteriores.

**Palavras-chave:** fatores de enriquecimento (EF), índice de carga poluente (PLI), diretrizes de avaliação da qualidade do sedimento (SQGs)

1. GeoBioTec, Dpto. Geociências, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago, 3810-193 Aveiro, Portugal (virginia.martins@ua.pt, pfnmiranda@gmail.com, bmferreira7@hotmail.com, tavares.rocha@ua.pt)

2. CESAM, Dpto. Geociências, Universidade de Aveiro (cbernardes@ua.pt)

3. Centro de Investigação Marinha e Ambiental – CIMA, Universidade do Algarve (jdias@ualg.pt)

4. Laboratório de Micropaleontologia – LabMicro, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro – UNIRIO (lazarolaut@hotmail.com)

5. Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânicas – LAFO, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (fsobrinho@gmail.com, graciano@igeo.ufrj.br)

6. GEOMA, Dpto. Geociencias Marinas y O.T., Universidade de Vigo, Espanha (sandrafernandez@uvigo.es, brubio@uvigo.es, bernabeu@uvigo.es, danirey@uvigo.es)

7. Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo, Brasil (raquelrenoliveira@gmail.com, cintia.yamashita@usp.br)

8. PPG da Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. (iarammcc@hotmail.com, vanessalaut@hotmail.com, tutucauerj@gmail.com)

9. Università degli Studi di Urbino “Carlo Bo, Campus Scientifico Enrico Mattei, Crocicchia, 61029, Urbino (Italy) (fabrizio.frontalini@uniurb.it)

## ABSTRACT

The objective of this work is to study heavy metal contamination in Ria de Aveiro, a lagoon system located in the NW coast of Portugal. We analyzed 116 samples of bottom sediments collected along the main channels of the Ria de Aveiro. The sediments were subjected to grain-size, geochemical and mineralogical analyses. Furthermore, some environmental parameters were measured in water and sediment at each site.

The elemental concentrations (analysed by ICP-MS) were assessed by total digestion of the sediments (with four acids) and by sequential chemical extraction for the Hg.

This research highlighted that hydrodynamism controls the grain size and the composition of sediments. As consequence, in areas where the currents activity is low, fine sediments enriched in organic matter and phyllosilicates are deposited and many chemical elements are retained.

The enrichment factor (EF) of As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb and Zn and the pollution load index (PLI) allowed the identification of "hot spots" of contamination in this system. These are located mainly in the inner zone of Murtosa Channel, the Port of Salreu, at the northern end of the Ovar Channel, the canals of Aveiro town, in Espinheiro Channel and also in harbor areas located near the mouth of the lagoon. This enrichment is associated to anthropogenic activity around the lagoon and is introduced essentially through the contribution of rivers and water courses. The comparison of our data with the established Sediment Quality Guidelines (SQGs), developed by the NOAA, U.S., for evaluating the quality of the sediment allowed the identification of locals where concentrations of metals may have toxic effects on benthic organisms. This is the case for example of the internal zone of the Murtosa Channel, namely Laranjo Bay and adjacent small channels, in which the levels of contaminants (Zn, Pb, As, Hg, Cu, Cd and Ni) can cause toxic effects on living organisms with the possibility of bioaccumulation and biomagnification through food chains including man, with risks of public health.

**Key words:** Enrichment factors (EF), Load Pollution Index (PLI), Sediment quality guideline (SQGs)

## 1. Introdução

### 1.1 Área de estudo

A Ria de Aveiro é uma laguna costeira (Fig. 1) situada no NW de Portugal, separada do mar por um cordão arenoso de largura variável (<2,8 Km), sendo a barra artificial do Porto de Aveiro, com 1,3 km de comprimento, 350 m de largura e cerca de 30 m de profundidade, a única forma de comunicação com o oceano. A laguna estende-se por cerca de 45 km, desde Ovar até Mira (latitude média 38° 5' N). A sua área total coberta durante a preia-mar varia entre 83 km<sup>2</sup> em maré viva e 66 km<sup>2</sup> em maré morta, tendo uma profundidade média de cerca de um metro (DIAS *et al.*, 1999). Nos canais de navegação a profundidade é mantida artificialmente, entre 4 e 7 metros, por meio das dragagens.

A laguna pode ser dividida em três zonas principais (Figura 1). A zona sul que inclui os Canais de Ílhavo e Mira, com 7 e 14 km de comprimento e com 200 e 300 metros de largura máxima, respetivamente. A zona norte, com cerca de 29 km de comprimento, integra o Canal de S. Jacinto e o Canal de Ovar. No seu extremo norte, o Canal de Ovar é muito pouco profundo dando origem a uma rede complexa de pequenos canais e ilhas. A terceira zona, com uma geografia também muito complexa e uma intrincada rede de pequenos canais e ilhas formadas pela acumulação de sedimentos, integra o Canal da Murtosa, que termina em frente à foz do rio Antuã, e o Canal do Espinheiro, com cerca de 15 km de comprimento e que recebe águas do Rio Vouga.

A circulação no interior da laguna é dominada pelas marés (DIAS *et al.*, 2000, VAZ e DIAS, 2008). Estas são predominantemente semidiurnas. A amplitude mínima de maré é cerca de 0,6 m, nas marés mortas, e máxima cerca de 3,3 m, nas marés vivas, sendo a média de 2,0 m (DIAS *et al.*, 1999, 2000). De acordo com estes valores, a Ria de Aveiro é considerada uma laguna mesomará.

A corrente de maré, que na costa ocidental de Portugal se propaga de Sul para Norte, penetra no interior da Ria através da barra e difunde-se a baixa velocidade ao longo dos canais (DIAS *et al.*, 2000, ARAÚJO *et al.*, 2008). Os atrasos de fase são maiores em maré baixa, podendo atingir 5 horas, nos extremos dos canais de Mira e de S. Jacinto-Ovar (VICENTE, 1985). Nos canais mais estreitos e profundos na zona da embocadura registam-se velocidades máximas que podem ultrapassar os 2 m/s (DIAS *et al.*, 2000, VAZ e DIAS, 2008).

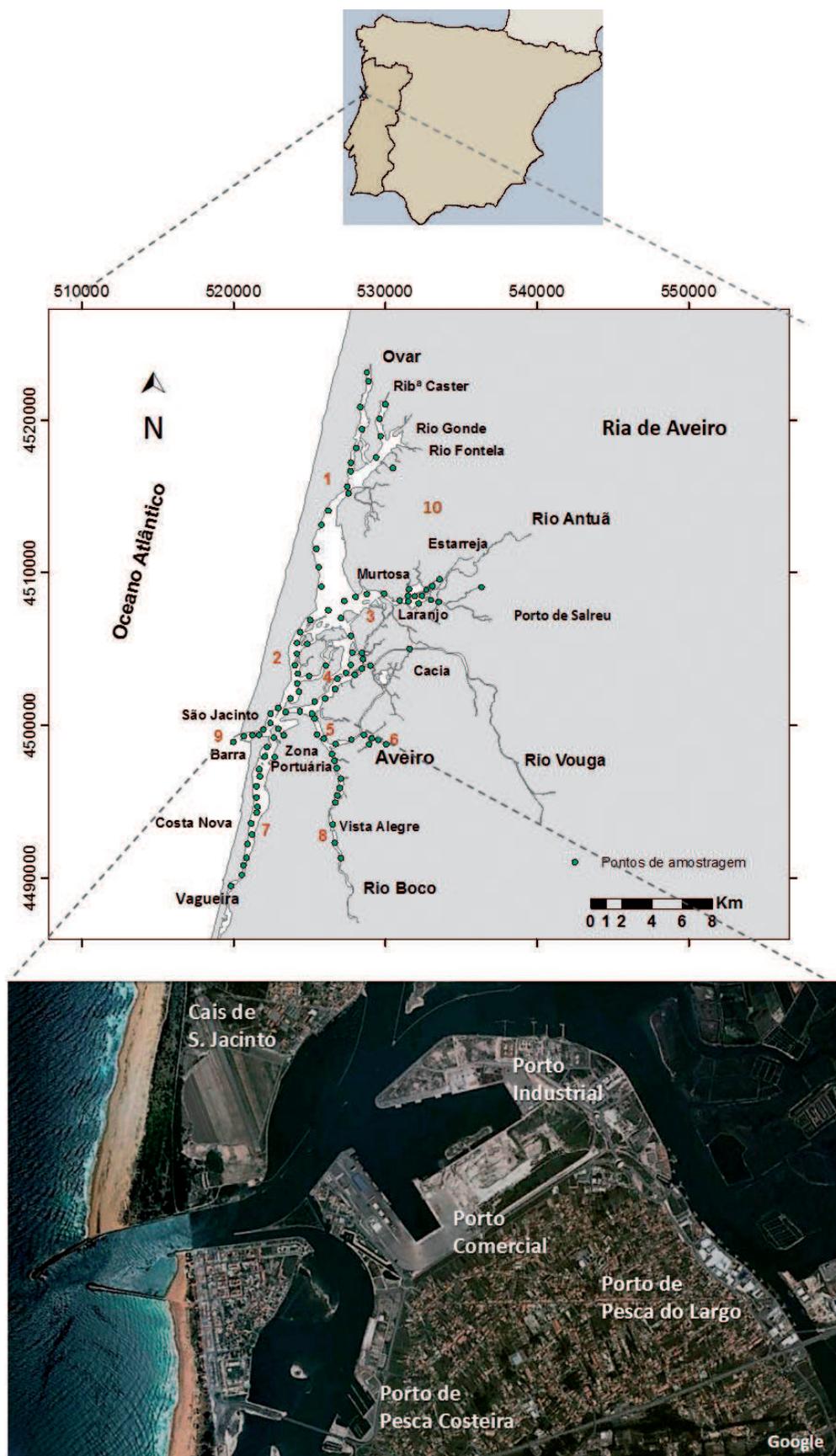


Figura 1: Locais de amostragem (pontos a verde) de sedimentos superficiais na Ria de Aveiro, sistema lagunar situado na costa NW de Portugal. Canais amostrados: 1 – Canal de Ovar, no extremo do qual se localiza a Marina de Ovar, 2 – Canal de S. Jacinto, em associação com o Cais de S. Jacinto e o Portos Comercial e Industrial, 3 – Canal da Murtosa, sob a influência do Complexo Químico de Estarreja e das descargas do Rio Antuã, 4 - Canal do Espinheiro sob a influência da fábrica de papel da Portucel e das descargas do Rio Vouga, 5 – Canal da Cidade sob a influência da atividade do Porto de Pesca de Largo e de marinas de recreio, 6 – Locais na Cidade de Aveiro: Canais do Cojo, Principal e do Alboi e marina da Troncalhada, 7 – Canal de Mira, mas margens do qual se localizam várias povoações como por exemplo a Barra, Costa Nova e a Vagueira onde se localiza o Porto de Pesca Costeira, marinas de pequenas embarcações de pesca e recreio e onde se realizam atividades náuticas de lazer, 8 – Canal de Ílhavo, nas margens do qual se localiza a fábrica de porcelana da Vista Alegre e na sua extremidade sul o Rio Boco, 9 – Embocadura artificial da Ria de Aveiro, 10 – Largo da Coroa sob a influência dos Rios Gonde, Fontela e várias ribeiras, como por exemplo a Ribeira do Caster.

A partir das variações de nível medidas por marégrafos, Vicente (1985) estimou que 20% do prisma de maré é desviado para a zona sul (Canais de Mira e Ílhavo), distribuindo-se o restante volume em partes iguais entre a zona norte (Canais S. Jacinto–Ovar) e a zona central-este (Canal da Murtoza). Cerca de 2/3 do volume da água que vai para esta zona escoar-se pelo Canal do Espinheiro.

A laguna recebe a contribuição de água doce dos rios Vouga, Antuã, Gonde, Fontela e Boco, de diversos ribeiros, como por exemplo, o Caster, e cursos de água que desaguam na extremidade sul do Canal de Mira. Os rios Vouga e Antuã constituem as principais fontes de água doce, com volumes anuais médios de 50 m<sup>3</sup>/s e 5 m<sup>3</sup>/s, respetivamente (MOREIRA *et al.*, 1993).

### 1.2 Atividades antrópicas na região da Ria de Aveiro

A região em torno da Ria de Aveiro é densamente povoada, nela vivem cerca de 350 mil habitantes, em várias cidades e povoações menores, localizadas em torno das suas margens onde tem lugar intensa atividade antrópica. A laguna teve e continua a ter uma importante utilidade como via de comunicação (OLIVEIRA, 1988). O porto de Aveiro tem, na atualidade, uma forte expressão na economia da região, bem como na área lagunar onde estão implantados os diferentes setores portuários.

A salicultura foi um marco importante na economia da região (AMORIM, 2001). Esta atividade teve lugar desde tempos remotos, existindo já referências à exploração de sal durante o século X (BASTOS, 2006). Além da produção de sal de excelente qualidade, as marinhas eram também importantes ao nível da biodiversidade pelas suas características intrínsecas. Atualmente, a laguna tem uma extensa área de marinhas abandonadas e afetadas por progressiva degradação. Esta deve-se à falta de manutenção dos muros de proteção das salinas e às fortes correntes de maré que os destroem. O aumento das correntes no interior da laguna tem sido uma consequência de dragagens frequentes levadas a efeito nos canais navegáveis, para evitar o efeito do assoreamento natural e permitir o acesso portuário aos navios. Com o aumento da profundidade da barra e da secção dos canais tem-se verificado um incremento na amplitude de maré, o que tem como consequência a inundação das salinas, de zonas de marismas e de algumas áreas com cotas abaixo do nível máximo da maré.

A atividade piscatória ocorre em toda a laguna, mas tem uma maior incidência junto à barra. A aquacultura é também atualmente uma atividade importante (piscicultura e moluscicultura). Muitas das salinas abandonadas foram posteriormente transformadas e usadas para a piscicultura (AMORIM, 2001). Apesar dos benefícios que este tipo de atividade fornece às populações é de salientar que contribui para a degradação das salinas da região e parece constituir uma ameaça séria para a conservação das aves limícolas migratórias. A moluscicultura tem vindo a desenvolver-se nos Canais de Mira e Ovar e é dirigida, principalmente, à cultura de ostras e de mexilhão. O impacto destas atividades em termos de introdução de nutrientes e da sua contribuição para a eutrofização da laguna não estão contabilizados.

No passado a extração do moliço, constituído por plantas típicas de zonas de sapais tais como *Juncos maritimus*, *Spartina maritima*, *Paspalum vaginatum* e *Bolboschoenus maritimus* e utilizado na agricultura com o objetivo de fertilizar os terrenos, era uma atividade importante na laguna. Foi no século XIX que esta atividade teve maior importância, pois constituía um adubo natural utilizado nos campos agrícolas (SOUSA, 1936). A extração do moliço foi decaindo progressivamente no decurso do século XX, devido principalmente ao aparecimento de adubos químicos e à diminuição da área de distribuição do moliço. Em consequência, este sistema foi evoluindo num sentido de uma cada vez maior eutrofização, com efeitos nefastos para muitas espécies que dele dependem e para o próprio Homem.

Á semelhança de outros sistemas costeiros (RUBIO *et al.*, 2000, 2011; DELGADO *et al.*, 2010), a atividade antrópica na Ria de Aveiro contribuiu também para a redução da sua qualidade ambiental. As fontes antropogénicas de poluentes incluem indústrias alimentares, têxteis, de papel, curtumes, produtos químicos, derivadas do petróleo, maquinaria e metalomecânicas básicas de ferro e aço, madeira, cerâmica e mosaicos, e ainda explorações minerais e esgotos urbanos (TEIXEIRA, 1994).

Aveiro é a principal cidade da região lagunar, ligando-se a esta através de canais que a atravessam, que por sua vez estão conectados com o corpo principal da laguna através de eclusas. As margens do Canal do Cojo albergaram várias indústrias de cerâmica e vidro. Este canal serviu como via de comunicação entre esta área industrial e diversos pontos da laguna, tendo sido

também utilizado como local de descarga de materiais e resíduos resultantes do funcionamento das indústrias (MARTINS *et al.*, 2010; Tabela 1). Outro polo

industrial da cidade de Aveiro situou-se nas margens do Canal do Alboi onde existiu uma indústria metalúrgica (MARTINS *et al.*, 2010; Tabela 1).

Tabela 1: Indústrias mais importantes localizadas na cidade de Aveiro, desde o final do século XVIII (adaptado de Martins *et al.*, 2010).

Tipo de Fábrica (Nome)	Período de Atividade	Localização	Produtos e Serviços
Loiças e Cerâmicas (Cojo)	1775-1907	Canal do Cojo	Cerâmica, barro vidrado, pratos, louças e porcelanas.
Loiças e Cerâmicas (Fábrica Fonte Nova)	1882-1937	Canal do Cojo	Cerâmica, barro vidrado, pratos, louças e porcelanas.
Tijolo (Fábrica Fonte Nova)	1888-1891	Canal do Cojo	Tijolos, telhas e vidro.
Telhas, Louça e Cerâmica (Fábrica Fonte Nova)	1903-1908	Canal do Cojo	Telhas, louça e cerâmica.
Vidro e Tijolo (Fábrica Aveirense)	1911-1916	Canal do Cojo	Vidraria e tijolos.
Cerâmica e Vidro (Fábrica Campos)	1896-1906	Canal do Cojo	Fabricação de vidro, azulejos, telhas, tijolos e cimentos.
Porcelanas e Louças (Fábrica Aleluia)	1905-1955	Canal do Cojo	Pratos, louças e porcelanas.
Pedras de polimento: mármore e granito	Até meados do século XX	Canal do Cojo	Arenito e Grés.
Metalúrgica (Fábrica Bóia)	Início no século XX até á atualidade	Próximo do Canal do Alboi	Serviços e máquinas industriais.

A cidade era servida por uma rede antiga de esgotos que, na sua maior parte, escoava diretamente para o Canal das Pirâmides e para o Canal de São Roque. Nessa altura, os canais eram autênticos esgotos a céu aberto. Mas os problemas dos efluentes urbanos não se circunscrevem a Aveiro e aos seus canais. Na verdade, a Ria de Aveiro foi, no passado, o ponto terminal de todo o tipo de descargas poluentes, porque não existiam infra-estruturas de tratamento e destino final.

Ao redor da Ria de Aveiro, existem três importantes unidades industriais de dimensões consideráveis que tiveram ou ainda têm um efeito importante nas suas águas. A Nestlé, uma indústria alimentar, localizada em Avanca, libertou no passado efluentes para o rio Gonde, tendo causado assim um aumento da carência de oxigénio na água e variações de pH nos sedimentos deste rio (HALL, 1980). Os efluentes desta empresa foram canalizados desde 2009 para a ETAR de Estarreja. As outras duas são a fábrica de pasta de papel Portucel e

o parque industrial de Estarreja. A Portucel situa-se em Cacia e lança os seus efluentes tratados no Rio Vouga. Esta era uma indústria altamente poluidora. No entanto, têm sido feitos grandes investimentos a fim de minimizar a poluição causada por esta unidade industrial. Esta empresa possui, atualmente, meios de tratamento das águas residuais e também um processo de captação das partículas lançadas pelas chaminés. O parque industrial de Estarreja envolve a produção de fertilizantes, soda, anilina e outros produtos diversos, descarregando os seus efluentes líquidos no esteiro de Estarreja. Existe ainda, uma indústria de produção de plásticos, cujos efluentes são enviados para o Canal de Ovar (PEREIRA *et al.*, 2005; HALL *et al.*, 1987).

A indústria de soda cáustica (Unitec) instalada no complexo Industrial de Estarreja foi responsável pela contaminação por mercúrio na zona do Canal da Murtosa. Estima-se que durante as décadas de 50 até o final dos anos 90, cerca de 27 toneladas de mercúrio

tenham sido lançadas na Ria de Aveiro, a partir do Esteiro de Estarreja, e que aproximadamente 74% deste esteira confinado no Largo do Laranjo (PEREIRA *et al.*, 1998; NUNES *et al.*, 2007). A fim de sanar este problema foram tomadas medidas de mitigação, inicialmente através de uma estação de tratamento de águas residuais da indústria (PEREIRA *et al.*, 1997) e mais tarde com a mudança do processo industrial, que permitiu eliminar o recurso a eléctrodos de mercúrio, a principal fonte de contaminação (OSPAR, 2010; PEREIRA *et al.*, 2009). Embora a fábrica de produção de soda cáustica tenha mudado o processo de produção em 1994 e terminado completamente o uso de mercúrio em 2002 (OSPAR COMMISSION, 2010), existem indicações de que este contaminante ainda permanece no meio ambiente (PEREIRA *et al.*, 2009; REIS *et al.*, 2009).

De acordo com várias pesquisas, a poluição torna-se uma questão ainda mais importante, porque até 1975 os efluentes líquidos produzidos pelas unidades industriais do complexo químico de Estarreja foram despejados diretamente em vários cursos de água que cruzam campos agrícolas (REIS *et al.*, 2009). Estes efluentes continham muitos tipos diferentes de contaminantes, incluindo mercúrio, que poderá ter atingido as culturas e, conseqüentemente, animais e seres humanos através da cadeia alimentar. Somando-se a isso, os sedimentos contaminados da Ria têm sido dragados ao longo dos anos, e a lama resultante foi muitas vezes distribuída pelos campos que são usados intensivamente para fins agrícolas e para produzir alimentos para o gado. Os níveis de mercúrio encontrados na vegetação evidenciaram a contaminação de plantas em áreas ao redor da zona industrial (PEREIRA *et al.*, 2005). Além disso, durante períodos intensos de precipitação combinada com marés vivas, a Ria transborda alagando os campos em redor (REIS *et al.*, 2009).

As preocupações com a saúde pública e com o equilíbrio deste ecossistema têm dado lugar também a um número significativo de estudos sobre a contaminação ambiental por mercúrio, na Ria de Aveiro, e do seu impacto nas comunidades biológicas (PEREIRA *et al.*, 1997, PEREIRA *et al.*, 1998, RAMALHOSA *et al.*, 2001). A título de exemplo referem-se os trabalhos de Lucas *et al.* (1986) que detetaram níveis elevados de mercúrio em várias espécies de peixes, nomeadamente linguado (*Platichthys flesus*, 5,6 mg kg<sup>-1</sup>), enguia (*Anguilla anguilla*, 1,63 mg kg<sup>-1</sup>) e robalo (*Dicentrarchus labrax*, 0,92 mg kg<sup>-1</sup>), acima da legislação nacional para

o consumo humano (0,5 mg kg<sup>-1</sup>). Cerca de uma década mais tarde, Abreu *et al.* (2000) reportaram níveis de 0,03-1,7 mg kg<sup>-1</sup> em músculo de robalo, indicativos de que os níveis de bioacumulação deste metal em organismos vivos da Ria continuaram a ocorrer e mantiveram-se preocupantes apesar das medidas de mitigação levadas a efeito. Foram também efetuados estudos sobre plantas (VÁLEGA *et al.*, 2008), comunidades planctônicas (MONTERROSO *et al.*, 2003) e aves aquáticas (TAVARES *et al.*, 2008, TAVARES *et al.*, 2005). COELHO *et al.* (2011) constataram a ocorrência de fenômenos de biomagnificação de Hg em organismos associados a outros através de relações tróficas nesta laguna. Os seus resultados permitiram constatar que a ameijoira (*Scrobicularia plana*, vulgarmente conhecida por lambujinha e usada como alimento) acumula mercúrio ao longo de toda a vida, estando a taxa de acumulação associada aos níveis de contaminante na matéria particulada em suspensão.

Dada a situação, tem sido uma preocupação das autarquias em redor da laguna recuperar e preservar da qualidade ambiental deste sistema. Com esta finalidade foi construído o Sistema Multimunicipal de Recolha, Tratamento e Rejeição dos Efluentes Líquidos (SIMRIA), na área da Ria de Aveiro para receber e tratar as águas residuais urbanas e também os efluentes industriais. Assim, após tratamento de nível secundário, o efluente é descarregado no mar por um exutor submarino, que descarrega a cerca de 3 km ao largo, da praia de S. Jacinto.

O funcionamento do SIMRIA melhorou consideravelmente a qualidade da água, na Ria de Aveiro, esperando-se que tenha vindo a reduzir também os problemas de contaminação dos sedimentos. Esta questão tem vindo a ser estudada há alguns anos por diversas entidades públicas, nomeadamente pelo Instituto Hidrográfico (PALMA *et al.*, 2011) e por diversos investigadores da Universidade de Aveiro.

Pastorinho *et al.* (2012) publicaram recentemente um trabalho sobre a distribuição de Cr, Cu, Zn, Cd e Pb em sedimentos recolhidos em 34 locais da Ria de Aveiro. Com base no cálculo de fatores de enriquecimento estes autores concluíram que existem alguns locais contaminados por metais pesados, sendo o Zn o maior poluente deste sistema.

Com este estudo pretende-se efetuar uma análise mais abrangente, incluindo dados texturais, mineralógicos e geoquímicos de sedimentos recolhidos

em maior número de locais (Figura 1). Assim, para além dos elementos químicos analisados por Pastorinho *et al.* (2012) também se estima o estado de contaminação por As, Cd, Co, Hg e Ni dos sedimentos da Ria de Aveiro e, à semelhança de Rubio *et al.* (2011), também se reflete sobre possíveis fatores que condicionam a incorporação de elementos traço no ambiente sedimentar desta laguna.

## 2. Materiais e Métodos

Este trabalho baseia-se no estudo de sedimentos superficiais recolhidos em 116 locais com o recurso a uma draga do tipo *Petit-Ponar* adaptada, ou seja aberta na sua extremidade superior, de forma a operar de modo semelhante a um *box-corer*. Em cada local de amostragem, foram recolhidos os primeiros dois centímetros de sedimento superficial com uma espátula. Os sedimentos recolhidos destinaram-se a análises texturais, geoquímicas e mineralógicas. Os locais de amostragem foram georreferenciados com um *Global Positioning System* (GPS). A profundidade da coluna de água foi determinada com um ecobatímetro. Em cada local de amostragem foram efetuadas medições e registos de temperatura e de salinidade, na água, e de pH e Eh, no sedimento.

Em laboratório as amostras recolhidas foram secas na estufa a uma temperatura de cerca de 45°C, durante cerca de 72h. Depois de secas, as amostras foram homogeneizadas e quarteadas, tendo-se reservado uma porção de sedimento de cerca de 150 g (para lamas) e 250 g (para areia). Registou-se rigorosamente o peso seco da porção inicial de sedimento. Em seguida, crivou-se a amostra por via húmida, com água destilada através de uma peneira com abertura de malha de 63 µm e reservaram-se as frações sedimentares >63 µm e <63 µm que foram posteriormente secas na estufa e pesadas. Por fim, efetuou-se a crivagem por via seca da fração >63 µm, seguindo-se a metodologia clássica. Determinou-se a média granulométrica do sedimento com base no método de Folk e Ward (1957).

Os teores de matéria orgânica total, apresentados em percentagem do peso seco, foram determinados por perda por ignição segundo o método de Oliver *et al.* (2001).

A fração <63 µm foi usada na análise mineralógica, com o recurso a aplicação de técnicas de Difração de Raios X, descritas por Martins *et al.* (2007), e na análise geoquímica do sedimento, efetuada em Acme Analytical

Laboratories (Vancouver) Ltd., Canadá. A concentração dos elementos químicos, Al, As, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb e Zn foi efetuada por ICP-MS, após a digestão total do sedimento com quatro ácidos (HClO<sub>4</sub>-HNO<sub>3</sub>-HCl-HF). Foi também determinada a concentração de Hg, em 79 locais. Para o efeito, os sedimentos foram lixiviados com 0,1 M de pirofosfato de sódio, com o objetivo de extrair elementos adsorvidos pela matéria orgânica, tendo-se analisado o extrato com um ICP-MS.

Para interpretar e avaliar o estado de contaminação por metais pesados nos sedimentos dos locais estudados, em As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn foram aplicados dois índices: o fator de enriquecimento (EF) e o índice de carga poluente (PLI).

O fator de enriquecimento (EF) é uma ferramenta útil para avaliar o grau de contaminação por metais de origem antropogénica (NOLTING *et al.*, 1999). A concentração de cada metal é normalizada utilizando-se um elemento químico conservador, tendo sido para o efeito selecionado o Al. Este índice é calculado pela equação seguinte:

$$EF = \frac{[Me]/[Al]_{amostra}}{[Me]/[Al]_{background}}$$

onde  $[Me]/[Al]_{amostra}$  é a taxa de concentração de cada metal na amostra e  $[Me]/[Al]_{background}$  é o valor natural de fundo de sedimentos não contaminados. Foram tomados como referência valores naturais de fundo, concentrações médias de Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em sedimentos oceânicos não contaminados (no Depósito Lamoso da Galiza, dados não publicados). O valor de EF igual a 1 indica uma origem predominantemente natural para o elemento químico no sedimento, enquanto que valores mais elevados indicam enriquecimento devido ou a causas naturais ou a influência antrópica. Os valores de EF <1 podem refletir remobilização e perda do elemento químico, ou sobrestimação dos valores de referência (MIL-HOMENS *et al.*, 2006). Podem ser considerados cinco graus de enriquecimento (SUTHERLAND, 2000) em que valores de: EF entre 1-2 indicam enriquecimento baixo, entre 2-5 enriquecimento moderado, entre 5-20 enriquecimento significativo, entre 20-40 enriquecimento muito elevado, e >40 enriquecimento extremamente elevado.

O índice de carga de poluente (PLI) proposto por Tomlinson *et al.* (1980) foi também utilizado para avaliar os efeitos da contaminação total de As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em cada local estudado. O PLI permite comparar a concentração de um dado elemento presente

no ambiente com o esperado, ou seja quando se excluem as contribuições antropogénicas. O PLI é calculado através das equações 1 e 2 e é baseado nas concentrações totais dos elementos em cada local estudado:

$$CF = \frac{C_{metal}}{c_{background}} \quad (1)$$

$$PLI = n\sqrt{(CF1 \times CF2 \times \dots \times CFn)} \quad (2)$$

A equação 1 determina o fator de concentração (CF) de cada metal em relação ao valor de fundo no sedimento, onde  $C_{metal}$  é a concentração do elemento em cada amostra e  $C_{background}$  é a concentração de fundo (em sedimentos não contaminados) do elemento químico. Quando os valores de PLI são inferiores a 1, pode considerar-se que não há contaminação por metais, podendo classificar-se como contaminados os sedimentos com valores de PLI superiores a 1.

As diretrizes estabelecidas para avaliar a qualidade do sedimento (SQGs – “sediment quality guidelines”), desenvolvidas pela NOAA, EUA, são também úteis para a avaliação de variações espaciais de contaminação dos sedimentos e para a classificação do estado de contaminação dos sedimentos (LONG *et al.*, 1995; MACDONALD *et al.*, 2000). De acordo com estes autores, as concentrações de elementos químicos correspondentes aos percentis 10 e 50 dos efeitos biológicos adversos foram designados efeitos de baixa gama de toxicidade (ERL) e efeitos de gama média de toxicidade (ERM), respetivamente. Uma comparação

dos valores indicativos dos SQGs com os nossos dados foi utilizada para avaliar possíveis consequências biológicas dos níveis de metais nas áreas de estudo.

A fim de serem identificados padrões idênticos de distribuição das variáveis em análise alguns dos resultados obtidos foram normalizados em torno da média e do desvio padrão  $Z = (X - \mu) / \sigma$  (X valor a normalizar,  $\mu$  - média,  $\sigma$  - desvio padrão) e submetidos a uma análise de classificação em modo Q, tendo-se usado uma matriz de correlação com base no coeficiente de 1-r de Pearson e para aglomeração o método das ligações completas.

### 3. Resultados

Os valores máximos, mínimos, médios e o desvio padrão dos parâmetros ambientais, e dos dados granulométricos, mineralógicos e geoquímicos (matéria orgânica e concentrações dos elementos químicos) e do índice de carga poluente (PLI), analisados neste trabalho, foram incluídos na Tabela 2. Nesta análise de classificação não foram incluídas as frações sedimentares 500-1000  $\mu\text{m}$  e >1000  $\mu\text{m}$  por apresentarem correlações positivas significativas com a fração 250-500  $\mu\text{m}$ , a mais representativa. Não se representou também a fração 125-250  $\mu\text{m}$ , por estar positivamente correlacionada com a fração 63-125  $\mu\text{m}$ . Esta opção foi adotada a fim de se evitar a formação de grupos com variáveis que estão claramente relacionadas e condicionadas sobretudo pelo tamanho do grão dos sedimentos (RUBIO *et al.*, 2001).

Tabela 2: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão das variáveis analisadas neste trabalho. Onde: Prof: profundidade (m); Temp: temperatura (°C); Sal; salinidade (ups)

Variáveis	Max	Min	Méd	Desvio Padrão	Variáveis	Max	Min	Méd	Desvio Padrão
Prof (m)	20,6	0,5	2,2	3,1	Siderite (%)	7,0	0,0	1	1
Temp.	26,0	10,5	19,0	3,1	Anatase (%)	12	0,0	2,4	3
Sal	82,6	6,2	25,4	8,6	Anidrite (%)	6	0,0	2,3	1
Eh	134	-222	-41	45,0	Pirite (%)	5	0,0	1,2	1
pH	9,9	4,2	7,4	0,8	Al (%)	14	1	4,6	2
>1000 $\mu\text{m}$	57	0,0	6	10	As (mg/kg)	119	0,3	18	18
1000-500 $\mu\text{m}$	69	0,0	9	11	Ca (mg/kg)	5	0,1	0,9	1
500-250 $\mu\text{m}$	79	0,1	25	24	Cd (mg/kg)	2	0,03	0,4	0,4
250-125 $\mu\text{m}$	69	0,1	14	13	Co (mg/kg)	14	0,03	6	4
125-63 $\mu\text{m}$	37	0,0	7	8	Cr (mg/kg)	78	0,04	35	25
<63 $\mu\text{m}$	97	0,0	39	32	Cu (mg/kg)	96	0,03	22	20

Tabela 2: Valores máximos, mínimos, médios e desvio padrão das variáveis analisadas neste trabalho. Onde: Prof :profundidade (m); Temp: temperatura (°C); Sal; salinidade (ups). (continuação)

Variáveis	Max	Min	Méd	Desvio Padrão	Variáveis	Max	Min	Méd	Desvio Padrão
DMS (µm)	750	16	157	165	Fe (%)	4	0,1	2	1
Quartzo (%)	73	3	31	12	Ni (mg/kg)	39	0,1	17	11
Feldspato K (%)	61	1	8	8	Pb (mg/kg)	434	7	37	43
Plagioclase (%)	26	0,0	7	4	Zn (mg/kg)	662	4	143	142
Calcite (%)	22	0,0	2	3	Hg (mg/kg)	0,52	0,002	0,006	0.11
Filossilicatos (%)	68	0,0	38	15	MOT (mg/kg)	11,6	0,2	3,8	3
Dolomite (%)	5	0,0	1	1,0	PLI	3,9	0,0	1,2	0,89

A análise de classificação aplicada aos dados granulométricos, mineralógicos e geoquímicos reúne as variáveis em três grupos principais (Figura 2): o grupo I inclui a percentagem de finos (<63 µm) e de areia muito fina (63-125 µm), os teores de matéria orgânica total, minerais como os filossilicatos e a pirita, e elementos químicos

como o Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, e Zn, e o PLI; o grupo II é constituído por anidrita, anatase, plagioclásio, calcita, siderita, dolomita, valores de Eh e teores de Pb; o grupo III integra variáveis como a profundidade, salinidade, pH, dimensão média do sedimento, areia média (250-500 µm), quartzo e feldspato potássico.

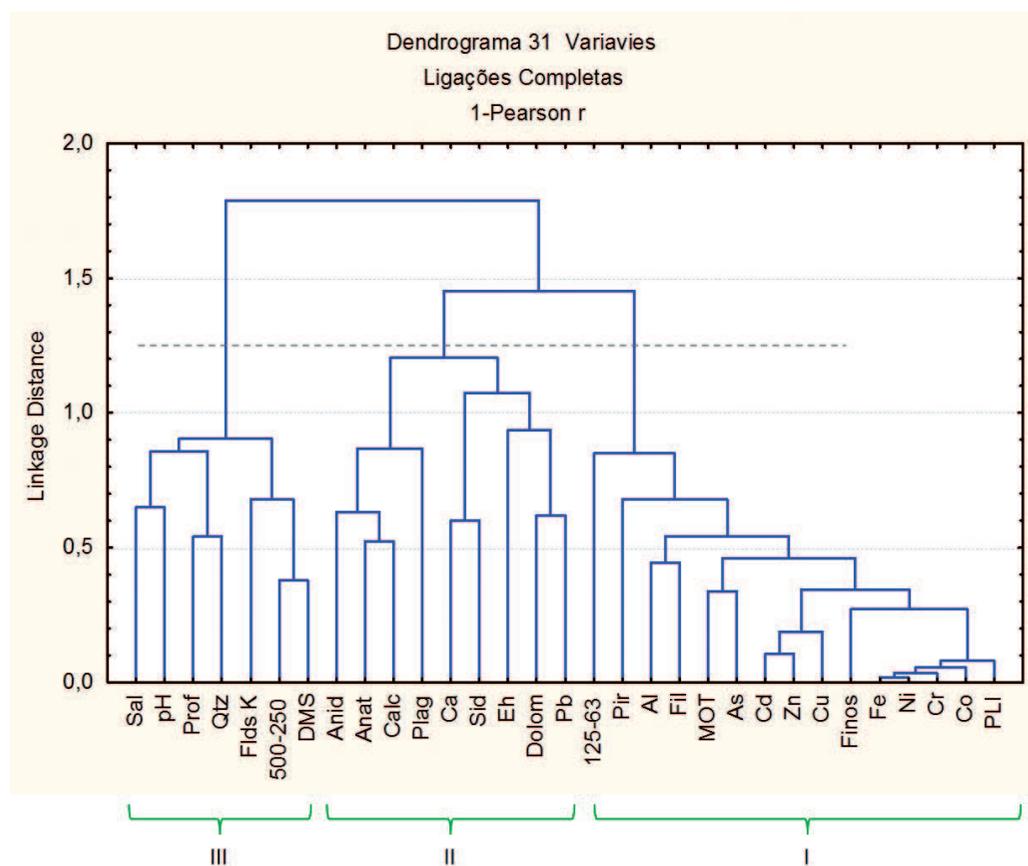


Figura 2: Dendrograma aplicado aos dados granulométricos, mineralógicos e geoquímicos (teores de matéria orgânica, e concentração total de elementos químicos no sedimento) agrupa as variáveis em três grupos principais. Legenda da Figura: Finos (fração granulométrica <63µm); MOT – matéria orgânica total; Fil – filossilicatos; Pir – pirita; 63-125 µm (areia muito fina); Dolom – dolomita; Sid – siderita; Plag – plagioclásio; Calc – calcita; Anat - anatase; Anid - anidrita; DMS - dimensão média do sedimento; 500-250 µm (areia média); Flds K - feldspato potássico; Qtz – quartzo; Prof – profundidade; Sal – salinidade.

Os sedimentos estudados variam desde areias cascalhentas a lodos, correspondendo as amostras mais finas a 50% do total. A distribuição da DMS (Figura 3a) mostra que os sedimentos de maior granulometria foram recolhidos, em geral, na zona da embocadura ou nos canais mais próximos desta, onde as profundidades são maiores e as salinidades mais próximas da oceânica, como sugere também a associação de variáveis do grupo III (Figura 2). Nos sedimentos mais grosseiros desta zona, o quartzo é um dos constituintes principais, sendo o ambiente sedimentar caracterizado por possuir valores de pH genericamente mais elevados (grupo III; Fig. 2). Os carbonatos (calcita, dolomita e siderita) e os teores

mais elevados de Ca ocorrem, essencialmente, em areias lodosas ou lodos arenosos, possuindo também maiores proporções de outros minerais, como por exemplo, anatase, anidrita e plagióclasio (grupo II; Figura 2). As áreas de sedimento arenoso estão também associadas a valores de Eh mais elevados. Os sedimentos mais finos (Figura 3a) são em geral mais ricos em filossilicatos (também indicado pelas concentrações elevadas de Al), pirita, MOT e em vários elementos químicos, nomeadamente Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, e Zn, os quais contribuem para o aumento dos valores de PLI (variáveis do grupo I; Figura 2). Os valores de PLI (Tabela 2) apresentam-se no mapa de distribuição incluído na Figura 3b.

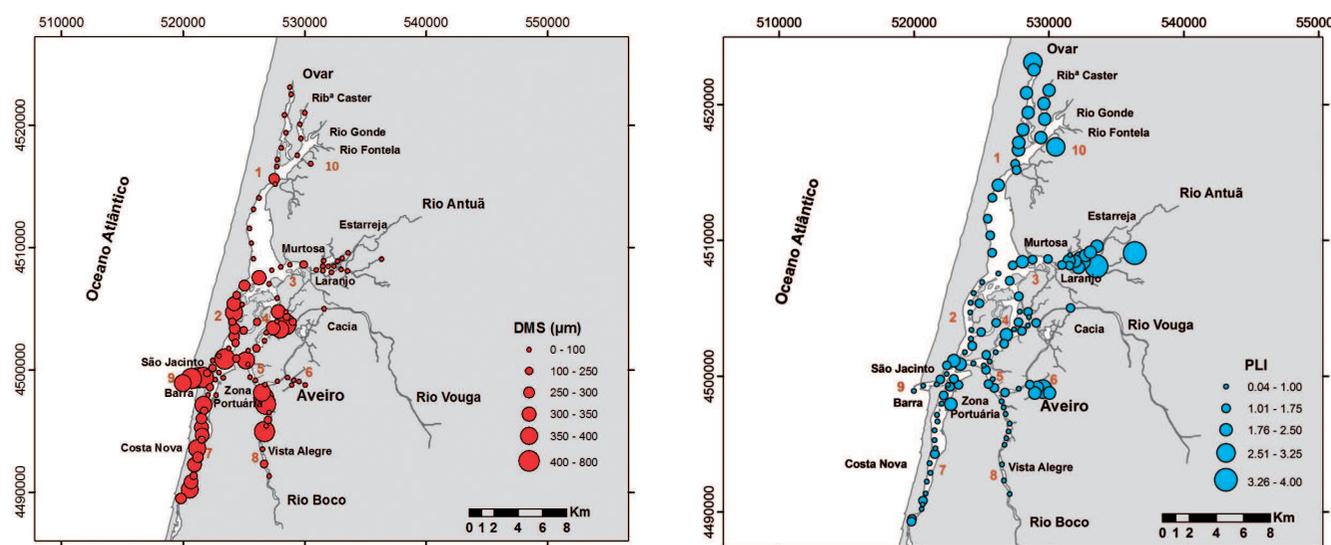


Figura 3: Mapas de distribuição dos seguintes dados: a) dimensão média do sedimento (DMS, em  $\mu\text{m}$ ); b) índice de carga poluente (PLI).

O zinco é o metal traço considerado tóxico que atinge concentrações mais elevadas ( $4\text{-}662 \text{ mg kg}^{-1}$ ) nos locais estudados, seguido pelo Pb ( $7\text{-}434 \text{ mg kg}^{-1}$ ), As ( $0,3\text{-}119 \text{ mg kg}^{-1}$ ), Cu ( $0,03\text{-}96 \text{ mg kg}^{-1}$ ) e Cr ( $0,04\text{-}78 \text{ mg kg}^{-1}$ ). Os mapas de distribuição destes elementos traço, incluídos na Figura 4, evidenciam áreas de maior enriquecimento nestes metais. As concentrações de Cd, Co e Ni, são significativamente mais baixas do que Zn, Pb, As, Cu e Cr, nos locais estudados (Tabela 2). Os sedimentos da zona 3 (Canal da Murtosa) possuem concentrações relativamente elevadas de Hg (Figura 5).

A matriz de correlação de Pearson entre os elementos químicos analisados foi incluída na Tabela

3. Todos os metais apresentam correlações positivas e significativas uns com os outros exceto o Ca, indicando que têm, em grande parte, uma origem comum. Os metais têm correlações positivas significativas com a matéria orgânica (exceto o Ca) e, na sua maioria, com a fração fina dos sedimentos.

A variação dos fatores de enriquecimento (EF) de As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e encontram-se representados na Figura 6. O Pb é o metal que apresenta valores de EF mais acentuados (max. 21; valor não incluído na Figura 6), seguindo-se-lhe por ordem decrescente o Zn (max. 11), Cd (max. 10), As (max. 7), Cu (max. 7), Co (max. 2), Cr (max. 2), Ni (max. 2) e Hg (max. 0.6).

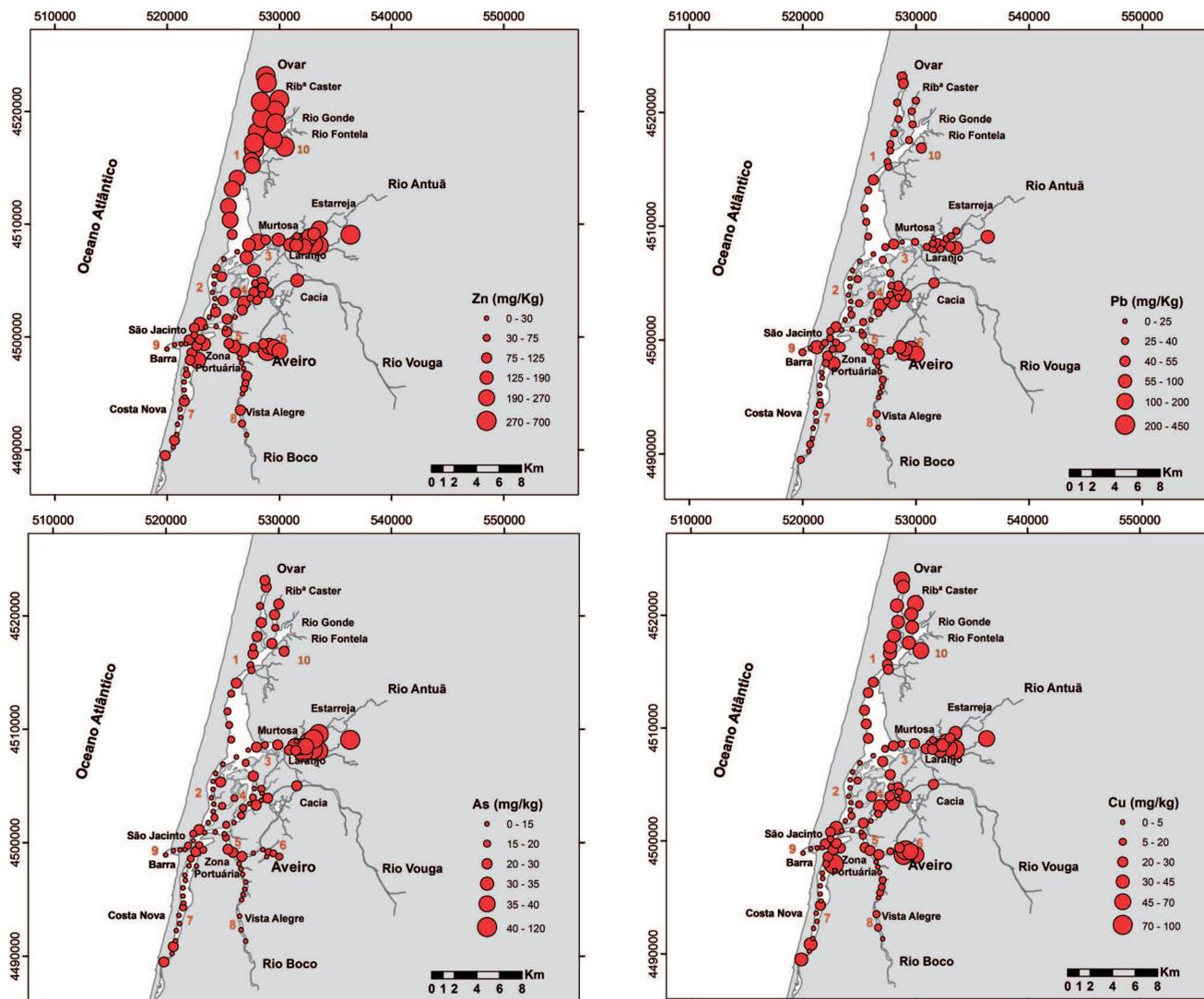


Figura 4: Mapas de distribuição das concentrações (mg Kg<sup>-1</sup>) de: a) Zn; b) Pb; c) As e; d) Cu.

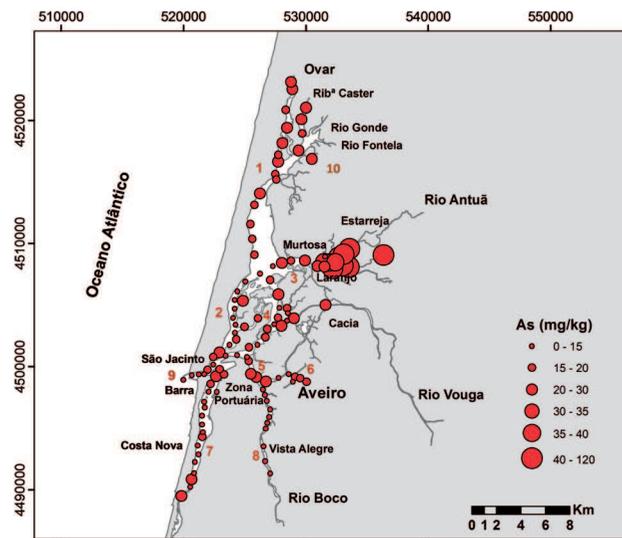


Figura 5: Mapa de distribuição das concentrações de Hg (µg Kg<sup>-1</sup>).

Tabela 3: Correlações de Pearson das concentrações dos metais nos sedimentos. As correlações significativas ( $p < 0,01$ ), estão assinaladas a *bold*.

	As	Cu	Pb	Zn	Cd	Co	Cr	Ni	Al	Fe	Ca	MOT	DMS
As	1.00												
Cu	0.78	1.00											
Pb	0.40	0.15	1.00										
Zn	0.48	0.19	0.77	1.00									
Cd	0.90	0.72	0.42	0.41	1.00								
Co	0.95	0.68	0.39	0.47	0.77	1.00							
Cr	0.92	0.66	0.28	0.34	0.72	0.96	1.00						
Ni	0.94	0.70	0.31	0.36	0.76	0.98	0.98	1.00					
Al	0.74	0.56	0.35	0.40	0.58	0.78	0.70	0.74	1.00				
Fe	0.92	0.67	0.34	0.37	0.72	0.97	0.97	0.98	0.81	1.00			
Ca	-0.18	-0.20	0.14	0.13	-0.19	-0.17	-0.17	-0.18	-0.01	-0.12	1.00		
MOT	0.89	0.62	0.22	0.31	0.89	0.81	0.79	0.80	0.58	0.77	-0.22	1.00	
DMS	0.68	0.66	0.09	0.11	0.53	0.71	0.70	0.73	0.68	0.75	-0.05	0.56	1.00

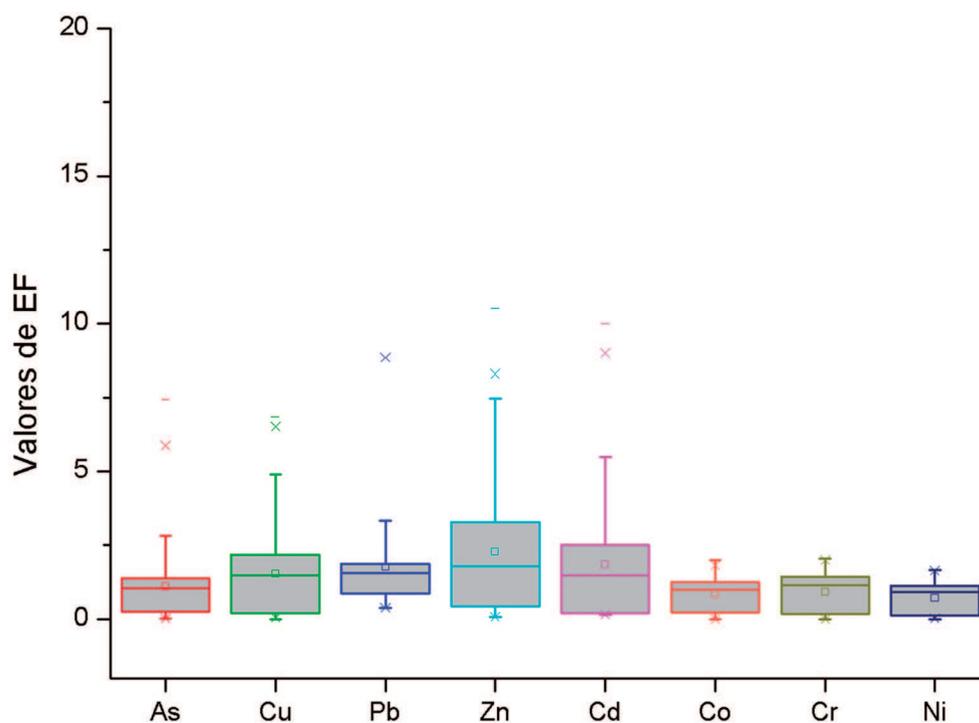


Figura 6: Diagramas representativos da variação dos fatores de enriquecimento (EF) de As, Cu, Pb, Zn, Cd, Co, Cr e Ni.

Número de locais (num total de 116) cujos sedimentos se encontram incluídos em cada uma das categorias consideradas para os fatores de enriquecimento (EF) encontram-se indicados na Tabela 4. Os resultados desta tabela mostram que a maioria dos

locais estudados não estão poluídos ou têm um baixo enriquecimento em metais; porém um grande número de locais apresenta um enriquecimento moderado em alguns metais e alguns sítios possuem mesmo um enriquecimento significativo.

Tabela 4; Número de locais (num total de 116) cujos sedimentos se encontram incluídos em cada uma das categorias consideradas para os fatores de enriquecimento (EF) das concentrações totais dos metais estudados.

EF	Designação da qualidade do sedimento	As	Cu	Pb	Zn	Cd	Co	Cr	Ni
≤1	não poluído /remobilização	51	44	34	40	56	59	48	75
1 a 2	indica enriquecimento baixo	55	38	58	32	22	57	67	41
2 a 5	enriquecimento moderado	7	30	22	28	33	0	1	0
5 a 20	enriquecimento significativo	3	4	1	16	5	0	0	0
20 a 40	enriquecimento muito elevado	0	0	1	0	0	0	0	0
>40	enriquecimento extremamente elevado	0	0	0	0	0	0	0	0

A percentagem de locais cujas concentrações de metais nos sedimentos têm: i) reduzida probabilidade de causarem toxicidade (<ERL), ii) alguma probabilidade de causarem toxicidade (ERL a ERM), ou iii) maior probabilidade de causarem toxicidade (>ERM), segundo as diretrizes estabelecidas para avaliar da qualidade do

sedimento (SQGs; de acordo com Long *et al.*, 1995), foram incluídos na Tabela 5. Esta tabela mostra que a percentagem de locais cujas concentrações de metais podem causar efeitos prováveis de toxicidade (ERL a ERM) ou maior risco de toxicidade (>ERM), em organismos vivos, é considerável.

Tabela 5: Percentagem de locais cujas concentrações de metais podem causar em organismos vivos efeitos: reduzidos de toxicidade (<ERL); efeitos prováveis de toxicidade (ERL a ERM) ou maior risco de toxicidade (>ERM), de acordo com as diretrizes estabelecidas para avaliar da qualidade do sedimento (SQGs - Sediment Quality Guidelines), de acordo com Long *et al.* (1995) para metais traço (mg kg<sup>-1</sup>, de peso seco).

Elemento Químico	ERL	ERM	<ERL	ERL a ERM	>ERM
	mg kg <sup>-1</sup>		% de Locais		
As	8.2	70	63	34	3
Cd	1.2	9.6	97	3	0
Cr	81	370	100	0	0
Cu	34	270	83	17	0
Hg	0.15	0.71	90	10	0
Ni	20.9	51.6	47	53	0
Pb	46.7	218	84	15	1
Zn	150	410	66	25	9

#### 4. Discussão

A Ria de Aveiro é uma região onde ocorrem variações muito acentuadas nos valores de alguns parâmetros físico-químicos, quer na coluna de água (como a temperatura e a salinidade) como nos sedimentos, como evidenciam os resultados obtidos neste estudo. Estes são condicionados

pela maré e pelas descargas de água doce de origem fluvial, especialmente dos Rios Vouga e Antuã, mas também de outros rios menores. O aquecimento pela radiação solar é também importante no estabelecimento dos padrões termohalinos, especialmente nas áreas pouco profundas características das cabeceiras dos canais e nas zonas de sapal (DIAS *et al.*, 2011).

Os resultados obtidos mostram que existem também nesta laguna mudanças consideráveis na granulometria e composição dos sedimentos (mineralógica e geoquímica), assim como mudanças espaciais consideráveis nos valores de pH e no potencial redox do sedimento o que reflete alterações significativas nas condições hidrodinâmicas.

A dinâmica sedimentar na Ria de Aveiro depende das correntes de maré, da descarga fluvial, do vento (LOPES e DIAS, 2011), da configuração dos canais, assim como da sua topografia de fundo e de aspetos morfológicos locais. As zonas de erosão efetiva estão localizadas nos canais onde a velocidade das correntes é maior, as quais induzem uma elevada tensão de atrito no fundo, responsável pela resuspensão de sedimentos (PLECHA *et al.*, 2010). Estas condições refletem-se na granulometria de maior dimensão e na composição química e mineralógica dos sedimentos de fundo, nas áreas mais hidrodinâmicas (MARTINS *et al.*, 2011), havendo tendência para a ocorrência de sedimentos constituídos essencialmente por quartzo e feldspatos, incluindo também em alguns locais elevada proporção de carbonatos biogênicos devido à acumulação de conchas de bivalves resultantes de culturas de mexilhões e outros moluscos que têm lugar em alguns locais (Figuras 2, 3a). Em contrapartida, a deposição de sedimentos tende a ocorrer em áreas pouco profundas, mas sobretudo nas zonas mais internas e confinadas da Ria ou em áreas portuárias, rodeadas por estruturas de engenharia, onde se acumulam, em geral, sedimentos mais finos, ricos em filossilicatos e em matéria orgânica (Figura 2, grupo I). A pirita, presente nestas zonas, é uma consequência dos processos de degradação de matéria orgânica com redução drástica das condições de oxigenação dos sedimentos (revelados por valores muito negativos de Eh).

#### 4.1 Avaliação do estado de contaminação por metais

Os valores de PLI são superiores a 1 em 70 amostras o que poderá significar que, em 60% dos locais estudados, existe contaminação. Os valores de PLI têm correlações negativas significativas com a dimensão média do sedimento, com a profundidade e a salinidade e correlações positivas significativas com a matéria orgânica e a fração fina do sedimento. Estes resultados significam que as correntes de maré geram um forte efeito de dispersão e redistribuição de sedimentos controlando também a sua acumulação e por isso

também a concentração de metais.

A partir do mapa de distribuição dos valores de PLI (Figura 3b) pode concluir-se que as zonas de maior enriquecimento de metais se situam essencialmente no Canal da Murtosa (zona 3), a norte do Canal de Ovar (zona 1), no Largo da Coroa (zona 10) e nos Canais da Cidade de Aveiro (zona 6), existindo um enriquecimento intermédio na zona portuária situada próxima da embocadura (zona 9) e no Canal do Espinheiro (zona 4).

O Canal de Ovar (zona 1), o Largo da Coroa (zona 10), o Canal da Murtosa (zona 3) e o Canal do Espinheiro (zona 4) estão associados a contribuição da rede hidrográfica, como por exemplo a ribeira de Caster e os Rios Gonde, Fontela, Antuã e Vouga (Figura 1), o que explica as correlações negativas significativas do PLI e da salinidade. Estes resultados sugerem uma forte influência dos rios no transporte e introdução de sedimentos contaminados na laguna os quais tendem a depositar-se sobretudo em zonas internas da Ria, confinadas, ou seja, onde a ação das correntes de maré é mais fraca e em locais de baixa profundidade. Em contraste, nas zonas mais hidrodinâmicas próximo da embocadura, o efeito de dispersão causado pelas correntes é mais acentuado.

O Pb é o elemento que apresenta valores de enriquecimento mais acentuados, neste sistema, porém os valores de enriquecimento máximo apenas ocorrem pontualmente (Tabela 4). Existe um enriquecimento moderado a significativo de As, Cd, Cu e Zn em alguns locais, sendo o enriquecimento em Zn e Cu mais comum e ocorrendo nos principais canais da Ria de Aveiro, exceto no canal de Ílhavo, que parece ser o menos contaminado.

A análise da tabela 5, em que os nossos dados são comparados com as diretrizes estabelecidas para avaliar a qualidade do sedimento (SQGs, de acordo com LONG *et al.*, 1995), revela que as situações mais graves de toxicidade poderão ser causadas pelo Zn, As e Pb. Em alguns locais, as concentrações de Ni, Cu, Hg e Cd podem também causar efeitos tóxicos. As zonas mais problemáticas incluem para o: Zn, a área norte do Canal de Ovar (zona 1), o Largo da Coroa (zona 10), a zona interna do Canal da Murtosa, sobretudo o Largo do Laranjo e canais adjacentes (zona 3) e ainda alguns canais da Cidade de Aveiro (zona 6); Pb, alguns canais da Cidade de Aveiro (zona 6), o Canal do Espinheiro (zona 4) e a Zona Portuária (zona 9); As, a zona interna do Canal da Murtosa, sobretudo o Largo do Laranjo e canais

adjacentes (zona 3); Cu, os pequenos canais associados ao Canal da Murtosa, canais da cidade de Aveiro, o Porto de Salreu, extremo norte do Canal de Ovar e o Largo da Coroa; Cd, o Porto de Salreu, o Largo da Coroa e canais que desembocam no Canal da Murtosa.

O presente trabalho assinala a zona do Canal da Murtosa, nomeadamente o Largo do Laranjo e canais adjacentes, como uma das zonas mais problemáticas onde os sedimentos se encontram contaminados por Zn, Pb, As, Hg, Cu, Ni e Cd, com níveis de contaminação capazes de causar efeitos de toxicidade aos organismos vivos. Estes contaminantes poderão ter tido origem, em grande parte, em efluentes de unidades fabris do Complexo Industrial de Estarreja, que contribuíram durante décadas, com descargas ricas em diversos metais pesados (PEREIRA *et al.*, 2009). O efeito combinado teve como consequência a entrada na laguna de poluentes através do Largo do Laranjo, onde ocorre regularmente pesca e apanha de moluscos, tanto para consumo próprio como para venda nos mercados locais (LUCAS *et al.*, 1986; ABREU *et al.*, 2000; COELHO *et al.*, 2011).

As atividades industriais que têm lugar ao longo das margens de rios e ribeiras e o efeito de confinamento em zonas como o extremo N do Canal de Ovar, o Largo da Coroa e o Porto de Salreu, poderá justificar também a presença de teores elevados de metais nessas áreas. Na cidade de Aveiro as concentrações elevadas de metais resultaram sobretudo da sua atividade industrial no passado (MARTINS *et al.*, 2010; Tabela 1).

## 5. Conclusão

Os resultados obtidos permitem concluir que existem várias zonas poluídas na Ria de Aveiro, que se localizam em áreas confinadas sob forte influência antrópica. É o caso do extremo N do Canal de Ovar, o Largo da Coroa, o Porto de Salreu, canais da Cidade de Aveiro, e o Canal da Murtosa. Na zona mais interna do Canal da Murtosa, o Largo do Laranjo e esteiros associados, os sedimentos encontram-se poluídos por metais como o Zn, Pb, As, Hg, Cu, Ni e Cd. A possibilidade de ocorrerem processos de bioacumulação e biomagnificação através das cadeias alimentares, permite identificar esta área como sendo de grande risco ecológico. Esse risco é tanto maior uma vez que as populações ribeirinhas pescam e apanham moluscos nesta área.

## 6. Agradecimentos

Os autores agradecem ao Sr Rui Marques e ao Sr João Graça o apoio técnico prestado durante o trabalho de campo e ao Departamento de Biologia da Universidade de Aveiro, pelas facilidades concedidas.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, S. N.; PEREIRA, E.; VALE, C. & DUARTE, A. C. 2000. Accumulation of mercury in sea bass from a contaminated Lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). *Marine Pollution Bulletin*, **40** (4): 293-297.
- AMORIM, I. 2001. *Aveiro e os caminhos do sal*. Câmara Municipal de Aveiro. 1ª Ed. Aveiro, 2001. 123 p.
- ARAÚJO, I.; DIAS, J. M. & PUGH, D. Model simulations of tidal changes in a coastal lagoon, the Ria de Aveiro (Portugal). *Continental Shelf Research*, **28**: 1010-1025. 2008.
- BASTOS, M. R. C. O 2006. Baixo Vouga em tempos medievos: do preâmbulo da monarquia aos finais do reinado de D. Dinis. Tese de doutoramento, Universidade Aberta, Lisboa. 2006, 285p.
- COELHO, J. P.; DUARTE, A. C.; PEREIRA, M. E. & PARDAL, M. A. 2011. Bioacumulação de mercúrio em diversos níveis tróficos da Ria de Aveiro. *In*: ALMEIDA, A. et al. (Editores), Livro de Actas das Jornadas da Ria de Aveiro, Universidade de Aveiro, p. 131-140. 2011.
- DELGADO, J.; NIETO, J. M. & BOSKI, T. 2010. Analysis of the spatial variation of heavy metals in the Guadiana Estuary sediments (SW Iberian Peninsula) based on GIS-mapping techniques. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **88**: 71-83.
- DIAS, J. M.; RODRIGUES, M.; LEANDRO, S.; MORGADO, F.; OLIVEIRA, A. & QUEIROGA, H. 2011. Caracterização sinóptica dos gradientes ambientais na Ria de Aveiro. Parte I: Salinidade e temperatura. *In*: ALMEIDA A. et al. (Editores), Livro de Actas das Jornadas da Ria de Aveiro, Universidade de Aveiro, p. 141-150. 2011.
- DIAS, J. M.; LOPES, J. F. & DEKEYSER, I. 1999. Hydrological characterization of the Ria de Aveiro, Portugal in early Summer. *Oceanologica Acta*, **22**: 473-495.
- DIAS, J. M.; LOPES, J. F. & DEKEYSER, I. 2000. Tidal propagation in Ria de Aveiro Lagoon,

- Portugal. *Physics and Chemistry of the Earth*, **25**: (4): 369–374.
- FOLK, R. L. & WARD, W. L. 1957. Brazos River Bar: a study of the significance of grain size parameters. *Journal Sedimentology Petroleum*, **27**: 3-27.
- HALL, A. 1980. Sobre a qualidade da água na Ria de Aveiro. *Boletim da ADERAV*, **3**: 17-21.
- HALL, A.; DUARTE, A. C.; CALDEIRA, M. T. M. & LUCAS, M. F. B. 1987. Sources and sinks of mercury in the coastal lagoon of Aveiro, Portugal. *Science of the Total Environment*, **64**: (1–2): 75-87.
- LONG, E.; MACDONALD, D.; SMITH, S. & CALDER, F. 1995. Incidence of adverse biological effects within ranges of chemical concentrations in marine and estuarine sediments. *Environmental Management*, **19**: 81-97.
- LOPES, J. F. & DIAS, J. M. 2011. Circulação residual, transporte lagrangiano e distribuição de sedimentos na Ria de Aveiro. In: ALMEIDA, A. et al. (Editores), Livro de Actas das Jornadas da Ria de Aveiro, Universidade de Aveiro, p. 159-168. 2011.
- LUCAS, M. F.; CALDEIRA, M. T.; HALL, A.; DUARTE, A. C. & LIMA, C. 1986. Distribution of mercury in the sediments and fishes of the Lagoon of Aveiro, Portugal. *Water, Science and Technology*, **18**: 141–148.
- MACDONALD, D.; INGERSOLL, C. & BERGER, T. Development and evaluation of consensus-based sediment quality guidelines for freshwater ecosystems. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **39**: 20-31. 2000.
- MARTINS, V.; DUBERT, J.; JOUANNEAU, J.-M.; WEBER, O.; SILVA, E. F.; PATINHA C.; ALVEIRINHO DIAS, J. M.; ROCHA, F. 2007. A multiproxy approach of the Holocene evolution of shelf–slope circulation on the NW Iberian Continental Shelf. *Marine Geology*, **239**: 1–18.
- MARTINS, V.; SILVA, E. F.; SEQUEIRA, C.; ROCHA, F.; DUARTE, A. C. 2010. Evaluation of the ecological effects of heavy metals on the assemblages of benthic foraminifera of the canals of Aveiro (Portugal). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **87** (2): 293-304.
- MIL-HOMENS, M.; STEVENS, R.L.; ABRANTES, F. & CATO, I. 2006. Heavy metal assessment for surface sediments from three areas of the Portuguese continental shelf. *Continental Shelf Research*, **26**: 1184-1205.
- MONTERROSO, P.; ABREU, S. N.; PEREIRA, E.; VALE, C.; DUARTE, A. C. 2003. Estimation of Cu, Cd and Hg transported by plankton from a contaminated area (Ria de Aveiro). *Acta Oecologica*, **24**: S351–S357.
- MOREIRA, H. M.; QUEIROGA, H.; MACHADO, M. M. & CUNHA, M. R. 1993. Environmental gradients in a southern estuarine system: Ria de Aveiro, Portugal, implication for soft bottom macrofauna References colonisation. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, **27** (2–4): 465–482.
- NOLTING, R.; RAMKEMA, A. & EVERAATS, J. 1999. The geochemistry of Cu, Cd, Zn, Ni and Pb in sediment cores from the continental slope of the Banc d'Arguin Mauritania. *Continental Shelf Research*, **19**: 665-691. 1999.
- NUNES, T.; CASCO, P.; PEREIRA, M. E.; DUARTE, A. C. & FIGUEIRA, E. 2007. Mercury flux evaluation to the atmosphere in a contaminated area (Esteiro de Estarreja). *Geophysical Research Abstracts*, **9**, p. 10978.
- OLIVEIRA, O. 1998. *Origens da Ria de Aveiro*. Câmara Municipal de Aveiro. Aveiro. 60 p.
- OLIVER, H.; LOTTE, A.F. & LEMCKE, G. 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, **25**: 101-110.
- OSPAR COMMISSION. 2010. *Mercury losses from the chlor-alkali industry in 2007 including assessment of 2006 and 2007 data*. Hazardous Substances Series, p. 23.
- PALMA, C.; VALENÇA, M.; ROCHA, C.; OLIVEIRA, A. & CRUZ, I. 2011. Metais e compostos orgânicos em sedimentos – 25 anos de Monitorização na Ria de Aveiro (1985-2009). In: ALMEIDA, A. et al. (Editores), Livro de Actas das Jornadas da Ria de Aveiro, Universidade de Aveiro, p. 219-227. 2011.
- PASTORINHO, M. R.; TELFER, T. C.; NOGUEIRA, A. A.; SOARES, A. & RANVILLE, J. F. 2012. An evaluation of trace metal distribution, enrichment factors and risk in sediments of a coastal lagoon (Ria de Aveiro, Portugal). *Environmental Earth Sciences*, **67** (7): 2043-2052. 2012.
- PEREIRA, E.; VALE, C.; TAVARES, C. F.; VÁLEGA, M. & DUARTE, A. C. 2005. Mercury in Plants

- from Fields Surrounding a Contaminated Channel of Ria de Aveiro, Portugal. *Soil & Sediment Contamination*, **14**: 571-577.
- PEREIRA, M. E.; DUARTE, A. C.; MILLWARD, G. E.; VALE, C. & ABREU, S. N. 1998. Tidal export of particulate mercury from the most contaminated area of Aveiro's Lagoon, Portugal. *The Science of the Total Environment*, **213**: 157-163. 1998.
- PEREIRA, M. E.; DUARTE, A. C.; MILLWARD, G. E.; ABREU, S. N. & REIS, M. C. 1999. Distribution of mercury and other heavy metals in the Ria de Aveiro. *Química Analítica*, **16**: 31-35. 1997.
- PEREIRA, M. E.; LILLEBØ, A. I.; PATO, P.; VÁLEGA, M.; COELHO, J. P.; LOPES, C. B.; RODRIGUES, S.; CACHADA, A.; OTERO, M.; PARDAL, M. A. & DUARTE, A. C. 2009. Mercury pollution in Ria de Aveiro (Portugal): a review of the system assessment. *Environmental Monitoring and Assessment*, **155**: 39-49. 2009.
- PLECHA, S.; SILVA, P. A.; VAZ, N.; BERTIN, X.; OLIVEIRA, A.; FORTUNATO, A. B. & DIAS, J. M. 2010. Sensitivity analysis of a morphodynamic modelling system applied to a coastal lagoon inlet. *Ocean Dynamics*, **60**: 275-284.
- RAMALHOSA, E.; MONTERROSO, P.; ABREU, S.; PEREIRA, E.; VALE, C. & DUARTE, A. 2001. Storage and export of mercury from a contaminated bay (Ria de Aveiro, Portugal). *Wetlands Ecology and Management*, **9** (4): 311-316.
- REIS, A. T.; RODRIGUES, S. M.; ARAÚJO, C.; COELHO, J. P.; PEREIRA, E. & DUARTE, A. C. 2009. Mercury contamination in the vicinity of a chlor-alkali plant and potential risks to local population. *Science of The Total Environment*, **407** (8): 2689-2700.
- RUBIO, B.; NOMBELA, M. A. & VILAS, F. 2000. Geochemistry of Major and Trace Elements in Sediments of the Ria de Vigo (NW Spain): an Assessment of Metal Pollution. *Marine Pollution Bulletin*, **40** (11): 968-980.
- RUBIO, B.; NOMBELA, M. A. & VILAS, F. 2001. A critical evaluation of the use of cluster analysis to identify contaminated sediments in the Ría de Vigo (NW Spain). *Ciencias Marinas*, **29** (2): 175-208.
- RUBIO, B.; ALVAREZ-IGLESIAS, P.; BERNABEU, A. M.; LEON, I.; MOHAMED, K. J.; REY, D. & VILAS, F. 2011. Factors Controlling the Incorporation of Trace Metals to Coastal Marine Sediments: Cases of Study in the Galician Rias Baixas (NW Spain). In JULIUS AGBOOLA (Ed.), *Relevant Perspectives in Global Environmental Change*, p. 65-88. 2011.
- SOUZA, T.T., 1936. *Os Moliços*. Separata do Arquivo do Distrito de Aveiro. Figueira da Foz. 24 p.
- SUTHER-LAND, R.A., 2000. Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii. *Environmental Geology*, **39**: 611-627.
- TAVARES, P. C.; KELLY, A.; MAIA, R.; LOPES, R. J.; SERRÃO SANTOS, R.; PEREIRA, M. E.; DUARTE, A. C. & FURNESS, R. W., 2008. Variation in the mobilization of mercury into Black-winged Stilt *Himantopus himantopus* chicks in coastal salt pans, as revealed by stable isotopes. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **77**: 65-76.
- TAVARES, P. C., MONTEIRO, L. R., LOPES, R. J., PEREIRA, M. E., DUARTE, A. C. & FURNESS, R. W. 2005. Variation of Mercury Contamination in Chicks of Little Tern *Sterna albifrons* in Southwest Europe: Brood, Age, and Colony Related Effects. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, **74** (1): 177-183. 2005.
- TOMLINSON, D. L.; WILSON, J. G.; HARRIS, C. R. & JEFFREY, D. W. 1980. Problems in the assessment of heavy metal levels in estuaries and the formation of pollution index. *Helgolander Meeresuntersuchungen*, **33**: 566-575.
- TEIXEIRA, S. B. 1994. *Dinâmica morfosedimentar da Ria de Aveiro (Portugal)*. Tese de Doutoramento, 396 pp., Faculdade de Ciências. Universidade de Lisboa, 396 p.
- VÁLEGA, M.; LILLEBØ, A. I.; CAÇADOR, I.; PEREIRA, M. E.; DUARTE, A. C. & PARDAL, M. A. 2008. Mercury mobility in a salt marsh colonised by *Halimione portulacoides*. *Chemosphere*, **72**: 1607-1613.
- VAZ, N. & DIAS J. M. 2008. Hydrographic characterization of an estuarine tidal channel. *Journal of Marine Systems*, **70**: 168-181.
- VICENTE, C. M. 1985. Caracterização hidráulica e aluvionar da Ria de Aveiro – utilização de modelos hidráulicos no estudo de problemas. *Jornadas da Ria de Aveiro*, Câmara Municipal de Aveiro, v. III, p. 41-58. 1985.





## CAPÍTULO VI

---

### O CASO DE ESPINHO (PORTUGAL): UM EXEMPLO DAS CONSEQUÊNCIAS DAS ACÇÕES ANTRÓPICAS NAS ZONAS COSTEIRAS





# O CASO DE ESPINHO (PORTUGAL): UM EXEMPLO DAS CONSEQUÊNCIAS DAS ACÇÕES ANTRÓPICAS NAS ZONAS COSTEIRAS

Joana Gaspar de Freitas<sup>1</sup> & João Alveirinho Dias<sup>2</sup>

## RESUMO

Espinho, cidade situada na orla costeira ocidental portuguesa, é um caso paradigmático da ocupação humana das zonas costeiras. Nascida em finais do século XVIII, quando uma comunidade de pescadores ali se instalou, começou a ser alvo de intenso fenómeno de erosão costeira, um século depois. A destruição pelo mar de casas e outras edificações, construídas para apoiar as actividades de lazer das elites que, entretanto, tinham passado a frequentar aquela praia, causou sensação e grande impacto na imprensa e opinião pública da época. Pouco se pode fazer então para travar o fenómeno das “invasões do mar”. Só, em pleno século XX, recorrendo a obras pesadas de engenharia costeira, se conseguiu impedir a continuação da destruição progressiva de Espinho. Contudo, essas intervenções tiveram repercussões significativas no litoral, difundindo e amplificando a erosão costeira para sotamar. Compreender o papel das acções antrópicas no espoletar e/ou intensificar deste fenómeno, perceber como as comunidades locais perceberam, vivenciaram e procuraram resolver o problema, e analisar as consequências dessas medidas no tempo longo, são os objectivos deste trabalho. A análise do ponto de vista histórico de fenómenos naturais, como a erosão costeira, oferece uma perspectiva diacrónica da relação do homem com o seu território, questão fulcral na avaliação de impactos ambientais, uma vez que estes dificilmente podem ser compreendidos

na sua totalidade (e complexidade) a curto prazo. Conhecimento essencial, nos dias de hoje, quando em virtude da contínua expansão da utilização do litoral, que se traduziu pela edificação de frentes urbanas de vários quilómetros nas proximidades das praias, a erosão costeira se transformou num sério problema, fazendo sentir às comunidades humanas que o mar lhes rouba territórios que tomaram como seus, esquecidas de que na natureza nada permanece estático e imutável.

**Palavras-chave:** História Ambiental, Litoral, Acções antrópicas, Erosão costeira

## ABSTRACT

Espinho, located in the western coast of Portugal, is a paradigmatic case of human intervention on coastal areas. Born in the late eighteenth century, when a fishing community settled there, it began to be affected by coastal erosion, a century later. The destruction of houses and other buildings by the sea, built to support the leisure activities of the elites, that choose that beach for sea bathing, caused great impact in the press and public opinion. In those times little could be done to halt the phenomenon of “sea invasions “. It was only in the twentieth century, using heavy coastal engineering works, that became possible to stop the progressive destruction of Espinho. However, these interventions had a significant impact on the coast, spreading and amplifying coastal erosion to new areas. The main goals

1. IELT, Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, Avenida de Berna, 26 – C, 1069-061 Lisboa, Portugal; joana.gaspar.freitas@gmail.com;

2. CIMA, Universidade do Algarve, Edifício 7, Campus de Gambelas, 8005-139 Faro, Portugal, jdias@ualg.pt

of this paper are: understand the role of human actions in the onset and/or intensification of this phenomenon; see how local communities have sensed and solved this problem; and analyze the consequences of these measures over time. The analysis of natural phenomena, such as coastal erosion, in a historical point of view, offers a diachronic perspective of man's relationship with its territory. This is a key issue in the evaluation of environmental impacts, since they hardly can be understood in its entirety (and complexity) in a short term. This knowledge is essential nowadays due to the expansion of the use of the coast. Coastal erosion has become a serious problem because of urban growth near beaches. Meanwhile, human communities forgetting that in nature nothing remains static and unchanged are trying at all costs to maintain territories that the sea is now claiming.

**Key-words:** Environmental History, Seashore, Human actions, Coastal erosion

## INTRODUÇÃO

Até finais do século XIX, a evolução da maioria dos litorais processou-se, em grande parte, de forma natural, respondendo principalmente a forçamentos climáticos e oceanográficos. A intervenção directa do homem sobre os litorais expostos foi quase nula até àquela data, concentrando-se sobretudo nos litorais abrigados (estuários, lagunas, baías muito pronunciadas), onde se desenvolviam quase em exclusivo as actividades relacionadas com o mar (*e.g.*, portos, pescas e construção naval). Todavia, a influência antrópica indirecta foi tendencialmente crescente desde a Idade Média, devido a todo um conjunto de práticas que, entre outras, incluíam as desmatações e desflorestações para criação de campos agrícolas e pastagens, para obtenção de madeira (*e.g.*, construção de casas e mobiliário) e lenha (o principal combustível da época), as quais tiveram fortes implicações no trânsito sedimentar fluvial e, conseqüentemente, na dinâmica costeira. A partir de Oitocentos e, sobretudo, da segunda metade do século XX, os litorais (tanto os abrigados, como os expostos) começaram a ser seriamente afectados pelos impactes (directos e indirectos) das actividades antrópicas. O espectacular crescimento demográfico dos últimos dois séculos, bem

como as modificações no pensamento (influenciadas pelas ideias iluministas) e as alterações das condições sociais e económicas convergiram para a eclosão da vilegiatura marítima e, mais tarde, para o surgimento do turismo de massas. Estas são as causas básicas que explicam a forte pressão humana e urbana que se faz sentir nas zonas costeiras nos dias de hoje (DIAS, 2005; FREITAS, 2010, 2007). O impacto desta presença humana é tanto mais significativo na medida em que as sociedades não só expandiram desmesuradamente os núcleos populacionais instalados desde longa data na faixa marítima, como também se dirigiram para áreas «*ainda vazias, paisagisticamente não degradadas e cujo património cultural lhes confer[ia] (...) uma identidade própria. Infelizmente, o tipo de utilização preconizado lev[ou], normalmente, à aculturação e degradação paisagística, (...). Este facto est[eve] na origem da maior parte dos impactos negativos sobre a paisagem e sobre os recursos da biodiversidade que se verifica[ra]m nos diversos trechos da costa portuguesa; mas também sobre a sua vulnerabilidade aos agentes da geodinâmica externa e, conseqüentemente, ao aumento dos processos de erosão e recuo da linha de costa*» (FONSECA, 2007).

A cidade de Espinho – na costa ocidental de Portugal (Figura 1) – é um bom exemplo das causas e das conseqüências da ocupação humana em litorais expostos.

No início da segunda metade do século XIX, esta povoação tinha pouco mais do que alguns palheiros (casas de pescadores, de madeira, assentes ou não sobre estacas e com cobertura de estorno). Espinho vivia essencialmente da pesca e no verão era frequentada por algumas famílias ilustres das redondezas. A partir do momento em que foi construída a linha férrea e passou a ser servida por um apeadeiro (1870) tudo mudou. Transformada em estância balnear, a povoação cresceu significativamente invadindo a praia. Quase em simultâneo começaram os galgamentos marítimos (1869, 1870, 1871) e a destruição do património edificado. O caso de Espinho é um dos fenómenos mais antigos e bem documentados da história da erosão costeira em Portugal, revelando-se um paradigma no que diz respeito à gestão da faixa costeira portuguesa. As suas causas radicam na conjugação de factores naturais com os impactes directos e indirectos de actividades antrópicas (DIAS; FERREIRA; PEREIRA, 1994).

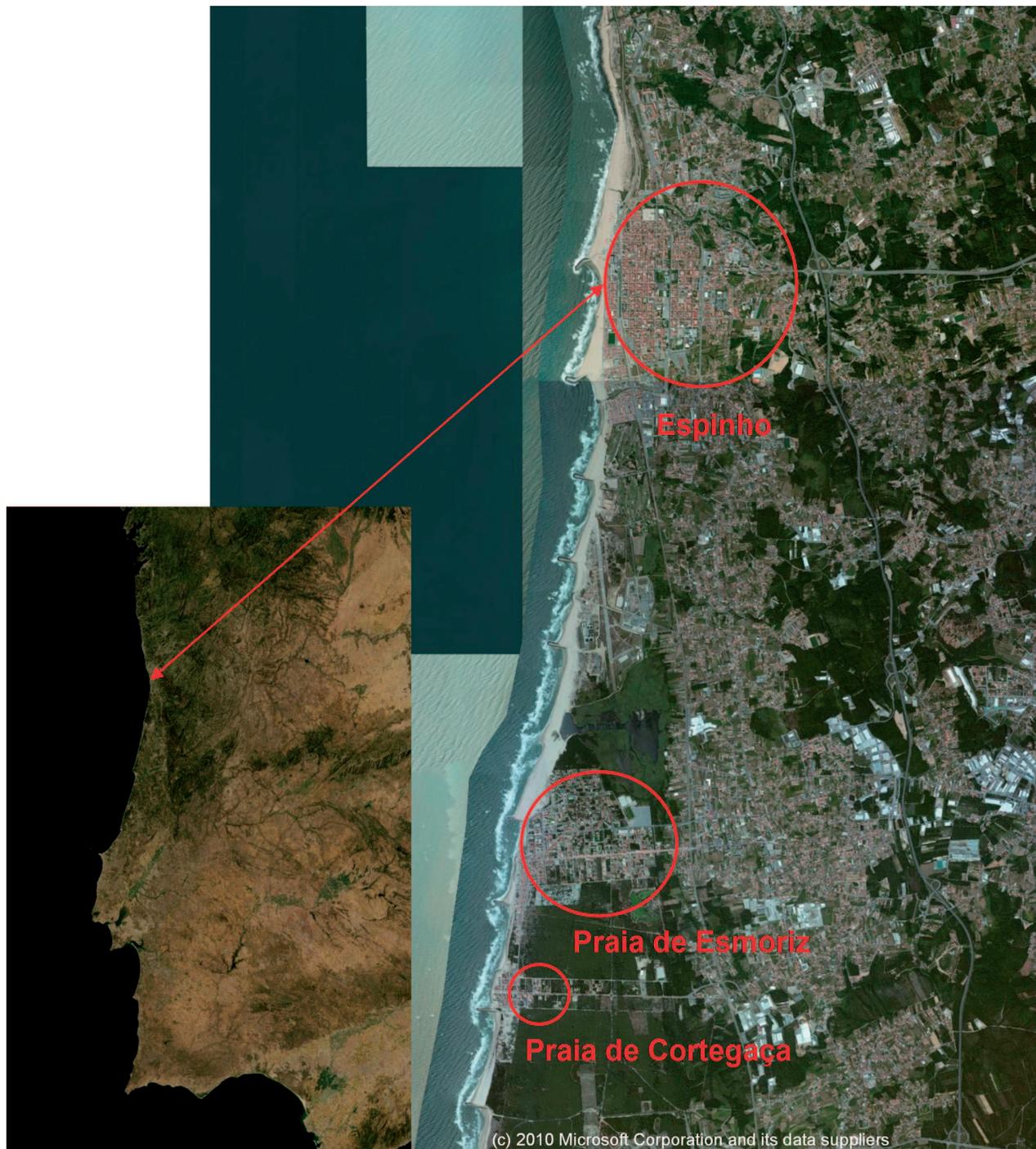


Figura 1: Localização do trecho costeiro Espinho-Cortegaça no território português (Microsoft Bing)

## MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho utilizaram-se, sobretudo, fontes históricas da segunda metade do século XIX, nomeadamente, jornais, dicionários corográficos, monografias e relatórios técnicos. Nelas se procurou

detectar informação sobre galgamentos marítimos, então designados por “invasões do mar”. A recolha sistemática de notícias em periódicos, abrangendo um período cronológico alargado (c. 1850-1970), permitiu verificar que estes fenómenos se repetiram com alguma regularidade ao longo dos anos em zonas específicas,

dando origem a problemas concretos e a soluções distintas, que revelam como populações e autoridades lidaram com os primeiros casos (conhecidos e documentados) de erosão costeira. A análise da documentação compulsada permitiu ainda averiguar que a maioria das ocorrências registadas estava associada a episódios de tempestade, quando a sobrelevação do nível do mar, o aumento da altura das ondas e a amplificação da força dos ventos, favoreciam a invasão da faixa costeira. A orla marítima ocidental portuguesa, pela sua situação geográfica, encontra-se particularmente exposta à violência dos temporais, não sendo, pois, de admirar que nesta costa se tenha dado o maior número de casos de galgamentos oceânicos de que se tem notícia, com particular incidência na região entre Espinho e a Nazaré, onde as características geomorfológicas das praias - litorais baixos e arenosos – facilitam a penetração das águas.

Os relatos de episódios de invasões do mar baseiam-se sobretudo nos elevados danos materiais provocados, sendo que os mais atingidos eram quase sempre os pescadores que viam desaparecer as suas casas (palheiros e cabanas) e os instrumentos de trabalho (barcos e redes) instalados mais próximo do mar. Mas não só, com o progressivo crescimento das povoações costeiras aconteceu, por várias vezes, o mar invadir ruas e derruir prédios (DIÁRIO DE NOTÍCIAS, 02-10-1871) ou ocasionar estragos importantes em estruturas portuárias, como no porto de Leixões, cujos molhes foram seriamente afectados pelo mau tempo nos anos seguintes à sua construção (DIÁRIO DE NOTÍCIAS, 25-12-1892, 13-12-1896, 20-10-1898, 03-02-1899 e 16-02-1899).

A partir dos últimos decénios de Oitocentos, e daí em diante, observou-se um incremento considerável da quantidade de informação disponível sobre a ocorrência de galgamentos oceânicos e dos prejuízos causados por estes eventos. Como explicar esta abundância de notícias: teriam as invasões do mar aumentado substancialmente em relação ao passado? Procurando explicações plausíveis para esta questão é preciso, primeiro que tudo, ter em conta que, quando se analisa o registo histórico, é necessário contextualizá-lo para que a sua interpretação não seja deturpada. Com efeito, a existência de um maior número de notícias sobre galgamentos oceânicos não significou necessariamente o aumento dos casos de invasões do mar. Sempre houve galgamentos marítimos, visto que se trata de um fenómeno natural próprio de um sistema dinâmico em busca permanente de um certo

equilíbrio; o que não havia antes eram os instrumentos e o interesse em divulgar estes acontecimentos. Embora existissem jornais desde o século XVII (e.g., *Mercúrio Português* e a *Gazeta de Lisboa*), a imprensa periódica de cariz moderno (diária, barata, acessível a todos) só surgiu em Portugal na segunda metade do século XIX. O aparecimento do *Diário de Notícias* (1864) e d' *O Século* (1881) permitiu a ampla divulgação de episódios de galgamentos que até aí se limitavam a circular de forma oral em círculos restritos. As invasões do mar e o rasto de destruição que provocavam constituíam, sem dúvida, o tipo de notícia que fazia vender jornais e por isso havia todo o interesse em publicá-las. Começou-se, assim, a dar maior ênfase a eventos, que anteriormente passavam quase despercebidos. Por outro lado, é importante salientar que a erosão costeira só se tornou relevante quando passou a haver mais ocupação humana nos litorais expostos e o avanço do mar se traduziu na perda de património: a subida do nível das águas durante uma tempestade (*storm surge*) e o desaparecimento da areia da praia, a erosão das dunas e o alagamento de depressões interdunares, dificilmente constituíam notícia. Não havia drama nem incidências económicas, além de que, na maioria dos casos, não havia testemunhas do ocorrido. Mas quando passou a haver danos e vidas em perigo, então sim, tornou-se notícia. Ora, com o crescimento populacional que se fez sentir no século XIX, a procura do litoral devido ao despontar do fenómeno balnear e o proliferar do número de aglomerados costeiros, aumentou consideravelmente a construção de habitações e outras infra-estruturas junto ao mar propiciando a ocorrência de prejuízos quando se davam os galgamentos marítimos. Por outras palavras, havendo mais casas, ocorriam mais estragos e surgiam mais informações sobre essas destruições, o que não significa, porém, que tenha havido mais galgamentos.

## RESULTADOS

As invasões do mar em Espinho, que se estendem até aos dias de hoje, começaram a ser documentadas na segunda metade do século XIX, estando associadas a episódios de temporal. A partir de 1869 – data do primeiro galgamento registado (há ecos de um episódio em 1834) – o fenómeno repetiu-se com uma frequência praticamente anual: 1870-1871, 1874, 1885, 1888-1892, 1894, 1896-1899, 1904-1912. Segundo as

notícias da época, as vagas galgando a praia penetravam no núcleo urbano aniquilando tudo à sua passagem: «cada vez o mar avança mais terrível, sobre esta povoação e mais uma centena de casas foram destruídas. (...). Da antiga Praça Velha já quase nada existe. Da velha casa do comendador Sá Couto resta uma pequena parte em ruínas que, com o mais pequeno embate, cairá. A cavalariça de José Três Quilhas, a casa de pasto da Pinheira e a oficina de estofador do Camisão desapareceram também por completo.

*A rua da Capela e da Igreja desapareceram também por completo, e com elas quase uma centena de casas. Na rua do Progresso, nos últimos dias, comeu o mar cerca de 15 metros. Da igreja da Nossa Senhora da Ajuda, é curta, relativamente, a distância do mar, cerca de 12 metros. (...). Ao norte da povoação são muito maiores os prejuízos. Um bairro inteiro ao norte, habitado especialmente por pescadores, foi completamente destruído» (DIÁRIO DE NOTÍCIAS, 12-10-1896) (Figuras 2 e 3).*



Figura 2: Trabalhos de aterramento dos edifícios destruídos pelo mar (ILUSTRAÇÃO PORTUGUESA, 05-12-1904. Hemeroteca Municipal de Lisboa)



Figura 3: Ruína da Capela de Nossa Senhora da Ajuda, destruída em 1904, reconstruída e novamente destruída em 1910 (ILUSTRAÇÃO PORTUGUESA, 26-12 de 1904. Hemeroteca Municipal de Lisboa)

Ainda no século XIX, para determinar as causas da fúria do mar e encontrar uma solução que salvaguardasse o núcleo habitacional de tais investidas, foram encomendados alguns estudos e nomeadas comissões de especialistas (1892, 1898 e 1908), mas estes não conseguiram chegar a resultados conclusivos. A estrutura frontal de defesa construída em 1909 – uma paliçada de madeira com fundações de pedra - não foi capaz de

travar a destruição da povoação. Assim, no início do século XX, a população desta praia viu desaparecer os seus tectos e bens: quase toda a parte velha de Espinho foi engolida pelas ondas (DIÁRIO DE NOTÍCIAS, 03-12-1896). Com base numa planta topográfica da cidade foi calculado que, entre 1866 e 1912, o avanço do mar tinha sido de 310m, numa média de 6,7m/ano (PERDIGÃO, 1979) (Figura 4).

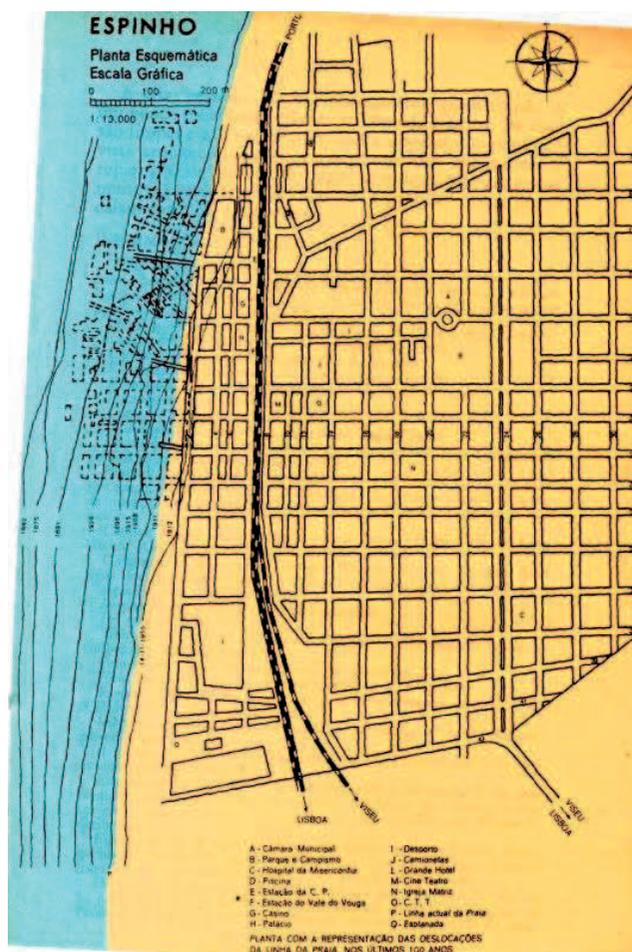


Figura 4: Planta esquemática de Espinho, estando representadas as deslocações da linha de praia e a destruição de parte da povoação (<http://deespinhoviva.blogspot.pt/2011/05/blog-post.html>)

Em 1911, o engenheiro Von Haffe foi autorizado a construir uns esporões de ensaio. Foram os primeiros esporões construídos em Portugal para travar a erosão costeira. Essas estruturas de madeira foram rapidamente danificadas pelo mar, mas mostraram alguma eficácia na reconstituição do perfil da praia. Com o passar dos anos e a construção de grandes obras de engenharia – os esporões e o paredão longitudinal, conhecido por “esplanada” – foi possível travar o avanço do mar sobre aquela localidade. Actualmente, após várias gerações de obras de defesa costeira, Espinho está bem protegida, embora tal tenha induzido violenta erosão costeira em todo o trecho a sotamar, tendo conduzido à sua forte artificialização (e.g., DIAS; FERREIRA, 1991). A influência da acção humana no espoletar

dos eventos ocorridos em Espinho em meados de Oitocentos parece ser inequívoca, mas ainda não está totalmente esclarecida. Discutir-se-á, em seguida, de que forma a ocupação antrópica do espaço pode ter contribuído para o agravamento de uma situação natural de risco.

## DISCUSSÃO

### 1. Explicações para a ocorrência de galgamentos

#### 1.1. Alterações na ocupação antrópica da praia

Espinho localiza-se numa zona em que se verifica a inflexão da costa. «A velocidade da deriva litoral induzida pela agitação marítima é bastante maior no sector localizado a norte do que no que se situa a sul. Estas condições tornam a zona de Espinho muito sensível a pequenas modificações da actuação dos mecanismos forçadores. Assim, é possível que a praia de Espinho sofra com frequência, alterações rápidas de largura, tanto no sentido positivo como no negativo. (...) No entanto, não há registos históricos desses factos devido, sobretudo, à fraca ou inexistente ocupação humana até há cerca de 150 anos atrás» (DIAS; FERREIRA; PEREIRA, 1994).

Segundo o padre André de Lima (1979), aquela praia teria começado a ser frequentada, em meados do século XVIII, por pescadores de Ovar-Furadouro (Aveiro), interessados na expansão da sua área de actividade, sobretudo junto de grandes cidades onde poderiam vender o produto excedentário da sua labuta. As primeiras notícias sobre a presença (sazonal) de varinos na praia de Espinho remontam ao ano de 1737. Diz ainda o clérigo que as deslocações iniciais de populações para aquela região tinham um carácter exploratório, destinado a averiguar o potencial piscícola daquelas águas, e só por volta de 1776 se instalou, de forma permanente, a primeira colónia de pescadores, construindo as habitações típicas deste litoral: os palheiros.

Espinho viveu do pacato labor das gentes da pesca até cerca de 1830, quando algumas famílias ilustres da Feira tomaram por hábito vir a banhos para esta praia e a pouco e pouco foram alterando as suas características. Primeiro, com a construção de novas casas, ainda em madeira, mas de arquitectura mais elaborada; depois, com a edificação de estruturas de alvenaria. Sabe-se que, em 1843, já existiam

quatro habitações deste tipo, junto à Praça Velha (LIMA, 1979). O burburinho febril de construção intensificou-se sobremaneira com a implantação da linha de caminho-de-ferro, com paragem na Granja (1865) e depois em Espinho (1870). Os transportes ferroviários – sobretudo a ligação entre Lisboa e Porto (o primeiro comboio chega a Gaia – na margem sul do Douro – em 1863) - revolucionaram o acesso aos litorais expostos situados na orla ocidental portuguesa a norte do Tejo, aumentando significativamente a presença humana em trechos até aí frequentados apenas por pequenos grupos de pescadores e contribuindo decisivamente para o surgimento de novos núcleos populacionais, associados ao uso das praias. A praia da Granja, poucos quilómetros a norte de Espinho, nasceu praticamente *ex-nihilo* com a chegada do comboio e a instalação de alguns ilustres que ali construíram as suas habitações de veraneio. Rapidamente se tornou numa das mais exclusivas praias portuguesas de meados do século XIX, pois os seus residentes, que ali viviam apenas durante o verão, pertenciam às camadas elevadas da sociedade. Ramalho Ortigão chamou-lhe “estação bijou”, a mais graciosa, fresca e aseada estância de recreio de Portugal (ORTIGÃO, 1876). Já Espinho era praia de maior miscigenação social, caracterizando-se pela co-existência dos palheiros dos pescadores - num amontoado de vielas estreitas, junto à praia -, e das habitações dos banhistas – no lado nascente, da linha férrea, que traçava a divisória entre as duas realidades (GAIO, 1999). Em 1894, a instalação da fábrica de conservas Brandão Gomes teve um impacto significativo no desenvolvimento da localidade. Aos seus sócios, figuras importantes do meio político, se deveu a autonomia administrativa de Espinho (que se tornou concelho pela Carta de Lei de 17 de Agosto de 1899) e a introdução de melhorias significativas que *«garantiram a passagem de aldeola piscatória e estação balnear dos vizinhos abastados para urbe cosmopolita e auto-suficiente»* (GAIO, 1984). A fábrica, que chegou a ter projecção internacional, contribuiu para ampliar os níveis de ocupação, criando sinergias que convergiram no aumento da população local (operários e pescadores) e na intensificação da construção de casas de alvenaria.

A evolução de Espinho foi notável, passando muito rapidamente de pequeno núcleo piscatório, a aldeia, a vila e depois a cidade. Em finais do século

XIX, possuía cerca de 2000 habitantes fixos, atingindo, na época balnear, uma população de 20 mil habitantes (DIÁRIO DA CÂMARA DOS SENHORES DEPUTADOS, 11-07-1899, 25-04-1901). Foram ali promovidos grandes melhoramentos: o vasto areal foi transformado em ruas macadamizadas, regularam-se as praças, construiu-se um mercado fechado e deu-se início aos trabalhos de abastecimento de água (DIÁRIO DA CÂMARA DOS SENHORES DEPUTADOS, 25-04-1901). Em 1918, *«a vila conta[va] muitos edifícios elegantes e confortáveis, lindas vivendas e rendilhados chalês, bons hotéis, ruas e avenidas espaçosas, teatros, cinematógrafos, casinos, cafés (...) e grande abundância de estabelecimentos comerciais de todos os géneros. [Era] iluminada por luz eléctrica e acha[va]-se ligada ao Porto pelo telefone da rede geral»* (SOCIEDADE PROPAGANDA DE PORTUGAL, 1918). Os pescadores, por seu turno, vendo os seus palheiros destruídos foram construir outros nos dois extremos da povoação. A sul ergueu-se o Bairro da Rainha (também atingido pela erosão), por iniciativa de D. Maria Pia que, em 1891, visitou Espinho e ofereceu a sua protecção aos desalojados. Estabelecia-se assim a separação geográfica entre os bairros elegantes dos banhistas e as casas da comunidade piscatória.

Os galgamentos marítimos tornaram-se notícia – a partir de 1869 - quando se deram os primeiros prejuízos graves no novo núcleo urbano, que terá inaugurado um tipo de povoamento fixo – em oposição à mobilidade dos palheiros - num litoral em permanente mudança, potenciando os riscos naturais existentes. Os pescadores tinham noção da variabilidade das dimensões da praia e mudavam a localização das suas casas de acordo com os avanços e recuos da linha de costa (OLIVEIRA; GALHANO, 1964). Os palheiros, formas de construção tradicionais do litoral, estavam, pelas suas características específicas, adaptados à intensa dinâmica deste ambiente, com constantes períodos de erosão/acumulação dependentes das variações do fornecimento sedimentar proveniente de barlamar (principalmente rio Douro, mas também outros rios minhotos), exercendo sobre o meio um impacto mínimo. A introdução das casas de cantaria, de adobe, tijolo ou mistas, correspondeu a um desenvolvimento material a que foram estranhas, quase sempre, as populações de pescadores (PEIXOTO, 1899). A análise da documentação recolhida reforça a ideia de que a

emergência do fenómeno balnear teve consequências irreversíveis (e imprevisíveis) na fácies dos núcleos populacionais costeiros e na paisagem litoral. Embora ainda estivesse longe a época da procura massificada das praias, era já possível verificar que o crescimento das localidades litorâneas, sob a pressão de criar infra-estruturas de modo a atrair os visitantes sazonais (DIAS, 2005), implicou a destruição das formas de existência tradicional das populações marítimas e a descaracterização das povoações pela adopção de uma arquitectura padronizada, desajustada em relação às especificidades próprias do meio físico de implantação, mas identificada com o progresso e a modernidade.

## 1.2. Interferências no abastecimento sedimentar

### 1.2.1. Obras de engenharia fluvial e costeira

Para além do crescimento urbano e da ocupação intensiva da zona de praia, as causas da erosão costeira em Espinho podem ainda relacionar-se com outros factores. Com efeito, parece ter havido nesta mesma época uma diminuição do abastecimento sedimentar a este troço litoral, provocada por intervenções na barra e estuário do Douro, bem como pelas alterações no regime deste rio. A construção dos molhes do porto de Leixões terá tido também a sua influência (Figura 5).



Figura 5: Extracto da Planta da Cidade do Porto, com a costa marítima, porto de Leixões e porto e barra do rio Douro (LOUREIRO, 1904. Biblioteca Nacional de Portugal)

Até finais do século XVIII, as poucas obras realizadas no porto e barra do Douro, com o objectivo de melhorar as suas condições de navegabilidade e garantir um suporte à actividade comercial, tiveram um carácter pontual. Em 1790, foi iniciada a construção de um molhe entre a Cantareira e as pedras Felgueiras, com o objectivo de regularizar a margem direita e de fazer desaparecer a enseada da Foz, para obrigar o cabedelo a recuar e tornar o canal de acesso mais directo e fundo. Estes trabalhos realizados entre 1792 e 1805 foram interrompidos pela invasão das tropas napoleónicas (1807) e pela crise institucional e financeira que se lhes seguiu. Só em 1821 puderam ser retomados, dando-se

continuidade à obra anterior e construindo-se um outro molhe na margem esquerda, em parte da extensão da bacia de S. Paio, entre a Afurada e o cabedelo. Em 1825, as obras foram novamente afectadas pela instabilidade política e só depois de 1857 houve condições para lhes dar prossecução. Entre 1860 e 1869 procedeu-se ao quebramento e extracção das rochas submersas da barra, no intuito de libertá-la destes perigosos escolhos, responsáveis por numerosos naufrágios. Foram ainda concluídos o molhe da margem direita, entre a Cantareira e o Salva-vidas, o aterro contíguo e o molhe de regularização entre as Argolas e Felgueiras, e o varadouro da Cantareira (Figura 6).

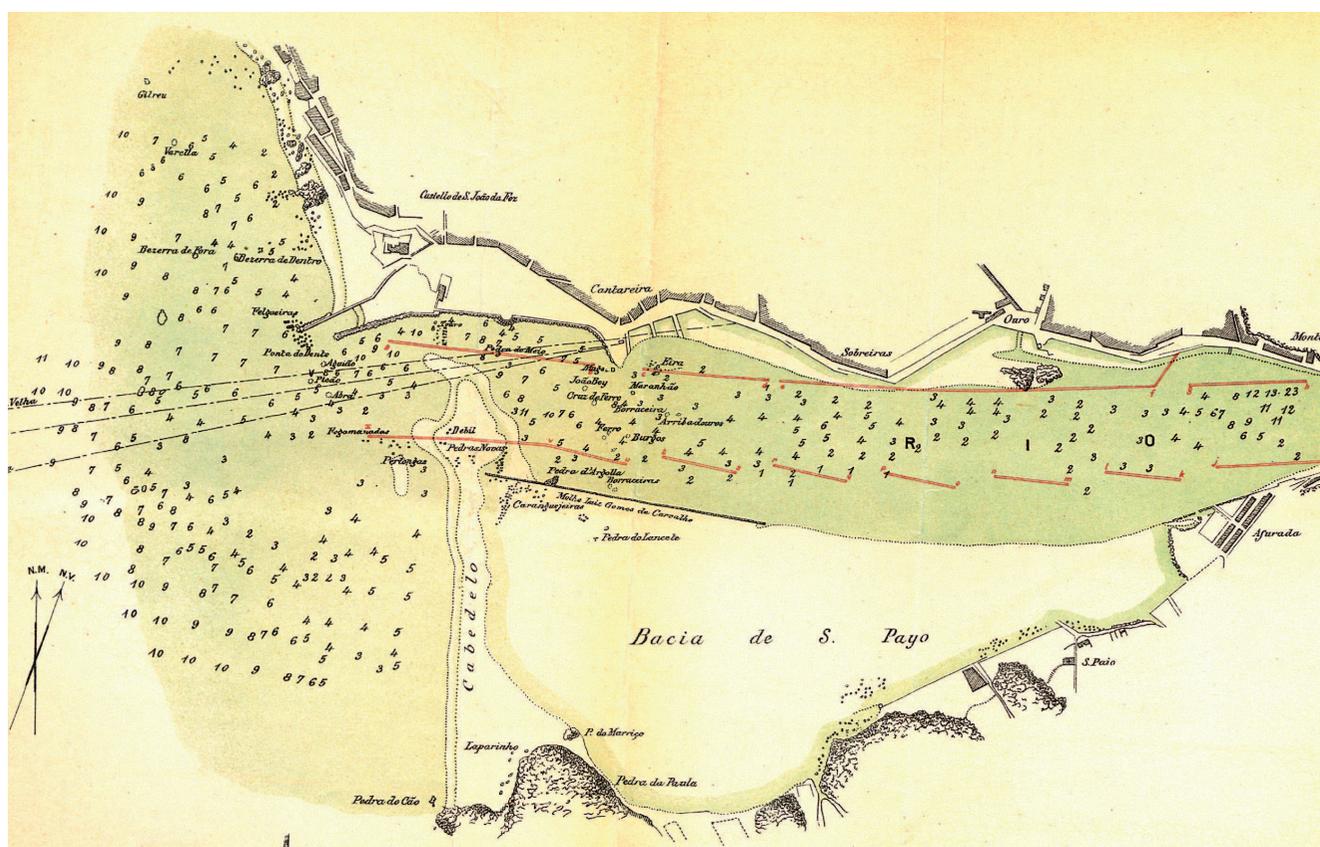


Figura 6: Extracto de Porto e Barra do Douro. Planta com o projecto das obras para o melhoramento da barra e do porto comercial (LOUREIRO, 1904. Biblioteca Nacional de Portugal)

A partir de 1884, os trabalhos concentraram-se quase exclusivamente na construção do porto de Leixões, que mobilizou grande parte dos recursos financeiros. Mesmo assim, foi possível, em 1886, adquirir uma draga para proceder à extracção das areias responsáveis pelo assoreamento da barra, tarefa que prosseguiu pelo menos até 1904. Segundo os engenheiro Nogueira Soares e

Adolfo Loureiro houve um melhoramento significativo da entrada do Douro, devido à eliminação dos rochedos submersos e aos molhes de regularização das margens (SOARES, 1871; LOUREIRO, 1904).

Estas acções coincidiram no tempo com as primeiras invasões do mar em Espinho, o que permite acreditar na correlação entre estes eventos. É absolutamente lógico

que a remoção de areias do estuário do Douro e as obras dos molhes de Leixões tenham causado a diminuição do abastecimento sedimentar, assim como o enfraquecimento da deriva litoral, provocando erosão costeira a sotamar. Como na altura a povoação de Espinho estava a crescer, presumivelmente ocupando a praia, verificou-se a destruição do património ali edificado.

Em 1931, o Pe. André de Lima justificava assim o problema da erosão em Espinho: «*é opinião minha que o mar arrasta areias da nossa praia, nuns anos mais que noutros, originando as invasões. São as correntes submarinas, a meu ver, que carregam para Espinho e costas vizinhas as areias que os rios arrastam e depositam no mar. Ora quando elas vêm em grande quantidade, tudo está bem, mas quando isso se não dá, as correntes atiram-se às que cá estão e devoram-nas. É opinião minha que essas invasões [do mar] se dão quando as areias vindas do norte não chegam para satisfazer-lhe a voracidade, e esse fenómeno atribuo-o a duas causas: primeira, quando não há grandes cheias nos rios que existem daquele Cabo Finisterra até Espinho, e segunda, quando essas areias forem interceptadas por quaisquer obras hidráulicas feitas ao norte da nossa praia. Eu atribuo as invasões de 1889 a 1912 à construção dos molhes do porto de Leixões e à dum outro na barra do rio Douro que desce da Cantareira em linha recta até à Pedra de Falgamanada...*» (LIMA, 1982). O padre Lima considerava de forma inequívoca que as obras de engenharia costeira realizadas a norte da praia de Espinho e a falta de cheias no Douro eram os factores indutores dos galgamentos oceânicos. É interessante notar como um não especialista, já em 1931, tinha noção de que o litoral constitui uma entidade profundamente

dinâmica e dependente das fontes aluvionares próximas e longínquas (e da sua variabilidade).

### 1.2.2. A questão das cheias

A falta de cheias no Douro acentuou-se sobremaneira a partir da década de 1950, com a construção das grandes barragens. Contudo, a análise dos dados históricos relativos às inundações daquele rio permite observar uma diminuição progressiva no número e no caudal das cheias extraordinárias ali registadas, na passagem de Setecentos para o século XIX e deste para o século XX (TATO, 1966) (Gráfico I e II).

O Gráfico III revela numa primeira abordagem uma diminuição do número de cheias extraordinárias do século XVIII para os séculos seguintes mas, sobretudo, do século XIX para o XX. Com efeito, entre 1751 e 1800, houve uma média de 5.8 cheias por cada década, de 1821 a 1900, registaram-se apenas 3.2 cheias em cada década e, de 1901 a 1970, esse valor desceu para 2.1. Os valores registados para as décadas de 1801 a 1820 não parecem corresponder a uma ausência efectiva de inundações, mas sim à falta de dados para este período que foi extremamente conturbado em termos políticos, económicos e sociais. Analisando o gráfico (III) com mais detalhe, observa-se que, na segunda metade do século XVIII, as inundações extraordinárias foram frequentes, o que se pode ter traduzido num abastecimento sedimentar abundante às praias a sul. Recorde-se que foi neste período que alguns pescadores se instalaram de forma definitiva em Espinho: segundo o padre André de Lima, o núcleo populacional «*erguia-*

Gráfico I: Número de grandes cheias registadas entre os séculos XVIII e XX (Gráfico nosso construído com base nos dados de TATO, 1966)

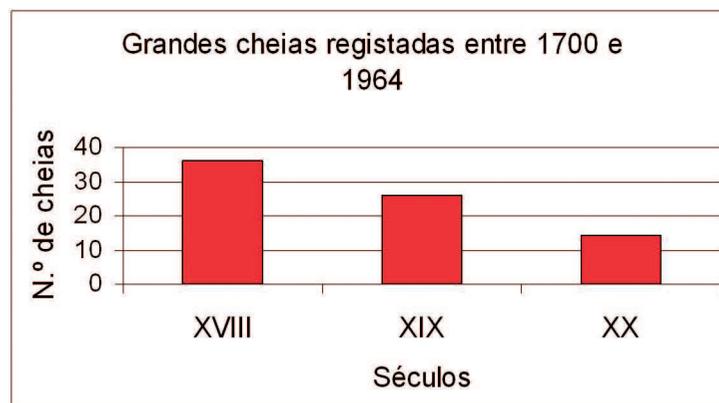


Gráfico II: Altura atingida pelas maiores cheias extraordinárias ocorridas no Douro (Gráfico nosso construído com base nos dados de TATO, 1966)

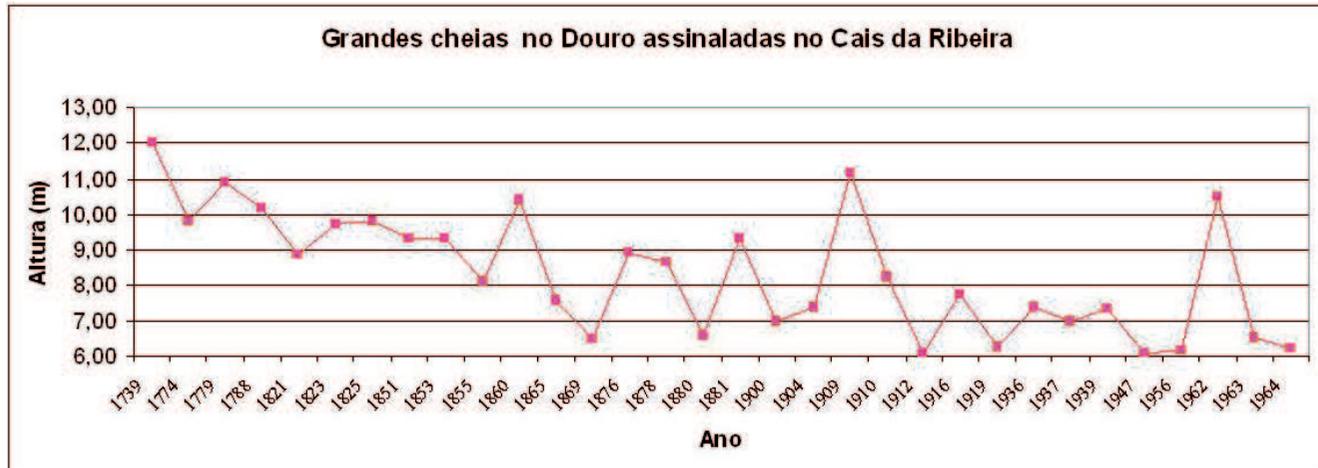
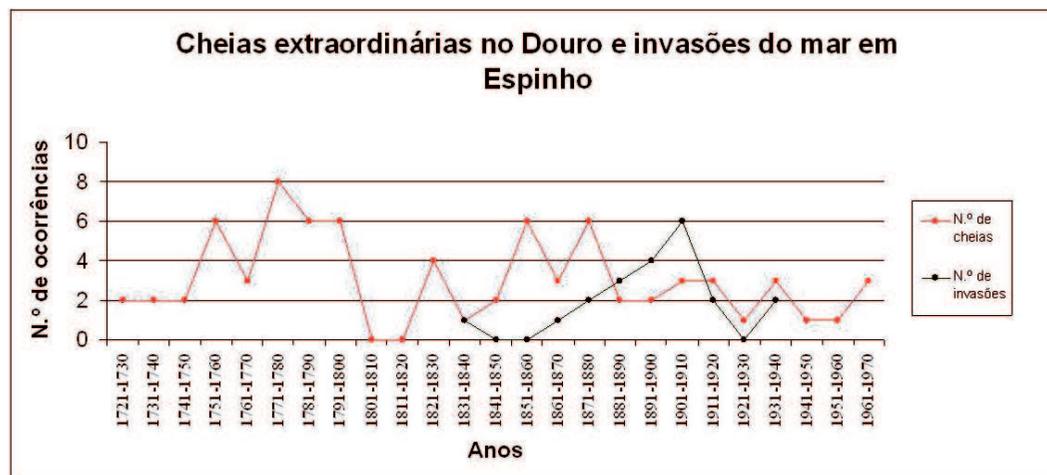


Gráfico III: Comparação entre as cheias extraordinárias ocorridas no Douro e as invasões do mar em Espinho (Gráfico nosso elaborado a partir de dados de TATO (1966) e de notícias sobre as invasões do mar retiradas de periódicos)



se sobre uma elevada duna de areia que as nortadas faziam mover. Construído hoje um palheiro era preciso daí a poucos anos pôr-lhe em cima um andar, porque de contrário a areia amontoada contra a taipa o ia soterrar» (LIMA, 1979). Isto reforça a ideia de que havia grande quantidade de areia na praia. Na década de 1831-40, assistiu-se a uma redução significativa do número de cheias extraordinárias, aliás, houve apenas uma, em 1839 (a última cheia registada, antes disso, tinha sido em 1829). Curiosamente, a primeira invasão do mar de que se tem notícia foi em 1834. Depois, houve uma subida da ocorrência de cheias, mas em 1861-70 um novo período de decréscimo daquelas surgia mais uma vez associado a uma invasão do mar, em 1869. Nos

anos de 1871 e 1874 registaram-se alguns galgamentos, embora as cheias tivessem sido mais frequentes. Contudo, observa-se que nas três décadas seguintes – de 1881 a 1910 – houve uma diminuição prolongada do número de cheias, enquanto em Espinho a erosão marítima foi muito acentuada. Os anos de 1913 a 1929 representaram um momento de acalmia, correspondendo a um período de acreção de areia naquela praia, devido talvez à construção dos esporões pelo eng.º Von Haffe. «Em 1915, perante a lenta mas progressiva recuperação da praia havia já a convicção de que o mar não voltaria a atacar a povoação de Espinho. Em consequência, mediante a opinião de que a escarpa resultante da erosão verificada em 1912 correspondia ao

*limite dos ataques do mar e perante os problemas inerentes ao remate das obras, bem como à necessária manutenção dos esporões, as defesas da praia de Espinho foram esquecidas e deixadas ao abandono. Deste modo, durante anos consecutivos, os esporões estiveram tão cobertos por areia que quase não se dava pela sua existência»* (DIAS; FERREIRA; PEREIRA, 1994). Porém, em 1930, um violento temporal retirou grande parte da areia anteriormente acumulada. As tempestades que se lhe seguiram nos anos de 1931, 1932, 1934, 1935 e 1936 provocaram sérios estragos na povoação – arruinando a esplanada, o posto de socorros a náufragos e algumas casas no bairro dos pescadores -, apesar da reconstrução dos esporões existentes. De acordo, com o padre André de Lima (1982) estes novos galgamentos (1930 e 1931) explicavam-se pela ausência de grandes cheias, visto que os últimos invernos haviam sido leves, e não as havendo, as areias transportadas pelos rios tinham sido poucas, tendo o mar ido roubá-las às praias para recuperar o seu equilíbrio. Com efeito, a última grande cheia no Douro tinha ocorrido em 1926, só voltando a repetir-se em 1936, 1937 e 1939. Em 1943, 1944, 1946, 1947 e 1949, sucederam-se novas destruições em Espinho, ora comparando estes eventos com os registos das cheias verifica-se que, a seguir às inundações dos anos 30, só se deram novas ocorrência em 1947 e depois em 1956.

De um modo geral, pode dizer-se que nos anos que antecederam a ocorrência de episódios de invasões marítimas em Espinho se observou um menor número de cheias extraordinárias no Douro. Da mesma forma, quando as cheias eram mais numerosas, os galgamentos tendiam a diminuir, o que parece reforçar a teoria de que estes fenómenos estão relacionados, tal como André de Lima tinha indicado. Verifica-se, por vezes, que no mesmo ano - 1869, 1904, 1909, 1912, 1936 e 1947 – houve cheias extraordinárias e galgamentos, pensa-se que nestes casos seria necessário averiguar se as cheias ocorreram antes ou depois das inundações na praia de Espinho. Para ter uma abordagem ainda mais completa e coerente importaria, num estudo futuro, considerar os temporais: já que a pior situação em termos de impacto sobre a praia é aquela que resulta da associação entre a ausência de cheias (deficiência de abastecimento sedimentar) e a ocorrência de grandes temporais (que provocam transferência de grande quantidade de areia da praia emersa para a submersa).

### 1.2.3. Florestação, barragens e dragagens

A redução do abastecimento sedimentar a este litoral pode estar ainda relacionado com a diminuição da quantidade de sedimentos provenientes da bacia hidrográfica do Douro que chega ao seu estuário. A intensificação dos trabalhos de florestação das serras e bacias hidrográficas (incluindo a do Douro e seus afluentes), a partir dos anos de 1930-40, terão contribuído decerto para o decréscimo das aluviões transportadas por aquele curso de água. Com a entrada em funcionamento dos grandes aproveitamentos hidroeléctricos, dos anos de 1940 em diante, sabe-se que a carga sólida transportada pelo rio em regime natural sofreu uma redução de cerca de  $1,8 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$  para  $0,25 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{ano}$ , após conclusão das obras previstas (OLIVEIRA; VALLE; MIRANDA, 1982). À acção negativa das barragens no que diz respeito ao volume de sedimentos que entram na deriva litoral acresceu ainda o efeito das sucessivas dragagens levadas a cabo no estuário e barra do Douro: a título de exemplo destaca-se que, entre 1982 e 1986, foram dali retiradas areias na ordem dos  $3 \times 10^6 \text{ m}^3$  (OLIVEIRA; VALLE; MIRANDA, 1982), ou seja, volumes pouco inferiores aos da deriva litoral, estimada em cerca de um milhão de  $\text{m}^3/\text{ano}$  (DIAS, 2005).

## 2. Situação actual: soluções adoptadas geram novos problemas

Os prejuízos causados pelas invasões do mar em Espinho na década de 1940 - em habitações, armazéns, oficinas, na piscina e no que restava do Bairro da Rainha - obrigaram ao reforço das estruturas de protecção daquela localidade, compreendendo a implantação de novos esporões e um paredão de defesa frontal. Em 1960 praticamente toda a frente urbana da povoação se encontrava protegida dos ataques do mar, o que não evitou, porém, a ocorrência de novos galgamentos em 1973, 1974, 1978 e 1979. O desaparecimento da praia em consequência dos temporais destes últimos dois anos levou à formulação e implantação de um novo esquema de protecção, que passou pela construção de novos esporões, complementados por um forte paredão em betão e com enrocamento na base, que se estende ao longo de toda a frente oceânica da cidade.

A instalação sucessiva de estruturas cada vez mais

robustas teve, porém, o efeito perverso de oferecer às populações e aos investidores uma falsa sensação de segurança e de reforçar a convicção de que a questão estava definitivamente resolvida, o que conduziu à expansão urbana de Espinho e de outras povoações ribeirinhas. Simultaneamente, essas obras de engenharia costeira contribuíram para o agravamento exponencialmente dos problemas de erosão costeira a sotamar. De acordo com os estudos efectuados, no troço Espinho-Cortegaça, entre 1947/1958, o recuo médio da linha de costa foi de 0,8m/ano. No período de 1858/1980 verificou-se o aumento da taxa de recuo, cujo valor médio passou a ser de 1,8m/ano, com valores máximos de 5,7m/ano, junto ao Bairro dos Pescadores, imediatamente a sul do campo de esporões. Na década de 1980/1989 a taxa subiu para 4,5m/ano, com valores máximos de 12,5m/ano a sotamar de Cortegaça (FERREIRA; DIAS, 1991). Foi assim necessário erguer novos esporões para defender o litoral a sul de Espinho, onde se localizam núcleos populacionais relativamente recentes, datando de há poucas décadas.

## CONCLUSÕES

A cidade de Espinho, na costa ocidental portuguesa, é considerada um caso paradigmático no que diz respeito às consequências (imprevisíveis e irreversíveis) das actividades humanas no território. A análise no tempo longo do fenómeno de erosão costeira que atinge esta povoação há mais de um século revelou que o problema se deve à conjugação de factores naturais e antrópicos, mas sobretudo a estes últimos. Assim,

1. Os primeiros galgamentos oceânicos registados são contemporâneos da instalação de um povoamento fixo na praia, com a construção de casas de alvenaria, num litoral até aí quase deserto ou com uma ocupação mínima de reduzido impacte.

2. A erosão costeira e consequentes destruições ocorridas em Espinho parecem estar também associadas a intervenções antrópicas (dragagens e obras fixas de engenharia costeira) na barra e foz do rio Douro, principal abastecedor de sedimentos a este litoral. A construção do porto de Leixões – no litoral imediatamente a norte do Douro – terá tido também alguma responsabilidade na diminuição do abastecimento sedimentar àquela praia.

3. Os impactes das intervenções antrópicas parecem

ter sido ora amplificados, ora minimizados, por factores naturais, principalmente pela frequência e magnitude das cheias do rio Douro (e outros rios minhotos) e pela ocorrência de temporais no mar. Com efeito, a frequência das cheias extraordinárias no Douro e os episódios erosivos em Espinho correlacionam-se positivamente. É de relevar ainda que, no século XX, a ocorrência e magnitude das cheias foi cada vez mais condicionada por intervenções antrópicas, nomeadamente pela construção de barragens na bacia hidrográfica do Douro e outros rios do Minho. Neste âmbito podem também referir-se as obras de regularização das margens daquele rio, as dragagens regulares para garantir o acesso à barra e os fundos do canal de navegação, bem como a intensa extracção de areias no leito fluvial.

4. Perante a destruição de parte da povoação e a ameaça latente sobre o restante núcleo edificado, foram construídas sucessivas obras de engenharia costeira – cada vez mais robustas e em maior número – para garantir a protecção do aglomerado. Actualmente, a extensão costeira de onze quilómetros que separa Espinho de Cortegaça encontra-se fortemente artificializada, existindo um grande campo de esporões e um enrocamento longilitoral em grande parte contínuo. Apesar disto, o problema da erosão costeira neste sector do litoral está longe de estar resolvido: a reparação e o reforço periódicos destas estruturas são imprescindíveis para proteger os núcleos urbanos adjacentes.

5. O campo de esporões de Espinho e a estrutura frontal de defesa daquela povoação contribuiu para o alastramento do recuo da linha de costa no sector se estende mais a sul, até às proximidades de Aveiro. Esta questão só não é mais preocupante porque até ao Furadouro esta zona se encontra praticamente desabitada, o que vem mostrar com clareza que os problemas mais graves de erosão costeira só se verificam quando há ocupação humana intensa (DIAS; FERREIRA; PEREIRA, 1994).

## AGRADECIMENTOS

O trabalho de Joana Gaspar de Freitas foi financiado por Fundos Nacionais através da FCT – Fundação para a Ciência e Tecnologia - no âmbito do projecto PEst-OE/ELT/UI0657/2011 e de uma Bolsa de Investigação (SFRH/BPD/70384/2010).

## REFERÊNCIAS

- ALMANAQUE ILUSTRADO DE OVAR PARA 1914. Porto: Tip. Fonseca e Filho, 1913.
- DIÁRIO DA CÂMARA DOS SENHORES DEPUTADOS DA NAÇÃO PORTUGUESA. 1901. Lisboa: Imprensa Nacional.
- DIÁRIO DE NOTÍCIAS. Lisboa, 1865-1937.
- DIAS, J.A. 2005. Evolução da zona costeira portuguesa: forçamentos antrópicos e naturais. *Revista Encontros Científicos: Turismo, Gestão, Fiscalidade*, Faro, 1: 7-27.
- DIAS, J.A; FERREIRA, Ó. & PEREIRA, A.R. 1994. *Estudo sintético de diagnóstico da Geomorfologia e da Dinâmica Sedimentar dos troços costeiros entre Espinho e Nazaré*. [S.l.]: ESAMIN.
- FERREIRA, Ó. & DIAS, J.A. 1991. Evolução recente de alguns troços do litoral entre Espinho e o Cabo Mondego. In: 2.º SIMPÓSIO SOBRE A PROTECÇÃO E REVALORIZAÇÃO DA FAIXA COSTEIRA DO MINHO AO LIZ. Porto. *Actas...*, Porto, p. 85-95.
- FONSECA, L.C. 2007. A saga do litoral português (ou só mais um capítulo do infortúnio lusitano). *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7 (1): 5-16.
- FREITAS, J.G. 2011. *O litoral português na época contemporânea: representações, práticas e consequências. Os casos de Espinho e da Praia da Rocha (c. 1851 a c. 1990)*. 421 f. Tese (Doutoramento em História Contemporânea) – Faculdade de Letras, Universidade de Lisboa, Lisboa, 2010.
- FREITAS, J.F. 2007. O litoral português, percepções e transformações na época contemporânea: de espaço natural a território humanizado. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 7 (2): 105-115.
- ILUSTRAÇÃO PORTUGUESA. 1904. Lisboa.
- LIMA, A. 1927. Espinho. Breves apontamentos para a sua história. *Espinho: Boletim Cultural*, 1, (I): 11-44, 1979.
- LIMA, A. (1927). As invasões do mar em Espinho. *Espinho: Boletim Cultural*, v. IV, n.º 15/16, P. 333-334, 1982.
- GAIO, M. 1984. *Fábrica de Conservas “Brandão, Gomes”:* *Fragmentsos da memória de Espinho*. [s.l.]: Nascente - Coop. Acção Cultural.
- GAIO, M. 1999. *A génese de Espinho. Histórias e postais*. Porto: Campo de Letras.
- LOUREIRO, A.L. 1904 – *Os portos marítimos de Portugal e ilhas adjacentes*. Lisboa: Imprensa Nacional, v. I e Atlas.
- OLIVEIRA, E.V. & GALHANO, F. 1964. *Palheiros do Litoral Central português*. Lisboa: Instituto de Alta Cultura – Centro de Estudos de Etnologia Peninsular.
- OLIVEIRA, I.B.; VALLE, A.J.S. & MIRANDA, F.C.C. 1982. Littoral problems in the Portuguese West Coast. *Coastal Engineering*, 2: 1950-1969.
- ORTIGÃO, R. 1876. *As praias de Portugal. Guia do banhista e do viajante*. Porto: Livraria Universal de Magalhães & Moniz – Editores.
- PEIXOTO, R. 1899. Habitação. Os palheiros do litoral. In: *Portugália: Materiais para o estudo do povo português*. Porto: Imprensa Moderna, t. I, f. 1.
- PERDIGÃO, F. 1931. Defesa da costa marítima de Espinho. *Espinho. Boletim Cultural*, n.º 3, v. I, 1979.
- PEREIRA, A.R. 2004. O litoral e a sua vulnerabilidade. In: *GeoInova (Ambiente e Mudanças Globais)*. Lisboa: Faculdade de Ciências Sociais e Humanas, Universidade Nova de Lisboa, n.º 9, p. 33-43.
- SOARES, A.N. 1871. *Revista de Obras Públicas e Minas*. Lisboa: [S.n], ano II, t. II, p. 23-35.
- SOCIEDADE PROPAGANDA DE PORTUGAL. 1918. *As nossas praias: Indicações gerais para uso dos banhistas e turistas*. Lisboa, Tipografia Universal.
- TATO, J. 1966. *As cheias do Douro. Separata de Documentos e Memórias para a história do Porto*. Porto: [S.N.], v. XXXVII.



## CAPÍTULO VII

---

### OS ESCORREGAMENTOS DA ENSEADA DO BANANAL E DO MORRO DA CARIOCA EM ANGRA DOS REIS NA BAÍA DE ILHA GRANDE-RJ





# OS ESCORREGAMENTOS DA ENSEADA DO BANANAL E DO MORRO DA CARIOCA EM ANGRA DOS REIS NA BAÍA DE ILHA GRANDE-RJ

Francisco Dourado<sup>1</sup> & Nelson Ferreira Fernandes<sup>2</sup>

## RESUMO

Na noite de Réveillon de 2010, o município de Angra dos Reis na Região da Costa Verde fluminense foi atingido por um evento climático extremo, uma chuva torrencial. Diversas localidades foram atingidas por escorregamentos destruindo edificações, vias de acesso, fornecimento de energia elétrica e parte do sistema de telecomunicações. Diversos hotéis e pousadas, além dos próprios moradores, da Estrada do Contorno ficaram isolados por alguns dias. O número total de vítimas fatais neste evento foi de 53 pessoas, enquanto o número de pessoas desalojadas foi de 4.500 e de afetadas passou de 170.000. As vítimas fatais estavam em dois pontos: Na comunidade conhecida como Morro da Carioca no centro da cidade, onde foram registradas 21 vítimas fatais e na Enseada do Bananal, na Ilha Grande, onde 32 pessoas morreram. Nesse período, a pluviometria registrou o acúmulo de 417 mm em 72 horas. Em ambos os casos, o movimento ocorreu no contato solo-rocha, iniciando-se no topo da encosta, logo após a quebra do relevo, onde ocorreu a saturação do solo devido ao aumento da poro-pressão.

**Palavras-chave:** Movimento de massa, Ilha Grande, Morro da Carioca e Angra dos Reis.

## ABSTRACT

On the night of New Year's Eve 2010, the municipality of Angra dos Reis on the Costa Verde Region was hit by an extreme weather event, a downpour. Several locations were hit, destroying buildings, access roads, provision of electricity and part of the telecommunications system. Several hotels, in addition to the residents were stranded for a few days. The total number of fatalities in this event was 53 people, while the number of homeless people was 4,500 and has affected 170,000. The fatal victims were in two points: In the community known as Morro da Carioca in the downtown, where 21 fatalities were recorded in the Enseada do Bananal in Ilha Grande, where 32 people died. During this period, the recorded rainfall accumulation was 417 mm in 72 hours. In both cases, the movement occurred at the contact between ground and rock, beginning at the top of the slope after the breakage of relief where there was saturation of the soil due to the increased pore-pressure.

**Key words:** Landslide, Ilha Grande, Morro da Carioca e Angra dos Reis.

1. Departamento de Geologia Aplicada/Faculdade de Geologia/Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier, 524 / sala 2019 / bloco-A. Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - CEP 20550-900, fdourado@uerj.br

2. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de Geografia, CCMN, IGEO, Bloco H, sala 8, Cidade Universitária, 21945-970 - Rio de Janeiro, RJ - Brasil - Caixa-postal: 68537, nelsonff@acd.ufrj.br

## INTRODUÇÃO

Os movimentos de massa são, em geral, processos naturais de ajuste da paisagem associados à dinâmica externa da Terra (intemperismo, erosão, etc...). São movimentos gravitacionais rápidos, normalmente desenvolvidos no manto de alteração das rochas (GUERRA *et al.* 1999 e TAIOLI & CORDANI, 2000).

Os escorregamentos translacionais rasos são um tipo específico de movimentos de massa, onde em geral o pacote de material que desliza, em movimentos rápidos e de curta duração, é limitado por uma descontinuidade plana que pode ser, por exemplo, o contato entre duas camadas de solos distintas (colúvio e elúvio) ou o limite entre manto de alteração e a rocha sã (FERNANDES & AMARAL, 1996).

A forma do relevo, a vegetação, a litologia, o solo e suas descontinuidades são exemplos de fatores naturais que podem controlar a ocorrência de movimentos de massa (FERNANDES *et al.*, 1994). Além destes fatores, a ação antrópica é um fator adicional e normalmente acelera o processo de desestabilização. A ocupação

desordenada das encostas, o corte irregular de taludes, os aterros não planejados, as modificação da drenagem, são exemplos de ações antrópicas que modificam as condições naturais e agravam os processos erosivos.

Os Agentes Deflagradores são fatores que podem desencadear o início de um movimento de massa. Por exemplo, uma alta taxa de pluviosidade, associada às características físicas do solo pode elevar o nível do lençol freático, levando à saturação do mesmo, aumentando a poro-pressão e criando as condições necessárias para o início de movimentos de massa.

Na noite de *Réveillon* de 2010, o município de Angra dos Reis na Região da Costa Verde fluminense (Figura 1) foi atingido por um evento climático extremo, uma chuva torrencial. Esse evento climático desencadeou centenas de movimentos de massa espalhados por diversas localidades na região estudada destruindo edificações, vias de acesso, interrompendo o fornecimento de energia elétrica e parte do sistema de telecomunicações (Figura 2). Diversos hotéis e pousadas, além dos próprios moradores, da Estrada do Contorno ficaram isolados por alguns dias.



Figura 1: Localização dos escorregamentos na Baía de Ilha Grande



Figura 2: Movimentos de massa distribuídos em todo o município

O número total de vítimas fatais neste evento foi de 53 pessoas, enquanto o número de pessoas desalojadas foi de 4.500 e de afetadas passou de 170.000. As vítimas fatais estavam em dois pontos:

- Na comunidade conhecida como Morro da Carioca no centro da cidade, onde foram registradas 21 vítimas fatais (Figura 3); e
- Na Enseada do Bananal, em Ilha Grande, onde 32 pessoas morreram (Figura 4)

A forma de ocupação do Morro da Carioca se deu da mesma forma da maior parte das ocupações irregulares das grandes cidades do Estado do Rio de Janeiro: ocuparam-se as vertentes escarpadas dos morros, gradativamente na direção ascendente,

desde a base mais plana até o limite quase vertical. Posteriormente, os topos, muitas vezes mais planos do que as bases, foram ocupados. Os trechos entre as áreas ocupadas na base e no topo só não foram ocupadas literalmente por uma limitação física, devido à alta declividade dos paredões, geralmente de rocha nua ou com no máximo alguns centímetros de solo.

Por outro lado, na Enseada do Bananal, devido às características intrínsecas de uma ilha, dentre elas a dificuldade de acesso, corroboradas pelo fato da região ser um Parque Estadual, a ocupação não foi de modo desordenado. Esta ocupação se deu bem próximo ao nível do mar, nas porções mais planas.



Figura 3: Movimento do Morro da Carioca

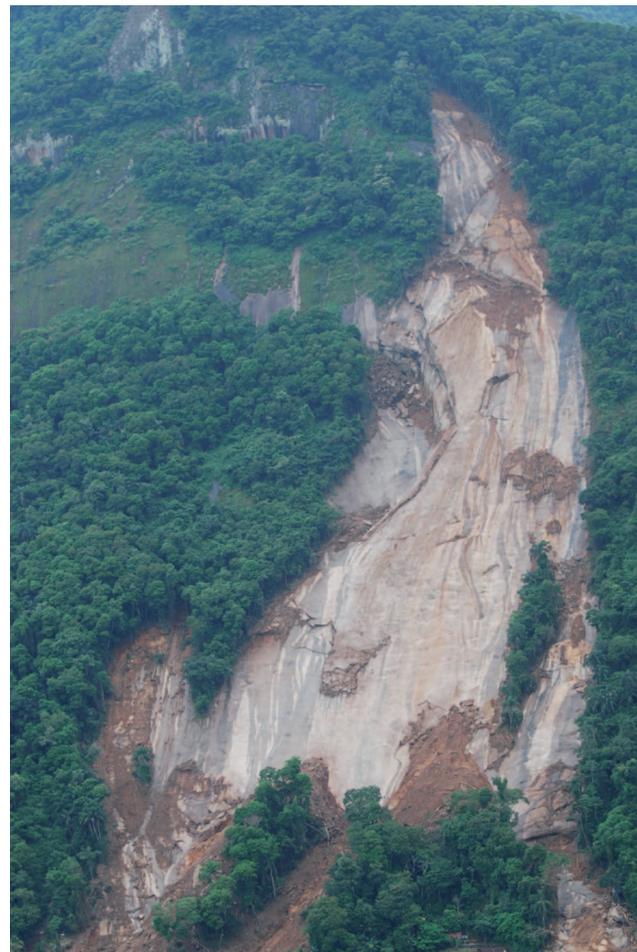


Figura 4: Modelo da Enseada do Morro da Carioca

## GEOLOGIA DA ÁREA

A área afetada pelo evento está inserida no Arco Magmático Rio Negro, no segmento central da faixa móvel ribeira (TUPINAMBÁ *et al.*, 2000; SCHMITT, 2001 HEILBRON *et al.*, 2003).

A área do Morro da Carioca, onde ocorreu o primeiro evento faz parte do Complexo Rio Negro (NP2y1rn) que é formado por rochas do tipo hornblenda-biotita gnaiss migmatítico, tonalítico a granítico; granito, granodiorito e tonalito foliado a homogêneo (CPRM, 2007), sendo constituída por migmatitos onde o paleossoma é composto por um biotita gnaiss fino, o mesossoma por hornblenda-biotita gnaiss cinzento e o leucossoma por muscovita-biotita-granito. Na região, as rochas do Complexo Rio Negro, afloram em forma de uma faixa com direção NE/SW com mergulho para NW, composta por ortognaisses que são subdivididos em

dois conjuntos: hornblenda-biotita gnaiss porfiróide e hornblenda-biotita gnaiss, estes litotipos apresentam na área contato gradacional. Por vezes estes ortognaisses apresentam texturas miloníticas a ultramiloníticas.

O paredão rochoso a montante do ponto onde ocorreu o deslizamento da Enseada do Bananal é formado pela unidade Granito Vila Dois Rios (NP3y5dr), que aflora principalmente na porção central da Ilha Grande, mas que também é observado no litoral, próximo à Conceição de Jacaré, intrudindo as rochas da Suíte Charnockítica Ilha Grande (NP3y3ig) e do Complexo Rio Negro (NP2y1rn) (CPRM, 2007). Esta unidade é caracterizada por um biotita-granito porfirítico, com fenocristais de K-feldspato rosa de 2 a 5 cm de comprimento. Contém enclaves lenticulares de rocha fina, máfica, e xenólitos de rochas charnockíticas e subordinadamente, apresenta fácies equigranular de granulação média a fina (FERNANDES, 2001). Esta

unidade ocorre como apófises e veios no Complexo Plutônico Parati, mas a distinção entre as duas unidades, que apresentam facies porfíricas, nem sempre é fácil e segundo Fernandes (2001) é correlata ao plúton Pedra Branca que aflora na porção oeste da cidade do Rio de Janeiro, cuja datação U-Pb em monazita e zircão indicam idade de  $513 \pm 5$  Ma (HEILBRON; MACHADO, 2003).

## OS PROCESSOS

O evento ocorreu entre os dias 31 de Dezembro de 2009 e 1º de Janeiro de 2010. Nesse período, segundo DCAR (2010) a pluviometria registrou o acúmulo de 417 mm em 72 horas. Em sua grande maioria, os movimentos de massa observados foram do tipo translacional raso de pequeno volume, mas o suficiente para danificar

edificações e interditar vias. Porém, as mortes observadas nesse evento ficaram restritas a duas localidades: Morro da Carioca e Enseada do Bananal. Em ambos os casos, o movimento translacional ocorreu no contato solo-rocha entre 1,5 e 2 metros de profundidade, iniciando-se no topo da encosta, logo após a quebra do relevo (Figura 5a), onde ocorreu a saturação do solo e o aumento da poro-pressão. O deslocamento de massa sobre a porção mais íngreme da vertente desestabilizou a fina camada de solo sobre a encosta de rocha exposta (que já sofre com a sobrecarga da vegetação incrementada com a água meteórica) gerando um segundo e quase concomitante movimento. O trecho mais íngreme desliza de forma translacional (Figura 5b), até atingir o trecho mais plano na base da encosta (Figura 5c), gerando um movimento no tálus depositado na base da encosta.

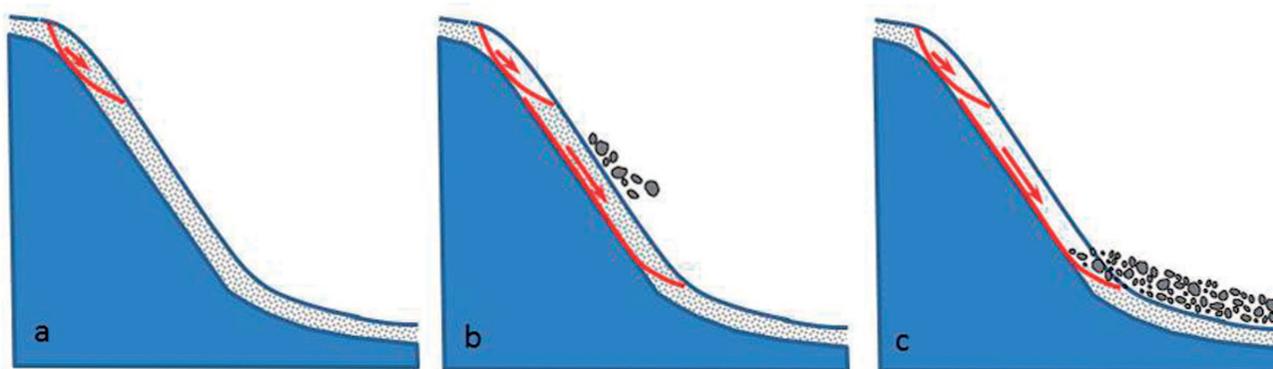


Figura 5: Movimento da Enseada do Bananal

### *Morro da Carioca*

No caso do Morro da Carioca, o Agente Deflagrador do movimento foi a associação da alta pluviometria e um vazamento de águas servidas das casas que margeiam o topo da vertente Sul do maciço. Neste ponto é possível observar que a cobertura vegetal se apresenta em maior densidade, assim como a camada de solo é mais espessa, possivelmente devido à menor declividade da encosta, que por sua vez pode estar associada à litologia da região.

### *Enseada do Bananal*

O processo que ocorreu na Enseada do Bananal foi o mesmo que do Morro da Carioca, um escorregamento planar translacional, porém o Agente Deflagrador

foi a elevação do nível de água em uma área onde há a intersecção de dois planos de fratura, o que gerou o acúmulo de água, aumentando a poro-pressão no solo e desencadeando o movimento na porção mais alta do terreno.

## OS IMPACTOS

### *Morro da Carioca*

No Morro da Carioca, o movimento atingiu uma área total de  $5.700\text{m}^2$  em uma extensão de 150 metros por uma largura de 40 metros, matando 21 pessoas (Figura 6). Estima-se que o volume total de solo movimentado foi  $2.900\text{ m}^3$ . Reconstituindo a partir de fotografias aéreas anteriores ao evento, o

número de casas atingidas foi de 10 casas. Após o evento, em torno de 100 casas foram desapropriadas e seis meses depois foram demolidas. No local onde as casas se situavam, o terreno sofreu intervenções de drenagem e terraplanagem e atualmente encontra-se em avançado estágio de recuperação da cobertura vegetal.



Figura 6: Modelo 3D do movimento do Morro da Carioca

#### *Enseada do Bananal*

O movimento de massa ocorrido na Enseada do Bananal deixou 32 vítimas fatais, atingiu parcialmente uma pousada e destruiu completamente uma construção anexa desta mesma pousada, movimentou mais de 30.000 m<sup>3</sup> de solo, deixando uma cicatriz de 63.000 m<sup>2</sup> com 560 metros de extensão por 250 metros de largura no trecho mais largo (Figura 7).



Figura 7: Modelo 3D do movimento da Enseada do Bananal

## O HISTÓRICO DE PREVENÇÃO E AÇÕES APÓS O EVENTO

### *Histórico*

Os movimentos de massa no estado do Rio de Janeiro são eventos anuais e há muito tempo conhecidos pela população e pelos governos e historicamente causadores de desastres e fatalidades. A recorrência desses desastres está ligada ao período chuvoso intenso que ocorre todos os anos. Apesar de ser conhecido tanto quanto seus efeitos, até 2009 o estado do Rio de Janeiro dispunha na estrutura de governo um agrupamento

técnico especializado para identificação e mapeamento das áreas de alta susceptibilidade a movimentos de massa.

Na estrutura administrativa do estado, a única instituição que apresentava uma função relacionada aos riscos causados pelos movimentos de massa era a Defesa Civil Estadual, que é altamente capacitada para ações de resgate e salvamento, em especial em casos de enchentes e movimentos de massa, mas pouco desenvolvida nas atividades de prevenção desses eventos.

### *As ações pós-desastre*

As ações após o evento foram o mapeamento

das áreas remanescentes de alta susceptibilidade a movimentos de massa no município de Angra dos Reis e medidas estruturais (reparo e reconstrução de pontes e intervenções nas encostas).

Na área do Morro da Carioca, o INEA (Instituto Estadual do Ambiente) contratou a COPPE/UFRJ (Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-Graduação e Pesquisa de Engenharia) para realizar o mapeamento das áreas de risco da comunidade e desenvolver um plano de intervenção para a redução de risco.

Na Enseada do Bananal, após as primeiras intervenções de remoção de massas de solo movimentado e dos destroços das edificações, nenhuma intervenção do Estado foi realizada. Os proprietários dos imóveis vêm desenvolvendo intervenções para a reconstrução das edificações.

Além do mapeamento acima citado, o Governo do Estado instalou sirenes de alerta, através do INEA em parceria com a Prefeitura Municipal, que são tocadas quando um limite de segurança do volume de precipitação pluviométrica é alcançado.

## CONCLUSÕES

O evento entre os dias 31 de Dezembro e 1 de Janeiro do *Reveillon* de 2010, causou 52 mortes, desalojando cerca de 4.500 pessoas e afetando mais de 170.000 moradores. Na região, os principais tipos de movimento de massa observados foram: tipo translacional raso de pequeno volume e o movimento translacional no contato solo-rocha em profundidades entre 1,5 e 2 metros. No que concerne aos investimentos de prevenção realizados pelo Governo do Estado, fica a preocupação da instalação de sirenes de alerta em dois aspectos: i. os limites de segurança da precipitação pluviométrica varia a cada bacia hidrográfica em função de suas características morfométricas e da litologia. Desta forma, cada bacia tem seu próprio limite de segurança e devido às características microclimáticas de cada região, também deve ter seu próprio pluviômetro para monitorar esse limite. ii. em função da particularidade de cada bacia, a adoção de um limite de segurança regional, força o sistema a usar um fator de segurança muito alto, o que poderá gerar um alto número de alarmes-falsos, o que certamente causará a descrença da população no sistema de alerta, devido a falta de conscientização do

processo científico, que trabalha com probabilidades e não com certezas. A descrença no sistema fará que a população não siga as orientações de evacuação, o que poderá causar o mesmo número de mortes, com ou sem o sistema de alerta.

Por fim, sabemos que para evitar a repetição de um desastre nestas proporções (mais de 50 mortes em um único evento) apenas as intervenções de obras civis não bastam. A chave para a diminuição de fatalidades está em ações de prevenção, como o mapeamento de áreas de risco e a conscientização da população dos riscos aos quais ela está submetida. Essa conscientização certamente irá evitar ou pelo menos minimizar a ocupação de áreas de risco, assim como trazer confiança à população nos sistemas de alerta. Para atingir esse objetivo, a principal ferramenta é o treinamento e conscientização da população através de palestras nas escolas, cursos nos NUDECs (Núcleos de Defesa Civil) e outras ações.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o auxílio financeiro recebido pelo Projeto PRONEX-Rio / FAPERJ - Geotecnia Aplicada à Previsão, Avaliação, Prevenção e Remediação de Problemas Geo-Hidro-Ambientais sediado na PUC-RJ e as discussões deste grupo de trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM/Serviço Geológico do Brasil. Angra dos Reis- SF.23-Z-C-II, escala 1:100.000: nota explicativa integrada com Santa Rita do Jacutinga, Barra do Piraí, Volta Redonda. Rio de Janeiro: UERJ/CPRM, 2007.
- DCAR, Defesa Civil de Angra dos Reis, disponível em < <http://www.defesacivil.angra.rj.gov.br/asp/tragedia.asp>>, 2010.
- DRM. 2010. Relatório sobre o evento do Morro da Carioca e Enseada do Bananal em Angra dos Reis, Relatório Interno, Diretoria de Geologia.
- FERNANDES, N. F.; COELHO NETTO, A. L. & LACERDA, W. A. 1994. Subsurface hydrology of layered colluvium mantles in unchannelled valleys - southeastern Brazil. *Earth Surface Processes and Landforms*, 19: 609-626.
- FERNANDES, N. F. & AMARAL, C. P. 1996.

- Movimentos de Massa: Uma Abordagem Geológico-Geomorfológica. In: GUERRA, A. J. T. & S. B. CUNHA (Eds.) *Geomorfologia e Meio Ambiente*, Rio de Janeiro: Bertrand, pp. 123-194.
- GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S. DA & BOTELHO, R. G. M., 1999. *Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 340 p.
- HEILBRON, M.; MACHADO, N. & DUARTE, B.P. 2001. Evolution of the Paleoproterozoic Transamazonian Orogen in SE Brazil: a view from the Neoproterozoic Ribeira Belt. In: Geological Association of Canada/Mineralogical Association of Canada Joint Annual Meeting, St. Johns, Newfoundland, Canada, May, 2001. Abstracts, vol. 26, p. 61.
- HEILBRON, M.; MACHADO, N.; SIMONETTI, T. & DUARTE, B. 2003. A Paleoproterozoic Orogen Reworked within the Neoproterozoic Ribeira belt, SE Brazil. In: IV South American Symposium on Isotope Geology. Salvador, Brazil. Agosto de 2003. Short Papers, Vol 1: P 186-189.
- TAIOLI, F. & CORDANI, U. C. 2000. A Terra, a humanidade e o desenvolvimento sustentável. in.: TEIXEIRA, W. et al. (Eds) *Decifrando a Terra*. Capítulo 24. São Paulo: Becca, 558pp.
- TUPINAMBÁ, M.; TEIXEIRA, W. & HEILBRON, M. 2000. Neoproterozoic western Gondwana assembly and subduction-related plutonism: the role of the Rio Negro Complex in the Ribeira Belt, Southeastern Brazil. *Revista Brasileira de Geociências*, **30**(1):7-11.
- SCHMITT, R.S. 2001. *A Orogênia Búzios: um evento tectono-metamórfico Cambro-Ordoviciano caracterizado no Domínio Tectônico de Cabo Frio, Faixa Ribeira-Sudeste do Brasil*. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Instituto de Geociências, Rio de Janeiro, 273p.



---

TEMA II

A COMPONENTE BIOLÓGICA DOS ECOSISTEMAS NA PRESENÇA  
DO HOMEM







## CAPÍTULO VIII

---

### DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DE DIATOMÁCEAS NA BAÍA DE GUANABARA, RIO DE JANEIRO (BRASIL)





# DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DE DIATOMÁCEAS NA BAÍA DE GUANABARA, RIO DE JANEIRO (BRASIL)

Vanessa M. Laut<sup>1,2</sup>, Lazaro L.M. Laut<sup>2,3</sup>, Frederico S. Silva<sup>1</sup>, Sinda B.C. Carvalhal-Gomes<sup>1</sup>, Luiz F. Fontana<sup>1</sup>, Rosa C.C.L. Souza<sup>2</sup>, Virgínia Martins<sup>4</sup>, Maria A.C. Rodrigues<sup>5</sup> e João G. Mendonça-Filho<sup>1</sup>

## RESUMO

Cento e cinquenta e três amostras de sedimento superficial da Baía de Guanabara foram coletadas durante o Projeto de Monitoramento Ambiental (CENPES/PETROBRAS). Foram identificados 146 táxons de diatomáceas, onde as espécies mais abundantes foram *Amphora* spp., *Coscinodiscus* spp. e *Navicula yarrensii* var. *yarrensii*. Estas espécies são potencialmente tóxicas e podem prejudicar peixes e a maricultura, durante períodos de florescência. Os índices ecológicos de riqueza e diversidade acompanharam o gradiente estuarino, sendo maior na entrada da baía e menor na região interna. As análises multivariadas permitiram reconhecer sete assembleias de diatomáceas na baía. As análises em DCA mostraram que os parâmetros ambientais mais influentes na distribuição das assembleias foram a profundidade e o pH. Os resultados obtidos mostraram que as assembleias de diatomáceas são uma importante ferramenta na caracterização ambiental da Baía de Guanabara.

**Palavras-chave:** Baía de Guanabara; diatomáceas bentônicas; diagnóstico ambiental.

## ABSTRACT

One hundred and fifty three samples of superficial sediments were collected in Guanabara Bay to physical-chemistry and diatom analyses in the ambit to Monitoring Project (CENPES/PETROBRAS). A total of 146 taxa of diatoms were identified where the most frequent taxa in Guanabara Bay were *Amphora* spp., *Coscinodiscus* spp. and *Navicula yarrensii* var. *yarrensii*. These species are potentially harmful that might harm fisheries and mariculture during blooms. The values of ecological indexes like richness and diversity followed the estuarine gradient were the higher values were found in the mouth and de low in the inner part. The multivariate analyzes permitted recognize seven diatom assemblages in the bay. The DCA analyze shows the most influence in the distribution of assemblages were the depth and pH. The diatom assemblages analyze proved to be an efficient tool in the environmental diagnosis of Guanabara Bay.

**Keywords:** Guanabara Bay; benthic diatoms; environmental diagnosis

1. Laboratório de Palinofácies & Fácies Orgânica, Departamento de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ. Av. Athos da Silveira Ramos, 274 - Bloco F, Ilha do Fundão - Cidade Universitária. 21.949-900. Rio de Janeiro - RJ, Brasil (vanessalaut@hotmail.com, fsobrinho@gmail.com, graciano@geologia.ufrj.br, sinda.carvalhal@gmail.com, lffontana@hotmail.com).
2. Programa de Pós-Graduação em Biologia Marinha, Departamento de Biologia Marinha, Universidade Federal Fluminense - UFF. Outeiro São João Batista, s/nº Centro 24001-970 - Niterói, RJ - Brasil (rcclsouza@yahoo.com.br)
3. Laboratório de Micropaleontologia - LabMicro, Departamento de Ciências Naturais, Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro - UNIRIO. Av. Pasteur, 458, IBIO/CCET sala 500 Urca, 22.240-490. Rio de Janeiro, Brasil (lazarolaut@hotmail.com).
4. Departamento de Estratigrafia e Paleontologia, Faculdade de Geologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro - UERJ. Av. São Francisco Xavier, 524, sala 400A, Maracanã. 20550-013. Rio de Janeiro - RJ, Brasil (tutucauerj@gmail.com).
5. Unidade de Investigação GeoBioTec, Departamento de Geociências, Universidade de Aveiro, Campus de Santiago. 3810-193 Aveiro, Portugal (virginia.martins@ua.pt).

## 1. INTRODUÇÃO

Os estuários são ambientes de alta complexidade devido à sua hidrodinâmica, presença de fortes gradientes físico-químicos e das ricas interações biológicas presentes. Devido a estas características existem dificuldades na identificação dos impactos antrópicos nestes sistemas (SILVA *et al.*, 2008; LAUT *et al.*, 2011).

O entendimento da dinâmica atual destes ambientes deposicionais e sua modelagem ao longo do Quaternário são de extrema importância para se fazer analogias com as sequências sedimentares mais antigas, as quais muitas vezes são incompletas (CATANZARO *et al.*, 2004), e também para o desenvolvimento de planos de monitoramento e manejo costeiro, diante do atual quadro de variações climáticas e nível relativo do mar.

As diatomáceas são consideradas o mais importante constituinte das assembleias de microalgas em regiões costeiras (MC LUSKY, 1989). Alguns estudos relatam que a alta diversidade e produtividade das assembleias de diatomáceas nos sedimentos costeiros (ADMIRAAL *et al.*, 1982; RIAUX 1983; RIAUX-GOBIN *et al.*, 1998), elevam o conteúdo de clorofila o que muitas vezes excede o coluna d'água (CAHOON *et al.*, 1990).

Estes micro-organismos são largamente utilizados para monitorar áreas costeiras, pois ocupam a posição de produtores primários e são sensíveis a química da água e do sedimento, especialmente o conteúdo iônico orgânico, pH, matéria orgânica dissolvida e nutrientes (MCCORMICK & CAIRONS, 1994). As características ecológicas apresentadas por esse grupo, somadas ao grande potencial de preservação e fossilização das frústulas no sedimento são um importante registro dos efeitos de variações ambientais e climáticas de uma região (TEXEIRA, 2000). Porém, existe um número reduzido de estudos ecológicos e paleoecológicos em áreas costeiras tropicais se compararmos o grande volume de estudos em ambientes limnológicos (LAUT *et al.*, 2011) e oceânicos (SYLVESTRE *et al.*, 2004).

Este estudo teve como objetivo analisar qualitativamente e quantitativamente as assembleias de diatomáceas da baía de Guanabara associando a ocorrência destes organismos aos parâmetros físico-químicos, sedimentológicos e geoquímicos a fim de se estabelecer espécies ou grupos bioindicadores de hidrodinâmica e/ou de impacto ambiental no sistema.

## 2. ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Guanabara localiza-se no estado do Rio de Janeiro, entre as latitudes 22°24'S e 22°57'S, e longitudes de 42°33'W e 43°19'W (Figura 1). Sua bacia de drenagem possui aproximadamente 400 Km<sup>2</sup>, e é composta por 45 rios que cortam os municípios de Duque de Caxias, São João de Meriti, Belford Roxo, Nilópolis, São Gonçalo, Magé, Guapimirim, Itaboraí, Tanguá, Rio de Janeiro, Niterói, Nova Iguaçu, Cachoeiras de Macacu, Rio Bonito e Petrópolis. (SCHEEFFER, 2001; KJERFVE *et al.*, 1997; LIMA, 2006).

A Baía de Guanabara possui uma geometria complexa com um estreitamento na desembocadura, no alinhamento Pão de Açúcar (Rio de Janeiro) – Fortaleza de Santa Cruz (Niterói) com largura de 1,6 Km, e um alargamento a partir do alinhamento do Aeroporto Santos Dumont (Rio de Janeiro) - Gragoatá (Niterói), que atinge em sua maior seção cerca de 28 Km. A distância da desembocadura até a região mais interna é de 30 Km (KJERFVE *et al.*, 1997)

Sua profundidade média é de aproximadamente 7 m com uma profundidade máxima de 50 m, sendo que a maior parte apresenta profundidade de 10 m. O Canal central estende-se desde a região da desembocadura onde apresenta uma isobáta de 30 m, largura de 400 m e orientação geral no sentido norte-sul, até a região mais interior (DIAS & QUARESMA, 1996). No alinhamento Aeroporto Santos Dumont (Rio de Janeiro) - Gragoatá (Niterói), o canal muda suas características de confinamento e começa a se tornar mais raso e largo, atingindo cerca de 20 m de profundidade e 900 m de largura sob a ponte Rio-Niterói. À medida que se aproxima do interior da baía, esta feição torna-se mais rasa, até sumir completamente em decorrência da sedimentação (VAZ, 2004).

Amador (1992), Quaresma *et al.*, (1997) e Catanzaro *et al.* (2004), produziram mapas granulométricos dos sedimentos de fundo da Baía da Guanabara, onde observaram a variação e a distribuição das classes textuais de argila à areia grossa. De acordo com os resultados, as faixas arenosas ocorrem desde a entrada da barra até o leste da Ilha do Governador, estendendo-se pelo canal até o continente e nas áreas situadas junto à foz de alguns rios da baixada. Esta areia, encontrada na entrada da Baía de Guanabara está relacionada a um sistema fluvial afogado durante a última transgressão

marinha.

A Baía de Guanabara recebe diariamente, aproximadamente 18 m<sup>3</sup>/s de esgotos domésticos, dos quais apenas 25% recebem tratamento secundário (FEEMA, 1990). Além da alta densidade populacional, possui o segundo polo industrial do país, compreendendo mais de 7.000 indústrias potencialmente poluidoras, que contribuem com 20% da poluição orgânica biodegradável e mais de 90% da poluição por substâncias tóxicas e metais pesados (PERIN *et al.*, 1997; LIMA 2006). Além da destruição dos ecossistemas periféricos, a baía sofre com os aterros de seu espelho d'água, o uso descontrolado do solo e seus efeitos adversos em termos de assoreamento, sedimentação de fundo, inundação e deslizamento de encosta. (LIMA, 2006).

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Cento e cinquenta e três amostras de sedimentos superficiais foram coletadas com draga tipo *Ekman* entre outubro de 2005 e maio de 2007, como parte do Projeto de Monitoramento Ambiental da PETROBRÁS (Figura 1). Foram recolhidos 2 ml de sedimento para análise de diatomáceas dos 5 mm superficiais da área interna da draga.

Para medições dos parâmetros físico-químicos dos sedimentos, utilizou-se para salinidade o refratômetro com escala de 0 a 100‰; a taxa de oxigênio dissolvido foi medida através do sensor digital O<sub>2</sub> meter CG 867, a temperatura do sedimento foi medida com termômetro de precisão com coluna de mercúrio ARBA, e a temperatura da água medida com o sensor digital meter CG 867, com escala de -10° a 110°; o pH foi medido com o sensor microprocessador-pH meter CG 837; e a condutividade foi mensurada com koduktometer CG859. As análises de carbono orgânico total (COT) e nitrogênio total (N) foram analisados no equipamento CHN.

As análises granulométricas foram realizadas em todas as amostras coletadas na área de estudo. As amostras da fração areia (> 0,063mm, escala de WENTWORTH, 1922) foram analisadas por peneiramento a seco e amostras da fração silte/argila (< 0,063mm) foram analisadas por pipetagem, sendo posteriormente classificadas de acordo com o Diagrama de Sheppard (1954) e de Folk & Ward (1957).

No processamento das diatomáceas foram utilizados 50 ml de HCl (10%) para remover os carbonatos e 50 ml de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%) para remover a matéria orgânica. As lâminas foram confeccionadas com 0.4 ml de amostra e, subsequentemente, coladas com adesivo Naphrax. Foram contadas e identificadas no mínimo 300 frústulas de diatomáceas em cada lâmina de cada amostra, usando um microscópio de luz transmitida da Zeiss com aumento de 1000 x.

Para as identificações, enquadramento taxonômico e ecologia das espécies foram consultadas várias obras incluindo Hendey (1964), Schoeman & Archibald (1977), Ehrlich (1975), Germain (1981), Krammer & Lange-Bertalot (1986, 1991), Noël (1984), Ehrlich & Dor (1985), Simonsen (1987), Ehrlich (1995), Noël (1982), Poulin *et al.* (1984, 1986), Gasse (1986).

Os índices ecológicos aplicados para as interpretações ecológicas foram: abundância relativa (%), riqueza (número de espécies), a diversidade (índice de Shannon—Wiener -  $H' = -\sum p_i \ln p_i$ ), equitabilidade ( $J' = H'/\ln(s)$ ), constância ( $C = 100p/P$ ) e dominância ( $(\sum n_i(n_i-1))/N(n-1)$ ) de acordo com Laut *et al.* (2011).

Para obtenção das associações, foram realizadas análises de agrupamento baseadas na abundância relativa das espécies utilizando a distância Euclidiana e método de ligação *Ward* no *software* PCord 4.0. Este tipo de análise de agrupamento trata dos dados em hierarquia ascendente com objetivo de avaliar a similaridade entre as estações amostradas e identificar microambientes semelhantes do ponto de vista da distribuição faunística. Também foi realizada a análise multivariada em DCA (*Detrendet Correspondence Analysis*) objetivando identificar, dentre as variáveis analisadas, quais teriam maior influência sobre a distribuição das espécies e das assembleias. Para esta análise foram utilizados os parâmetros físico-químicos: oxigênio, fósforo, relação C/N, salinidade, Eh, pH e temperatura.

### 4. RESULTADOS

Os valores de salinidade na Baía de Guanabara variaram entre 10-36‰. A temperatura e pH variaram entre 23-25 °C e 6,68-7,85 respectivamente. Os maiores valores de temperatura foram encontrados na foz dos rios: Iguaçu, Sarapuí e Caceribu localizados no fundo da baía. E os maiores valores de salinidade e pH encontrados no canal central (Figura 2).

Os valores de Eh e oxigênio dissolvido variaram entre -320 a 150 mV e 0,0 a 5,5 mg/l respectivamente, onde os maiores valores foram encontrados na entrada da baía (Figura 3)

O percentual de carbono orgânico total (COT) foi de 0,03-9,9%, o nitrogênio variou de 0,01-0,83% e os valores de fósforo variaram de 5,3-2, 200 ug/g. Na parte noroeste da baía e nas desembocaduras de rios foram encontrados os maiores valores destes parâmetros (Figuras 3 e 4).

Os valores da razão C/N variaram entre 5,5-22 com média de 8,25. Os valores mais elevados

foram encontrados perto da Ponte Rio-Niterói, e principalmente na desembocadura do rio Guapi-Macacu (Figura 4).

A granulometria variou entre 0% a 100% de areia, de 0% a 92% silte e 0% a 85% de argila. As estações localizadas no canal central, área sul da baía e noroeste da Ilha de Paquetá foram compostas predominantemente por areia. Já nas estações no fundo da baía, perto do litoral de Duque de Caxias, os sedimentos foram mais siltosos e na desembocadura do rio Alcântara, no litoral de São Gonçalo, identificou-se a predominância do sedimento argiloso (Figura 5).

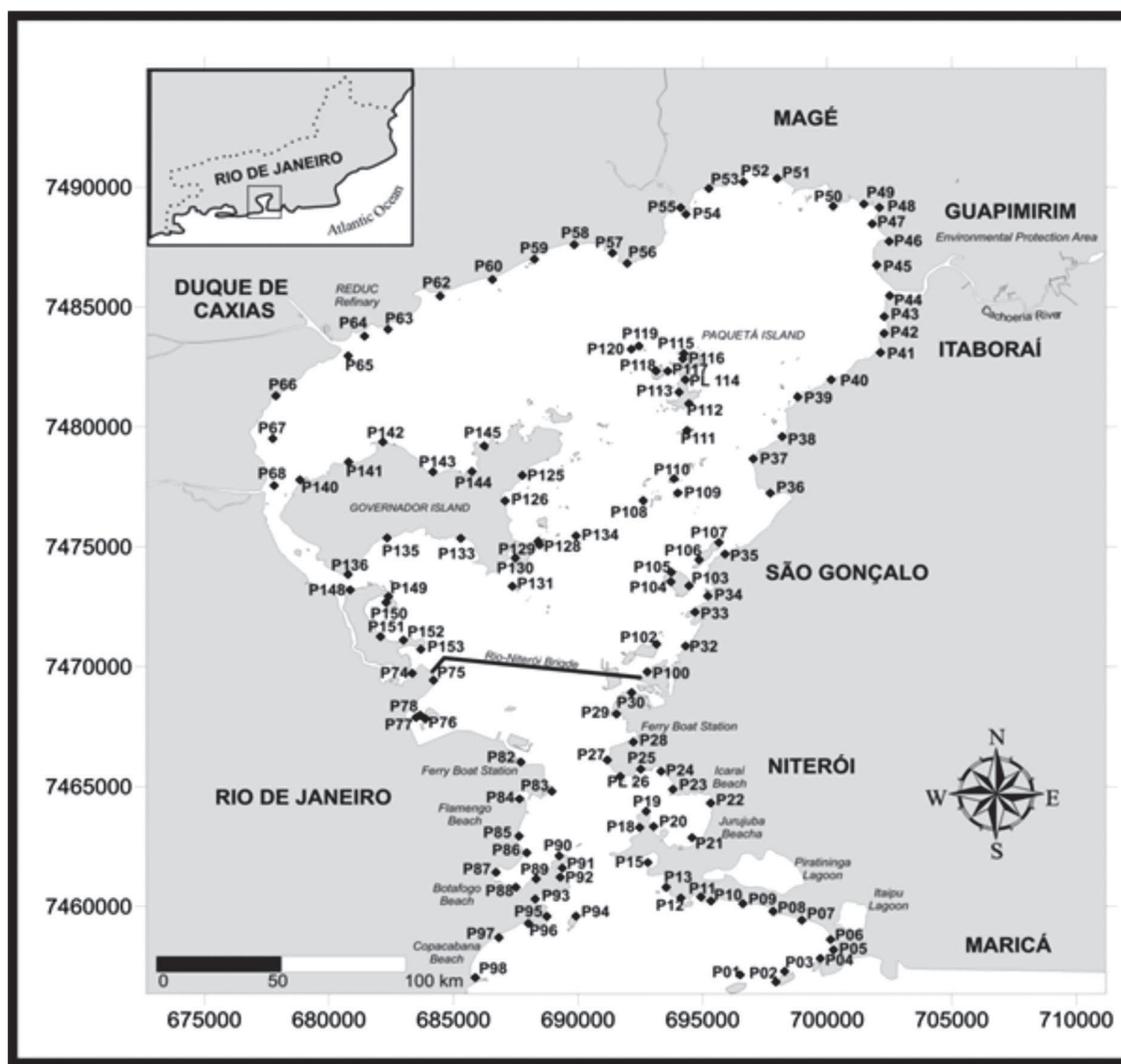


Figura 1: Pontos amostrais na Baía de Guanabara, Rio de Janeiro.

DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DE DIATOMÁCEAS NA BAÍA DE GUANABARA, RIO DE JANEIRO (BRASIL)

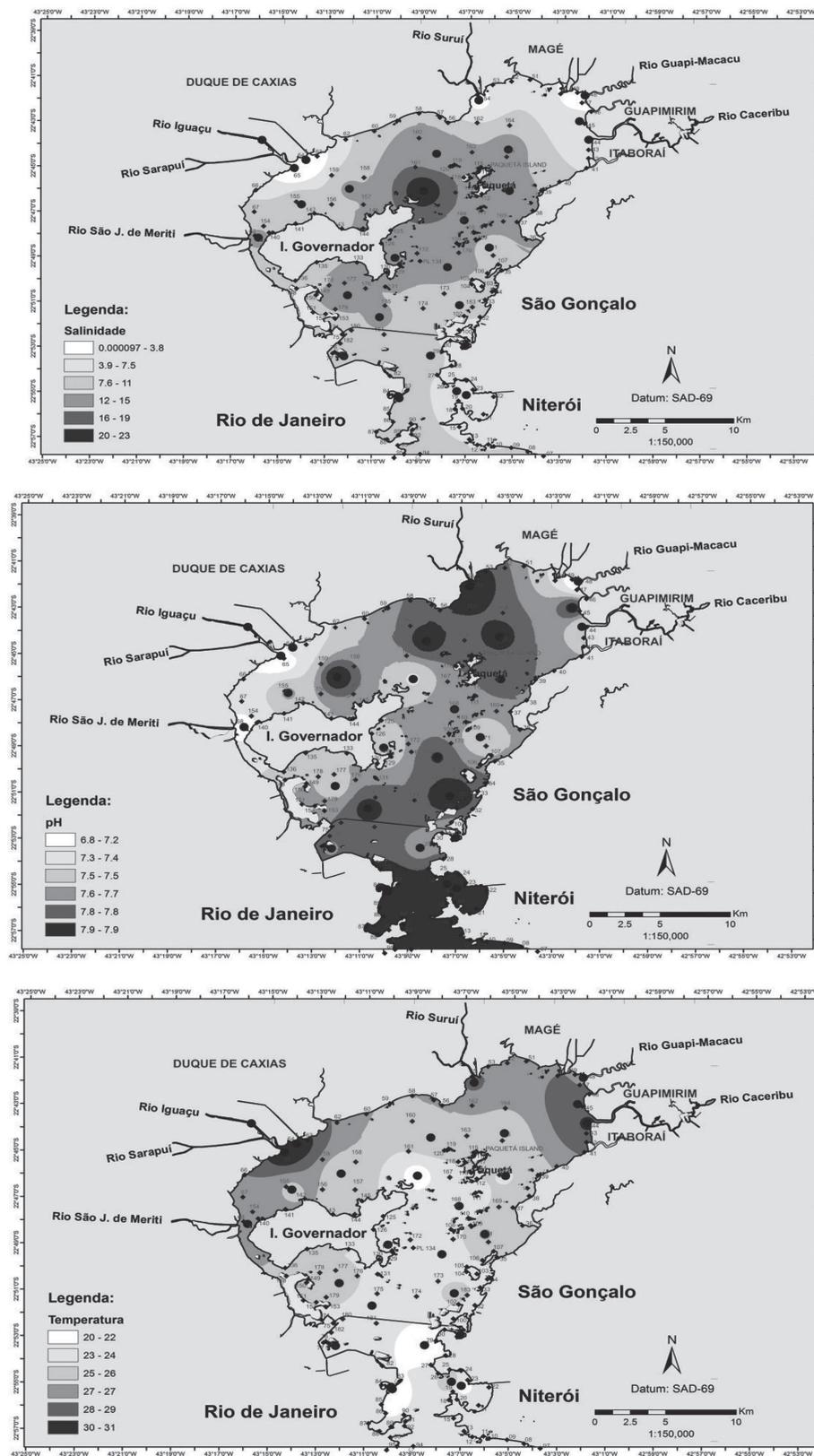


Figura 2: Parâmetros abióticos (temperatura, salinidade e pH) da Baía de Guanabara.

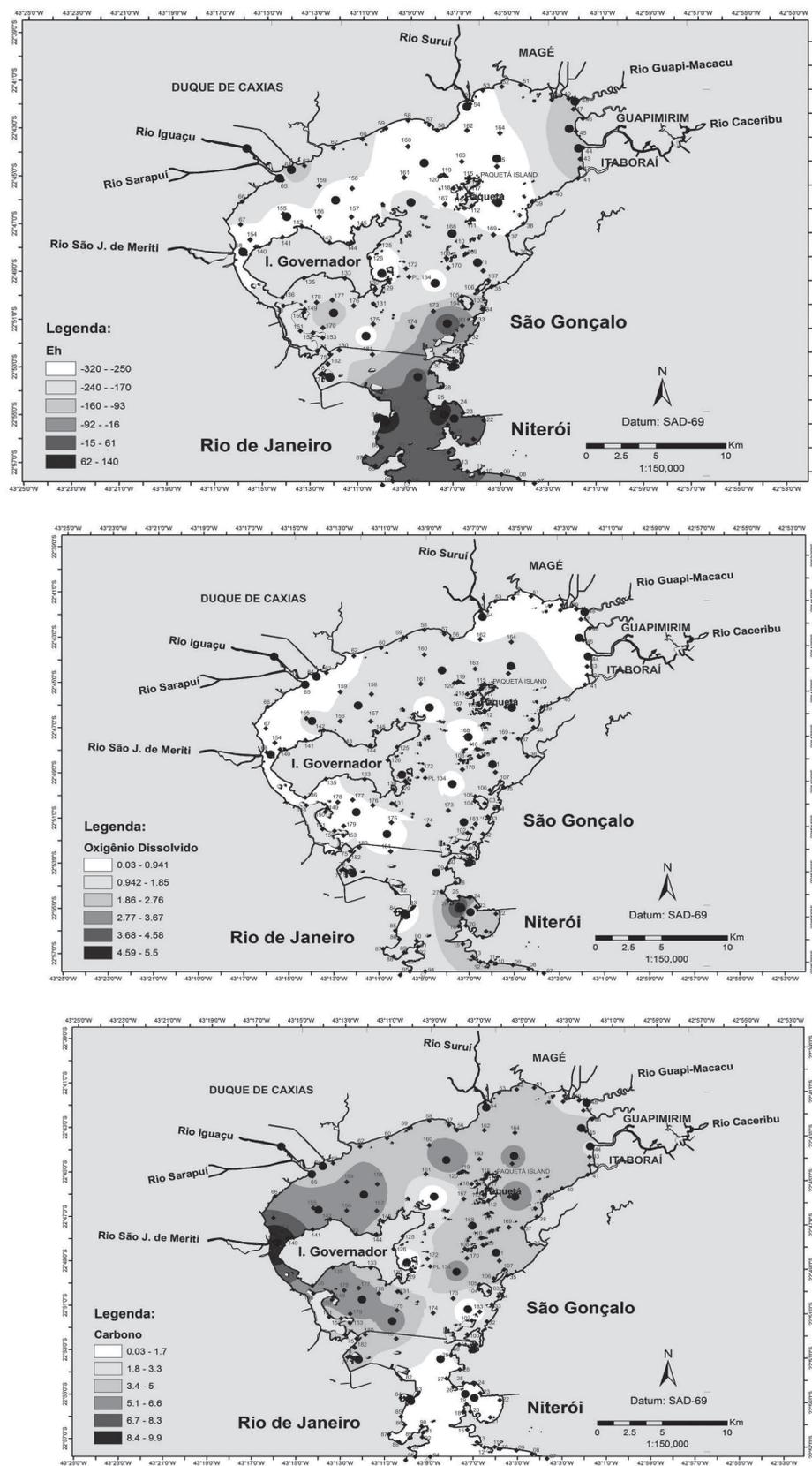


Figura 3: Parâmetros abióticos Eh, oxigênio e Carbono Orgânico Total da Baía de Guanabara.

DISTRIBUIÇÃO ECOLÓGICA DE DIATOMÁCEAS NA BAÍA DE GUANABARA, RIO DE JANEIRO (BRASIL)

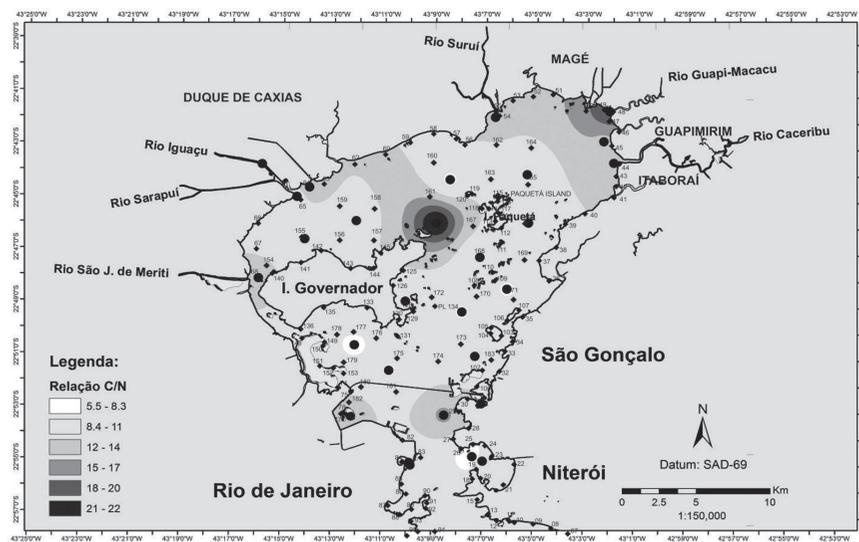
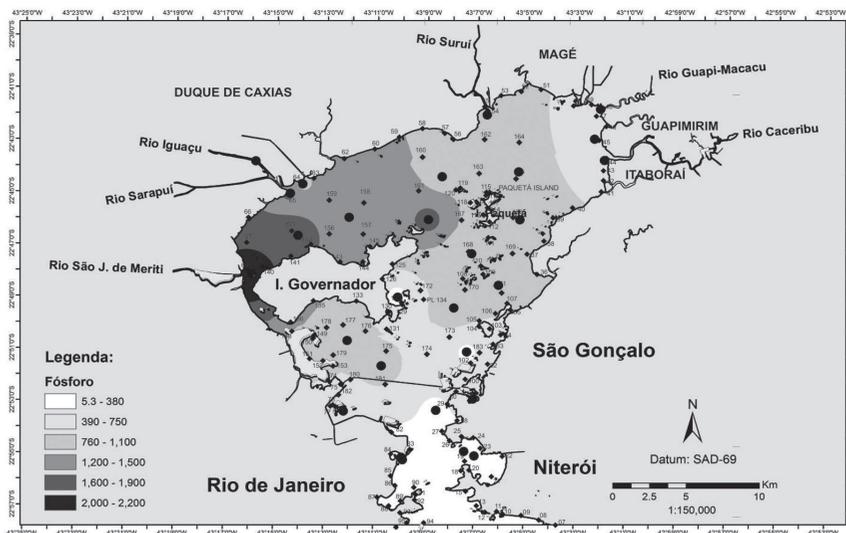
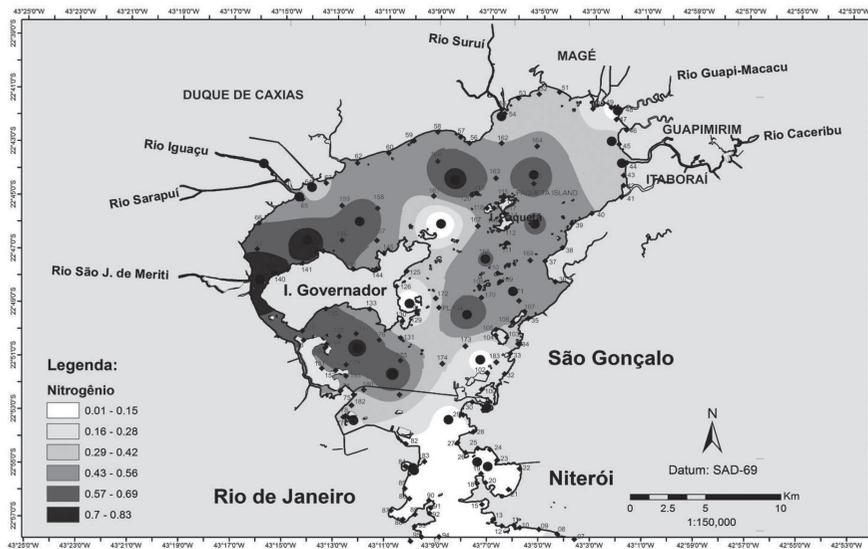


Figura 4: Parâmetros abióticos nitrogênio, fósforo e razão C/N da Baía de Guanabara.

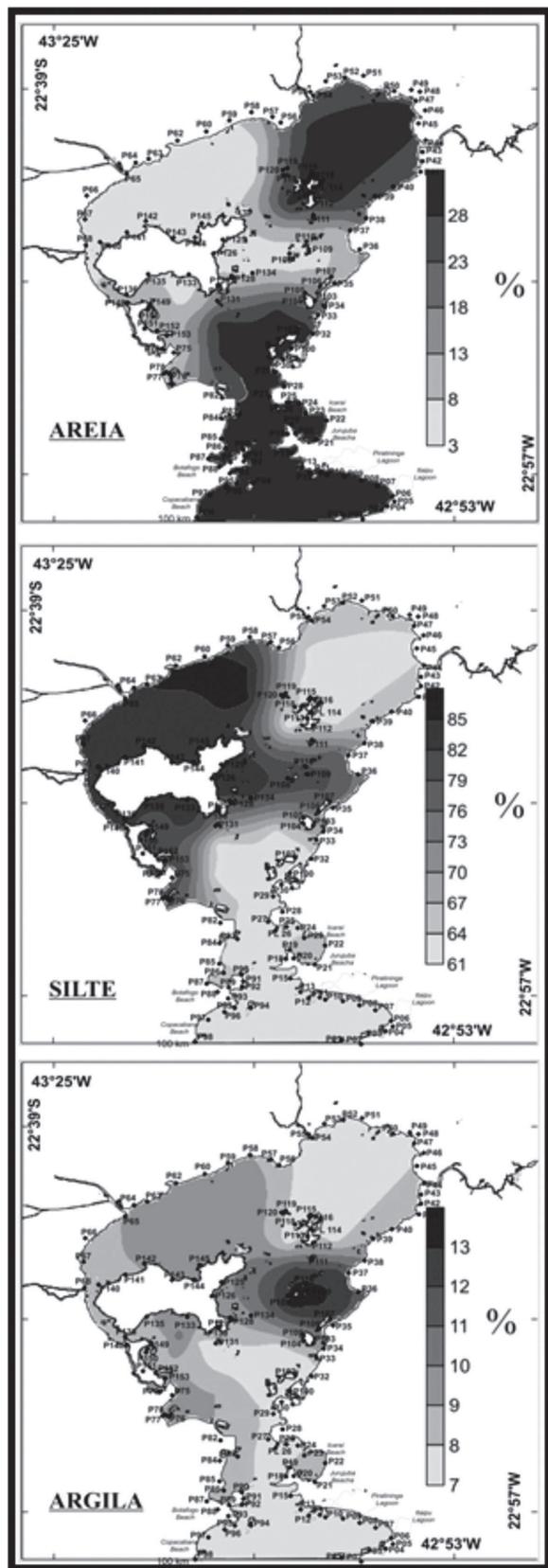


Figura 5: Distribuição das classes texturais na baía de Guanabara.

#### 4.1 Parâmetros bióticos

Foram identificados em 76 amostras 146 táxons de diatomáceas (Apêndice 1-5), dentre elas, 51 espécies apresentaram hábito bentônico e 18 espécies, hábito planctônico. Em setenta e sete estações foi possível identificar um total de 300 frústulas de diatomáceas, mas as estações P38, P40, P42, P45, P46, P48, P52, P134 e P150 não apresentaram concentração de frústulas maiores do que 100 por lâmina (Tabelas 1-5) e por esse motivo foram retiradas das análises estatísticas.

Os taxon *Navicula* spp., *Plagiogramma pulchellum* e *Paralia sulcata* foram dominantes na maior parte das estações de amostragem, com 15-56% do total de frústulas. As espécies de *Amphora* spp. e *Gramatophora marina* apresentaram valores mais elevados de abundância (50%) nas estações da entrada da baía. *Bidduphia* spp. mostrou valores de abundância (6%) significativos na região norte da Ilha do Governador. *Paralia sulcata* foi encontrada com maior abundância (75%) nas estações próximas a São Gonçalo e ilhas de Paquetá e do Governador (Apêndice 1-5). A espécie *Navicula yarrensii* var. *yarrensii* apresentou os maiores valores de constância com 83%, seguida das espécies *Amphora* spp. (78%) e *Plagiogramma* spp. (73%). O gênero *Coscinodiscus* spp. apresentou 78% seguido por *Cocconeis* spp. (52%) e pela espécie *Coscinodiscus marginatus* (50%) (Figura 6). Os valores de abundância mais elevados ocorreram nas estações da região central da baía, como também, em pequenas enseadas como Botafogo e Jurujuba e na área atrás da Ilha do Governador e Paquetá. *Chaetocerus* spp. apresentou baixa constância nas amostras (entre 10%), concentrando-se na entrada da baía (estações P04, P05, P15, P20, P87, P89, P94 e P95) e Ilha de Paquetá (P112, P114, P117 e P120). A espécie *Coscinodiscus centralis* mostrou valores de constância (Figura 6) e abundância baixos com 15% e 3% na entrada da baía (P01, P03, P04, P15, P19, P20, P27) e no litoral de São Gonçalo (P103, P108, P111).

*Gyrosigma* spp. apresentou valores baixos de constância (25%), distribuídas ao longo da baía (Figura 06), e abundância entre 1-20%. *Pseudo-nitzschia* spp. identificada em 30% das estações, apresentou os valores mais baixos de abundância (0-3%), principalmente na porção interna da baía.

A riqueza de espécies diminuiu em direção à área interna da Baía de Guanabara. Em média a entrada da baía apresentou riqueza de 17 espécies/estação, enquanto na zona interna a média foi de 15 espécies/estação. As estações P50 (2 espécies), P52, P45, P46 e P48 (3 espécies), P40 (4 espécies) e P42 (5 espécies) apresentaram os menores valores de riqueza no interior baía. Na região central, a média foi de 16 espécies/estação, e apenas 3 estações apresentaram um índice muito baixo: P150 (5 espécies), P38 e P48 (8 espécies). Na entrada da baía houve anomalias na estação P07, onde foram encontradas apenas duas espécies, e na estação P21 onde se identificou 8 espécies.

O índice de diversidade ( $H'$ ) foi decrescendo desde a entrada da baía até a parte mais interna, com

valores de 2,1, 2,0 e 1,7. A estação que apresentou menor diversidade foi a P116 (0,3) no interior da baía, e a que apresentou o índice mais elevado foi a P15 (2,8) localizada na região central. Os valores de equitabilidade foram maiores na estação P116 (0,2) e nas estações P07 e P40 (1,0).

A análise de agrupamento modo-Q, com nível corte de similaridade de 60%, gerou sete grupos de estações (Figura 7): O Grupo A abrangeu as estações da parte interna baía, exceto a estação P01; Os Grupos B e C abrangeram estações distribuídas por toda a baía; O Grupo D incluiu as estações da região mais confinada da Ilha do Governador; e Os Grupos E, F e G foram compostos pelas estações da região do meio da baía, incluindo a Ilha de Paquetá e a Ilha do Governador.

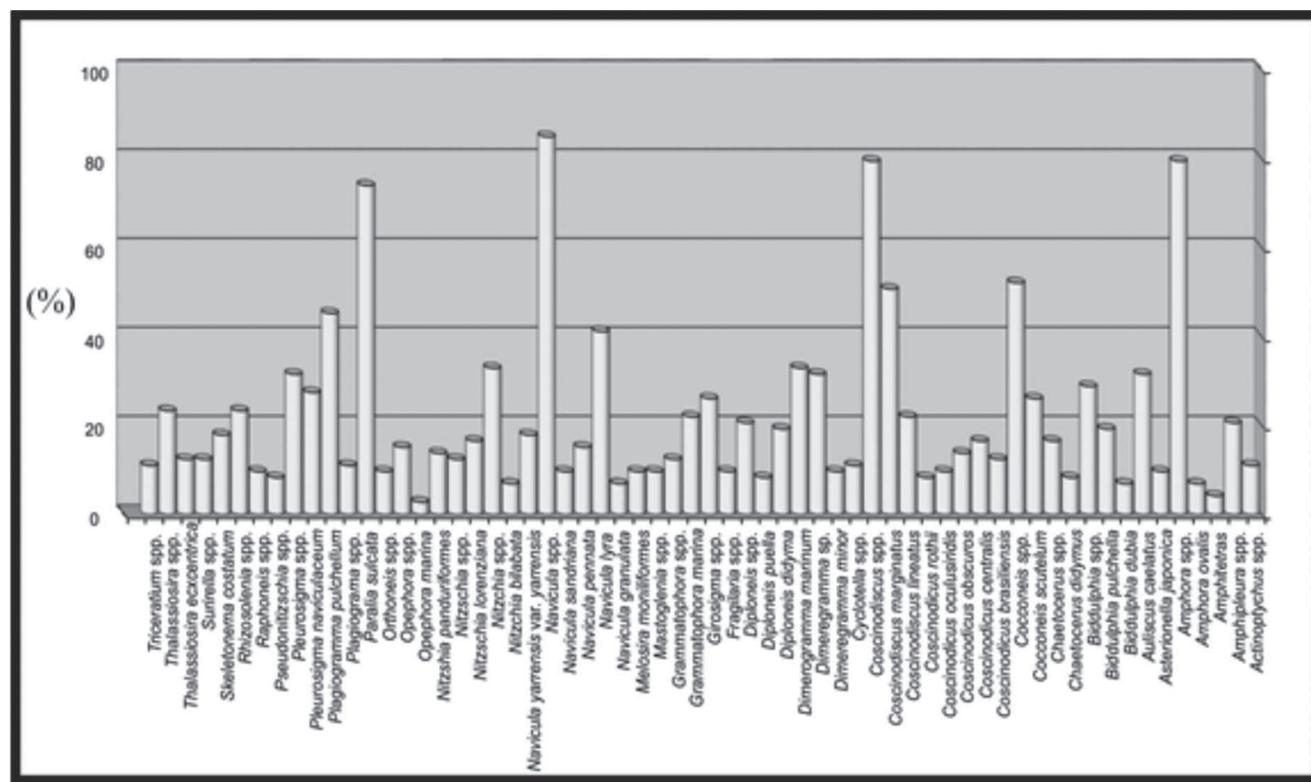


Figura 6: Constância das espécies de diatomáceas na Baía de Guanabara.

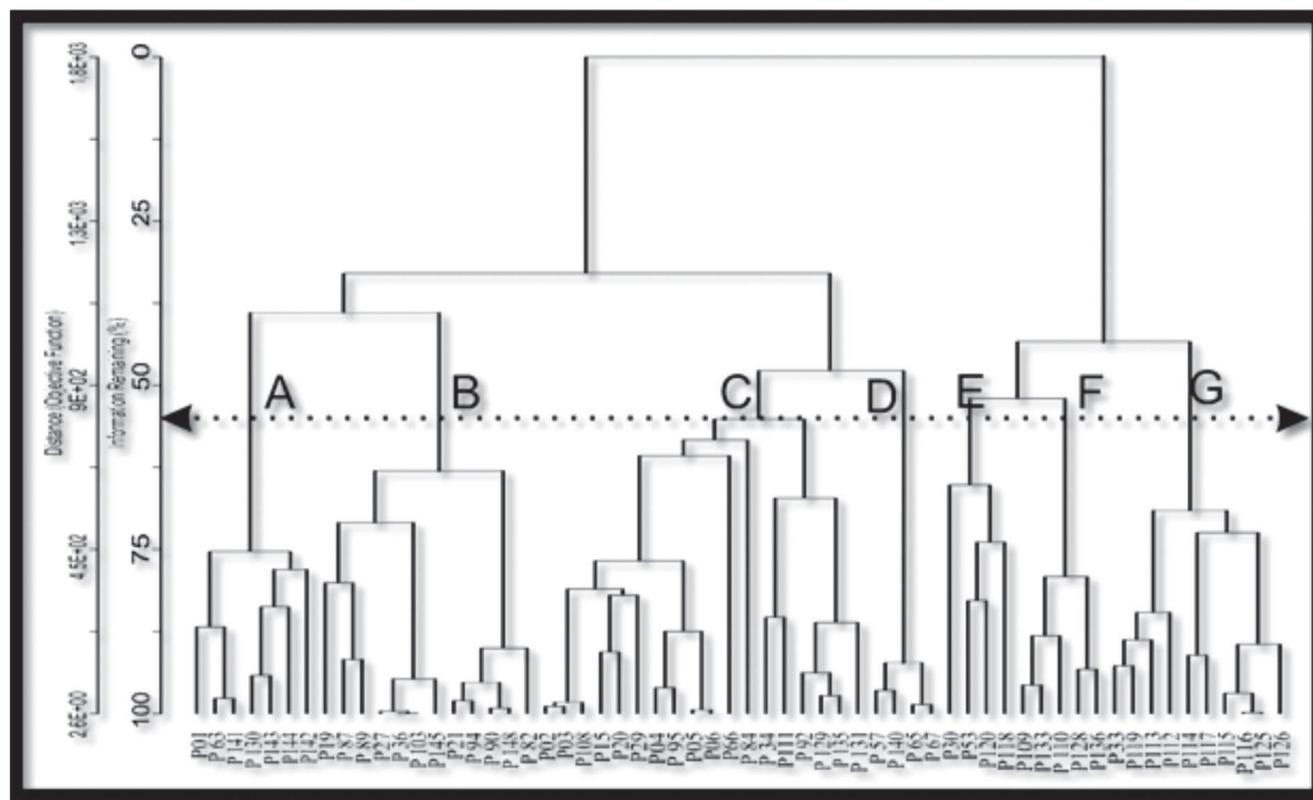


Figura 7: A análise de agrupamento em modo Q-de estações de diatomáceas suas amostras na Baía de Guanabara.

As análises de DCA apresentaram coeficiente de correlação entre as distâncias de 47% para o eixo 1 e de 13% para o eixo 2, definindo seis grupos de estações (Figura 8). As variáveis ambientais, pH e profundidade, influenciaram o eixo 1, enquanto a salinidade foi vetor principal no eixo 2, seguido pelos COT, temperatura e Eh. A relação C/N (com um vetor de 45°) não mostrou nenhuma influência significativa na análise. Já o oxigênio e nitrogênio apresentaram vetores muito curtos no centro do eixo (Figura 8).

A análise de DCA, realizada, utilizando-se da abundância relativa das espécies de diatomáceas bentônicas nas estações da Baía de Guanabara, demonstrou a existência de seis grupos: Grupo I (P33, P53, P112, P113, P114, P115, P116, P117, P118, P119, P125, P120, P126) que compreendeu todas as estações positivamente correlacionadas com o pH e negativamente correlacionadas com a profundidade ao redor da Ilha de Paquetá, bem como, aqueles negativamente correlacionadas à salinidade e positivamente correlacionadas com carbono, temperatura e Eh; Grupo II mais disperso no gráfico, abrangendo as variáveis, mais semelhantes ao grupo I;

Grupo III (P63, P114, P130, P145) que apresentou as amostras compostas pela região mais confinada da Ilha do Governador, e na região oeste da baía (P63). Este grupo está correlacionado negativamente ao pH e positivamente a profundidade no eixo 1. No eixo 2, o grupo está correlacionado negativamente à salinidade e positivamente ao carbono, temperatura e Eh; Grupo IV (P01, P02, P03, P05, P15, P19, P20, P27, P36, P87, P89, P92, P90, P94, P103, P108, P129, P141), composto de todas as estações relacionadas às regiões de sedimentos arenosos. Estas estações foram negativamente correlacionadas ao pH e positivamente correlacionadas com a profundidade. Em relação ao eixo 2, estas estações foram muito próximas do centro do eixo, não evidenciando grande influência destes parâmetros. Grupo V que incluiu as estações localizadas na entrada da baía. Estas estações correlacionam-se negativamente com pH, e positivamente a profundidade. Em relação ao eixo 2, este grupo foi o que mais positivamente se correlacionou a salinidade e mais negativamente ao carbono, temperatura e Eh; e o Grupo VI que posicionou-se muito próximo do centro do eixo e não teve nenhuma relação significativa com o eixo 1. No

eixo 2 este grupo correlacionou-se positivamente com a salinidade e negativamente com o carbono, temperatura e Eh (Figura 9).

A mesma análise, realizada com as espécies, demonstrou que *Coscinodiscus hustedii*, *C. Obscuros*, *D. marinum*, *Cymbella* spp., *Navicula henedyi*, *N. grannulata*, *N. sandriana*, *Orthoneis* spp., *Pleurosigma lineatus* e *P. agutum* foram as que mais se correlacionaram com pH básico e com as menores profundidades.

Opostamente, a espécie *P. fasciola* correlacionou-se com valores de pH ácido e maiores profundidades. Em relação ao eixo 2 os táxons *Pleurosigma* spp. e *Navicula* spp. correlacionaram-se com os maiores valores de salinidade e temperaturas mais baixas, enquanto que as espécies *P. acominatum*, *Entomoneis alata* e *Navicula yarrensii* correlacionaram-se com valores mais baixos de salinidade e temperatura, e valores elevados de carbono e Eh (Figura 9).

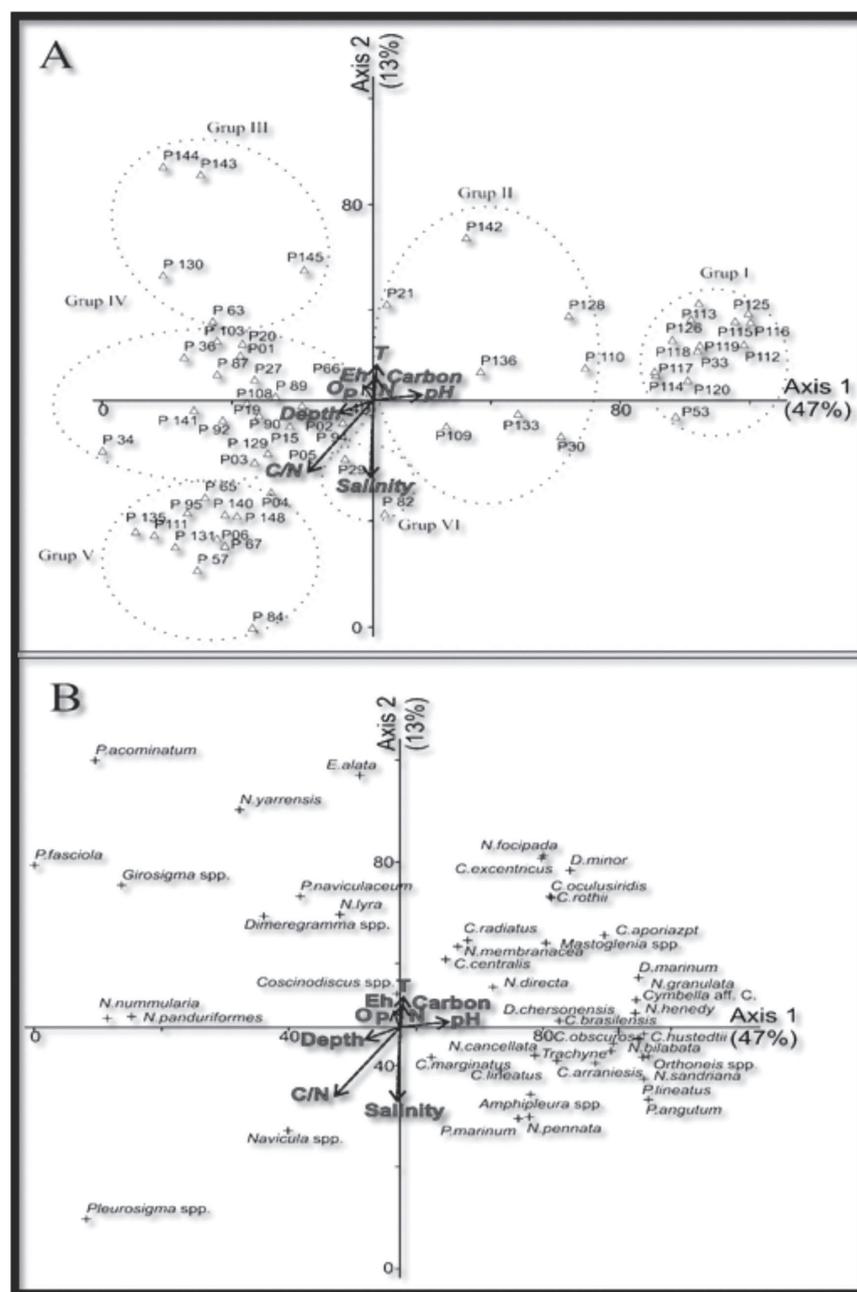


Figura 8: Análise DCA das estações e espécies da Baía de Guanabara. Onde O = oxigênio; T = Temperatura; P = fósforo.

## 5. DISCUSSÃO

Os parâmetros físico-químicos (temperatura, salinidade e oxigênio dissolvido) mensurados na Baía de Guanabara foram semelhantes aos encontrados em outros estudos. FEEMA (1990) realizou medições de salinidade na superfície e próximo ao fundo em 13 estações durante o período 1980-1993, e encontrou salinidade média variando de 29,5 a 4,8. A temperatura da água em média variou entre  $24,2^{\circ} \pm 2,6^{\circ} \text{C}$ . Como seria de se esperar, a salinidade diminui horizontalmente a partir da entrada para o interior da Baía de Guanabara, com valores de 31,8-21 na superfície e perto do fundo 34,59-26,1 como resultado da descarga de água doce ao longo das margens interiores (FEEMA, 1990). Ao mesmo tempo, o aumento da temperatura ocorreu a partir da entrada em direção ao interior do compartimento, variando de  $24,6^{\circ} \text{C}$  a  $26,5^{\circ} \text{C}$ . A entrada de água fria na Baía de Guanabara é um fenômeno que ocorre regularmente durante o verão, e está associada com o sistema de ressurgência de Cabo Frio (KJERFVE *et al.*, 1997). Os valores de oxigênio dissolvido não variaram horizontalmente, com exceção dos locais próximos a descarga de poluição, onde as concentrações variaram entre 3,1-4,3 mg.l<sup>-1</sup>. Por outro lado, este compartimento apresentou estratificação vertical forte, com o oxigênio dissolvido na camada inferior a 2,3-4,8 mg/l e de 8,4 mg/l na superfície. Estas concentrações de oxigênio dissolvido em alguns locais mais internos da baía chegaram por vezes a condições anóxicas perto do fundo. Mas as águas de superfície, foram frequentemente supersaturadas com respeito ao oxigênio dissolvido, mesmo em áreas altamente poluídas em Duque de Caxias, o que refletiu a alta taxa de produção primária fitoplânctônica identificada na região. O sedimento arenoso ocorreu na entrada da baía e seguiu pelo canal principal, que constitui a parte mais profunda da baía. Esta área está sujeita à ação intensa da hidrodinâmica das ondas e correntes de maré, indicada pela presença de campos de ondas de areia (CATANZARO *et al.*, 2004). De acordo com Quaresma *et al.* (2000) e Kjerfve *et al.* (1997), essas ondas de areia ocorrem ao longo da margem oriental do canal central, entre as isóbatas 10 e 6. Estas ondas de areia atingem alturas de 0,5 a 2,5 m, e comprimento de 18 a 98 m, e diminuem em altura e comprimento em resposta à diminuição da energia. As ondas de areia têm inclinações em direção à frente

da baía, indicando progressão de ondas e transporte de areia do fundo da Baía de Guanabara. As áreas ao norte e no centro da baía são caracterizadas pela presença de sedimento lamoso. Na região nordeste (NE) da Ilha do Governador encontra-se uma sedimentação mais grossa que ocorre provavelmente porque as bacias de drenagem que chegam nesta área são fortemente impactadas pelo desmatamento, esgotos e ocupação das margens, e acarreta uma maior disponibilidade de sedimento para o sistema. A baixa hidrodinâmica e a presença de vegetação de mangue, que funciona como uma armadilha para o sedimento arenoso podem ser fatores que contribuem para esta deposição na região.

Os resultados obtidos pela análise de carbono orgânico total (COT) também foram semelhantes aos encontrados na literatura. Baptista-Neto *et al.* (2000) encontraram uma variação de 3 a 5% do COT na enseada de Jurujuba. Os autores justificaram estes valores devido à entrada restrita de água e altos níveis de efluentes domésticos. Os níveis mais baixos foram encontrados em ambientes de energia mais alta como na foz do Rio Cachoeira e na parte sul, entrada da baía. Carreira *et al.* (2001), analisaram oito estações amostrais e encontraram valores de COT variando de 2,83 a 5,54%, sendo o maior valor encontrado a nordeste da baía, nas proximidades do mangue, indicando níveis mais elevados de poluição recentes. Esta região caracteriza-se pela entrada de água a partir de um grande número de rios contaminados e pela baixa taxa de renovação de água. Eichler *et al.* (2003) encontraram valores semelhantes quando coletaram amostras no inverno e verão na Baía de Guanabara, obtendo valores entre 0,018 a 5,763% e 0,243 a 6,023% respectivamente. Vilela *et al.* (2003) encontraram valores de COT de 0,04 a 4,14% na entrada da baía, 1,9 a 3,89% no canal central, 0,31 a 6,13% no Porto Rio de Janeiro, 3,23 a 4,2% Porto Niterói, 3,7 a 4% na APA Guapimirim e 3,09 a 4,81% na refinaria REDUC. Vilela *et al.* (2003) concluíram que os altos valores de COT em algumas amostras, podem ser explicados pela proximidade de dutos de petróleo da refinaria e descargas de esgotos domésticos e industriais. Na costa do Rio de Janeiro e de Niterói a profundidade diminui e os parâmetros físico-químicos aumenta quando comparados com a área do canal central da Baía de Guanabara.

A distribuição das espécies planctônicas e bentônicas ao longo do canal central e na entrada de baía indica um sistema de circulação eficiente, embora

os maiores valores de abundância de espécies bentônicas tenham sido encontrados em regiões de baixa energia, como atrás da Ilha do Governador, Ilha de Paquetá, Botafogo e Enseada de Jurujuba. *Pseudo-nitzschia* spp. foi identificada apenas nas estações da Ilha de Paquetá (P111, P113, P114 e P119). Este gênero ocorre em cadeias com até oito células (LANGE *et al.*, 1994), sendo abundantes em sistemas estuarinos e são produtoras de ácido domóico (PROENÇA & OLIVEIRA, 1999). A alta ocorrência destes taxon na Baía de Guanabara pode ser interpretada como concentrações altas de nutrientes na Ilha de Paquetá trazidos pelos rios que cortam o manguezal (LIMA, 2006). As altas concentrações de toxinas produzidas pelas espécies de *Pseudo-nitzschia* na água, podem provocar distúrbios e dores no estômago, vertigem e, em casos graves, a morte do organismo que ingeriu, isto porque, o ácido domóico é bioacumulado (BATES *et al.*, 1989; HASLE, 2002; PROCOPIAK *et al.*, 2006).

A troca de água eficiente na entrada da Baía de Guanabara foi comprovada pela ocorrência de espécies oceânicas como *Gramatophora oceanica* e *Coscinodiscus centrales* (SYLVESTRE *et al.*, 2004), sinalizando a existência de transporte de sedimentos marinhos para a baía.

*Navicula yarrensii* foi à espécie mais constante na Baía de Guanabara, se caracterizando por hábitos marinhos, bentônicos e cosmopolitas. A espécie *Paralia sulcata* foi a segunda espécie mais constante na Baía de Guanabara. Esta espécie possui hábito planctônico e bentônico, sendo encontrada habitualmente no sedimento arenoso do litoral, e muito adaptável às variações ambientais, baixas profundidades, variação de salinidade, sedimentos lamosos e ricos em matéria orgânica (GUTIÉRREZ & SCHILLIZZI, 2002). Por outro lado, *Navicula* spp. compreende um grupo taxonômico que cresce em condições de sedimentos mais estáveis (SYLVESTRE *et al.*, 2004). Na Baía de Guanabara, *Nitzschia* spp. e *Gyrosigma* spp. foram as mais frequentemente encontradas em sedimentos de lama orgânica, condições de baixo oxigênio, pH ácido e elevadas concentrações de carbono (P34, P40, P63, P130). Algumas espécies são consideradas como potencialmente prejudiciais, mas não tóxicas, porque suas florações têm sido relacionadas com a mortandade de organismos filtradores. O gênero *Chaetoceros* tem sido descrito na literatura como prejudicial às brânquias

de organismos filtradores, por causa de seus espinhos de ornamentação. No litoral do Estado do Rio de Janeiro, este gênero foi encontrado com maior abundância na entrada da Baía de Guanabara. A espécie *Coscinodiscus centralis* produz polissacarídeos que, em concentrações elevadas, podem tornar o ambiente anóxico. Esta espécie também foi encontrada em abundância em outras baías no sul do Brasil (PROCOPIAK *et al.*, 2006). Na Baía de Guanabara apresenta constante, mas baixa com baixos valores de abundância.

Na entrada da Baía de Guanabara a troca de água oceânica colaborou com o aumento de espécies. No entanto, na zona interna, a baixa hidrodinâmica e limitada renovação de oligoelementos, reduz o número de espécies. O índice de diversidade de Shannon foi usado em diversos estudos para avaliar a ocorrência de contaminação em amostras biológicas. Valores > 3 podem ser considerados como indicadores de condições não poluídas; valores entre 1 e 3 de moderadas condições poluídas, e valores < 1 de uma condição altamente poluída (MATTA & FLYM, 2008).

O Índice de diversidade de diatomáceas na Baía de Guanabara variou de 1,7 a 3 indicando condição moderadamente impactada. De acordo com a diversidade, as regiões mais impactadas foram: praia de Piratininga (P07), litoral de Guapimirim e Magé (P45, P50, P52 e P 57), Duque de Caxias (P66), Ilha de Paquetá (P115) e Ilha do Governador (P125). Além disso, as estações de P66, P116 e P125 apresentaram menor índice de equitabilidade, o que demonstra o desequilíbrio da comunidade de diatomáceas nestas regiões.

O padrão de distribuição das assembleias de diatomáceas variou significativamente entre os pontos de amostragem, indicando alterações na composição florística, influenciada por fatores ambientais, tais como salinidade, pH e temperatura. A análise de agrupamento Modo-Q revelou compartimentos individuais na baía. Os grupos A e D representaram os ambientes de baixa hidrodinâmica. Por outro lado, grupos B e C representaram o canal central, onde existe maior hidrodinâmica. Os grupos E, F e G agregaram os canais entre as ilhas.

A análise de DCA mostrou que as estações na Ilha de Paquetá e na Ilha do Governador (Grupos I e II) foram as regiões mais ácidas. Estas regiões recebem descarga de rios e canais de maré no litoral, e conseqüentemente, eles têm baixa salinidade, baixa profundidade, alta

temperatura, Eh e concentração de carbono. Os outros grupos (III, IV, V e VI) foram separados basicamente pela profundidade e salinidade. Ponader *et al.* (2007), relatam que as concentrações de nutrientes (nitrogênio total) foram importantes para explicar variações na composição da assembleia de diatomáceas. Neste estudo, os padrões físico-químicos mostraram importância secundária na distribuição das mesmas. A influência oceânica também pode desempenhar o papel mais importante nas características biológicas da Baía de Guanabara.

Entre as variáveis físicas e químicas, particularmente a concentração de matéria orgânica e eutrofização pareceram ser os fatores ambientais mais importantes que influenciaram a composição e estrutura da composição das assembleias de diatomáceas (OLIVEIRA *et al.*, 2001). Nas análises de DCA pode-se observar também que o COT não influenciou na distribuição das assembleias de diatomáceas o que pode ser constatado pela distribuição dos índices ecológicos de riqueza, diversidade e equitabilidade.

Neste estudo não consideramos que em regiões portuárias, como as instaladas na Baía de Guanabara, o aumento da turbidez e sólidos em suspensão durante as dragagens altera significativamente a penetração da luz. Partículas finas em suspensão interferem com a penetração da luz e constituem um importante fator ambiental na distribuição e crescimento de algas planctônicas (REYNOLDS, 1996). A densidade de microalgas bênticas pode ser diminuída imediatamente após a dragagem ou quaisquer eventos que remobilizem o sedimento (LICURSI & GOMES, 2009).

## 6. CONCLUSÃO

Os parâmetros físico-químicos, identificados ao longo da Baía de Guanabara não diferiram daqueles já relatados na literatura, onde um gradiente estuarino pode ser claramente definido. A parte atrás da Ilha do Governador e as desembocaduras de rios que cruzam os mangues acumulam sedimentos finos e matéria orgânica, tornando o ambiente anóxico, ácido e com grande concentração de nutrientes. Por outro lado, na parte central e externa da baía, o sedimento é arenoso, possuindo uma concentração baixa de matéria orgânica devido à hidrodinâmica local. Há grande riqueza de espécies de diatomáceas identificadas na baía, com a

dominância dos táxons *Navicula* spp. e *Plagiogramma* spp., sendo a espécie mais constante *Navicula var yarrensis. yarrensis*.

Baixa diversidade e equitabilidade foram identificadas, mostrando condições de poluição principalmente na Ilha de Paquetá e Ilha do Governador. As análises multivariadas aplicadas indicaram a existência de sete grupos de diatomáceas influenciadas principalmente pelo pH, profundidade, salinidade e temperatura.

As espécies bênticas de *Dimmerogramma marinum*, *Cymbella* spp., *Navicula hennedyi*, *N. grannulata*, *C. hustedii*, e *Plagiogramma agutum* foram as espécies mais correlacionadas com pH básico e profundidades menores, e *P. fasciola* foi a espécie mais relacionada com pH ácido e profundidades maiores, podendo ser utilizados como bioindicadores ambientais para estas condições.

A análise das assembleias de diatomáceas é um instrumento eficaz no diagnóstico ambiental da Baía de Guanabara. Estes resultados podem ser utilizados em estudos de acompanhamento e de planejamento ambiental, bem como em estudos de reconstrução paleoambiental quaternária. É importante salientar que as regiões portuárias, como a Baía de Guanabara, onde aportam navios de todo os países do mundo, podem estar contaminados com espécies exóticas através da descarga de água de lastro. Assim, catalogar e compreender a distribuição das espécies ao longo da baía torna-se necessário, como uma ajuda na elaboração de planos de gestão ambiental para minimizar possíveis impactos.

## 7. AGRADECIMENTOS

A FAPERJ (26/101.724/2008, 26/101.724/2008, 26/101.724/2008) pelo apoio financeiro para a realização deste projeto de pesquisa. A CAPES pela concessão de bolsa de mestrado ao Programa de Pós-Graduação em Análise de Bacias e Faixas Móveis da Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ. Ao CENPES / PETROBRAS e ao Prof. Dr. Alberto Garcia de Figueiredo Jr. da Universidade Federal Fluminense, pela oportunidade de participar do Projeto de Monitoramento Ambiental da Baía Guanabara. Ao geógrafo Fabiano Tavares e ao Departamento de Geologia pela coleta e elaboração dos mapas de parâmetros físico-químicos.

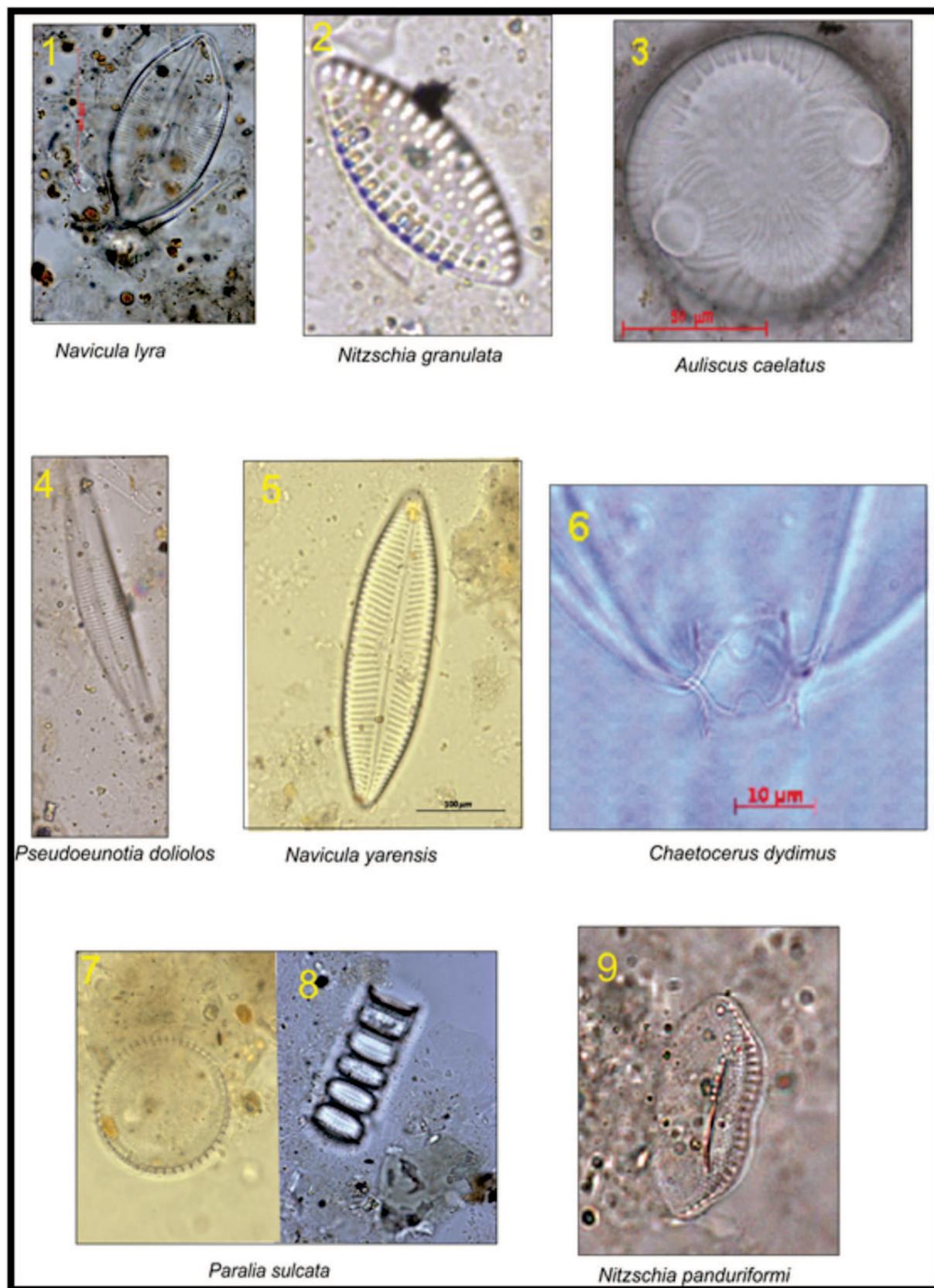
## 8. REFERÊNCIAS

- ADMIRAAL W.; PELETIER H. & ZOMER, H. 1982. Observations and experiments on the population dynamics of epipellic diatoms from an estuarine mudflat. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 14: 471–487.
- AMADOR E.S. 1980. Assoreamento da Baía de Guanabara - Taxas de Sedimentação. *An. Acad. brasil. Cienc.*, 52 (4): 723-742
- BATES S.S.; BIRD C.J.; DE FREITAS A.S.W.; FOXALL R., GILGAN M., HANIC L.A., JOHNSON G.R.; MCGULLOCH A.W.; ODENSE P.; POCKLINGTON R.; QUILLIAM M.A.; SIM J.C.; SUBA RAO E.C.D.; TOOD J.A.; WALTER & WRIGHT J.L.C. 1989. Pennate diatom *Nitzschia pungens* as the primary source of domoic acid, a toxin in shellfish from eastern Prince Edward Island, Canadá. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46:1203-1215.
- BAPTISTA-NETO J.A.; SMITH B.J. & MC ALLISTER J. J. 2000. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, Southeast Brazil. *Environmental Pollution*, 109(1): 1-9. 2000.
- CAHOON L.B.; REDMAN R.S. & TRONZO, C.R. 1990. Benthic microalgal biomass in sediments of Onslow Bay North Carolina. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 31:805–816.
- CARREIRA R. S.; WAGNER A. L. R.; FILEMAN T. & READMAN J.W. 2001. Distribuição de coprostonal em sedimentos superficiais da Baía de Guanabara: indicador de poluição recente por esgotos domésticos. *Química Nova*, 24(1): 37-42.
- CATANZARO L.F.; BAPTISTA NETO J.A.B.; GUIMARÃS M.S.D.M. & SILVA C.G. 2004. Distinctive sedimentary processes in Guanabara Bay – SE/Brazil, based on the analysis o echo-character (7.0khz). *Rev. Bras. Geof.*, 22(1):69-83.
- EHRlich, A. 1975. The diatoms from the surface sediments of the Bardawil lagoon (Northern Sinai) – Paleocological significance. *Nova Hedwigia*, 53:253–277.
- EHRlich, A. 1995. *Atlas of Inland-water Diatom Flora of Israël*. Jerusalém: The Geological Survey of Israel, 166 pp.
- EHRlich, A. & DOR, I. 1985. Photosynthetic microorganisms of the Gavish Sabkha. *Ecol. Stud.*, 53:295–321.
- EICHLER P.P.B.; B.B. EICHLER, MIR&A L.B. DE, PEREIRA E.M.; KFOURI P.B.; PIMENTA F.M.; BÉRGAMO A.L. & VILELA C.G. 2003. Benthic foraminiferal response to variations in temperature, salinity, dissolved oxygen & organic carbon, in the Guanabra Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ*, 26: 36-51.
- FEEMA (Fundação Estadual de Engenharia do Meio Ambiente) 1990. *Projeto de recuperação gradual da Baía de Guanabara*, v. 1. Ambiente. Rio de Janeiro, 203 pp.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957 Brazos River Bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27:3-26.
- GASSE, F. 1986. East African diatoms: taxonomy, ecological distribution. *Bibliotheca diatomologica*, Band. 11, Berlim: J. Cramer, 201 p.
- GERMAIN, H. 1981. *Flore des diatomées*. Paris Soc. Nouv. Ed Boubée, Coll. 'Faunes et Flores actuelles', 444 pp.
- GUTIÉRREZ, B.T. & SCHLLIZZI, R. 2002. Asociaciones de diatomeas en Paleoambientes Cuaternarios de la costa Sur de La Provincia de Buenos Aires, Argentina. *Pesquisas em Geociências*, 29(1):59-70.
- HASLE, G.H. 2002. Are most of the domoic acid-producing species of the diatom genus *Pseudo-nitzschia* cosmopolites? *Harmful algae*, 1:137-146.
- HENDEY, N.I. 1964. Bacillariophyceae (Diatoms). In *An Introductory Account of the Smaller Algae of British Coastal Waters*. Fishery Investigations, HMSO, London, 4:317 pp.
- KJERFVE, B.; RIBIERO, C.; DIAS, G.; FILIPPO, A. & QUARESMA, V. 1997. Oceanographic characteristics of an impacted coastal bay: Baía de Guanabara, Rio de Janeiro, Brazil. *Continent. Shelf Res.*, 17(13):1609-1643.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1986. *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Band 2 *Bacillariophyceae*. Teil 1. *Naviculaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 876 pp.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H. 1991. *Susswasserflora von Mitteleuropa*. Band 2 *Bacillariophyceae*. Teil 3. *Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag, 576 pp.

- LANGE, C.B.; REID, F.M.H. & VERNET, M. 1994. Temporal distribution of the potential toxic diatom *Pseudo-nitzschia australis* at a coastal site in southern California. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, **104**:309-312.
- LAUT, L.L.M.; LAUT, V.M.; SILVA, F.S; FIGUEIREDO JR., A. G. F. 2011. Modern diatom distribution in Guanabara Bay sediment and oceanic area, Rio de Janeiro (Brazil). *Anuário do Instituto de Geociências*. UFRJ. **34** (1) 64-87.
- LICURSI, M. & GÓMEZ, N. 2009. Effects of dredging on benthic diatom assemblages in lowland stream. *J. Env. Management*, **90**:973-982.
- LIMA, E.C.R. 2006. *Qualidade de água da Baía de Guanabara e saneamento um abordagem sistêmica*. Tese de Doutorado, Programas de Pós- Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 176p.
- MATTA, M.E.M. DA & FLYNN, M.N. 2008. Estrutura da comunidade fitoplancônica no gradiente de salinidade do estuário de Cananéia – SP. *Revista Intertox de Toxicologia, Risco Ambiental e Sociedade*, **1**(1):59-69.
- MCCORMICK, P. & CAIRNS, JR. J. 1994. Algae as indicators of environmental change. *J. Appl. Phycol.* **6**:509–526.
- MCLUSKY, D.S. 1989. *The Estuarine Ecosystem*, 2nd ed. Glasgow, Blackie: 215 pp.
- MIALL, A.D. 1996. *The Geology of Fluvial Deposits. Sedimentary Facies, Basin Analysis, and Petroleum Geology*. Berlin: Springer-Verlag, 582 p.
- NOËL, D. 1982. Les diatomées des saumures des marais salants de Salin-de-Giraud (Sud de la France). *Géol. Méd.* **9**:413–446.
- NOËL, D. 1984. Les diatomées des saumures et des sédiments de surface du Salin de bras del Port (Santa Pola, province Alicante, Espagne). *Rev. Invest. géol.* **38/39**:79–107.
- OLIVEIRA, M.A.; TORGAN, L.C.; LOBO, E.A. & SCHARZBOLD, A. 2001. Association of periphytic diatom species of artificial substrate in lotic environments in Arroio Sampaio Basin, RS, Brazil: Relationship with abiotic variables. *Braz. J. Biol.*, **61**(4):523-540.
- PERIN, G.; FABRIS, R.; MANENTES, S.; WAGNER, A.R.; HAMACHER, C. & SCOTTO, S. 1997. A five-year study on heavy-metal pollution of Bay sediments (Rio de Janeiro) and Evaluation of the Metal Bioavailability by means of Geochemical Speciation. *Water Research*, **31** (12): 3017-3028.
- PONADER, K.C.; CHALES, D.F. & BELTON, T.J. 2007. Diatom-based TP & TN inference models & index for monitoring nutrient enrichment of New Jersey streams. *Ecol. Ind.*, **7**:79-93.
- POULIN, M.; BÉRARD-THERRIault, L. & CARDINAL, A. 1984. Les diatomées benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec 3. Fragilarioideae (Fragilariales, Fragilariaceae). *Natur. can.*, **111**:349–367.
- POULIN, M.; BÉRARD-THERRIault, L. & CARDINAL, A. 1986. Les diatomées (Bacillariophyceae) benthiques de substrats durs des eaux marines et saumâtres du Québec 6. Naviculales: Cymbellaceae et Gomphonemaceae. *Nat. Can.* **113**: 405–429.
- PROCOPIAK, L.K.; FERNANDES, L.F. & MOREIRA-FILHO, H. 2006. Diatomáceas (Bacillariophyta) marinhas e estuarinas do Paraná, Sul do Brasil: lista de espécies com ênfase em espécies nocivas. *Bio. Neotropica*, **6**(3):11 pp.
- POENÇA, L.A.O. & OLIVEIRA, G. 1999. Análise de ácido domóico em moluscos no litoral de Santa Catarina. *Notas técnicas Facimar*. **3**: 27-32.
- QUARESMA, V.S.; DIAS, G.T.M. & BAPTISTA NETO, J.A. 2000. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara - RJ. *Revista Brasileira de Geofísica*, **18**(2): 201-214.
- QUARESMA, V.S. 1997 - *Caracterização da dinâmica sedimentar da Baía de Guanabara, RJ*. Dissertação de Mestrado. Departamento de Geofísica Marinha (LAGEMAR). Universidade Federal Fluminense. (UFF). Niterói. 97 pp.
- REYNOLDS, C.S., 1996. Algae. In: Geoffrey, P. & Calow, P. (Eds.), *River Biota: Diversity & Dynamics*. Oxford: Blackwell Science, 257 pp.
- RIAUX C., 1983. Structure d'un peuplement estuarien de diatomées épipéliques du Nord-Finistère, *Oceanologica Acta*, **6**:173–183.
- RIAUX-GOBIN, C.; TRÉGUER, P.; DOUVILLÉ, J.L. & LE ROUX, C. 1998. Microphytobenthos de deux sédiments subtidaux de Nord-Bretagne: I. Biomasses pigmentaires, fluctuations saisonnières

- et gradients verticaux. *Ann. Inst. Océanogr.*, 74:29–41.
- SCHEEFFER, M. 2001. *Uma Avaliação do Controle Industrial no Programa de Poluição da Baía de Guanabara: o caso das 55 histórias prioritárias*. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. 178p.
- SHOEMAN, F. R. & ARCHIBALD, R. E. M. 1977. *The Diatoms Flora of Southern Africa*. CSIR Special Report, Pretoria, Wat. 50:1-6
- SHEPARD, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay rations. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24(3): 151-158.
- SILVA, F.S.; PEREIRA, D.C.; NUÑEZ L.S.; KREPSK, N.; FONTANA, L.F.; BAPTISTA NETO, J.A. & CRAPEZ, M.A.C. 2008. Bacteriological study of the superficial sediment of Guanabara Bay, RJ, Brazil. *Braz. J. Ocean.*, 56(1):13-22.
- SIMONSEN, R. 1987. *Atlas & Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt*. Cramer, J. (ed.), v.1,2 and 3, Berlin: J. Cramer.
- SYLVESTRE, F.; GUIRAL, D. & DEBENAY, J.P. 2004. Modern diatom distribution in mangrove swamps from the Kaw Estuary (French Guiana). *Mar. Geol.*, 208: 281-293.
- TEIXEIRA, C.T.B. 2000. *Diatomáceas como bioindicadoras ecológicas e paleontológicas nas Lagoas do Padre e de Araruama- RJ, Brasil*. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ, 318p.
- VILELA, C.G.; SANJINÉS, A.E.S.; GHISELLI, R.O.; MENDONÇA-FILHO, J.G.; BAPTISTA-NETO J.A. & BARBOSA, C.F. 2003. Search for bioindicators of pollution in the Guanabara Bay: integrations of ecologic patterns. *Anuário do Instituto de Geociências*, 26: 25-35.
- WENTWORTH. 1922. A scale of grade and class for clastic sediments. *jour. geology*, 30: 377-392.
- WETZEL, R. G. 2001. *Limnology: Lake and River Ecosystems*. London: Academic Press, 838p.

Apêndice 1: Principais espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.



Apêndice 2a: Abundância relativa das espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	Number of de frustules				Equitability (J')	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Acanthodiscus</i> spp.	<i>Acanthocyclus oregonarius</i>	<i>Actinopycnus</i> spp.	<i>Amphileura</i> spp.	<i>Amphiteras</i>	<i>Amphora lanceolata</i>	<i>Amphora cymbifera</i>	<i>Amphora egressa</i>	<i>Amphora lyalina</i>	<i>Amphora marina</i>	<i>Amphora obtusa</i>	<i>Amphora ovalis</i>	<i>Amphora proteas</i>	<i>Amphora</i> spp.	<i>Asterionella japonica</i>	<i>Asterolampra maritima</i>	<i>Asteromphalus</i> spp.	<i>Auliscus cadatus</i>	<i>Auliscus</i> spp.	<i>Aurachrodictyon ornatus</i>	<i>Bacillaria</i> spp.
	Number of de frustules	Number of de species	Diversity of Shannon (H')	Equitability (J')																							
P01	300	22	2,5	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-
P02	300	18	2,1	0,7	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P03	300	20	2,5	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
P04	300	24	2,7	0,8	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-
P05	300	22	0,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-
P06	300	15	1	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	14	35	-	-	-	-	-	-
P07	300	2	0,8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-
P15	300	28	0,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	1	-	-	-
P19	300	13	0,8	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	1	-	-	-
P20	300	20	2,4	0,8	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-
P21	300	8	1	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
P27	300	13	2,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-
P29	300	20	2,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	2	-	-	2	-	-	-
P30	300	24	2,3	0,7	-	-	1	-	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
P33	300	26	2	0,6	-	-	-	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	1	-	-	-
P34	223	17	2,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
P36	308	12	1,6	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-
P38	64	8	1,9	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-
P40	20	4	1,3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40	-	-	-	20	-	-	-
P42	44	5	1,3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P44	180	11	2,1	0,9	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-
P45	90	3	1	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P46	42	3	1	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5	-	-	-	-	-	-	-
P48	36	3	1	0,9	-	-	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P50	6	2	1	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P52	56	3	1	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P53	306	25	3	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P57	404	5	1	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27	-	-	-	-	-	-	-
P63	210	16	3	0,9	-	-	-	-	2	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-
P65	300	10	1	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-
P66	300	10	1	0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
P67	284	6	1	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P82	334	14	2	0,6	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
P84	300	21	2	0,7	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	0,6	-	-	-	-	-	-
P87	300	24	3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	0,6	-	-	-
P89	298	15	2	0,8	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-	-	-	-
P90	294	19	2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	6,8	-	-	-	-	-	-
P92	314	14	2	0,8	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	3,8	-	-	-	-	-	-
P94	300	14	2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-

Apêndice 2b: Abundância relativa de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	Diversity of Shannon (H')				Species																						
	Number of diatoms	Number of species	Diversity of Shannon (H')	Equitability (U)	<i>Achnanthes</i> spp.	<i>Acanthodiscus</i> spp.	<i>Actinocyclus octonarius</i>	<i>Actinopychnus</i> spp.	<i>Amphileura</i> spp.	<i>Amphitecos</i>	<i>Amphora lanceolata</i>	<i>Amphora cymbifera</i>	<i>Amphora egregia</i>	<i>Amphora hyalina</i>	<i>Amphora marina</i>	<i>Amphora obesa</i>	<i>Amphora ovalis</i>	<i>Amphora proteus</i>	<i>Amphora</i> spp.	<i>Asterionella japonica</i>	<i>Asterolampra maritima</i>	<i>Asteromphalus</i> spp.	<i>Auliscus caelatus</i>	<i>Auliscus</i> spp.	<i>Auracibrodicus ornatus</i>	<i>Bacillaria</i> spp.	
P95	126	18	3	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	3,1	-	-	-	-	-	-	-
P103	310	17	2	0,7	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	28	-	-	-	1	-	-	-	-
P108	300	26	3	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-
P109	300	14	2	0,7	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	3	-	-	-
P110	260	26	2,6	0,8	-	-	-	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	1	-	1	-	-	-	-
P111	300	21	2,4	0,8	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P112	301	19	1,8	0,6	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P113	300	21	2	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	1	-	2	-	-
P114	300	23	2,5	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	7	-	-	-	3	1	1	-	-	-
P115	307	19	1,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-
P116	300	4	0,2	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P117	298	26	2,2	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	13	-	-	-	3	-	-	-	-	-
P118	300	35	2,8	0,8	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	1	-	-
P119	304	36	2,8	0,8	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	1	6	-	9	-	-	-	2	-	-	-	-	-
P120	297	27	2,2	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-
P123	300	11	2,1	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P125	300	5	0,3	0,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
P126	300	17	1,8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P128	300	29	2,7	0,8	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P129	284	14	2	0,8	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P130	326	14	1,5	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P131	312	12	1,7	0,7	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	1	-	-	-	2	-
P134	20	6	1,6	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P133	258	18	2,2	0,8	-	-	-	-	-	40	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P135	340	14	2,1	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	-	-	11	-	-	-	-	-
P136	304	14	2,1	0,8	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	5	-	-	-	-	-
P140	295	11	1,5	0,6	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P141	270	15	2,2	0,8	-	-	-	1	-	-	-	-	-	5	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P142	300	25	2,7	0,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	17	-	-	-	4	-	-	-	-	-
P143	300	21	2,4	0,8	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	30	-	-	-	1	-	-	-	-	-
P144	300	20	2	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P145	300	20	2,2	0,7	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	3	-	-	-	-	-
P148	302	8	1,9	0,9	-	-	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	17	-	-	-	-	-
P150	60	5	1,5	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-

## Apêndice 2c: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Biddulphia dubia</i>	<i>Biddulphia pulchella</i>	<i>Biddulphia</i> spp.	<i>Biddulphia titiana</i>	<i>Copporognathia</i> spp.	<i>Ceratulus</i> spp.	<i>Centronella</i> spp.	<i>Chaetoceros didymus</i>	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Climacospherita elongata</i>	<i>Cocconeis arrankensis</i>	<i>Cocconeis hastatitii</i>	<i>Cocconeis pelucida</i>	<i>Cocconeis pseudomarginata</i>	<i>Cocconeis</i> spp.	<i>Coccinodiscus brasiliensis</i>	<i>Coccinodiscus centralis</i>	<i>Coccinodiscus gigas</i>	<i>Coccinodiscus obscurus</i>	<i>Coccinodiscus oculispiralis</i>	<i>Coccinodiscus radiatus</i>	<i>Coccinodiscus robbii</i>	<i>Coccinodiscus excentricus</i>	<i>Coccinodiscus lineatus</i>	<i>Coccinodiscus marginatus</i>		
P01	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	1	1	-	1	-	1	-	-	6		
P02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	12	
P03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	9	
P04	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	7	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	5	
P05	-	-	1	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	
P06	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
P07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P15	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	1	1	-	1	-	-	2	-	2	-	11		
P19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	3	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	
P20	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	3	-	-	-	-	-	-	-	10	
P21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	
P27	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	16	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
P29	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5	-	1	-	1	-	-	-	-	-	13	
P30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	3	-	-	4	1	-	-	-	-	1	
P33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	-	-	2	1	-	1	-	-	-	1	
P34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	4		
P36	-	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P42	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	
P45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P48	-	-	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	
P53	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	3,2	-	-	-	-	-	-	1,3	
P57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P63	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	
P66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P67	-	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	
P82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	-
P84	-	-	1	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	4
P87	-	3	3	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
P89	-	4	1	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
P90	-	-	0,7	-	-	-	-	58	4	-	-	-	-	-	0,7	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P92	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P94	-	-	0,6	-	-	-	-	6	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-

Apêndice 2d: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Biddulphia dubia</i>	<i>Biddulphia pulchella</i>	<i>Biddulphia</i> spp.	<i>Biddulphia titiana</i>	<i>Cocconeis</i> spp.	<i>Ceratulus</i> spp.	<i>Centronella</i> spp.	<i>Chaetoceros didymus</i>	<i>Chaetoceros</i> spp.	<i>Climacosphemia elongata</i>	<i>Cocconeis arraniensis</i>	<i>Cocconeis hastatii</i>	<i>Cocconeis pelucida</i>	<i>Cocconeis pseudomarginata</i>	<i>Cocconeis scutellum</i>	<i>Cocconeis</i> spp.	<i>Cocconeis brasiliensis</i>	<i>Cocconeis ventralis</i>	<i>Cocconeis gigas</i>	<i>Cocconeis obscurus</i>	<i>Cocconeis oculinoidis</i>	<i>Cocconeis radicans</i>	<i>Cocconeis rothii</i>	<i>Cocconeis eximius</i>	<i>Cocconeis linearis</i>	<i>Cocconeis marginatus</i>
P95	-	-	-	-	-	-	-	16	1,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P103	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
P108	-	-	-	-	0,5	-	-	1	-	-	-	-	-	3	1	-	1	-	-	-	-	0,6	-	1	7	
P109	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
P110	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	1	-	2	-	-	-	-	2	-	1	4	
P111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	-	-	2	1		
P112	-	1	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-	-	-	-	1		
P113	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	3	-	1	2	-		
P114	-	-	6	3	-	-	-	3	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
P115	1	9	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2		
P116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
P117	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	1	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-		
P118	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	2	2	-	-	-	1	-	-	1	1	2	
P119	-	-	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	1	-	-	3	-	-	-	-		
P120	-	-	-	-	-	1	-	1	-	1	-	-	1	-	-	1	-	-	2	-	-	-	-	1		
P123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	15	
P125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
P126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	
P128	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	1	1	-	-	1	-	-	3		
P129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
P130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-		
P131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
P134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
P133	-	2	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	
P135	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P136	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	6	
P140	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
P142	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	
P143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	-	1	-	-	2	-	-	
P145	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	
P148	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Apêndice 2e: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Satations	<i>Coscinodiscus</i> spp.	<i>Cyclophora</i> spp.	<i>Cyrtocella meneghiniana</i>	<i>Cyrtocella</i> spp.	<i>Cylindrotheca</i> spp.	<i>Cymbella</i> spp.	<i>Cymbella aff. Cymbella</i>	<i>Diatoma</i> spp.	<i>Dinorthis minor</i>	<i>Dinorthis</i> sp.	<i>Dinorthis maritima</i>	<i>Diploneis chersonensis</i>	<i>Diploneis didyma</i>	<i>Diploneis puella</i>	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Entomonas alata</i>	<i>Entomonas</i> spp.	<i>Ephemia</i> spp.	<i>Eunototheca</i> spp.	<i>Fibrella</i> spp.	<i>Fragilaria costriata</i>	<i>Fragilaria</i> spp.	<i>Frustula</i> spp.	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Glyptodesmids</i> spp.
P01	13	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-
P02	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P03	11	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
P04	11	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
P05	3	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P06	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	14	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
P19	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P20	10	-	-	-	-	-	-	-	-	7	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
P21	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P27	4	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P29	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
P30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	26	1	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P33	2	-	-	-	-	-	-	1	-	1	54	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
P34	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-
P36	2	-	-	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-
P40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P44	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-
P45	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P46	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P53	-	-	-	-	-	-	-	2,6	-	-	11	-	1,6	2,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P57	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P63	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P65	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	7	-
P66	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
P67	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P82	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P84	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P87	7	-	-	0,7	-	-	-	-	-	13	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P89	6	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-
P90	11	-	-	0,7	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P92	5,7	-	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-

Apêndice 2f: Abundance of diatoms species from Guanabara Bay.

Stations	<i>Coccinodiscus</i> spp.	<i>Cyclophora</i> spp.	<i>Cyclotella meneghiniana</i>	<i>Cyclotella</i> spp.	<i>Cylindrotherax</i> spp.	<i>Cymatosira apertazpt</i>	<i>Cymbella aff. Cymbella</i>	<i>Cymbella</i> spp.	<i>Diatom</i> spp.	<i>Dimergramma minor</i>	<i>Dimergramma</i> sp.	<i>Dimerogramma maritimum</i>	<i>Diploneis chersonensis</i>	<i>Diploneis dikyna</i>	<i>Diploneis puella</i>	<i>Diploneis</i> spp.	<i>Ennomoneis alata</i>	<i>Ennomoneis</i> spp.	<i>Epithemia</i> spp.	<i>Eunotogramma</i> spp.	<i>Fiorillo</i> spp.	<i>Fragilaria construens</i>	<i>Fragilaria</i> spp.	<i>Frustulia</i> spp.	<i>Gyrodinium</i> spp.	<i>Glyptodictyon</i> spp.
P95	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P103	3	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P108	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P109	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P110	10	-	-	2	-	2	-	-	-	-	32	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P111	1-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
P112	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	5-	-	-	1	-	-	5	-	-	-	-	-	2	-	-	-
P113	2	-	11	-	-	-	-	-	-	1	50	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
P114	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	37	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
P115	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-
P116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	97	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P117	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	45	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P118	2	-	-	-	-	17	1	-	-	2	27	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-
P119	4	-	-	-	-	-	-	-	-	1	33	-	-	2	-	-	-	1	2	-	-	-	-	-	-	-
P120	-	-	-	30	-	-	-	-	-	-	1-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P123	15	-	-	-	-	-	-	-	4	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P125	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P126	2	-	-	-	-	-	-	-	6	-	59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P128	16	-	-	-	-	-	-	-	7	-	22	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P129	20	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
P130	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-
P131	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P134	4-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P133	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P135	7	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
P136	3-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P140	17	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P141	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P142	4	1	-	-	-	-	-	-	10	-	10	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P143	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P144	1	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P145	5	-	-	-	-	2	-	-	1	11	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P148	3	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P150	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice 2g: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Grammatophora flexuosa</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Gramma kophora oceanica</i>	<i>Grammatophora</i> spp.	<i>Liamophora</i> spp.	<i>Margaritum tenero</i>	<i>Mastogobia angulata</i>	<i>Mastogolia</i> spp.	<i>Melosira moniliformes</i>	<i>Melosira</i> spp.	<i>Navicula s&amp;riana</i>	<i>Navicula cancellata</i>	<i>Navicula directa</i> var. <i>remota</i>	<i>Navicula foveolata</i>	<i>Navicula foveolata</i>	<i>Navicula granulata</i>	<i>Navicula hermesdyi</i>	<i>Navicula lyra</i>	<i>Navicula membranacea</i>	<i>Navicula nummulata</i>	<i>Navicula pennata</i>	<i>Navicula s&amp;riana</i>	<i>Navicula</i> spp.	<i>Navicula yarrensensis</i> var. <i>yarrensensis</i>	<i>Nitzschia bilobata</i>	<i>Nitzschia</i> spp.
P01	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	24	12	-	-
P02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-	10	2	-	1
P03	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	12	1	-	-
P04	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2	-	18	-	-	2
P05	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	1	-	10	-	-	1
P06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	22	-	-	3
P07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	20	-	-	2
P19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	1	1	-	25	-	-	-
P20	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	5	-	-	3
P21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-
P27	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	10	-	-	9
P29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	5	-	-	-
P30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	1	3	-
P33	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
P34	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	26	1	-	-
P36	-	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-
P38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-
P40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
P42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	55	-	-	-
P44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-
P45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-
P46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	56	-	-	-
P50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	-	-	-
P52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	71	-	-	-
P53	-	-	-	-	-	-	6	-	7	1,9	-	-	-	-	3	-	1	-	-	-	15	4	-	1,3	-	
P57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67	-	-	-
P63	-	-	-	2	-	-	-	-	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	14	-	9,5
P65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	59	0,7	-	2
P66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1-	0,7	-	-
P67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	75	-	-	0,7
P82	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	8	-	-	-
P84	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	5	-	-	-
P87	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	17	-	-	-
P89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	85	-	-	-	-	16	-	-	-
P90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	2,7	-	-	1,3
P92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	-
P94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-

Apêndice 2h: Abundância de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Grammatophora flexuosa</i>	<i>Grammatophora marina</i>	<i>Grammatophora oceanica</i>	<i>Grammatophora</i> spp.	<i>Licmophora</i> spp.	<i>Margaritum tenero</i>	<i>Mastogobia angulata</i>	<i>Mastogobia</i> spp.	<i>Melosira omiliformes</i>	<i>Melosira</i> spp.	<i>Navicula s. &amp; zina</i>	<i>Navicula cancellata</i>	<i>Navicula directa varremola</i>	<i>Navicula focipada</i>	<i>Navicula focipada</i>	<i>Navicula gramulata</i>	<i>Navicula hemadyi</i>	<i>Navicula lyra</i>	<i>Navicula membranacea</i>	<i>Navicula nummularia</i>	<i>Navicula pennata</i>	<i>Navicula skrriana</i>	<i>Navicula</i> spp.	<i>Navicula yarensis var. yarensis</i>	<i>Nitzschia bilabata</i>	<i>Nitzschia</i> spp.
P95	-	1,5	-	6,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	-	-	1,5	-	14	-	-	1,5
P103	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	5,8	-	-	-
P108	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	10	-	-	-
P109	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	-	-
P110	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	6
P111	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	16	-	-	2
P112	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
P113	-	-	-	2	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	-	-	-
P114	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	2	2	-	-	-	4	-	8	-	-	-
P115	10	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P116	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P117	3	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	10	-	1	-
P118	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	1	-	-	-	-	-	4	1	-	2	4
P119	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	3	-	-	1	1
P120	-	32	-	2	-	-	-	1	2	-	-	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-
P123	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	4	-	-	-
P125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P126	-	3	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	-	1
P128	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	1	-	1	-	-	3
P129	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11	-	-	7
P130	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	6	-	-
P131	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42	-	-	-
P134	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	-	-	-	-	20	-	-	-
P133	-	4	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
P135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	1
P136	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
P140	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	52	-	-	-
P141	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	2	10	-	8
P142	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	8	-	3
P143	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	4	21	-	3
P144	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	7	24	-	1
P145	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-
P148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-
P150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice 2i: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Nitzschia lorentziana</i>	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Nitzschia tryblionella</i>	<i>Nitzschia p&amp;u</i> riformes	<i>Opephora marina</i>	<i>Opephora</i> spp.	<i>Orthonis</i> spp.	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Plagiogramma</i> spp.	<i>Plagiogramma pulchellum</i>	<i>Plagiogramma validum</i>	<i>Planktoniella sol</i>	<i>Pleurosigma acuminatum</i>	<i>Pleurosigma aff. Pleurosigma</i>	<i>Pleurosigma angulatum</i>	<i>Pleurosigma elongatum</i>	<i>Pleurosigma fasciola</i>	<i>Pleurosigma lineare</i>	<i>Pleurosigma hecatus</i>	<i>Pleurosigma marinum</i>	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	<i>Pleurosigma</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<i>Raphoneis</i> spp.	<i>Rhizosolenia pulchella</i>	<i>Rhizosolenia</i> spp.
P01	-	-	-	-	-	-	-	14	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P02	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	
P03	1	-	-	-	-	-	-	11	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	2	
P04	-	-	-	1	-	-	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	
P05	-	-	-	-	-	-	-	27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	1	
P06	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	
P07	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P15	-	-	1	3	-	-	-	9	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	1	
P19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P20	1	-	-	5	-	-	-	32	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
P21	-	-	-	-	-	-	-	39	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P27	-	-	-	-	-	-	-	2	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P29	-	-	-	1	-	-	-	32	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
P30	-	1	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	1	
P33	-	-	-	-	-	-	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	
P34	-	4	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	3	16	-	-	1	
P36	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P38	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	
P40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P42	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P44	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	22	-	-	-	
P45	-	-	-	-	-	-	-	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P46	-	-	-	-	-	-	-	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P50	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P52	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P53	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	7,5	
P57	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P63	2	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	3	-	3	-	0,9	
P65	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P66	-	0,7	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7	-	-	-	
P67	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P82	-	-	-	-	0,6	0,6	-	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P84	-	3	-	0,6	0,7	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	3	-	-	0,7	
P87	0,7	0,7	-	-	0,7	-	1	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	
P89	-	0,7	-	-	-	-	8	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P90	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-	-	-	
P92	1,9	-	-	-	-	-	1	1,9	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,7	-	-	-	
P94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	

Apêndice 2j: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Nitzschia lorentziana</i>	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Nitzschia tryblionella</i>	<i>Nitzschia p&amp;uriformes</i>	<i>Ophephora murina</i>	<i>Opaphoroides</i> spp.	<i>Orthoneis</i> spp.	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Plagiogramma</i> spp.	<i>Plagiogramma pulchellum</i>	<i>Plagiogramma valdani</i>	<i>Planktoniella sol</i>	<i>Pleurosigma acuminatum</i>	<i>Pleurosigma aff. Pleurosigma</i>	<i>Pleurosigma angulatum</i>	<i>Pleurosigma elongatum</i>	<i>Pleurosigma fasciola</i>	<i>Pleurosigma lineare</i>	<i>Pleurosigma lineatus</i>	<i>Pleurosigma maritimum</i>	<i>Pleurosigma naviculaceum</i>	<i>Pleurosigma</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<i>Raphoneis</i> spp.	<i>Rhizosolenia pulchella</i>	<i>Rhizosolenia</i> spp.
P95	-	-	-	3,2	-	-	-	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	4,7	-	-	-	-
P103	-	-	-	-	-	-	-	4,5	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-	-
P108	0,6	-	-	-	-	2	-	17	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,6	3	-	-	1
P109	-	-	-	-	-	-	-	1	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P110	-	-	-	-	-	1	-	2	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P111	-	-	-	1	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	1	-	-	-
P112	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	2
P113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-
P114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	2
P115	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1	1
P116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P117	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
P118	-	1	-	-	-	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P119	-	-	-	-	1	-	3	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
P120	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-	-
P123	-	-	-	-	-	4	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P126	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P128	1	-	-	-	-	-	-	15	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
P129	-	-	-	-	-	1	-	35	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
P130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1	-
P131	-	6	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	1
P134	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P133	-	6	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P135	-	-	-	-	-	-	-	5	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-	-
P136	-	-	-	-	-	-	-	18	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P140	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
P141	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-	1
P42	1	-	-	-	-	-	-	6	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P43	1	-	-	1	-	-	-	5	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
P144	1	-	-	-	-	1	-	1	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P145	-	-	-	-	-	5	-	8	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice 2k: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Nitzschia lorenziana</i>	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Nitzschia tryblionella</i>	<i>Nitzschia pauriformes</i>	<i>Opephora marina</i>	<i>Opephora</i> spp.	<i>Orthonais</i> spp.	<i>Paralia sulcata</i>	<i>Platogiogramma</i> spp.	<i>Platogiogramma pulchellum</i>	<i>Platogiogramma -alidum</i>	<i>Planktoniella sol</i>	<i>Pleurosigma acuminatum</i>	<i>Pleurosigma aff. Pleurosigma</i>	<i>Pleurosigma angulatum</i>	<i>Pleurosigma elongatum</i>	<i>Pleurosigma fasciola</i>	<i>Pleurosigma lineare</i>	<i>Pleurosigma lineatus</i>	<i>Pleurosigma marimum</i>	<i>Pleurosigma ne-laticum</i>	<i>Pleurosigma</i> spp.	<i>Pseudo-nitzschia</i> spp.	<i>Raphoneis</i> spp.	<i>Rizosolenia pulchella</i>	
P01	-	-	-	-	-	-	-	14	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
P02	-	-	-	-	-	-	-	35	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	3	-	-	-	
P03	1	-	-	-	-	-	-	11	2	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	
P04	-	-	-	1	-	-	-	4	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	3	-	-	-	
P05	-	-	-	-	-	-	-	27	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	3	-	-	-	
P06	-	-	-	1	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	
P07	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P15	-	-	1	3	-	-	-	9	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	1	-	
P19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P20	1	-	-	5	-	-	-	32	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	
P21	-	-	-	-	-	-	-	39	-	55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P27	-	-	-	-	-	-	-	2	-	32	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P29	-	-	-	1	-	-	-	32	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	
P30	-	1	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	
P33	-	-	-	-	-	-	2	2	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	
P34	-	4	-	-	-	-	-	2	-	2	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-	3	16	-	-	-	
P36	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P38	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	
P40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P42	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P44	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	22	-	-	-	
P45	-	-	-	-	-	-	-	73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P46	-	-	-	-	-	-	-	81	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P50	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P52	-	-	-	-	-	-	-	25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P53	-	-	-	-	-	-	4	4	-	-	-	-	-	-	7,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-
P57	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P63	2	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	3	-	3	-	-	
P65	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P66	-	0,7	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	0,7	-	-	-	
P67	-	-	-	-	-	-	-	8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P82	-	-	-	-	-	0,6	-	0,6	-	56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P84	-	3	-	0,6	-	0,7	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	3	-	-	-	
P87	0,7	0,7	-	-	-	0,7	-	1	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	
P89	-	0,7	-	-	-	-	-	8	-	27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
P90	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,3	-	-	
P92	1,9	-	-	-	-	-	-	1	1,9	3,8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,7	-	-	-	
P94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	

Apêndice 2I: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Stations	<i>Nitzschia lorenziana</i>	<i>Nitzschia</i> spp.	<i>Nitzschia tryblionella</i>	<i>Nitzschia pauriformes</i>	<i>Ophephora marina</i>	<i>Ophephora</i> spp.	<i>Orthonés</i> spp.	<i>Paralia subata</i>	<i>Plagiogramma</i> spp.	<i>Plagiogramma pukehellum</i>	<i>Plagiogramma -cildum</i>	<i>Planktoniella sol</i>	<i>Platrosigma acuminatum</i>	<i>Pleurosigma aff. Pleurosigma</i>	<i>Pleurosigma angulatum</i>	<i>Pleurosigma elongatum</i>	<i>Pleurosigma fasciola</i>	<i>Pleurosigma lineare</i>	<i>Pleurosigma lineatus</i>	<i>Pleurosigma maritimum</i>	<i>Pleurosigma na-talacum</i>	<i>Pleurosigma</i> spp.	<i>Psado-nitzschia</i> spp.	<i>Raphoneis</i> spp.	<i>Rhizosolenia pukehilla</i>
P 95	-	-	-	3,2	-	-	-	9,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,6	4,7	-	-	-
P103	-	-	-	-	-	-	-	4,5	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6	-	-	-	-
P108	0,6	-	-	-	-	2	-	17	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	0,6	3	-	-
P109	-	-	-	-	-	-	-	1	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P110	-	-	-	-	-	1	-	2	2	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P111	-	-	-	1	-	-	-	17	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25	1	-	-
P112	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
P113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	-
P114	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
P115	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
P116	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P117	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-
P118	-	1	-	-	-	-	4	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
P119	-	-	-	-	1	-	3	2	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-
P120	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	-	-	-
P123	-	-	-	-	-	4	-	12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P126	-	-	-	-	-	-	-	2	-	5	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P128	1	-	-	-	-	-	-	15	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P129	-	-	-	-	-	1	-	35	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
P130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	-	-	1
P131	-	6	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	-	-	-
P134	-	-	-	-	-	-	-	10	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P133	-	6	-	-	-	1	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
P135	-	-	-	-	-	-	-	5	-	15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9	-	-	-
P136	-	-	-	-	-	-	-	18	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P140	-	-	-	-	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
P141	-	-	-	-	-	-	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	4	-	-	-
P142	1	-	-	-	-	-	-	6	-	19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P143	1	-	-	1	-	-	-	5	5	6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P144	1	-	-	-	-	1	-	1	2	1	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P145	-	-	-	-	-	5	-	8	1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P148	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P150	-	-	-	-	-	-	-	-	-	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice 2m: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Station s	<i>Rhizosolenia</i> spp.	<i>Rhois caphenica</i> spp.	<i>Rhopalodia gibberula</i>	<i>Skaldenomena costatum</i>	<i>Skaldenomena</i> spp.	<i>Sarrella robusta</i>	<i>Sarrella celtica</i>	<i>Sarrella fastuosa</i>	<i>Sarrella</i> spp.	<i>Synedra pulchella</i>	<i>Synedra</i> spp.	<i>Thalassiothrix</i> spp.	<i>Terpsinoe</i> spp.	<i>Thalassionema</i> spp.	<i>Thalassiosira nanolineata</i>	<i>Thalassiosira eccentrica</i>	<i>Thalassiosira</i> spp.	<i>Trachyneis</i> spp.	<i>Triceratium</i> spp.	<i>Triceratium fecus -ar. quadrata</i>	<i>Tropineis</i> spp.
P01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	1	-	-
P02	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P03	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-
P04	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
P05	1	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
P07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P15	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P29	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-
P30	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-
P33	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P34	1	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P36	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	54	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6	19	-	-	-	-	-	-	-	-
P40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P44	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
P45	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P52	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P53	7,5	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1,3	-	-	-
P57	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P63	0,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P66	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P82	-	-	-	1,1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
P84	0,7	-	-	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-
P87	-	-	-	5	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,7	-	-	-	-	-
P90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	0,7	2	-	-	-	-	-
P92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P94	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	1	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-

Apêndice 2n: Abundancia de espécies de diatomáceas da Baía de Guanabara.

Station	<i>Rhizosolenia</i> spp.	<i>Rhizosolenia</i> spp.	<i>Rhopalodia gibberula</i>	<i>Skeletonema costatum</i>	<i>Skeletonema</i> spp.	<i>Surirella robusta</i>	<i>Surirella celtica</i>	<i>Surirella fastuosa</i>	<i>Surirella</i> spp.	<i>Synedra pulchella</i>	<i>Synedra</i> spp.	<i>Thalassiothrix</i> spp.	<i>Therapsinoe</i> spp.	<i>Thalassionema</i> spp.	<i>Thalassioira nanolineata</i>	<i>Thalassioira eccentrica</i>	<i>Thalassioira</i> spp.	<i>Trachynsis</i> spp.	<i>Triceratium</i> spp.	<i>Triceratium fl-is-ar. quadrata</i>	<i>Tropinais</i> spp.
P95	-	-	-	4,7	-	-	-	-	-	-	-	3	-	-	-	-	1,6	-	-	-	-
P103	-	-	-	1,2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P108	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	1	-	-
P109	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
P110	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-	-	-
P111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	1	-	-
P112	2	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P114	2	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P115	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P116	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P117	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P118	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1	1	2	-	2	-
P119	-	-	1	-	-	-	1	1	-	1	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	1
P120	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P123	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P125	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P128	1	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	3	1	-	-	-	-
P129	-	-	-	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	-	-	-
P130	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P131	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P134	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P133	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-
P135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
P136	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P140	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
P141	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
P142	-	-	-	-	-	1	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P143	1	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P144	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P145	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P148	-	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P150	-	-	-	-	-	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



## TEMA III

---

# PARCERIA HOMEM - AMBIENTE: CONSONÂNCIAS E DISSONÂNCIAS







## CAPÍTULO IX

---

### PODER E FORTIFICAÇÕES: UMA ABORDAGEM ARQUEOLÓGICA DA OCUPAÇÃO E DEFESA DO LITORAL SUL FLUMINENSE





# PODER E FORTIFICAÇÕES: UMA ABORDAGEM ARQUEOLÓGICA DA OCUPAÇÃO E DEFESA DO LITORAL SUL FLUMINENSE

Nanci Vieira Oliveira<sup>1</sup> & Ivan Francisco da Silva<sup>2</sup>

## RESUMO

Este texto pretende analisar o poder colonial sobre o litoral sul fluminense através de informações arqueológicas e históricas, tendo como principal referência as fortificação e artilharia como marcos simbólicos. Estudos arqueológicos no sul fluminense identificaram estruturas defensivas em Angra dos Reis e Paraty, cujas análises têm adotado uma abordagem contextual através do estudo das fontes materiais, iconográficas e textuais, ao interpretarem o modelo adotado na região.

**Palavras-chave:** Arqueologia Histórica, fortificações, artilharia, baía de Ilha Grande

## ABSTRACT

This paper aims to analyze the colonial power on the southern coast of Rio de Janeiro through archaeological and historical information, the main reference the fortification and artillery as symbolic landmarks. Archaeological studies at southern Rio identified defensive structures in Paraty and Angra dos Reis. The analysis adopted a contextual approach through the study of material, iconographic and textual sources, when interpreting the model adopted in the region.

**Key words:** Historical Archaeology, Fortifications, Artillery, Ilha Grande Bay

## INTRODUÇÃO

A presença de navios estrangeiros na costa brasileira, em especial entre o Espírito Santo e São Vicente, em particular franceses, resultava em um extraordinário temor da população da cidade do Rio de Janeiro de uma invasão, reafirmada pela tentativa de Duclerc (1710) e efetivada por Duguay-Trouin (1711). A experiência de uma cidade sequestrada e saqueada impulsionou melhorias nas estruturas defensivas na própria área urbana e na baía de Guanabara, bem como na implantação de um sistema defensivo ao longo do litoral, principalmente na baía de Ilha Grande. De acordo com a correspondência do governador da Capitania do Rio de Janeiro, Luiz Vahia Monteiro (1726), no litoral sul fluminense foram instaladas várias peças de artilharia de pequeno calibre em diversas enseadas e locais propícios ao desembarque de navios estrangeiros.

A partir da segunda metade do século XVIII, o perigo castelhano no sul do Brasil colocou novamente em alerta a cidade do Rio de Janeiro e o sistema defensivo no litoral sul fluminense torna-se novamente importante para a mesma. Entretanto, a dificuldade em defender um vasto litoral é ressaltada pelas autoridades coloniais, o que exigiria um grande número de fortificações e, portanto, recursos econômicos. Assim, o sistema de pequenas fortificações e baterias em pontos estratégicos na baía de Ilha Grande se encontra adequado ao contexto regional, ou seja, aos aspectos geomorfológicos, demográficos e econômicos. De certa forma seguiam as

1. Professora Adjunta, Laboratório de Antropologia Biológica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier 524, Maracanã, CEP 20 550-900 - nancivieira@uol.com.br

2. Colaborador, Laboratório de Antropologia Biológica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rua São Francisco Xavier 524, Maracanã, CEP 20 550-900 - ivanfrancisco@globo.com

orientações do engenheiro militar Luiz Serrão Pimentel (1665) de que as fortificações mais tenazes eram as que “sem serem revestidas de muralha de pedra e cal” se tornavam mais seguras e defensáveis (BARRETO, 1958; TAVARES, 2000), já que na região não se dispunha de pessoal suficiente e qualificado para uma defesa efetiva.

Estudos arqueológicos de estruturas defensivas em Angra dos Reis e Paraty (FUNARI & OLIVEIRA, 2005; LIMA, 2008), bem como no litoral de São Paulo (CAMARGO, 2002), indicam que o sistema defensivo no litoral brasileiro era constituído por estruturas defensivas com características construtivas diferenciadas, onde observamos fortificações em pedra e cal com diversas edificações, outras com apenas o edifício para tropa e guarda da pólvora, baterias ou cortinas em pedra ou apenas em faxina.

### ASPECTOS METODOLÓGICOS

Os estudos arqueológicos das estruturas defensivas realizados no sul fluminense buscam identificar os padrões construtivos inseridos na paisagem litorânea, analisando a distribuição das atividades humanas e contextos materiais. Esta identificação parte da execução de levantamentos, cujos critérios correspondem a visibilidade na superfície dos terrenos, identificação das estruturas como conjuntos inteligíveis; a matéria-prima, a forma, a disposição no terreno e a relação de cada estrutura com as demais.

Embora com conhecimento da existência de variações regionais, as características construtivas podem estar relacionadas com uma fortificação de caráter “provisório” ou “permanente”. Os materiais utilizados em fortificações “provisórias”, dependentes de matéria-prima local, geralmente consistiam em madeiras (faxina), terra, sacos de areia ou pedras, enquanto nas “permanentes” se observam edificações finalizadas (CAMARGO, 2002: 40-41). A observação da qualidade das peças de artilharia permite identificar aspectos para a interpretação da importância da área, sua função bélica e simbólica.

O olhar sobre a defesa do litoral Sul fluminense deve estar balizado em sua relação com a capital da colônia e do império, buscando as redes de comunicação e simbólicas do poder sobre a região, onde o incentivo de ocupação por populações humanas e a deficiência de pessoal qualificado podem ter influenciado nas

tipologias construtivas de tal sistema. Outro aspecto a ser ressaltado é que tanto os documentos como os estudos arqueológicos indicam provável ineficiência das mesmas para reais danos em caso de ataques efetivos, tendo por função muito mais o controle do fluxo de embarcações, dificultando o desembarque e intercâmbio com as povoações litorâneas.

Na análise das estruturas defensivas foi utilizado o conceito de “Modelo de Sistema Defensivo Integrado” que se define pelo “esforço conjunto” de um grupo de fortificações para estabelecer a segurança em uma determinada região (CRUXEN, 2009). A interpretação do sistema defensivo integrado exige a observação dos elementos materiais construtivos das estruturas defensivas, sua localização em relação a visibilidade, proximidade e distância de ocupações coloniais, assim como verificar se a integração das áreas fortificadas permitia um trabalho conjunto e manutenção de comunicação, tendo como principal função a legitimação da ocupação do território, do comércio e defesa.

Como observa Camargo (2002), entre as fortificações situadas no litoral norte de São Paulo havia um esquema de comunicação através do uso da artilharia. Desta forma, nem todas as fortificações eram equipadas com artilharia compatível com a tarefa de provocar danos a embarcações que se aproximassem, possuindo estas uma função de cunho mais demarcatório.

O estudo das relações entre fortificações e artilharia no Sul fluminense foi baseado na avaliação do desempenho dos canhões utilizados no Brasil nos séculos XVIII e XIX. Para tal, foram utilizadas as referências indicadas pelo Manual de Preenchimento da Ficha de Inventário Nacional de Material de Artilharia (IPHAN, 1999), bem como os estudos realizados por Oliveira (2004) e Martins (2006).

### A ARTILHARIA E SUA EFICIÊNCIA

As medidas dos canhões são de extrema importância para a compreensão do objetivo para o qual o equipamento foi adotado e posicionado. Entre estas destacamos o calibre que é a dimensão mais importante e corresponde ao menor diâmetro da alma de um canhão, que determinava as dimensões das demais partes do mesmo. O cálculo do calibre pode ser obtido através da massa do projétil ou do cálculo da dimensão linear.

Cabe lembrar que na artilharia lisa era impossível

acertar um alvo com precisão a longa distância, pois não havia um controle efetivo sobre a velocidade final alcançada pelo projétil e de avaliação da complexa interação deste com a atmosfera. Outro aspecto que deve ser ressaltado é que Portugal, por não produzir artilharia própria, adquiriu canhões de diversas procedências, o que potencializava o perigo de possuir munições sem canhões e vice-versa.

De acordo com Valente (2010), os cálculos realizados por Alpoim (1744) e Fortes (1728-1729) para as peças de artilharia no século XVIII indicam que os tiros das mesmas alcançariam de 10% a 17 % da distância máxima prevista (Tabela I).

Estudos recentes apontam que os tiros das peças de artilharia do século XVIII teriam alcances bem menores do que os calculados pelos engenheiros militares da época. Alguns estudos experimentais indicam que o alcance dos tiros estaria em torno de 8,5 % do alcance máximo indicado por Alpoim (Tabela II). Já outros, ao analisarem as recomendações sobre as possibilidades de se efetuar danos através dos tiros de bocas de fogo, concluem que a distância correspondia a primeira metade da trajetória do projétil até a passagem deste pelo ponto em branco. Desta forma, um canhão calibre 12 em vez de atingir as 143 braças indicadas por Alpoim, o projétil alcançaria apenas 125 braças.

Tabela I: Alcances obtidos para bocas de fogo conforme o calibre

Calibre mássico	Alcance máximo		Alcance em pontaria de nível	
	Alpoim	Fortes	Alpoim	Fortes
2 libras	553 braças		55,3 braças	
4 libras	1.125 braças	1.368 braças	112,5 braças	233 braças
8 libras	1.875 braças	1.494 braças	150,0 braças	254 braças
12 libras	1.875 braças	1.683 braças	168,8 braças	286 braças
16 libras	3.000 braças	1.818 braças	300,0 braças	309 braças
24 libras	2.250 braças	2.025 braças	225,5 braças	344 braças
32 libras	2.250 braças		225,5 braças	

Tabela II: Resultados obtidos para os alcances conforme o calibre

Calibre mássico	Alcance máximo	Alcance em pontaria de nível	Alcance no ponto em branco
2,5 libras	1.106 braças	95 braças	191 braças
5 libras	1.392 braças	116 braças	233 braças
10 libras	1.791 braças	150 braças	300 braças
12 libras	1.493 braças	93 braças	250 braças
24 libras	1.690 braças	141 braças	283 braças
40 libras	1.989 braças	176 braças	333 braças

Assim, podemos considerar, a partir dos resultados obtidos por tais estudos, que na artilharia lisa o raio de ação eficiente máximo estaria em torno de 150 braças, o que equivale a 330 metros (VALENTE, 2010:32).

## ESTRUTURAS DEFENSIVAS NO LITORAL SUL FLUMINENSE

A baía de Ilha Grande possui duas entradas: pela Marambaia e pela Ponta de Ocaruçu (Figura





Figura 2: Estruturas Defensivas: 1. Forte Defensor Perpétuo, 2. Quartel de Patitiba, 3. Ilha das Bexigas, 4. Forte da Tapera, 5. Ilha dos Mantimentos, 6. Cortina da Ponta Grossa, 7. Ilha dos Meros, 8. Piraquara, 9. Forte de São Bento, 10. Forte do Carmo, 11. Ponta Leste (Forte do Leme)

aproximadamente 80 m<sup>2</sup> (Figura 3). A existência de blocos de rocha dispostos simetricamente no seu entorno, onde a maioria desmoronou com o tempo, indica que

esta bateria teve um muro de contenção ao redor das peças, assinalado no documento da Câmara como *cortina da Ponta Grossa* (RAMECK & MELLO, 2004).

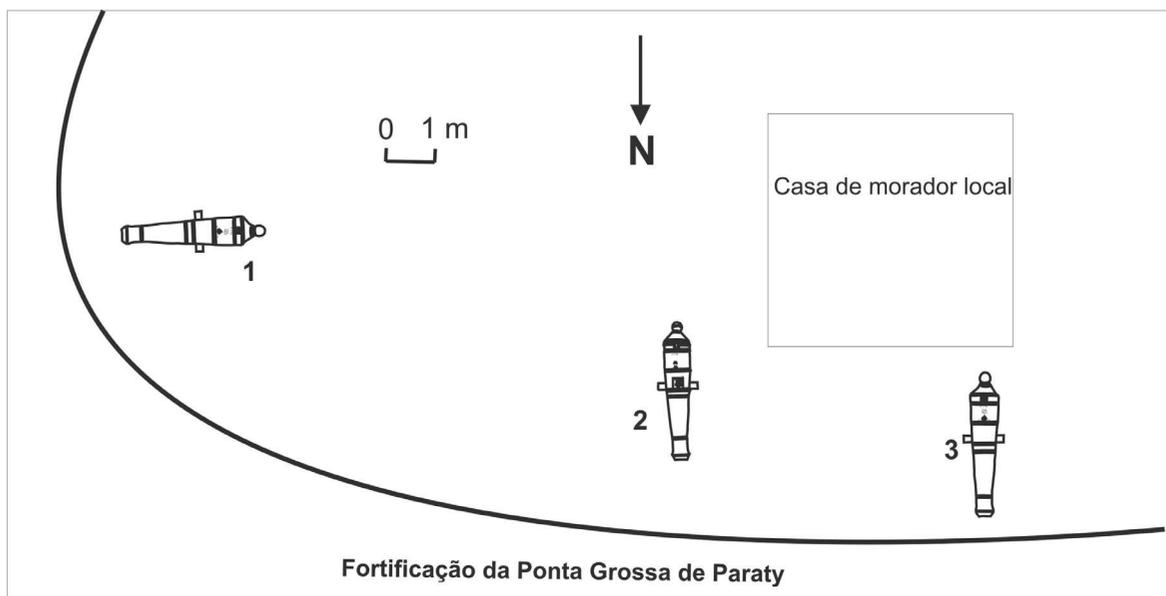


Figura 3: Disposição da artilharia na Ponta Grossa de Paraty

O ótimo estado de preservação das peças permitiu observações sobre a iconografia, estilo e sequências alfanuméricas gravadas nas armas. Todas as peças se encontram sobre o solo e inclinadas para o lado direito, não sendo possível, portanto, observar a existência ou não de inscrições no munhão direito. Estas peças teriam tido reparos de madeira, que provavelmente, por ação eólica e marinha, tiveram a madeira do lado direito primeiramente deteriorada, resultando na inclinação das mesmas, ou seja, na posição em que estas foram encontradas.

A análise das contramarcas presentes nas peças de artilharia indicou dois tipos de peças. O tipo 1 (peças 1 e 3) apresenta marca em baixo-relevo no primeiro reforço, que indica tratar-se de produção comercial londrina para canhões de uso não oficial na Inglaterra (IPHAN, 1999). Tais peças possuem ao lado e na parte acima desta marca, no lado esquerdo o número 12 e do lado direito a letra P em maiúsculo, o ano de 1796 e a

sigla de seu fundidor. Em uma das peças (nº 1) a sigla do fundidor (WC), é complementada pelas inscrições presentes no munhão esquerdo, onde se observa o número de série, 34846, a inscrição *CARRON*, da Escócia, e o ano de fabricação, 1796. A sequência numérica correspondente à massa, 24-1-0, indica o peso de 1.229,348 kg. Na culatra observa-se numeração em parte apagada, N7....4.

De acordo com Camargo (2002: 61-62), os canhões de modelo Bromefield apresentam maior simplicidade em seu estilo, indicando sempre no munhão esquerdo o número de série, o fundidor e ano de fabricação. W. Carron foi um dos fundidores deste modelo, tendo como característica específica o “anel do vergueiro” no cascavel. No caso destas peças da Cortina da Ponta Grossa, observamos similaridade no estilo, símbolos e o fundidor indicados para o modelo citado pelo autor, entretanto o único elemento ausente é o anel de vergueiro (Figura 4).

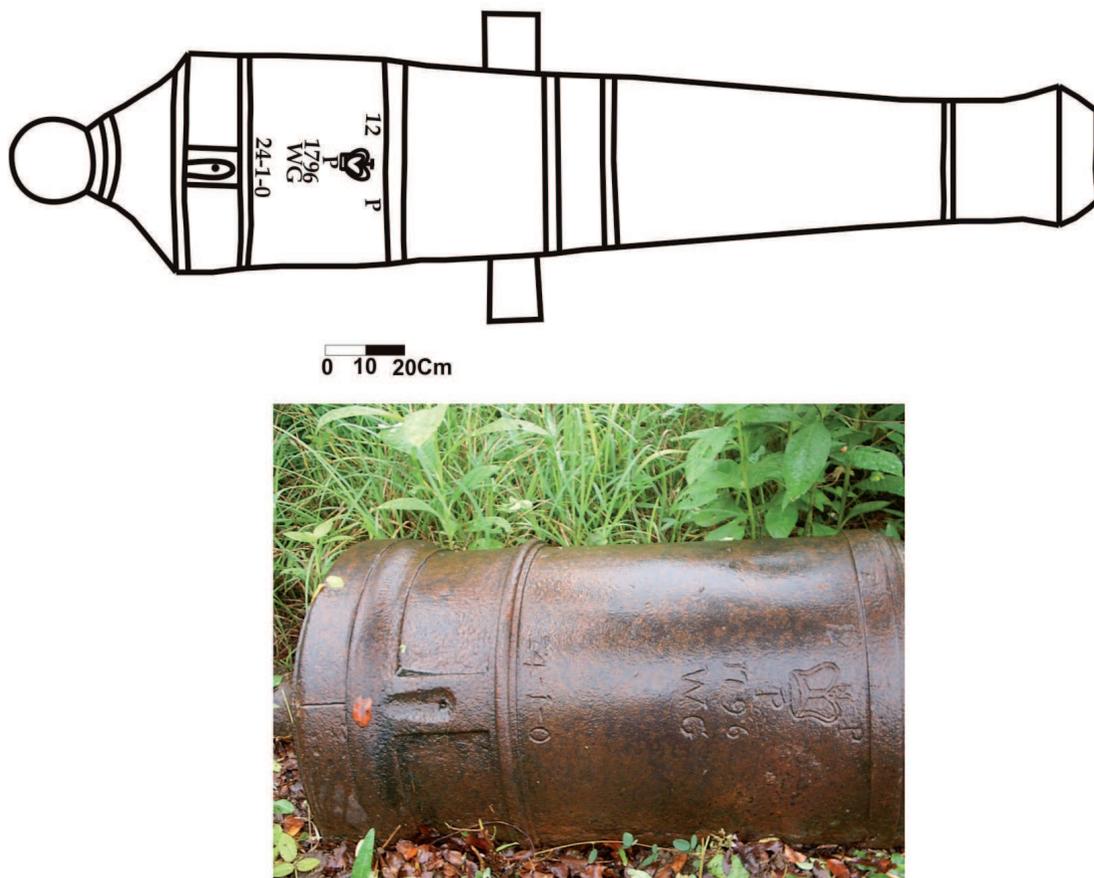


Figura 4: Ponta Grossa de Paraty - Peça de artilharia do tipo 1

A outra peça do tipo 1 apresenta a sigla GS indicando como fundidor Geoffrey Swaffam, da Inglaterra. O peso desta peça, indicada pela seqüência numérica 23-2-7, foi calculada em 1.195,467 quilos. De forma similar ao canhão de número 1, esta peça possui numeração, em parte apagada, situada na culatra, iniciada por N9.

O segundo tipo de peça difere das demais, apresentando a marca muito mais elaborada e em alto relevo localizada no segundo reforço, correspondendo ao brasão de George III, tipo muito comum nas peças de artilharia no Brasil (CAMARGO, 2002:59). Observa-se logo abaixo do brasão e no lado esquerdo, o número

8, provavelmente relacionada a posição da peça nas embarcações. No primeiro reforço podem-se observar duas setas, que correspondem a marcas de banco de prova utilizadas pelo *Ordnance Board* inglês”, indicando que esta peça saiu de serviço na Marinha inglesa e, portanto, foi vendida para Portugal ou para o Brasil, já que foi aí colocada em 1826, sendo o Brasil recém independente. A seqüência numérica correspondente à massa desta peça, 29-1-1, indica o peso de 1.484,481 quilos. No munhão esquerdo existe a inscrição WC°, correspondente ao seu fundidor, Samuel Walker and Company (1746-1817), Rotherthan, Inglaterra. As contramarcas indicam modelo Armstrong (Figura 5).

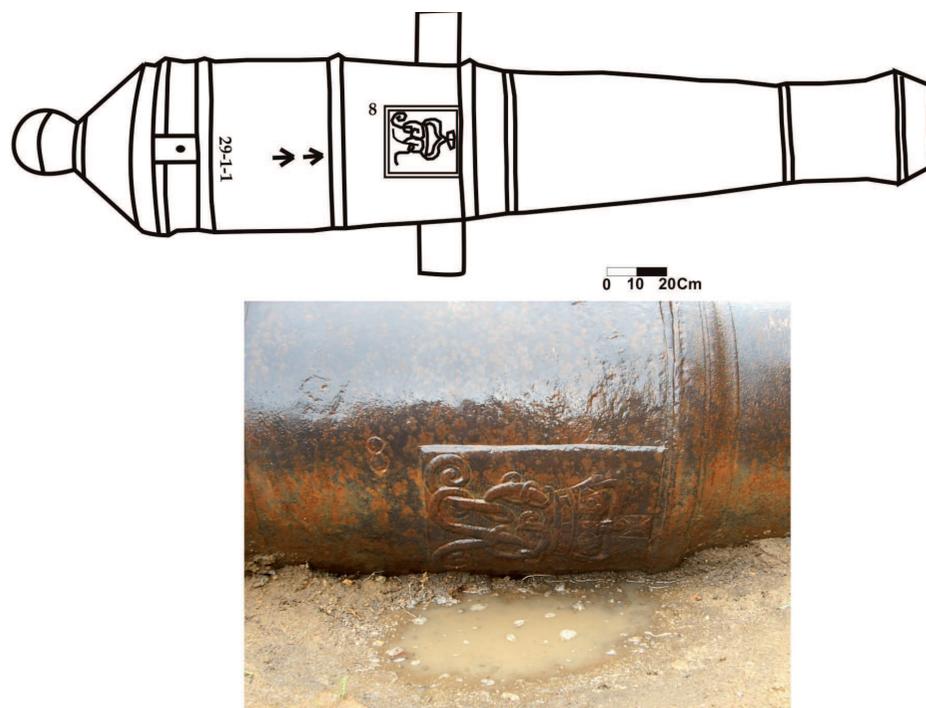


Figura 5: Ponta Grossa de Paraty - Peça de artilharia do tipo 2 com brasão de George III.

A documentação da Câmara de Paraty (RAMECK & MELLO, 2004) indica outra fortificação construída em 1826, denominada como Forte da Tapera, localizada na ponta com o mesmo nome. Esta ponta corresponde a um morro com aproximadamente 20 metros de altura e um afloramento rochoso no lado Norte de sua base (Figura 6). Sobre o morro localiza-se a “cortina” com os canhões que podem ser vistos do mar. O sítio arqueológico encontra-se em área mantida sempre limpa e as estruturas defensivas preservadas. Na parte posterior do afloramento rochoso encontra-se uma pequeníssima

praia por onde se sobe o morro.

Embora os documentos indiquem a existência de 4 peças de artilharia, apenas três se encontram no local, estando uma das bases sem a peça. As estruturas defensivas encontram-se nos lados Norte e Oeste no topo do morro, que ao considerarmos como área quadrada, teria 784 m<sup>2</sup> de utilização de terreno para a fortificação. A cortina intacta com 28,5 metros, começa retilínea, tornando-se côncava e depois levemente convexa finalizando em um grande matacão. Esta apresenta parede com 55 cm de espessura e altura que varia de 120 a 130 cm.



Figura 6: Forte da Tapera ou do Iticupe

Seguindo, os dois primeiros suportes fazem parte da cortina preservada, enquanto os outros dois encontram-se isolados. Os canhões foram numerados seguindo a ordem dos suportes a partir da trilha de acesso. Assim, o suporte de número 1 sustenta uma peça de artilharia de modelo Armstrong, com brasão George III, porém seu estado de preservação não permitiu visualizar outras contramarcas. A peça localizada no suporte de número 2 apresentou marca em baixo-relevo no primeiro reforço, indicativa de produção comercial londrina para canhões de uso não oficial na Inglaterra (IPHAN, 1999), podendo-se observar apenas em sua culatra a inscrição M.10. O suporte de número 4 também sustenta uma peça de artilharia de modelo Armstrong, com brasão George III, onde foi possível visualizar no primeiro reforço a sequência numérica 28-0-1, cujos cálculos de peso

indicam 1.645, 677 kg.

Na fortificação denominada Patitiba havia um pequeno quartel e algumas peças de artilharia ao longo da praia, que pelo estado de conservação atual não se podem descrever seus elementos iconográficos e contramarcas. Já as peças preservadas no Forte Defensor Perpétuo indicam, em sua maioria, características similares às descritas nas peças do tipo 1 da Ponta Grossa.

A maioria das peças identificadas nas fortificações de Paraty corresponde a calibre 12, sendo que na Ilha das Bexigas foram descritas peças de calibre 17 (CAMARGO, comunicação pessoal). Tomando como referência as análises realizadas por Valente (2010) para a Baía de Guanabara, verificamos que a artilharia existente na região em pouco alcançava tiros além de 300 metros de distância (143 a 155 braças),

o que apenas impedia o desembarque de pequenas embarcações.

A distância entre estas fortificações encontra-se acima de 1 km, o que não permitia o cruzamento de tiros. Assim, podemos afirmar que realmente tinham muito mais função de comunicação do que efetuar estragos em caso de ataque.

Na região de Angra dos Reis, da maioria das fortificações dos séculos XVIII e XIX existem apenas vestígios, sem a presença de artilharia em seu local de origem. Na enseada de Piraquara e Ponta do Leme, foram identificados vestígios de estruturas relacionadas com as fortificações mencionadas em documentos, que podem ter tido artilharia similar à que hoje se encontra na cidade de Angra do Reis. No caso de Piraquara, além das baterias, há vestígio de uma edificação do século XVIII que poderia ter sido para tropa ou armazenamento de pólvora. Na vila de Angra dos Reis, fortificações com distintas edificações (casa do comandante, da pólvora e baterias) não sobreviveram devido ao crescimento urbano (LIMA, 2008).

As análises realizadas por Lima (2008), da artilharia deslocada para o centro de Angra, indicaram a presença de canhões com calibre 12, o que estabelece

alcance de tiro de no máximo 143 braças (314, 6 metros), ou seja, dificultava apenas o desembarque de pequenas embarcações na vila.

Entretanto, ao considerarmos como um sistema de comunicações através da utilização de artilharia, nem todas obrigatoriamente apresentariam armamento compatível com a tarefa de causar danos em embarcações, podendo dispor apenas de artilharia leve e mastros para bandeiras.

Na cartografia do século XVIII observamos a existência de diversas guardas na baía de Sepetiba: foz do Guandu, Sepetiba, Pedra de Guaratiba e Barra de Guaratiba. Em Mangaratiba há descrição de baterias com algumas peças de canhão, cujos calibres são desconhecidos e seus vestígios não foram identificados. Embora houvesse planos para a defesa desta costa, somente nas primeiras décadas do século XIX temos descrições de fortificações como Forte de São Pedro na Ponta do Valente, Forte de São Leopoldo no Morro da Guarda, ambos em Sepetiba, e uma trincheira na foz do Itaguaí, todas desaparecidas (Figura 9). Até meados do século XX ainda permaneciam peças de artilharia em Sepetiba, desaparecidas após a Segunda Guerra Mundial (FREITAS, 1986).



Figura 7: Patitiba em Paraty – Peça de artilharia



Figura 8: Detalhe de peça de artilharia – Forte Defensor Perpétuo em Paraty



um longo período sem perigo de guerra acabavam por abandonar seus postos, já que não recebiam soldo nem equipamentos ou armamentos.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos aos pesquisadores que de alguma forma contribuíram para a este trabalho, em especial a Pedro Paulo Abreu Funari, Leilane Patrícia de Lima, Julio Ferreira Valente e Paulo Bava Camargo. As idéias aqui expressas são de inteira responsabilidade dos autores.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, J. V. P. F. 1959. *Seis Séculos de Artilharia*. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército. 527 p.
- ARAÚJO, J. S. A. Pizarro. 1945. *Memórias Históricas do Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro: Instituto Nacional do Livro, Imprensa Nacional, v. 8, 1945, 488 p.
- BARRETO, A. 1959. *Fortificações do Brasil*. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército. 208 p.
- CAMARGO, P. F. B. 2002. *Arqueologia das Fortificações Oitocentistas da Planície Costeira Cananéia/Iguape*. Dissertação de Mestrado em Arqueologia, Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, 2002, 240p.
- CRUXEN, E. B. A. 2009. fortificação medieval como documento histórico arquitetônico e símbolo de poder. *MÉTIS: história & cultura*. 8 (16): 249-265, 2009.
- CASTRO, A. F. C. 2001. Artilharia e Referencia Cultural. *Revista da Cultura*.1 (3), p. 35-39, 2001.
- \_\_\_\_\_. 2006. A Engenharia do Medo. *Revista Nossa Historia*. 3 (27): 26-30, 2006.
- FREITAS, B. 1987. *Santa Cruz. Fazenda Jesuítica, Real, Imperial: Vice-Reis e Reinado*. Rio de Janeiro: Asa Artes Gráficas Ltda, Vol II, 293 p.
- FUNARI, P.P.A; OLIVEIRA, N. V. 2005. Arqueologia em Angra dos Reis, RJ. *Textos Didáticos*, Universidade de Campinas, 55, p. 1-62.
- LIMA, L. P. 2008. *Contribuições para a Arqueologia Histórica em Angra dos Reis: As Fortificações em Ponta Leste - Um Estudo de Caso*. Dissertação de Mestrado, Museu de Arqueologia e Etnologia, Universidade de São Paulo, 2008, 145 p.
- MARTINS, R. V. 2006. *A invasão Francesa ao Rio de Janeiro em 1711 e a Moderna Formação Técnica dos Capitães de Artilharia no Brasil*. Dissertação de Mestrado, Programa de Historia das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2006, 188 p.
- MORI, V. H. 2003. *Arquitetura Militar: Um Panorama Histórico a partir do Porto de Santos*. São Paulo: Imprensa Oficial e Fundação Cultural Exército Brasileiro. 231 p.
- OLIVEIRA, M. M. 2004. *As Fortificações Portuguesas de Salvador quando cabeça do Brasil*. Salvador: Fundação Gregório Mattos. 258 p.
- OLIVEIRA, N. V. 2004. Fortaleza de Piraquara, Angra dos Reis – RJ. *Mneme Revista de Humanidades*, 5, p.124 – 139.
- OLIVEIRA, N. V. & FUNARI, P. P. A. Contribuições da Arqueologia Histórica para o estudo dos assentamentos costeiros sul-fluminenses. *Revista de História da Arte e Arqueologia*, IFCH/UNICAMP. No prelo.
- ORSER JUNIOR, C.E. 2009. *Historical Archaeology*. 2. Ed. New York: Prantice Hall, 2004, 384 p.
- RAMECK, M.J. & MELLO, D. 2004. *Roteiro Documental do Acervo Público de Paraty, 1801-1883*. Câmara Municipal de Paraty, Instituto Histórico e Artístico de Paraty, 2004, 147 p.
- SILVA, F. F. 1991. *Fortificações Brasileiras: Maquinas de Guerra e de Memória*. Tese de Doutorado, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 1991. 265 p.
- TAVARES, A. L. 2000. *A Engenharia Militar Portuguesa na construção do Brasil*. Rio de Janeiro: Biblioteca do Exército Editora, 2000, 218 p.
- VALENTE, J. C. F. *A Artilharia e seu Posicionamento nas Fortificações na Defesa do Litoral*. Monografia de conclusão do Curso de Ciências Sociais, IFCH-Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2010. 52p.





## CAPÍTULO X

---

### “RADIOGRAFIA” DE PARATY EM 1804: ASPECTOS ANTRÓPICOS





# “RADIOGRAFIA” DE PARATY EM 1804: ASPECTOS ANTRÓPICOS

Maria Rosário Bastos<sup>1</sup>, Maria Filomena Melo<sup>2</sup>, Ricardo Basílio<sup>3</sup> e J. Alveirinho Dias<sup>4</sup>

## RESUMO:

O presente trabalho tem por objectivo traçar o panorama de Paraty a partir dos dados apresentados pelo Vice-Rei do Brasil, D. Fernando José de Portugal, ao príncipe regente D. João, dando cumprimento à resolução de 3 de Novembro de 1802, que tinha por objectivo apurar quais as “*vilas e distritos dos Domínios Ultramarinos que pela sua população estado da sua cultura e comercio necessitam para acomodação dos povos e boa administração da justiça que neles se criassem juizes letrados*”. Este documento, guardado no Arquivo Histórico Ultramarino, é bastante completo e tem anexas as respostas das câmaras consultadas, à data de 1 de Janeiro de 1804. Por isso, permite a elaboração de uma análise sincrónica, isto é, a captação de uma espécie de “radiografia” de determinada localidade num momento preciso. O ponto da situação de Paraty nos inícios do século XIX, que nos é facultado pela análise dos documentos, permite-nos apurar e validar informações variadas e valiosas: estrutura demográfica, actividades dominantes, características territoriais costeiras, fisiográficas, geológicas, pedológicas e oceanográficas.

**Palavras-Chave:** Paraty, zonas costeiras, acção antrópica, caracterização socioeconómica

## ABSTRACT:

The present work aims to trace the Paraty panorama based on the document of the Prince Regent D. João (King D. João VI, in the future) that order the Vice King of Brazil, (3<sup>th</sup> November 1802). This mission ordered by the Prince intends to establish what were the “villages and districts of Overseas Areas whose population in its culture and trade need for accommodation of people and proper administration of Justice that judges create literate in them”. The historical source used is stored in the Arquivo Histórico Ultramarino, in Lisbon (Portugal). The documents present a set of fairly complete information. It has annexed the responses of the municipalities surveyed (1<sup>st</sup> January 1804). So, it allows a synchronic analysis, that means, the capture of a kind of “x-ray” of Paraty in 1804.

The State of Paraty in the early 19<sup>th</sup> century that is provided by the analysis of the documents, allows us to refine and validate varied and valuable information: demographic structure, dominant economical activities, coastal territorial features, geological, pedological, geomorphological and oceanographic.

**Keywords:** Paraty, coastal zone, anthropic action, socioeconomic characteristics

1. DCSG, Área de História, Universidade Aberta – Delegação do Porto, Portugal & Centro de Estudos da População, Economia e Sociedade (CEPESE), Portugal, rbastos@univ-ab.pt

2. Instituto de Estudos Medievais (IEM), Universidade Aberta (Portugal), infofil.mail@gmail.com

3. Tagus Atlanticus - Associação Cultural, ricardobasilio.mail@gmail.com

4. CIMA – Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Faro, Portugal, jdias@ualg.pt

## INTRODUÇÃO

A carta que o Príncipe Regente D. João (futuro Rei D. João VI) enviou ao seu Vice-Rei no Brasil, D. Fernando José de Portugal, a 3 de Novembro de 1803 (note-se que o regente permanecia na Metrópole, uma vez que só em 1808, sob a ameaça das invasões francesas, deslocaria a corte para o Rio de Janeiro), ordenava que fosse feita uma consulta no sentido da atribuição de juízes de fora às localidades cuja população e volume das actividades económicas o justificasse. A figura do juiz de fora (também designado “*juiz por el-rei*” ou “*juiz de fora parte*”) não é de somenos. Trata-se de um magistrado régio com ofício da mais elevada confiança, dado ser o representante judicial do monarca ou seu delegado em chefe (no caso do Vice-Rei) no local para onde é nomeado. Era, um magistrado que, ao contrário dos juízes ordinários ou municipais, era designado pelo próprio monarca, estranho ao município, mormente letrado e com grau universitário, que era sustentado com ordenado certo pelos moradores do local para o qual se deslocava, o que também não acontecia com os “*juizes ordinários da terra*” (TORRES, 1992, p. 417). Assim, era uma figura simultaneamente destinada à resolução dos pleitos mais complexos, que envolviam interesses da estrutura do poder central e que, conseqüentemente, assumia um carácter disciplinador, mas também intimidatório. Não é por isso despidendo que numa zona de enseada e para onde confluía o ouro de Minas Gerais, a Metrópole estivesse tão preocupada com a putativa necessidade de se fazer representar permanentemente por um alto magistrado da sua inteira confiança (Figura 1).

Deste modo, não causa espanto algum que D. João ordenasse ao seu valido no Brasil a urgência de: “*ouvindo o ouvidor dessa comarca e as camaras das villas notaveis della me informeis com a precisa individuação dos districtos e villas aonde ainda não ha juizes de fora e que pela sua população de que me remetereis hum mappa exacto e pelo estado da sua cultura e commmercio precizão para commodidade dos povos e boa administração da justiça que nelles se criem de novo semelhantes lugares de magistratura*” (AHU, Conselho Ultramarino, cx. 225, doc. 15424, p. 2). Na ordem régia está contida esta indicação expressa de que fossem elaborados “*mapas exactos*” com os dados populacionais recolhidos porque era precisamente a questão do acesso à justiça por parte das populações locais que está

na base desta intervenção” (*Idem*). Vejamos: este seria o mote, compreensível e louvável. Porém, logo adiante no diploma régio se acrescenta: “*sendo-me presente em consulta do meu conselho ultramarino de sete de Agosto do ano proximo passado [1801] que o aumengto da população e riqueza de diversas villas e distritos dos meus dominios das americas* [o destaque a negrito é da responsabilidade dos autores] *multiplicando as relaçoens e complicando os interesses dos seus abitantes tem feito indispensavel que para a conservação da sua tranquilidade interior e para a mais prompta, commoda e legal [dec]isão de seus pleitos e desavenças*” (*Idem*). Ou seja, o aumento da população e riqueza da região torna imperioso que as autoridades passem a ser mais vigilantes face aos seus direitos e impostos.

Na sua resposta, o Vice-Rei esclarece que a ordem fora divulgada às autoridades locais a quem competia recolher e organizar a informação pretendida: “*Tendo mandado ouvir as câmaras das principais villas e o ouvidor desta comarca, expedi também ordem ao da Ilha de Santa Catarina, por ser subordinada a esta capitania, e porque ignorava que V. A. havia determinado ao Governador informasse também sobre este assunto*”.

Este conjunto documental, que se conserva no Arquivo Histórico Ultramarino de Lisboa (AHU, Conselho Ultramarino, cx. 225, doc. 15424) e ao qual foi atribuído a data mais recente de 9 de Março de 1805, data da resposta enviada pelo Vice-Rei, é constituído não só pelas cópias das ordens régias e do ofício da resposta remetida pelo Vice-Rei, como também uma longa reflexão do ouvidor da comarca, José Albano Fragoso, sobre os assuntos em causa e ainda anexa as respostas recebidas das câmaras consultadas que, por sua vez, incluem informação descritiva e os mapas compilando os dados requeridos, tudo devidamente acompanhado de um ofício emitido pelas autoridades municipais (1 de Janeiro de 1804), que é portanto a data de referência dos dados nelas contidos (*Idem*, 2 e seg.). Não obstante, entre a ordem imperial e as respostas compiladas e enviadas pelo Vice-Rei medeiam 3 anos (1802-1805). É bem certo que a tarefa era complexa e incluía um levantamento tão meticuloso quanto possível, mas interesses vários poderão ter dilatado a resposta para além do tempo realmente necessário para inquirir o que era suposto. Utilizamos intencionalmente a palavra “inquirir” porque “*mutatis mutandis*”, a carta do Príncipe regente, nos seus propósitos, em muito

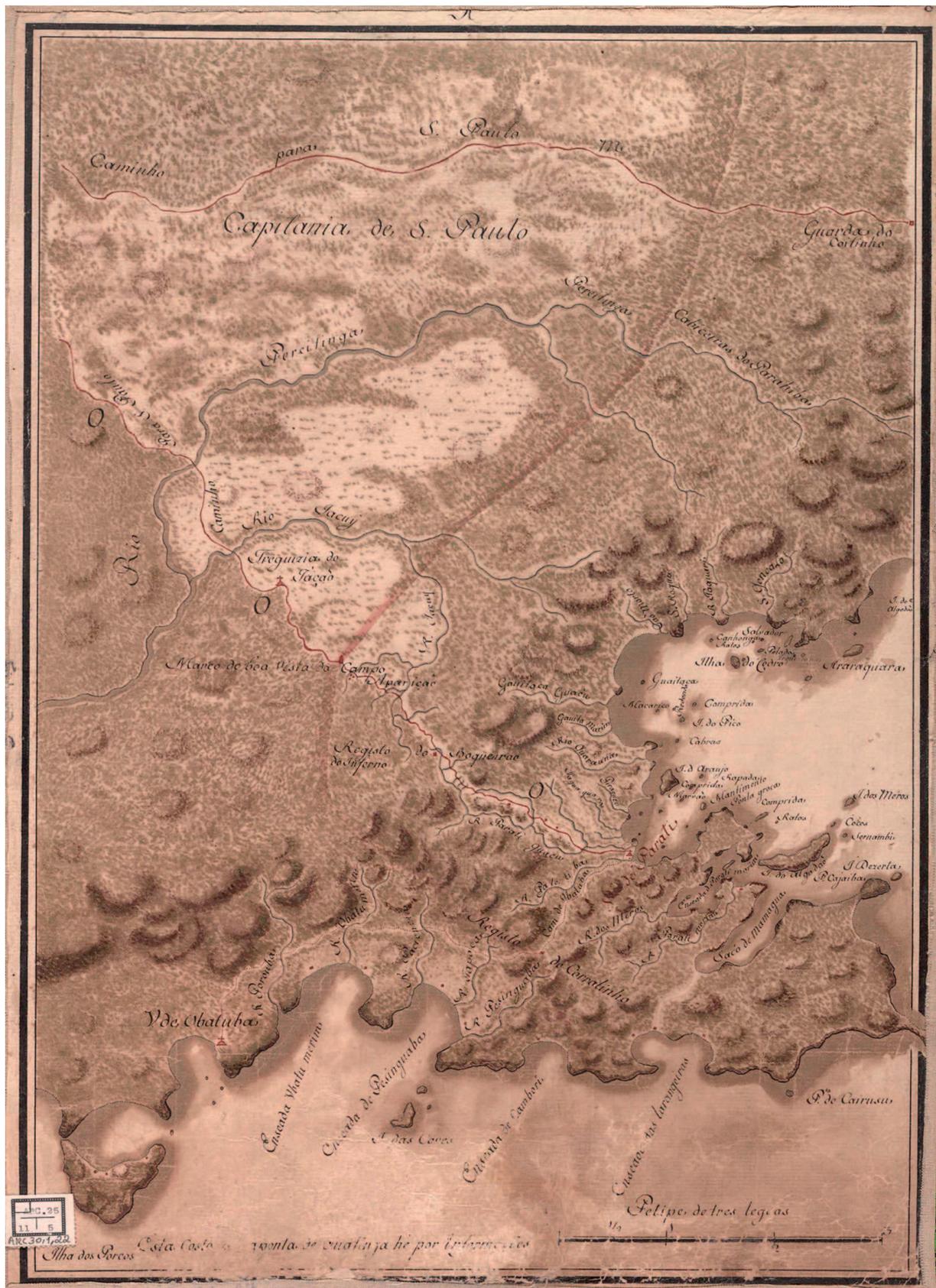


Figura 1: Representação de Paraty em 1761. Manuel Vieira Leão – Cartas topográficas da antiga capitania do Rio de Janeiro (adap.)

nos lembra as vetustas Inquirições Régias praticadas na Metrópole desde os remotos tempos de El - D. Afonso II de Portugal (1185-1223). Imbuídas de um espírito de centralização do poder administrativo e correcção de abusos e usurpações perpetrados por nobres e eclesiásticos lesando a fazenda real, tiveram estas por base a correcção e recuperação de direitos e bens (móveis e de raiz) sonogados ao tesouro, que na altura ainda não era propriamente público, mas sim monárquico, uma vez que não existia a clara distinção do que era património do rei e património do estado, segundo Hespanha (1982). Entretanto, a noção de centralismo régio seguiu já o seu percurso, não só em Portugal como por toda a Europa Ocidental, ao ponto de ter atingido a extremada fase do absolutismo (de que foi ícon Luís XIV de França e a sua famosa frase “*L’État, c’est moi*”), ou da igualmente despótica, mas mais subtil e “requintada” fase do absolutismo esclarecido, decorrente dos ideais iluministas da segunda metade do século XVIII, de que são emblemáticas, só para dar alguns exemplos, as figuras de Frederico II da Prússia, Catarina II da Rússia, Carlos III de Espanha ou, mesmo, do Marquês de Pombal em Portugal, que embora não fosse rei era, *ipso facto*, o ministro de D. José I que implementava as práticas políticas coevas.

Por conseguinte, se pretendermos reputar a ordem régia emanada da Metrópole, podemos afirmar que ela incorpora uma série de experiências e conceitos quer de centralização do poder, quer de inquérito sobre suspeitas de usurpação de gentes e haveres e, concomitantemente, de foros e sempre os foros da coroa! Fora uma espécie de inquirição destinada a uma parte do império luso onde “explodem” gentes e haveres em Terras de Vera Cruz. Aliás, é absolutamente normal: o crescimento demográfico e económico implicam o crescimento da estrutura administrativa e judicial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como atrás foi referido, o cumprimento da ordem era necessariamente moroso, uma vez que exigia que se reunisse uma série de estruturas, como fosse a requisição de pessoas para fazer a montagem e levantamento do inquérito o qual se direccionava para aspectos tão distintos como informações de carácter administrativo, dados históricos, geográficos, demográficos e económicos, incidindo estes últimos sobre o volume e natureza das

principais actividades locais. Talvez por isso mesmo, a câmara de Paraty justifica no ofício de 21 de Janeiro de 1805 que: “*Não pudemos com mais brevidade conseguir a execução deste negócio tão recomendado por V. Ex<sup>a</sup> porque nos foi preciso recorrer ao sargento-mor comandante para mandar aos capitães de milícias que nos distritos de suas companhias tirassem o número da população, por ser este distrito muito extenso*” (*Idem*, 40).

Não obstante, a meticulosidade como os dados foram compilados, o método e a procura de rigor na recolha e registo das informações, por parte das autoridades consultadas, aponta para uma credibilidade de informes que nos leva, a partir deles, a esboçar uma caracterização das localidades aí mencionadas, segundo um modelo que cada uma adoptou, com pequenas variantes, mas apresentando as informações requeridas.

Deixando de parte os documentos respeitantes às outras localidades inquiridas, passemos a uma análise da informação sobre Paraty, começando pela exposição feita pelo ouvidor da comarca, na passagem em que incide sobre o historial da localidade. Nele se revela que a vila de Nossa Senhora dos Remédios de Paraty se converteu “*de livre arbitrio no título de vila em 1654, com insígnias, formação e sem autoridade e aos 26 de Julho restituída pelo ouvidor geral João Velho de Azevedo, nos limites da obediência à Ilha Grande que se tinham esquivado*”. Nesse sentido, ergueu o seu pelourinho (símbolo inequívoco de autonomia autárquica) em 1660 “*a rogos do preeminente capitão Domingos Gonçalves de Abreu tendo por termo até S. Gonçalo, sendo governador Salvador Correia de Sá*” (*Idem*, 22).

### 1. Paraty, 1805 - geografia, história, economia

Na aludida carta do ouvidor foram mencionados aspectos da geografia de Paraty, à luz das referências utilizadas à época, como a hidrografia do território (com a menção dos seus vinte e sete rios não navegáveis); a topografia “*três planícies*” e “*uma única serra a cercála pelo poente que se chama do Mar e é parte da que abraça toda a capitania com vária nomenclatura*” (*Idem*, 23); e, não obstante o autor enalteça, como é próprio do estilo, os aspectos mais notáveis da localidade que oferece, como diz “*um prospecto risonho*”, não deixa de sublinhar o problema decorrente da implantação de Paraty numa planície costeira abaixo do nível médio das águas do mar: “*a situação não é, contudo, a mais saudável*

*por inferior ao nível do mar, sofrendo inundações e ficando as águas estagnadas em esgoto, o que tem remédio fácil” (Idem, 23), embora não refira qual fosse esse remédio, o que seria interessante ter registado (Figura 2).*

Apesar dos óbices decorrentes da situação atrás descrita, o facto é que o enquadramento geográfico costeiro de Paraty - a que o ouvidor se refere - forneceu à vila as condições para se tornar num porto por excelência,



Figura 2: Vila de Parati por Jean Baptiste Debret em 1827. Quarenta Paisagens Inéditas do Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina. Companhia Editora Nacional, São Paulo 1970

servindo de entreposto comercial para a troca de produtos europeus com os das regiões confinantes - Minas Gerais, Santos e São Paulo - pontuando na chamada rota do ouro e pedras preciosas que, provenientes de Minas Gerais, ali chegavam para serem enviados para Portugal (Figura 3).

Mesmo depois do declínio da exploração aurífera de Minas, o porto de Paraty continuou a ser muito utilizado pelos tropeiros de São Paulo e Minas Gerais que, dali, enviavam os seus produtos, sobretudo para o Rio de Janeiro.

Nas palavras do ouvidor, a vila era um “*foco do comércio interno do continente, próxima ao mar [...] guarnecendo seu porto as embarcações costeiras, que todas ali ancoram.*” (Idem, 22-23) E especifica: “*Enquanto porém a seu comércio, não posso dar cálculo nem mesmo por aproximação por não ter alfândega, nem livros de*

*que se extraia o conhecimento razoável da importação e exportação, sendo certo que nesta vila se faz a permuta dos géneros que baixam de Minas, Santos e S. Paulo, levando os géneros europeus, com preferência o sal que as embarcações de Pernambuco trazem, levando em troca farinha e mais mantimentos*” (Idem, 25).

As autoridades municipais de Paraty, sobre o mesmo assunto, procuraram esboçar um cálculo do volume do comércio da vila, embora não especifiquem a fonte em que se basearam e, a esse propósito, referiam: “*Entram nesta vila, uns anos por outros, de negócio marítimo vindo da cidade do Rio de Janeiro e de outros portos, cinquenta e nove contos de reis que se consome nesta mesma vila. Dela se exporta para as capitânicas de S. Paulo e Minas, para onde segue uma estrada geral [estrada real]. Exporta-se desta vila para a cidade do Rio de Janeiro e outros portos, uns anos por outros, de negócio interior*



Figura 3: De Paraty a Magé: o segmento de comarca em causa.

*vindo das capitânicas de S. Paulo e Minas sessenta contos de reis em toucinho, açúcar e fumo, além do que fica nesta mesma vila” (Idem, 43).*

Contudo, ambas as fontes são concordantes quanto ao facto de Paraty ser um porto de grande dinâmica comercial.

É exactamente por ter em conta esta exposição de Paraty enquanto zona costeira, por um lado favorável ao comércio, por outro vulnerável à pirataria, que o ouvidor considera: *“Torna-se indispensável a existência de um magistrado sobretudo para coibir as embarcações estrangeiras aí frequentes honestando-se com a capa da necessidade e recursos de hospitalidade abusando do sagrado do direito das gentes, infestando a costa com contrabandos tão difíceis de vedar” (Idem, 25).* Esta questão do contrabando e pirataria não é despicienda, sendo até abundantemente corroborada por outras fontes documentais coevas, nomeadamente por documentação também do Conselho Ultramarino, que se conserva no mesmo fundo. Alguns casos de pirataria ou tentativas irregulares de abordagem deste porto de Paraty espelham-se em processos complexos, com implicações diplomáticas até, e que se arrastaram

durante anos, como o do navio Boa Viagem, ocorrido na última década do século XVIII, ou seja, com uma grande proximidade no tempo relativamente à época em que o ouvidor elabora este relatório (AHU, Conselho Ultramarino, cx. 161, doc. 12072; cx. 163, doc. 12194; cx. 172, doc. 12736; cx. 177, doc. 12989).

É que, em boa verdade, embora não tenham existido áreas de mineração aurífera no estado do Rio de Janeiro, diversas foram as consequências e reflexos no seu território do período mais dinâmico da extracção de ouro, ou seja, o século XVIII. O Rio de Janeiro terá nos seus limites importante fracção do percurso do ouro e será o local de embarque do mesmo para Portugal e de desembarque de escravos e produtos para o interior (Figura 4).

Os caminhos oficiais por que passava o ouro, entendidos como aqueles que tinham guardas e/ou casas de registo e eram reconhecidos pela Coroa portuguesa, eram três, listados segundo sua ordem cronológica:

1. **Caminho Velho do Ouro** (de Paraty até Minas, passando por São Paulo);
2. **Caminho Novo do Ouro ou Caminho de Garcia Rodrigues Paes** (indo do Porto do Pilar, hoje

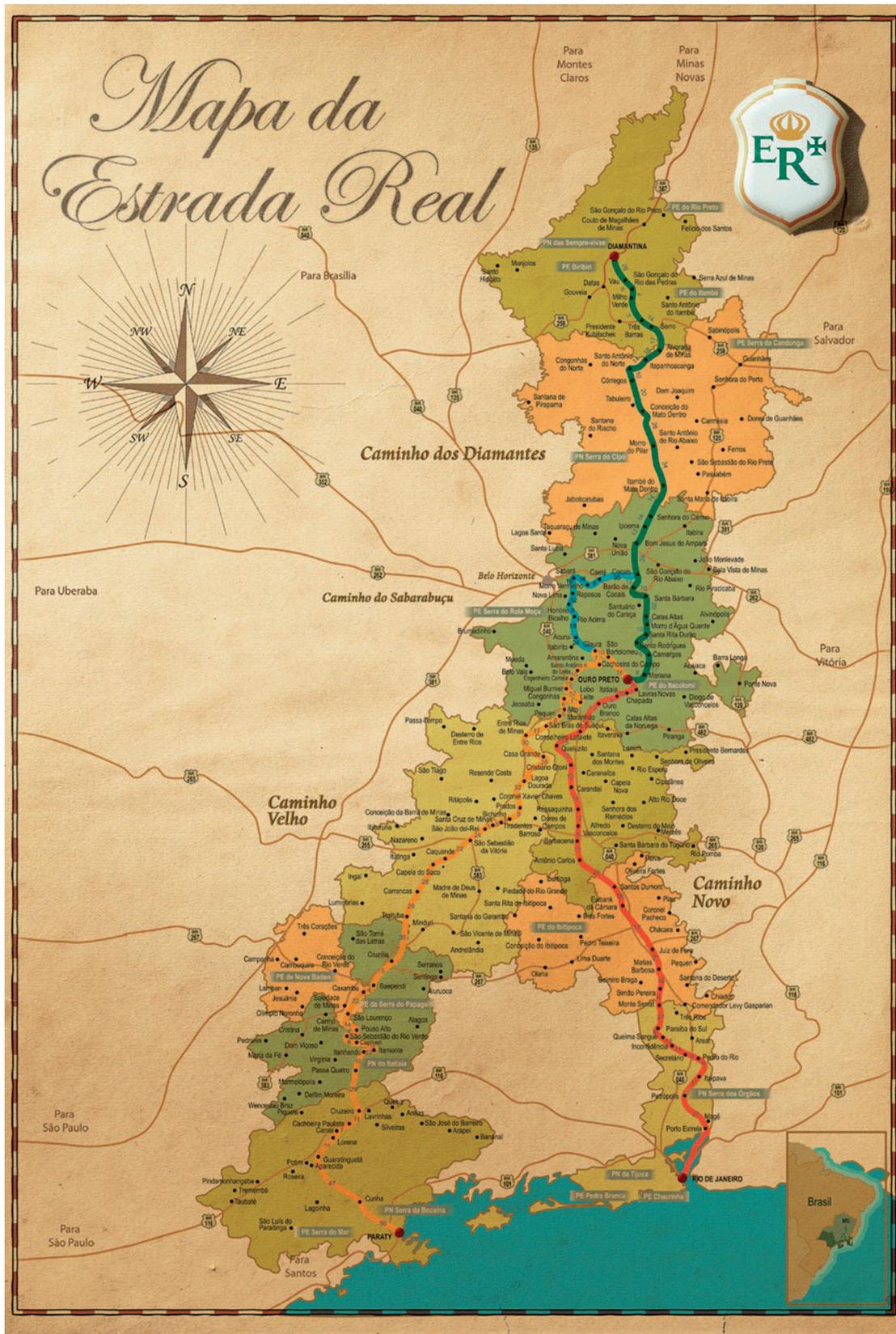


Figura 4: Mapa da estrada Real (caminho do ouro e dos diamantes). Disponível em <http://www.instituto.cidadeviva.org.br/inventarios/sistema/wp-content/uploads/2008/06/oscaminhosantigos.pdf> (acedido em Janeiro de 2013).

Duque de Caxias, até Minas);

3. **Variante do Caminho Novo** ou **Variante do Proença** (indo do Porto Estrela, atualmente Magé, até encontrar o Caminho Novo na região do rio Paraíba do Sul).

Cumprindo ainda o propósito de traçar um panorama da dinâmica económica da região e das exigências que tal acarretava relativamente ao exercício da justiça, o ouvidor dedica-se a analisar as actividades agrícolas, descrevendo o tipo de culturas praticadas e a sua rendibilidade financeira e o movimento mercantil da região, já que embora recensando 42 artífices, não especifica qualquer das suas profissões, nem faz nenhuma menção ao sector secundário, salvo no que respeita aos engenhos de açúcar e alambiques de aguardente, como adiante se verá.

Sobre o sector agrícola, o autor critica a ganância de alguns proprietários: *“Esmoreceu muito a cultura nesta vila e são a maior parte dois os motivos: o cansaço da terra por não ter onde se dilatam (falta de adubos já se torna ingrata); o desejo de enriquecer depressa faz o segundo por se darem a plantar canas em lugar impróprio e sem escolha. Neste vício caíram os plantadores de cana no saco de Mamanguá, Cajuíba, e Costa do Cairuçu, e do rio Taquari até Manbucaba, que não produzindo por impróprias deixaram seus proprietários perdidos, o que não sucedia em mantimentos.”*

Na informação enviada pelas autoridades de Paraty, os dados são lacónicos: *“Importa a agricultura desta vila, uns anos por outros, trinta e nove contos de reis, tão somente em aguardente e açúcar que se exporta para a cidade do Rio de Janeiro e outro diferentes portos pois todos os mais mantimentos se consomem na sustentação dos povos deste país”* (Idem, 24).

O ouvidor não deixa passar em branco esta escassez de dados e comenta que a Câmara considerou insignificantes os valores da produção agrícola local, mas fê-lo por abordar o problema de forma redutora, não tendo em conta que Paraty produzia não só para si como também para vender a comerciantes e abastecer os navios, o que não diz abertamente, mas está implícito por outras referências: *“A colheita que a câmara dá sem valor pelo consumo dos cultores merece sua contemplação pois é axioma que toda a terra sustenta o número proporcionado de habitantes quando a cultivam. Dá-se aqui grande número de consumidores externos quais os agentes de*

*comércio e se para todos não basta a produção não deixa de ser vendida grande parte, pois o ano passado se verificara em dez mil alqueires de farinha que equivale a cinco mil sacos e a 1280 são a 6.400\$000 e o café, arroz, etc. deu 2.103\$840, andando o feijão por igual soma em cálculo. Nos sete engenhos falha o do açúcar pois anos comuns produz só dez mil e quinhentas arrobas que a 1680 faz 2.520\$000. Na aguardente, ao contrário, tem progresso e, sobretudo, na manipulação que lhe segura de aumento, sete mil reis em pipa sobre as demais [...]. Deve regular-se a mil e seiscentas pipas por ano, que a trinta e dois mil reis faz este artigo 51.200\$000, sendo a soma de tudo 64.327\$680 reis. Esta a resulta da produção calculada”* (Idem, 24-25).

Identificadas as produções locais: farinha, café, arroz, feijão, açúcar e aguardente, o destaque, pela positiva, vai pois para crescimento da produção de aguardente, em detrimento dos demais artigos. O ouvidor remete para os especialistas a afirmação científica das causas do sucesso desta produção crescente de aguardente: *“Os químicos talvez descubram examinando a causal da melhoria se do terreno, das águas, ou das lenhas ela provem”* (Idem, 24).

Seja qual for o segredo do incremento desta produção de aguardente, o facto é que ela leva alguns autores a assumir que, aqui, em Paraty, o “ciclo do ouro” foi substituído pelo “ciclo da aguardente”.

Voltando a recorrer às informações fornecidas pelos outros documentos do Conselho Ultramarino, que também se encontram neste mesmo Arquivo é possível corroborar esta percepção quanto à mudança de orientação do objecto económico principal da região. Especificamente sobre Paraty na cronologia próxima das datas a que nos reportamos, essa outra documentação permite-nos verificar que, ao longo da primeira metade do séc. XVIII, entre 1703 e até 1757 predominam os documentos cuja temática principal gira em torno do ouro - mais precisamente dez dos treze documentos ou processos documentais compreendidos nestas datas. Posteriormente, e até próximo da data em estudo, isto é, na segunda metade do séc. XVIII e até aos alvares do XIX, não há mais nenhuma referência ao ouro e predominam os processos de licenciamento de sesmarias, o que traduz quão intenso se tornou o movimento de arroteamento de terrenos concretamente com vista à criação de explorações agrícolas vocacionadas sobretudo para a plantação de cana e instalação de engenhos para produção de aguardente. Neste período, concretamente

nos cerca de cinquenta anos que medeiam entre 1756 e 1807, mas com maior frequência entre a última década do século XIX e os primeiros anos do século seguinte, há registo, nas fontes consultadas, de 10 pedidos de terras de sesmaria para este fim, em toda a extensão do território de Paraty, sendo comum alegar no requerimento o facto de já se ter construído o engenho (v. a este respeito peças dos processos do capitão José da Silva Mariz ou de Rosa Maria do Rosário que se conservam, respectivamente, em AHU, Conselho Ultramarino, cx. 145, doc. 11262 e cx. 219, doc. 15099).

Nas suas alegações finais, e tendo sempre presente o propósito de evidenciar as vantagens de colocar um magistrado na vila, o ouvidor tece algumas interessantes considerações gerais sobre o facto de Paraty, tal como toda a América, estar numa fase de expansão e crescimento a que um efectivo exercício da justiça só poderia beneficiar, nomeadamente contribuindo para a erradicação dos males de que aquela jovem sociedade já enfermava. Para tal, recorre mesmo a uma fundamentação erudita radicada nas doutrinas económicas de Adam Smith, apostando em reformas institucionais, que passariam, em seu entender, por alterações no quadro jurídico, fiscal e económico. Para a Paraty do ouvidor, o magistrado seria só a primeira conquista. *“O julgado letrado tem nestas duas vilas justo emprego e atrevo-me a propor com vantagem pública a anexação da vila de Resende que pelo rio Pirai dá as mãos ao termo da Ilha Grande, sem que tema a vista da extensão, já porque a América está ainda na sua infância, pois a cultura é na razão da sua povoação lesta na razão daquela; já porque assim cessa o motivo que traz em movimento o povo da vila novamente erecta; já porque segundo Smith [citação de Adam Smith, a partir de uma tradução francesa, segundo autor, na sua nota 44, que refere: “Recherche sur la richesse des nations, liv. 4, ch. 6, deuxième partie”] cada colono tomou mais terras do que precisava porque não paga renda, nem taxa, não tira a vantagem própria e reveza anualmente e por isso a dimensão das léguas não deve fazer impressão e quando variarem as circunstâncias se fará a reparação” (Idem, 25-26).*

Assim, até meados do século XIX, os padrões socioeconómicos da região mantêm-se vigorosos graças ao desenvolvimento de uma economia de subsistência direccionada para o comércio local, a qual se sobrepôs à dependência do mercado internacional, com especial destaque para o português.

Estrategicamente posicionada, Paraty conseguiu fazer valer potencialidades. Esta é uma das causas explicativas da sua independência face a Angra dos Reis, depois de um atribulado processo litigioso entre ambas as localidades. Contudo, em 28 de Fevereiro de 1667, o rei D. Afonso VI, considerando o crescimento e a superioridade económica de Paraty, passou o povoado para condição de vila, com o pomposo nome de Vila de Nossa Senhora dos Remédios de Paraty (*A colonização de Paraty*, disponível em <http://www.paraty.tur.br/colonizacao.php>, acedido em Janeiro de 2013).

## 2. Análise demográfica

A partir da conjugação das informações dos dados apresentadas por José Albano Fragoso, o ouvidor da comarca, com os dados compilados e apresentados pela câmara de Paraty e apresentados nos mapas de população que tinham sido pedidos pelas autoridades imperiais, conseguimos um apreciável nível de pormenorização na análise da composição demográfica da freguesia única da vila de Paraty; a saber, o número de fogos e habitantes, com especificações etárias (maiores ou menores de idade, consoante têm mais de 14 anos, segundo o critério seguido em Paraty que não é o mesmo de Angra, por exemplo), étnicas (pretos, brancos, pardos e índios, segundo a terminologia do mapa populacional), com indicação da sua condição de livres, libertos ou escravos, diferenciação por sexos e distribuição por profissões (Figura 5).

No texto do ouvidor há mesmo a análise de alguns dados demográficos com a apresentação das respectivas conclusões: o crescimento vegetativo ou natural, calculado sobre a diferença entre taxa de natalidade e taxa de mortalidade (*“sendo os nascidos para com os mortos na razão de 1/3 de vantagem”*); o rácio entre população livre e população escrava *“sendo os livres para os escravos como nove décimos (9/10)”*.

Porém, precisamente porque pertencera a Angra (até 1667, como atrás ficou dito), e esta também foi objecto de arrolamento demográfico na documentação que vimos seguindo, ensaiou-se uma análise comparativa entre os dados concernentes às duas vilas, neste período. Além disso, a recolha de dados feita pelas respectivas câmaras e enviada ao Vice-Rei segue um modelo muito semelhante, nestes dois casos de Paraty e Angra, o que permite mais facilmente compará-las. Aliás, embora



Figura 5: Mapa da população do distrito da vila de Paraty (AHU, Conselho Ultramarino, cx. 225, doc. 15424, p. 43).

noutras localidades o modelo de resposta fosse parecido, porque respeita os tópicos requeridos, neste caso a forma é tão próxima que leva a pensar que terá havido mesmo uma troca de informações entre as autoridades destas vilas sobre o modo de apresentar a resposta.

Do total da população - 6104 habitantes - subtraídos os escravos, “deduzidas as mulheres e os menores restam de livres 1056, de que são vinte clérigos, onze empregados na justiça, quarenta e dois artifices, vinte e quatro em comércio e vinte e nove em o de mantimentos, cinquenta pessoas de fora em barcos [...] seiscentos e oitenta e quatro lavradores” (Idem, 23-24). Pelas contas do ouvidor, fica por revelar apenas a ocupação de 196 dos 1056 homens adultos livres (brancos, pardos ou pretos) de Paraty (Figura 6).

Quanto aos dados demográficos, em ambas identificam-se os indivíduos por sexo, raça, estatuto (livre ou escravo) e idade, com a particularidade (não explicável) de não haver qualquer menção a índios, na recolha de Paraty; além desta diferença surpreendente, há uma pequena variante no critério de identificação dos menores do sexo masculino, considerando-se os de

Paraty, com 14 anos ou menos e os de Angra com 16 anos, ou menos; contudo, esta pequena diferença, não se traduz numa variação significativa da proporção entre jovens e adultos, em ambas as localidades (Figura 7).

Outro dado significativo é o facto de, nos dois casos, a população branca representar cerca de 50% do conjunto populacional; mais ainda, o facto de, na população branca, o número de mulheres adultas exceder o número de homens, também em ambas as vilas, o que é uma clara inversão do que fora o quadro demográfico característico do Brasil desde o século XVI.

Relativamente à organização da vida doméstica há uma diferença assinalável quanto à constituição dos fogos. Percebe-se que a população de Angra é cerca de o dobro da de Paraty, mas o número de fogos é aproximadamente uma vez e meia superior, em Angra, o que significa uma maior lotação dos núcleos habitacionais nesta vila comparativamente a Paraty.

Em síntese, podemos ressaltar que numa análise que contraste a população de Paraty e Angra, nos inícios do século XIX, se torna evidente que:

1. Há um critério diferente na identificação dos

*Mapa da População do Distrito da Villa d'Angra dos Reis da Ilha Grande.*

Epopi de Junho 1804	Branco				Indio				Pardos Libertos				Pardos Escravos				Pretos Libertos				Pretos Escravos				Rezumo				Fogos
	Homens	Mulheres	Mulheres	Mulheres	Homens	Mulheres	Mulheres	Mulheres	Homens	Mulheres	Mulheres	Mulheres	Homens	Mulheres	Mulheres	Mulheres	Homens	Mulheres	Mulheres	Mulheres	Homens	Mulheres	Mulheres	Mulheres	Homens	Mulheres	Mulheres	Mulheres	
	4675	988	1823	895	52	89	95	90	304	240	384	177	112	47	125	44	206	125	163	139	1671	516	1381	498	3960	1999	3971	1777	
<b>Total</b>	5.261				320				1090				328				633				4066				11.707				1521

*Observações.* Os homens abaixo dos 6 annos, e as Mulheres de menos de 12, são os menores.  
 Nos annos de mayor Comercio entrão neste Distrito 60 Contos de Reis em dinheiro de Portugal. 60000 \$000.  
 E portanto no anno 1803 pelo preço do Paiz em dallas, aquaada, Café, e outros. 62.352 \$000.  
 Diferença favoravel. 2.352 \$000.  
 Evidencia a favor da differença q' se acha neste anno a favor do Paiz em dallas, e em dallas de bons preços em q' estão os artigos generaes, q' se vendem aqui, e em dallas  
 de sempre he por tanto.  
 Dado em Angra dos Reis a 15 de Junho de 1804. João Cordeiro Barboza Juiz do Distrito. António José Loureiro de Sá Juiz de Fora. Maria Anna de Sá Juiz de Fora.

Figura 6: Mapa da população do distrito da vila de Angra dos Reis da Ilha Grande (AHU, Conselho Ultramarino, cx. 225, doc. 15424, p. 41).

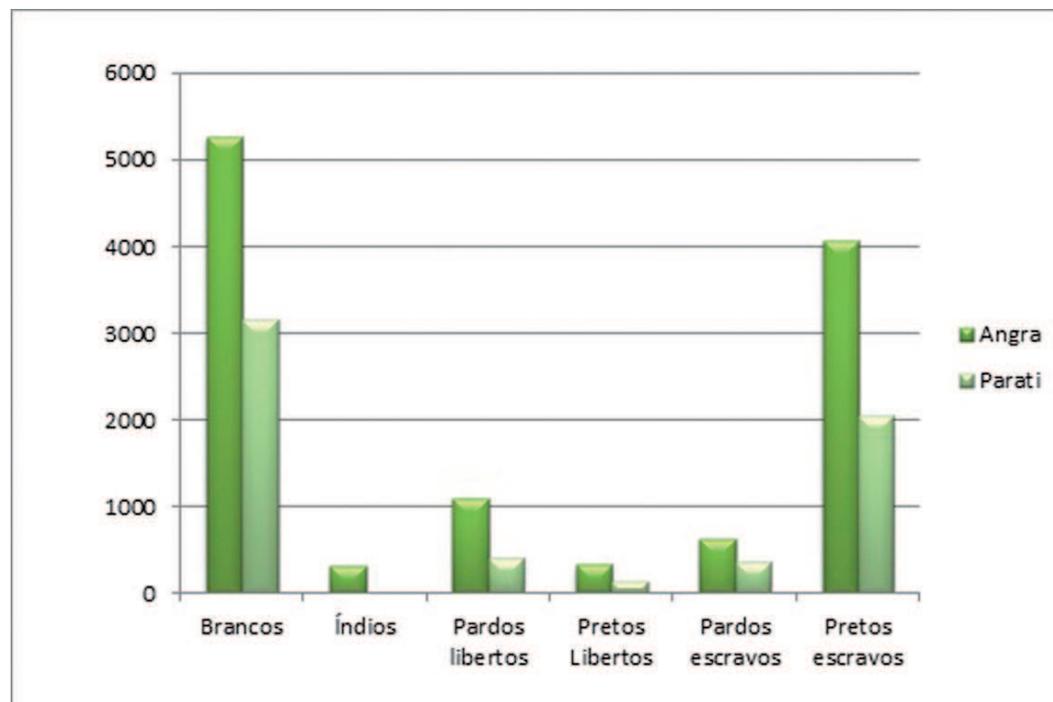


Figura 7: Distribuição da população por etnias e estatuto.

- menores do sexo masculino, considerando-se os de Paraty, com 14 anos ou menos e os de Angra com 16 anos, ou menos (contudo, tal não altera significativamente a proporção jovens/adultos em ambas as localidades).
2. A população de Angra é aproximadamente o dobro da de Paraty, mas o número de fogos é apenas cerca de 1,5 superior.
  3. Em Paraty há mais brancos (52%) do que em Angra (45%).
  4. Nos dois casos, a população branca representa cerca de 50% da população total.
  5. Na população branca, o número de mulheres adultas excede o nº de homens (clara inversão do quadro demográfico do Brasil desde o séc. XVI).
  6. Em Paraty há 9,1% de libertos e em Angra apenas 3,6%.
  7. Em Angra há índios (embora apenas 2,7%) e em Paraty estes não são referidos.

## CONCLUSÃO

Recorde-se que o propósito desta carta, que serviu de fonte principal para o desenvolvimento do presente estudo era, em resposta à solicitação régia, averiguar da necessidade e número de juizes de fora necessários ao bom funcionamento da comarca. O ouvidor da comarca, José Albano Fragoso (em ofício que também anexa) depreende que “se manifesta necessidade de serem dois juizes de fora, um para as vilas de Santo António de Sá e Magé, outro para as vilas da Ilha Grande, Paraty e Resende” (*Idem*,3).

- A estrutura populacional estaria relacionada com as actividades dominantes, as quais eram condicionadas por 3 eixos principais: geologia (Serra do Mar, caminho do ouro); geologia/pedologia (cana, cachaça); geologia costeira (posicionamento e relacionamento com a laguna e sua fisiografia).
- A localização de Paraty permitiu que fizesse valer as suas potencialidades. Esta foi, seguramente, uma das causas explicativas da sua independência face a Angra dos Reis, depois de um atribulado processo litigioso entre ambas.
- Paraty está no “fundo” da baía e Angra mais na parte mediana, pelo que teria a defesa relativamente facilitada aquando de ataques de piratas e corsários.

- Mesmo depois do declínio da exploração aurífera de Minas, o porto de Paraty continuou a ser muito utilizado pelos tropeiros de São Paulo e Minas Gerais que, dali, enviavam os seus produtos, sobretudo para o Rio de Janeiro.
- Até meados do século XIX, os padrões socioeconómicos da região mantêm-se vigorosos graças ao desenvolvimento de uma economia de subsistência e direccionada para o comércio local, a qual se sobrepôs à dependência do mercado internacional (com especial destaque para o português).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### Fontes

AHU, Conselho Ultramarino, cx. 145, doc. 11262  
 AHU, Conselho Ultramarino, cx. 161, doc. 12072  
 AHU, Conselho Ultramarino, cx. 163, doc. 12194  
 AHU, Conselho Ultramarino, cx. 172, doc. 12736  
 AHU, Conselho Ultramarino, cx. 177, doc. 12989  
 AHU, Conselho Ultramarino, cx. 219, doc. 15099  
 AHU, Conselho Ultramarino, cx. 225, doc. 15424

### Bibliografia

- A colonização de Paraty*, disponível em <http://www.paraty.tur.br/colonizacao.php>, (acedido em Janeiro de 2013)
- ALMEIDA, FERNANDO FLÁVIO MARQUES & CARNEIRO, CELSO DAL RÉ. 1998. Origem e Evolução da Serra do Mar, *Revista Brasileira de Geociências*, 28(2):135-150, Junho de 1998.
- BRAGA, ALENCAR SANTANA. 2008. O Poder Político do Município no Brasil Colónia, *Revista Brasileira de Direito Constitucional – RBDC*, n. 12 – jul./dez., 2008.
- Diccionario Geographico Histórico e Descriptivo do Imperio do Brazil, Tomo II, Pariz, 1845, p.242-244.
- HESPANHA, ANTÓNIO MANUEL. 1982. *História das Instituições. Épocas medieval e moderna*, Coimbra, Almedina, 1982.
- MORAES, A. J. DE Mello. 1858. *Corographia Histórica, Chronographica, Genealógica, Nobiliária, e Política do Imperio do Brazil*, Tomo I, Rio de Janeiro, Typographia Americana de José Soares de Pinho,

- 1858, p.235.
- NASCIMENTO, FLÁVIA BRITO. 2006. Desenvolvimento Territorial dos Caminhos Singulares do Estado do Rio de Janeiro: inventário dos bens culturais imóveis do Caminho do Ouro, in [http://www.casaruibarbosa.gov.br/dados/DOC/palestras/memo\\_info/mi\\_2006/FCRB\\_MemoriaInformacao\\_FlaviaBritoNascimento.pdf](http://www.casaruibarbosa.gov.br/dados/DOC/palestras/memo_info/mi_2006/FCRB_MemoriaInformacao_FlaviaBritoNascimento.pdf) (acedido em Março de 2012).
- RONCO, ADRIANA PATRÍCIA & SILVA, GIOVANNI CODEÇA. 2010. Puerto de Paraty: Vías de comunicación económica entre la región de las Minas y la Provincia de Rio de Janeiro. In SIMPOSIO 1. Medios de transporte y vías de comunicación en la formación económica regional y los sistemas económicos nacionales en los siglos XIX y XX, In: SEGUNDO CONGRESO LATINOAMERICANO DE HISTORIA ECONÓMICA, México, 2010.
- SANTOS, DEISIANE RODRIGUES. 2009. *A variação do /s/ posvocálico na fala de Petrópolis, Itaperuna e Paraty*, Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro, UFRJ, 2009, pp.31- 33.
- SOUZA, ROSALE DE MATTOS & SOUZA, CLARICE MUHLETHALER –Caminhos da História – Sujeitos da Memória: um construto do conhecimento através do arranjo documental e da descrição arquivística, in<http://www.uff.br/patrimoniosdeparaty/II%20CNA%202006.pdf> (acedido em Março de 2012).
- TORRES, RUY D'ABREU. 1992. *Juízes de Fora, Dicionário de História de Portugal*, (coord. Joel Serrão), vol. III, Porto, Livraria Figueirinhas, 1992, p. 417-418.





## CAPÍTULO XI

---

### “COMO ERA VERDE O MEU VALE...” PEDRAS, LOUÇAS, VIDROS, CACHIMBOS: VESTÍGIOS DO MUNDO RURAL NO RIO DE JANEIRO NO SÉCULO XIX





“COMO ERA VERDE O MEU VALE...”  
PEDRAS, LOUÇAS, VIDROS, CACHIMBOS: VESTÍGIOS DO MUNDO  
RURAL NO RIO DE JANEIRO NO SÉCULO XIX

Paulo Seda<sup>1</sup>

RESUMO

Levantamentos arqueológicos desenvolvidos em função de empreendimento de instalação de dutos de gás da PETROBRAS (Projeto GASDUC) revelaram, no atual Município de Silva Jardim, Rio de Janeiro, evidências de uma história muito mais rica e densa, do que hoje demonstra a situação do Município. Dentre estas evidências destaca-se o encontro e a escavação de uma casa de fazenda do século XIX, no atual e diminuto distrito de Gaviões (antiga Freguesia de Nossa Senhora da Conceição dos Gaviões transformada em 1860 em distrito de Nossa Senhora da Lapa do Capivari – 1801-que deu origem ao Município). Os dados iniciais apontam que na propriedade, produzia-se aguardente, que dali era enviada para o porto fluvial de Porto das Caixas, no atual Município de Itaboraí, importante escoadouro na época, além de fumo. As dimensões da casa escavada e a quantidade e qualidade do material encontrado – vidros (bebidas, remédios e perfumes), louça, cachimbos, etc. – apontam para uma intensa atividade econômica e permitem inferências sobre o modo de vida de famílias rurais no séc. XIX.

**Palavras-chave:** Arqueologia – Arqueologia História – Cultura Material - História

ABSTRACT

Archaeological surveys developed due to the installation of gas pipelines PETROBRAS (Project Gasduc) revealed in the current municipality of Silva Jardim, Rio de Janeiro, evidence of a story much richer and denser than today shows the situation of the Municipality. Among the evidence stands out the encounter and excavation of a farmhouse of the nineteenth century, at the current and small district of Gaviões (formerly the old Freguesia de Nossa Senhora da Conceição de Gaviões transformed in 1860 in District of Nossa Senhora da Lapa do Capivari - 1801 - which gave rise to the Municipality). Initial data indicates that the property is produced brandy, which was sent from there to the river port of Porto das Caixas in the current municipality of Itaboraí important outlet at the time, and smoke. The dimensions of the house excavated and the quantity and quality of material found - glass (beverages, medicines and perfumes), ware, pipes, etc. - point to an intense economic activity and allow inferences about the way of life of rural families in the nineteenth century.

**Key words:** Archaeology - Historical Archaeology - Material Culture - History

1. Laboratório de Estudos e Pesquisas da América Antiga - LEPAMA/NUCLEAS/UERJ, Rua São Francisco Xavier, 524 - Maracanã - Rio de Janeiro - RJ - Cep 20550-900, Sala 9025A, dhisuerj@yahoo.com.br. Instituto Brasileiro de Pesquisas Arqueológicas – IBPA, Rua Marques de Leão, 53 – Engenho Novo – Rio de Janeiro – RJ – CEP 20.780-140 ibparj@yahoo.com.br; pseda@rio.com.br

## INTRODUÇÃO

Através de Contrato assinado com a PETROBRAS – Petróleo Brasileiro S.A., estabeleceu-se o Projeto GASDUC III: Salvamento, Monitoramento Arqueológico e Educação Patrimonial na Faixa do Gasoduto GASDUC III, sob nossa coordenação.

O Projeto objetivou proceder ao salvamento arqueológico e o monitoramento (acompanhamento das obras) da área onde foi implantado o Gasoduto GASDUC III, entre os Municípios de Macaé e Duque de Caxias, Rio de Janeiro, atravessando, além destes Municípios, os

Municípios de Rio das Ostras, Casimiro de Abreu, Silva Jardim, Cachoeiras de Macacu, Guapimirim e Magé, perfazendo um total aproximado de 179 km de extensão, em faixa de servidão, em sua maior parte já existente, com largura variável entre 20 e 30m. Foi realizado também o trabalho de educação patrimonial.

O Gasoduto GASDUC III foi implantado em áreas da Região Norte Fluminense (Macaé), das Baixadas Litorâneas (Rio das Ostras, Casimiro de Abreu, Silva Jardim, Cachoeiras de Macacu) e Metropolitana (Baixada Fluminense) (Guapimirim, Magé e Duque de Caxias) (Figura 1).<sup>2</sup>

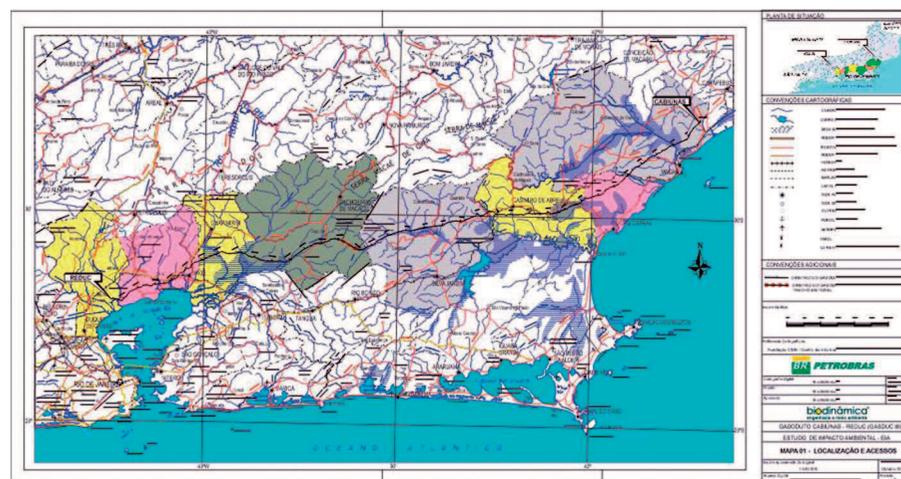


Figura 1: Mapa do traçado do gasoduto GASDUC III

Embora parte da área já esteja bastante degradada, sobretudo na região Metropolitana, contava-se com a possibilidade do empreendimento cortar pontos de interesse histórico e arqueológico, ressaltando-se que a arqueologia vem mostrando a possibilidade de se obter dados significativos, mesmo em ambientes já degradados. Por outro lado, segundo o que já foi levantando para a ocupação antiga do Rio de Janeiro, o ambiente das Baixadas Litorâneas (aqui, para fins arqueológicos, incluindo o Município de Macaé) e o fundo da Baía da Guanabara (Guapimirim e Magé) favoreceu a instalação no passado de populações pré-cerâmicas (sambaquianas), bem como horticultores-ceramistas, sejam indígenas (tradição

Tupiguarani) ou neobrasileiros (Fase Calundu), havendo também a possibilidade da presença de populações horticultoras da Tradição Una. Para os Municípios de Casimiro de Abreu, Silva Jardim e Cachoeiras de Macacu, existiam muito poucas informações arqueológicas, mas, contudo, são municípios que ainda não haviam recebido um levantamento sistemático, o que, respeitado os limites, aconteceu com o Projeto GASDUC.

Assim, confirmando as expectativas, durante o levantamento, na RJ 140 (Silva Jardim – BR 101 - a Japuiba, Distrito de Cachoeiras de Macacu), a partir do km 99 da Faixa de Dutos, passamos a encontrar vestígios históricos, destacando-se:

2. Atuaram nas pesquisas, além do autor, Denise Chamum (Coordenadora de Campo e Laboratório), Juber Decco (Arqueólogo Assistente), Ayala Santos Pessoa (Auxiliar de Pesquisas), Marcos Henrique Ignácio (Auxiliar de Pesquisas), Elis Candido Vasconcelos (Bolsista PIBIC/CNPq), Thiago Bastos de Souza (Bolsista PIBIC/UERJ) e Paulo Clarindo (Colaborador).

1. Sítio Grupo Velho: próximo ao km 99+350, entre a antiga faixa de dutos e o novo traçado do Gasduc III, foram localizados três conjuntos de alinhamentos de pedras (baldrame) e material de superfície. O primeiro segmento transversal à estrada possuía dois metros de comprimento e vinte e cinco centímetros de largura, onde se evidenciou, próximo a uma das extremidades, um toco de madeira, que provavelmente tratava-se de uma coluna de sustentação, medindo quinze centímetros de diâmetro. Já o segundo segmento, que se localizava no meio da estrada RJ-126, estava a uma distância de doze metros do anterior, medindo um metro e vinte centímetros de comprimento por um metro e oitenta centímetros de largura. O último segmento localizava-se a dezenove metros do primeiro, em diagonal à estrada, em um pasto na margem direita da estrada e media oito metros de comprimento por quarenta centímetros de largura, onde, em uma das extremidades, havia também um tronco de madeira com cerca de quarenta centímetros de diâmetro, provavelmente com a mesma finalidade que o outro tronco. Próximo à outra extremidade desse terceiro segmento, observamos parte de uma tigela cerâmica fragmentada. Na superfície desse sítio foram coletados metal, vidro, cerâmica, stonewear, moedas. Segundo informações, tratava-se dos restos de uma casa assombrada de 1815.
2. Sítio Engenho Paraíso: próximo km 103 da faixa de dutos (50m, à esquerda), no leito da RJ 126, em área do Sítio Paraíso, é formado por dois conjuntos de estruturas, distantes cerca de 50m entre si. O primeiro conjunto é formado por restos de uma construção com base em pedra em uma pequena elevação. O segundo conjunto, maior, apresenta aqueduto, o poço onde funcionava uma roda d'água, e outras evidências, conformando um engenho. Ao que tudo indica, as estruturas seriam também dos primeiros anos do século XIX.
3. Sítio do Emboque: situado dentro da faixa de dutos, no km 104, junto ao emboque leste do túnel<sup>3</sup>, em local denominado “Sítio Vô Luis” e formado

por dois conjuntos de estruturas. O primeiro é composto por três estruturas de residências, uma pequena barragem e um pequeno forno para fabricação de tijolos ou telhas, escavado no barranco. O segundo, 100m abaixo do primeiro, apresenta restos de estrutura de uma residência.

Os dois últimos sítios, embora tenham sido acessados a partir de Silva Jardim, já se encontram no Município de Cachoeiras de Macacu. Estas evidências nos levaram a recomendar monitoramento (acompanhamento das obras) a partir do km 99 até o ponto do emboque, pelo menos, e o resgate do Sítio do Emboque.<sup>4</sup>

Contudo, durante o desenvolvimento da obra, a mudança do traçado na altura do Sítio Grupo Velho, trouxe também a necessidade de seu salvamento.

Desta forma, justificava-se plenamente um programa de prospecção, salvamento e monitoramento da área, antes e durante a implementação do gasoduto.

Trataremos a seguir do resgate dos sítios do Emboque e Grupo Velho.<sup>5</sup>

#### Métodos e técnicas: resgate (salvamento)

O salvamento – que inclui as etapas de levantamento (fase preliminar de verificação do potencial arqueológico) e monitoramento (acompanhamento da obra) – tem por objetivo localizar e salvaguardar locais, sítios e/ou materiais que atestem à presença da cultura humana no passado e que se encontrem em perigo de destruição. Desta forma, em caso de resgate, os sítios empregamos a abordagem costumeira das escavações arqueológicas, uma vez que:

*A escavação mantém seu papel protagonista no trabalho de campo porque proporciona a evidência mais fidedigna para os dois tipos de informação que mais interessam aos arqueólogos: 1) as atividades humanas em um período determinado do passado; e 2) as mudanças experimentadas por essas atividades de uma época a outra. Poderíamos dizer, em linhas muito gerais, que as atividades simultâneas têm lugar de forma horizontal no espaço enquanto que suas mudanças se produzem*

3. O termo emboque refere-se a entrada (Emboque Leste) e saída (Emboque Oeste) do túnel aberto em serra no Município de Cachoeira de Macacu para passagem do gasoduto.

4. Também foi realizado monitoramento a partir do Emboque Oeste em diante, localizando-se dois sítios, já impactados pela antiga faixa de dutos.

5. As informações e interpretações aqui apresentadas são oriundas das observações durante o resgate e o inventário do material, uma vez que a análise detalhada ainda se encontra em andamento.

*verticalmente no tempo. Esta distinção entre “segmentos de tempo” horizontais e seqüências verticais é o que constitui a base de boa parte da metodologia de escavação* (RENFREW & BAHN, 1993: 94).

Empregamos na escavação aquelas técnicas já consagradas pelo uso e aplicadas segundo o treinamento da equipe (CF. DIAS JR., 1975).

Os sítios são, a princípio, quadriculados em setores de 2mx2m, a partir de um marco ZERO (estabelecido em uma das extremidades ou no centro do mesmo), identificados por duas letras e um número: as linhas numeradas “correm” paralelas ao marco ZERO e as alfabetadas perpendicularmente a este. No caso do marco ZERO ser estabelecido no centro do sítio, dividindo-o em quatro grandes quadrantes, de acordo com os pontos cardeais.

No caso de sítios arqueológicos históricos com grandes extensões espaciais, muitas vezes não contínuas, acentuados desníveis topográficos e muitas estruturas de alicerces de pedra completos e incompletos, como os resgatados no empreendimento, adaptamos esta metodologia, com a realização de *transects* ao longo da parede externa de cada uma das estruturas encontradas a fim de evidenciá-las, verificar sua profundidade e composição.

Cada *transect* tem em média 30cm de largura com profundidade variando para cada estrutura escavada a qual, por sua vez, recebe um número específico e contínuo em cada sítio pesquisado. Uma decapagem superficial também é realizada na porção interna das estruturas, ou naquelas mais bem preservadas, objetivando melhor evidenciá-las e encontrar vestígios arqueológicos que caracterizem sua utilização.

A decapagem, em sítios históricos ou pré-coloniais, optamos fazê-la por níveis artificiais com, normalmente, 10cm de espessura, observando-se as possíveis mudanças de camada no reconhecimento e identificação do material, uma vez que as diferenças de cor, granulação, etc., entre as camadas do sítio muitas vezes são mínimas e praticamente imperceptíveis durante a escavação. Entendemos que *“nem sempre é possível ou justificado trabalhar com decapagem e estratigrafia ‘natural’: mais uma vez, o arqueólogo deve se adaptar ao sítio, e não ao contrário”* (PROUS, 1996: 143).

Todos os restos culturais (artefatos, matéria prima, objetos, etc.) são recolhidos, embalados por categoria

e identificados por nível. Realizamos ainda coletas de sedimento (para análise pedológica e palinológica), carvão (como amostra vegetal e para datação - análise de C<sub>14</sub>) e restos alimentares, a fim de registrar todas as características do sítio. O sedimento para análise de pólen e o carvão para C<sub>14</sub> são coletados obedecendo-se os cuidados básicos para que não ocorra contaminação.

Todas as etapas de trabalho são documentadas fotograficamente, além de serem elaboradas plantas e croquis, preenchidas fichas e elaborado um diário de campo.

### Sítios Resgatados

Foram identificados ao longo do Gasoduto GASDUC, durante as atividades de arqueologia (levantamento e monitoramento), dez sítios arqueológicos, sendo que dois foram resgatados, um, o Sítio do Emboque, já previamente estipulado que sofreria resgate – encontra-se exatamente no Emboque Leste do túnel e seria cortado pelo gasoduto, além de outros impactos – e o Sítio Grupo Velho, cujo resgate se fez necessário a partir do monitoramento, com a mudança do traçado da faixa de dutos. Os demais sítios, não justificavam uma intervenção de resgate, como pode ser verificado nos relatórios do Projeto, bem como pelas fichas de registro.

Segue o detalhamento dos dois sítios resgatados.

#### 1 – Sítio do Emboque

Situado dentro da faixa de dutos, no km 104, junto ao emboque leste do túnel, em local denominado “Sítio Vô Luis” e formado por dois conjuntos de estruturas. O primeiro é composto por três estruturas de residências, uma pequena barragem e um pequeno forno para fabricação de tijolos ou telhas, escavado no barranco. O segundo, 100m abaixo do primeiro, apresenta restos de estrutura de uma residência. Com o início do resgate, estas estruturas foram ampliadas para sete.

Foram evidenciadas as estruturas nº 1, 2, 4 e 5, em todas elas sendo coletado louça, vidro, metal, cerâmica e cachimbo. Na estrutura nº 6 foi evidenciada parte de uma pequena barragem para coleta de água ou criação de peixe. Também foram evidenciados dois fornos para fazer carvão e/ou tijolos, escavados na fraude do morro, com sua cúpula de tijolo. Já a Estrutura 3, infelizmente já havia sido destruída antes do início do resgate.

## DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS

### Estrutura 1

A estrutura era constituída por dois cômodos: um maior, que mede 9,85 X 5,55m, onde evidenciamos os baldrames externos e a escada de acesso, situada na parede Leste. Nesse cômodo maior não encontramos vestígios de parede, com exceção daquela que separa esse cômodo do seguinte. O cômodo seguinte, a cozinha (4,30 X 3,40m), possui duas estruturas, que são: um fogão a lenha e um forno, ambos estão na parede Oeste. O piso de ambos os cômodos era de terra batida.

Após evidenciarmos os baldrames, identificamos restos de moirões, que serviam de sustentação para as paredes, as quais possivelmente eram de pau-a-pique, devido à ausência de tijolos e pelo fato de termos encontrado argamassa com pintura em cal.

Na parte externa da estrutura, principalmente nas paredes Norte, Leste e Sul, observamos pedras junto a casa, que serviam de calçada. Também na porção Sul, verificamos a existência de outra escada, que dava acesso para a cozinha. A cobertura da estrutura era com telhas coloniais, devido à grande quantidade encontrada durante a escavação e todas estavam fragmentadas (Figuras 2 a 4).

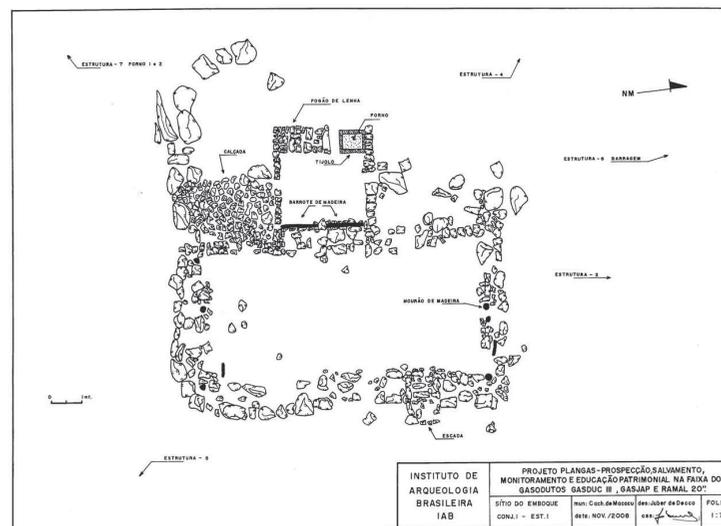


Figura 2: Sítio do Emboque, conjunto 1, estrutura 1



Figura 3: Vista da possível cozinha na Estrutura 1, Conjunto 1, ao fundo fogão e forno



Figura 4: Final dos trabalhos - Est. 1 Conj. 1 - Vista geral

### Estrutura 2

Essa estrutura (4,20 X 3,40m) localizava-se sobre um pequeno morrote, distando 2 metros da Estrutura 1.

No interior evidenciamos um baldrame de madeira, encontrado no centro da estrutura, dividindo-a em duas partes.

Observamos que faltavam muitas pedras, em pelo menos três lados da estrutura. Essa descontinuidade indica que houve desmoronamento ou retirada proposital para outros fins.

### Estrutura 4

Estrutura (6,20 X 4,70m) situada cerca de 10 m da Estrutura 1 em sentido Oeste. Encontrava-se coberta por vegetação de pasto, apresentando forma retangular, sendo limitada apenas pelos baldrames em pedra, presentes em três de seus lados, somente o lado Sudoeste não possui a pedra.

Procedemos à limpeza externa e interna da estrutura, expondo, desta forma, seus baldrames, bem como uma concentração de pedras em seu interior, a qual se tratava de um forno ou de um fogão a lenha, localizado no ângulo Norte da estrutura.

### Estrutura 5

A Estrutura 5 (3,70 X 2,50m) dista cerca de 10 metros ao Sul da Estrutura 1. Após realizar a capina e a limpeza das áreas interna e externa, verificamos que o baldrame do lado Oeste estava mais completo que os dos lados Sul e Leste, e o do lado Norte não mais exista.

No interior não observamos qualquer tipo de piso ou de paredes internas ou externas, a estrutura era composta de apenas um cômodo e suas paredes eram de pau-a-pique.

### Estrutura 6

Trata-se de uma barragem localizada ao Norte das demais estruturas. Encontra-se em um pequeno vale junto a uma vertente. Evidenciamos a estrutura (4,50 X 1,20 X 1,00m), construída com grandes blocos de pedra nas laterais, tendo no meio desses grandes blocos de pedra, outras menores. O lado Sul está em um aclave e no lado Norte as pedras estão ausentes. Talvez a construção não tenha sido concluída ou depois de construída não suportou o peso da água, rompendo e espalhando as pedras no charco (Figura 5).



Figura 5: Estrutura 6 - barragem

### Estrutura 7

É composta de dois fornos, que estão localizados em um pequeno vale, próximo ao riacho, e a Sudoeste da Estrutura 4, distante aproximadamente 100m da mesma.

O primeiro é uma construção simples e característica das formas construtivas encontradas. Escavado em um barranco, a meia-encosta, com a boca, que mede 0,55 X 1,60m, voltada para o riacho, na direção Sudoeste. O interior possui diâmetro de 2,20 metros, não há revestimento nas paredes e sim o sedimento natural e algumas pedras. Observamos ainda, três chaminés para alimentar a combustão. A parte superior destruída, provavelmente era uma cúpula fechada com tijolos maciços. Para acessar o interior do forno, há um pequeno corredor escavado no próprio barranco, com uma porta de entrada. Ao que tudo indica era utilizado para fabrico de carvão (Figura 6).

O segundo forno está localizado no mesmo vale do primeiro, sendo que mais para o interior, a uma distância de 50 metros do primeiro. A forma construtiva é bem parecida com a do anterior, também escavado no barranco a meia-encosta. A boca está voltada para o riacho, na direção Sul, a uma distância de 6 metros do mesmo riacho. A cobertura também de tijolos maciços, provavelmente em forma de cúpula. O diâmetro dessa estrutura é de 2,20 metros. Observamos três chaminés na parede interna, que não possui revestimento. No fundo há uma grande pedra que ocupa cerca de 80% desse espaço e provavelmente levou ao seu abandono, pela produtividade, em função dessa pedra. Seria também para a fabricação de carvão.



Figura 6: Estrutura 7: forno 1 evidenciado

A evidenciação da estrutura do **Conjunto 2** mostrou-se muito incompleta, tornando mesmo difícil identificar sua finalidade. Nenhum baldrame foi localizado, apenas pedras alinhadas. Observamos, durante a escavação, a presença de uma areia amarelada de granulação grossa, possivelmente de fundo de rio, o que estaria de acordo com a localização do Conjunto (a beira do córrego). Certamente, o rio quando enche atinge a estrutura e é bem possível que isto tenha levado ao seu abandono. Pouquíssimos fragmentos de louça foram coletados no local.

As Estruturas 1 e 2, necessitaram ser removidas para continuidade da obra. Segundo as informações e justificativas apresentadas pela contratante, seria preciso construir tanques de decantação, para limpeza da água utilizada na abertura da rocha no túnel e seu retorno ao córrego local. O ponto onde estes tanques precisavam ser construídos correspondia ao destas estruturas.

Submetemos esta questão ao IPHAN, ressaltando que, de nossa parte, embora lamentando, nada tínhamos a opor, uma vez que considerávamos o trabalho nas estruturas encerrado. O IPHAN, por sua vez, pronunciou-se, favoravelmente a solicitação da Petrobras, desde que houvesse acompanhamento arqueológico. Assim foi feito, com a equipe acompanhando todo o trabalho de remoção das estruturas.

O material encontrado nas estruturas, inscreve-se nas seguintes categorias:

- . cerâmica: em sua maioria neobrasileira (fragmentos de vasilhas de médio e pequeno porte, apresentando decoração escovada, e apenas um caco com engobo branco internamente), seguida da colonial (coleção pequena), apresentando tempero fino e queima redutora. Foram encontrados além de fragmento de cerâmica stoneware, bem como fragmentos com intervenção na superfície, entre eles, o vitrificado e o verniz de galena;
- . louça: dividida em Faiança Fina e Porcelana. Fragmentos de pires, pratos, tigelas e xícaras, dentre outros, com um caco com marca de fabricação nacional, sendo – FL SC – SP. 1926/1969.
- . metal: representado por diversas peças, algumas muito oxidadas, impedindo sua identificação delas. São dobradiças, ferraduras, correntes, manivelas de moenda, puxador, fivelas, argolas, cravos, dentre outras.
- . vidro: compreende amostras de vidro plano, branco e colorido, garrafa e litro; frascos diversos, com ou sem marca, inclusive de laboratório (medicamento); copos, cálices, etc. As marcas nos vidros de medicamento mais antigos são: Magnézia Fluida Recarbonatada de Patente de Sir J. Murray – 1895; Magnézia Fluida Bouskela e o Elixir de Nogueira, Salsa, Caroba e Guáiacó do Farmacêutico João da Silva Silveira Este último, trata-se de um preparado alcoólico adocicado e aromatizado contendo pequenas quantidades de substâncias medicinais em solução. Aparece nas propagandas do final do século XIX aos anos 20 do século XX como um depurativo do sangue, mas era empregado no tratamento da sífilis. Era remédio de um farmacêutico em Pelotas – RS, mas pelo menos desde 1918, o produto já era fabricado no Rio de Janeiro, em laboratório instalado na Rua da Glória, 62.<sup>6</sup>
- . cachimbos um cachimbo ou pito de cerâmica com uma pequena parte da borda fragmentada e um fragmento foram encontrados. A técnica da confecção foi a de moldes, tanto que, os motivos geométricos que adornam o forninho dessas

6. [www.naufragiosdobrasil.com.br/naufriomacauham.htm](http://www.naufragiosdobrasil.com.br/naufriomacauham.htm), acessado em 23/01/09

peças, são iguais.

- . ósseo animal: procede da Estrutura I e são de dois tipos: mamíferos de médio porte, possivelmente porco ou anta e avifauna, provavelmente galinha. Apresentavam sinais de terem sido consumidos na dieta alimentar e não mostram evidências de modificação intencional.
- . azulejo e piso: fragmentos de azulejos indicam peças comuns, e pouco espessas, cerca de 3cm, provavelmente retangulares. Igualmente os fragmentos de piso indicam peças comuns, com destaque para fragmento de pedra bruta que estava localizada no exterior da residência, possivelmente na escada de acesso, pois o interior do imóvel era de terra batida.

A escavação na Estrutura 1, proporcionou, também, a descoberta de 56 moedas nacionais, sendo todas do século XX.

Além destes materiais, encontramos pedaços de reboco, composto de barro e conchas queimadas, e o acabamento em cal branco. Não houve ocorrência de tijolos, sendo assim, concluímos que a Estrutura 1 (casa) teria as paredes de pau-a-pique e o reboco como revestimento externo. Evidenciamos ainda na Estrutura 1, restos de madeiras (braúna, peroba), que seriam os moirões de sustentação das paredes.

Os tijolos, que estavam somente na Estrutura 1, faziam parte da construção do forno e do fogão de lenha, e foram encontrados próximos a eles.

Foram observados fragmentos de telhas coloniais no entorno das Estruturas 1 e 2. Já nas Estruturas 4 e 5 não encontramos telhas, supomos então, que a cobertura dessas construções eram de sapê.

Coletamos dois fragmentos de pedra de amolar. Esse tipo de pedra de amolar é comum, ainda hoje, no comércio em diversas regiões do Brasil.

## 2 – Sítio Grupo Velho

Próximo ao km 99+350, entre a antiga faixa de dutos e o novo traçado do Gasduc III, o sítio, embora localizado durante a fase de levantamento, não foi, inicialmente, selecionado para resgate, uma vez que se encontrava relativamente distante do traçado novo do gasoduto (e parte dele na estrada).

Contudo, durante o monitoramento, foi constatado mudança no traçado do gasoduto, que passou a estar bem próximo do sítio, inclusive expondo material. Desta

forma, procedeu-se o resgate do mesmo, através de duas estratégias:

1. abertura de uma trincheira longitudinal a faixa com 25 metros de comprimento e 2 metros de largura, cuja profundidade, variada, atingiu no máximo 40cm. Nesta abordagem, o mais significativo foi a evidênciação, perpendicular a trincheira, de uma canaleta de tijolos e um manilhamento de manilhas francesas, além do encontro de diversos fornilhos de cachimbos.
2. evidênciação da Estrutura 1, Conjunto 2, que havíamos registrado durante o levantamento e que passou a estar junto da área de influência direta do gasoduto, lado sul da faixa. A escavação mostrou tratar-se de uma grande estrutura de casa (alicerce), possivelmente construída em mais de uma etapa, com baldrames de pedras e onde foi possível identificar dez cômodos, além de uma área externa. O material coletado foi variado e em grande quantidade (Figura 7).

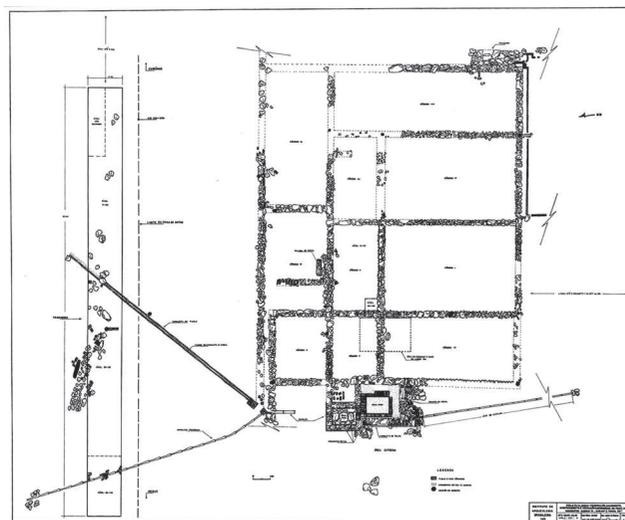


Figura 7: Planta baixa do sítio Grupo Velho

## TRINCHEIRA

Iniciamos o resgate abrindo uma trincheira no local demarcado para colocação do duto, medindo 25 metros de extensão e 2 metros de largura, escavando-se níveis artificiais de 0/20 cm, 20/35 cm e 20/40 cm onde encontramos a camada estéril.

Foram evidenciados um baldrame de pedras e uma parede em tijolo maciço que estava desmoronada e dois esteios ou mourões de madeira localizados no meio da

trincheira, sentido Leste/Oeste com pequeno desvio para o Norte.

Na parte Leste, colocamos à mostra uma canaleta de tijolo, essa canaleta não possuía cobertura e apresentava no fundo areia lavada, estando no sentido Sul / Norte (Figura 8)



Figura 8: Exposição da canaleta de tijolos na trincheira

No lado Oeste escavamos um segmento de manilhas de barro, que seguia em sentido Sul/Norte. Observamos nessas peças inscrições provenientes do fabricante de origem francesa: REMUZAT AUBAGNE (BdR) (Figura 9).



Figura 9: Vista geral da trincheira, nível 20/40 e 0/20, manilhamento e tijolos em primeiro plano

Pelo que levantamos, Remuzat (ou Remuzát) é uma comuna francesa na região de Ródano-Alpes (departamento de Drôme). É, também, um nome de família muito comum na França (por vezes com a grafia Remusát). Por outro lado, Aubagne é outra pequena comuna, localizada 17 km a leste de Marselha no Departamento de Bouches-du-Rhône (o BdR da manilha), região da Provença, ao sul da França. Aubagne tem uma forte tradição ceramista, havendo vários ateliers e escolas de cerâmica na cidade. Trata-se, portanto, de uma manilha de fabricação francesa .

O material coletado em toda a área da trincheira foi: cerâmica, louça, lítico, ósseo animal, stoneware, metal, vidro, cachimbo de barro. Deve-se ressaltar, que já na trincheira impressionou o número de cachimbos encontrados: 97, entre fragmentos e fragmentados

#### CONJUNTO 2 – ESTRUTURA 1

Localizada próxima da trincheira, lado Sul. Iniciamos a abordagem fazendo um corte-teste de 50 X 50 cm e 30 cm de profundidade, junto do baldrame de pedra que estava evidente. Coletamos, nessa intervenção, grande quantidade de material. A partir daí seguimos evidenciando os baldrames em pedra sobrepostas, que variavam de tamanho, de largura e profundidade, já que em alguns lugares estava mais profunda ou faltava. A falta de algumas pedras, explica-se pela ação de arado, quebrando a seqüência construtiva da casa de fazenda de meados do século XIX.

A escavação indicou que a construção histórica possuía dez cômodos de tamanhos diferentes.<sup>7</sup> O cômodo 8, no lado leste, era a entrada da residência pois verificamos uma calçada também de pedras e desse mesmo cômodo até o cômodo 6 evidenciamos um seguimento de tijolos maciços que parece ser uma jardineira (Figura 10)

Escavamos todos os baldrames dos lados interno e externo e também no interior dos cômodos 2 e 8. Esses cômodos foram escavados no interior devido a grande quantidade de material arqueológico encontrado durante a evidenciação dos baldrames e na abertura do corte-teste no cômodo 2 (Figuras 11 e 12).

Junto dos baldrames, no lado Oeste, na denominada área externa, encontramos um piso de pedras e sobre ele outro piso de cerâmica e vários tijolos com resto de

7. Vide Figura 07.

carvão, indicando que nesse local provavelmente havia um fogão de lenha. Evidenciamos outro segmento de manilhas: iniciava-se no lado Sul, a mais ou menos 13 metros de distância da casa, seguia em direção a área externa, passando embaixo da calçada de tijolos (revestida com uma argamassa de cal e concha). Seguindo a calçada e as manilhas, observamos um tanque rebaixado, com o fundo e as paredes construídos com tijolos e revestidos com argamassa de cal e concha.



Figura 10: Vista geral da escavação

Ainda na área externa, encontramos um segundo tanque, próximo do outro, as paredes e o fundo de pedras e revestimento de cal e concha. As manilhas prosseguiram pela base desse tanque e terminavam em uma caixa de passagem que encontrava a canaleta e as manilhas francesas. Percebemos que nesse local, onde termina o segmento das manilhas, o terreno é mais baixo, poderia ter sido na época uma área alagada, propícia para o escoamento de água ou resíduos (Figura 13).



Figura 11: Estrutura 1, material no Cômado 2, junto ao baldrame.



Figura 12: Estrutura 1, material diverso no cômodo 2



Figura 13: Estrutura 1, Área Externa, tanques 1 e 2

Durante a escavação, recolheu-se as seguintes categorias de materiais:

- . cerâmica, sendo a maior parte dela neobrasileira, aparecendo a colonial em bem menor quantidade, enquanto cerâmica totalmente

indígena não foi registrada;

- . louça, em grande quantidade, tanto branca quanto decorada, a maioria do tipo Ironstone China, marca J&G Meakin Hanley England;
- . lítico, totalizando 243 peças, a maioria produtos

- de lascamento, mas registrando-se também pederneira e fragmento de vaso de esteatita;
- stoneware, na forma não só de garrafas, mas também, por exemplo, tinteiros;
- metal, peças muito oxidadas, representando dobradiças, ferraduras, correntes, puxador, fivelas, argolas, cravos, ferramentas, entre outros;
- vidro, igualmente em grande quantidade, representado, principalmente, por garrafas de bebidas, óleo de rícino e vidros do medicamento Bálamo Homogêneo Simpático, além de outros medicamentos, perfumes e tinta para tinteiro;
- cachimbo de barro, também em grande quantidade, concentrados no Cômado 2 (somente três não estavam neste cômado),

onde computamos, entre fragmentos, fragmentados e inteiros, 164 peças. Alguns já são moldados e coletamos um cachimbo de louça fragmentado.

- ósseo animal, coletou-se 433 fragmentos (incluindo a Trincheira e outras intervenções), a maioria de bovívdeo e porco, além de ossos de animais não domésticos (como paca, queixada, jacu, etc.). Encontramos também, objetos em osso, como espátulas e escovas de dente.

Percebe-se a grande presença de materiais importados: louça (a maior quantidade) com padrões como Willow, Azul Borrão, Chang, faiança portuguesa e outros, além de vidros de remédios, bebidas e perfumes e as próprias manilhas (Figuras 14 a 19).



Figura 14: Louça



Figura 15: Xícaras de louça



Figura 16: Vidro de bálamo homogêneo simpático



Figura 17: Coleção de cachimbo



Figura 18: Cachimbo de louça



Figura 19: Escova de dente em osso

A escavação mostrou tratar-se de uma grande e sólida residência, com fundação de pedra, coletadas nos rios próximos, assoalhada, paredes de tijolos maciços revestidas de argamassa de cal e concha e telhado de telhas coloniais. A área externa, onde foram localizados os tanques, poderia ser um pequeno alambique ou lavador de café.

Segundo o levantamento histórico, a fazenda exportava sua produção de cachaça no Porto das Caixas, em Itaboraí. Conforme a história oral na propriedade havia ainda plantação de café e tabaco, esse último para consumo interno. Mais a frente, tentaremos situá-la na história da região.

Ao final da escavação, na impossibilidade de deixar a estrutura exposta, toda ela foi coberta com uma tela e, em seguida, preenchida com areia lavada.

## CONCLUSÃO

Os trabalhos arqueológicos, com o resgate dos sítios do Emboque e Grupo Velho, trouxeram um importantíssimo aporte à história da região de Silva Jardim, uma história na verdade pouco conhecida. Sintetizando, podemos dizer que foram escavadas duas residências, uma bem modesta – o Sítio do Emboque -, constituída, possivelmente, de uma casa de taipa e outras dependências; e outra bem mais faustosa – o Sítio Grupo Velho -, uma grande casa de fazenda.

Sobretudo, chama a atenção, o contraste entre

a rica casa do Sítio Grupo Velho e a situação atual do Município de Silva Jardim: um município que parece estagnado e que vem decrescendo demograficamente ano a ano. O distrito de Gaviões, onde está o sítio, não passa, hoje, de um pequeno povoado, com, praticamente, apenas uma rua.

Para tentarmos entender isto, é preciso resgatar um pouco da história da formação do Município.

A história do distrito de Gaviões – antigo Curato de Nossa Senhora da Conceição de Gaviões – está atrelada a de Capivari, atual Município de Silva Jardim, Região das Baixadas Litorâneas.

Na primeira metade do século XVIII, em Aldeia Velha, foi erguida uma capela e fundado um aldeamento de índios guarulhos sob a administração do capuchinho italiano Frei Francisco Maria de Todi. Com o arruinamento da referida capela, escolheu-se outro local para assentar o aldeamento e edificação de uma nova capela, sob a invocação de Sacra Família de Ipuca. O local escolhido, foi a margem do rio São João. A capela teria sido concluída em 1748. Após o ano de 1753 a administração do aldeamento e da capela passou para as mãos dos padres seculares, que não demonstraram interesse pelo local, o que veio a provocar a dispersão dos índios e a extinção do aldeamento. Com sua extinção, suas terras são repartidas e distribuídas aos colonos que as requeriam.

Provavelmente na segunda metade do século XVIII, foi erguida uma capela em louvor a N. S. da Lapa de Capivari<sup>8</sup>, às margens da Lagoa de Juturnaíba. Ainda

8. Em Tupi Guarani, “de rio da Capivara”.

no século XVIII, na fazenda de Manoel Azevedo Silveira e D. Maria Rodrigues, foi erguida uma ermida dedicada a Sant' Anna. Para alguns, esta teria sido o marco de ocupação do povoado de Capivari e estaria localizada entre a Serra dos Aymorés e o rio Bacaxá.

A partir de 1800 a Matriz da Freguesia de Sacra Família de Ipuca entra em processo de arruinamento que, associado a surtos epidêmicos, motiva a transferência da sua sede para a foz do rio São João, onde é erguida uma igreja, consagrada a São João Batista. Desta forma, hoje, a sede da freguesia estaria localizada em Barra de São João, distrito do Município de Casimiro de Abreu (antigo Indayassu), muito distante de Ipuca, às margens do rio São João.

Quanto a Capela de N. S. da Lapa de Capivari, que fora edificada às margens da Lagoa de Juturnaíba, em 1801 é elevada à categoria de freguesia e, posteriormente, em 1841, ocorre a elevação da então freguesia à Vila de Capivari. Em 1890, já no período da República Velha, a vila adquire foros de cidade. Durante o governo de Getúlio Vargas, em 1943, o Município de Capivari tem seu nome substituído por Silva Jardim, homenagem ao jornalista e político fluminense Antônio da Silva Jardim.

O atual distrito de Gaviões tem sua origem como Curato de Nossa Senhora da Conceição de Gaviões, em 31 de outubro de 1879. Sua igreja matriz – pelas informações de que dispomos – remonta a meados do século XIX. Possui um cemitério em desuso, porém necessitando de maiores cuidados e estudos, visando conhecer um pouco a respeito das pessoas que lá foram sepultadas. Estes datam do final dos oitocentos aos primeiros anos do século passado. Nas proximidades da igreja, numa área de pasto, teria existido outro cemitério que fora abandonado devido às cheias do rio São João, segundo informações do Sr. Iolando Ferreira da Silva, de 71 anos, bisneto do responsável pelo erguimento da casa do Sítio Grupo Velho.

A respeito dos antepassados do Sr. Iolando Ferreira da Silva, no *Almanak Laemmert*, edição de 1876, encontramos referências ao seu avô materno Thomaz Fernandes Barroso e seus dois irmãos, Antônio Fernandes Barroso e Francisco Fernandes Barroso, como sendo fazendeiros de café e proprietários de terra no então Curato de Nossa Senhora da Conceição de

Gaviões. Ser relacionado na dita publicação significava sinônimo de abundância e influência política. Além destes, para nossa surpresa, o *Almanak Laemmert* daquele ano relacionava outros 156 proprietários e fazendeiros de café, contrastando com a situação atual de Gaviões, que em nada lembra o período cafeeiro e a produção agrícola de então, além da criação de animais.

Sabemos que as regiões compreendidas pelos vales dos rios Caceribu, Macacu, Capivari, São João e Bacaxá tiveram considerável produção cafeeira, engenhos de açúcar, aguardente e farinha de mandioca, além da agricultura de subsistência. O café produzido na Freguesia de Nossa Senhora da Conceição do Rio Bonito e nos vales do rio São João e de Capivari (atual Silva Jardim) percorria trilhas e caminhos buscando os pequenos portos do rio Macacu: Porto das Caixas e Vila Nova de São José. Para que todo esse aparato pudesse funcionar era necessária a força de trabalho do escravo africano. Apesar da assinatura, em 1826, do tratado entre o governo imperial e a Inglaterra, que proibia a importação de escravos africanos, a expansão cafeeira na Província Fluminense necessitava de mão de obra escrava. Assim sendo, o tráfico persistia visando atender à demanda, além de representar um ótimo negócio para os traficantes.

Uma análise atenta do mapa de Niemeyer e Bellegarde (1858/1861) pode revelar que escravos africanos poderiam ter saído dos trapiches situados no litoral dos atuais municípios de Araruama, São Pedro da Aldeia, Cabo Frio e do distrito de Barra de São João. Teriam como destino as fazendas de café localizadas nos vales dos rios São João e Capivari e, possivelmente, à Cidade do Rio de Janeiro.

Impulsionadas pelas rotas comerciais e pela expansão cafeeira, várias freguesias no interior fluminense foram elevadas à condição de vila, entre elas, a Freguesia de Nossa Senhora da Lapa de Capivari (1841), a Freguesia de São Fidélis de Sigmaringa (1850) e a Freguesia de Sacra Família de Ipuca, atual distrito de Barra de São João (1846).

Assim, o sítio histórico arqueológico que foi denominado como “Sítio Grupo Velho” representa a estrutura de uma antiga casa de fazenda, possivelmente do século XIX e que, segundo informações do Sr. Iolando,

9. Em alusão a um antigo grupo escolar que existiu em Gaviões junto à estrada, em frente ao sítio escavado, assim chamado pelos moradores locais.

teria sido construída pelo seu bisavô, Pedro Barroso, depois habitada e abandonada pelo seu avô materno, Thomaz Fernandes Barroso. Durante o salvamento arqueológico, chamou muita atenção o manilhamento encontrado, os tanques, as telhas francesas (Marselhe) e a riqueza dos materiais resgatados (louças de diversas variedades, a qualidade representada nos vidros e garrafas). A riqueza e a qualidade dos materiais lá encontrados nos levam a uma preliminar dedução: a de que a família que habitou aquela casa de fazenda tinha posses, ou seja, representava uma classe de abastados fazendeiros para os padrões da antiga Capivari, mas que não devem ser comparados aos padrões da região do Vale do Paraíba Fluminense, da mesma forma que as casas de fazenda de Capivari e suas freguesias não se comparam a solidez das ainda existentes na região citada. Isto parece de acordo com o que informa Hebe Matos de Castro:

*Viviam com simplicidade esses ricos senhores, se mantivermos os parâmetros externos de comparação. Suas casas assobradadas, cobertas de telhas e assoalhadas<sup>9</sup> raramente tinham a solidez da pedra ou do tijolo. Feitas em estuque, traziam no tamanho, forro e assoalho os símbolos maiores, para aquela comunidade, de riqueza e prosperidade. Os inúmeros casarões descritos nos inventários analisados poucas marcas deixaram na paisagem local. O estuque tem vida curta sem cuidados especiais com sua conservação.*

*‘ Duas fazendas em Rio Bonito a notícia de outra no caminho para Araruama, todas com o mesmo padrão de construção, foram os poucos sinais que restaram da riqueza passada. Mobiliário em madeira de lei, com muito vinhático e cabiúna, também diferenciava seus proprietários do restante da população.’* (Castro, 2009: 31-32)

Tal situação se torna ainda mais clara, quando comparamos as duas casas escavadas, a do Sítio Grupo Velho e a do Sítio do Emboque.

Não é possível precisar em que momento inicia-se a decadência da região que, de certa forma, estende-se até hoje. Contudo, certamente, ela está ligada a crise da lavoura cafeeira fluminense.

Contudo, se o contraste é flagrante nos aspectos construtivos e no material recolhidos nos sítios, algumas

coisas aproximam os sítios, dentro de uma mentalidade de época. Por exemplo, em ambos foram encontrados diversos exemplares de remédios, para diferentes enfermidades, embora sejam muito mais numerosos no Sítio Grupo Velho: reumatismo, rinite, anemia, sífilis, etc. De todos, chama a atenção os “depurativos do sangue”, como “Pildoras Bristol New York Vicitales”, “Água de Florida Murray y Lanman – droguita de N. York (1869)”, óleo de rícino (com as inconfundíveis garrafinhas azuis) e, sobretudo, o “Balsamo Homogêneo Simpático”. Este último, ressalta pela grande quantidade de frascos encontrados no Sítio Grupo Velho.

O “Balsamo Homogêneo Simpático”, criado pelo cirurgião italiano Pedro Garbboza, gozou de grande popularidade, no Brasil e no exterior, na segunda metade do século XIX. Tratava-se de uma verdadeira panacéia, conforme se percebe em anúncio publicado no Jornal do Comércio de 26/05/1862:

*Bálsamo homogêneo simpático, invenção e fabricação do cirurgião italiano Pedro Garbboza, morador do Rio de Janeiro, bom para feridas, úlceras cancerosas e venéreas, sarnas, erisipelas, cirros, mal-de-lázaro, reumatismo, dor ciática, gota, queimaduras, fistulas, mordedura de animais peçonhentos, lombrigas, solitárias, menstruação, dores de estômago e de ventre, etc.*

Sua popularidade e grande espectro de indicações, lhe trouxe, como não poderia deixar de ser acusações de charlatanismo. O boticário Ezequiel Corrêa dos Santos (1801-1864), um dos responsáveis pela consolidação da disciplina farmacêutica no Brasil, por exemplo, combateu o charlatanismo que invadia o mercado brasileiro de remédios, entre eles este, não raro importados, anunciados publicamente nos jornais, prometendo curar doenças até hoje incuráveis.<sup>10</sup>

Em uma de suas crônicas, reclamando dos novos remédios, que “matavam” os tradicionais, Machado de Assis também se refere ao Bálsamo:

*Para que falar do “elixir antiflegmático”, do “bálsamo homogêneo” e tantos outros preparados contemporâneos da Maioridade? O xarope a cujo nascimento assisti, foi o “Xarope do Bosque”, um remédio composto de vegetais, como se vê do nome, e deveras miraculoso Era bem pequeno, quando este*

9. O grifo é nosso.

10. SANTOS, Nadja Paraense dos. Passando da doutrina à prática: Ezequiel Corrêa dos Santos e a farmácia nacional, 2007.

*preparado entrou no mercado; chego à maturidade, já não o vejo entre os vivos. É certo que a vida não é a mesma em todos; uns a tiveram mais longa, outros mais breve. Há casos particulares, como o das sanguessugas; essas acabaram por causa do gasto infinito. Imagine-se que há meio século vendiam-se “aos milheiros” na Rua da Alfândega n.º 15. Não há produção que resista a tamanha procura. Depois, o barbeiro sangrador é ofício extinto.* (Assis, 1892)

Por fim, Chaloub também trata desta panacéia:

*De envolta com curandeiros e suas drogas, tínhamos uma infinidade de remédios estrangeiros, sem contar as famosas pílulas vegetais americanas. Que direi de um óleo Jacoris Asseli, eficaz para reumatismo, não menos que o bálsamo homogêneo simpático, sem nome de autor e nem indicações de moléstia, mas não menos poderoso e buscado.* (Chaloub, 1996: 166)

Desta forma, fica claro que o alto consumo deste “Bálsamo” e outros depurativos, estava dentro de uma mentalidade de época. Neste sentido, Andrade Lima (1996), a partir de escavações na Cidade do Rio de Janeiro, sustenta que a ascensão e consolidação dos novos segmentos “burgueses” na segunda metade do século XIX, foi marcada, entre outras coisas, por mentalidades impregnadas pelo humorismo hipocrático, implicando em uma ideologia e uma prática de higienização, onde está presente a ampla utilização de depurativos.

Por outro lado, os trabalhos arqueológicos desenvolvidos na região do Município de Silva Jardim, parecem indicar que está mentalidade e esta prática não são exclusivas da classe dominante urbana da capital do país, já estando presente também nas classes rurais.

Deve-se ressaltar, que o sítio não foi esgotado com esta escavação. Pelo contrário: as estruturas parecem estender-se até a estrada e apenas o Cômodo 2 foi, de fato, escavado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMANAK Laemmert – 1876.

ANDRADE LIMA, 1996. TÂNIA. Humores e odores: ordem corporal e ordem social no Rio de Janeiro do século XIX. *Hist. cienc. saude-Manguinhos*. 2 (3).

- ASSIS, MACHADO. 1892. A Semana. Disponível em [www.grupoklick.com.br/2006/obralit/Machado\\_de\\_Assis\\_a\\_semana.pdef](http://www.grupoklick.com.br/2006/obralit/Machado_de_Assis_a_semana.pdef), acessado em 20/05/2010.
- CASTRO, HEBE MARIA MATTOS DE. 2009. *Ao Sul da História: lavradores pobres na crise do trabalho escravo*. Rio de Janeiro: Editora FGV/FAPERJ.
- CHALHOUB, SIDNEY. 1996. *Cidade febril: cortiços e epidemias na corte imperial*. S. Paulo: Cia. Das Letras.
- DIAS JR., ONDEMAR F. 1975. Pesquisas arqueológicas no sudeste brasileiro. *Boletim do Instituto de Arqueologia Brasileira, Série Especial*. (2): 3-22.
- DIAS JR., ONDEMAR F. 1988. 1988. A cerâmica Neo-brasileira. *Arqueo-IAB, Textos Avulsos*. (1): 3-13.
- EIA CABIÚNAS – REDUC GASDUC III. 2007. *Estudo de Impacto Ambiental EIA Gasoduto GASDUC III*. Rio de Janeiro: PETROBRAS, Biodinâmica Engenharia e Meio Ambiente, v. 1 e 2.
- NAUFRÁGIOS do Brasil, [www.naufragiosdobrasil.com.br/naufriomacauham.htm](http://www.naufragiosdobrasil.com.br/naufriomacauham.htm), acessado em 23/01/09.
- PROUS, ANDRÉ. 1996. Histórico do setor de arqueologia UFMG e papel das missões franco-brasileiras. *Anais da VIII Reunião Científica da Sociedade de Arqueologia Brasileira*. Porto Alegre: EDIPUCRS, Coleção Arqueológica. (1): 131-150.
- RENFREW, COLIN & BAHN, PAUL. 1993. *Arqueologia. Teorias, métodos y práctica*. Madrid: Ediciones Akal.
- SANTOS, NADJA PARAENSE DOS. Passando da doutrina à prática: Ezequiel Corrêa dos Santos e a farmácia nacional. *Quím. Nova*, 30 (4).
- SEDA, P.; CHAMUM, D. & DECCO, J. 2008. *Relatório do Projeto GASDUC III – levantamento e programa de prospecção arqueológico na faixa do Gasoduto GASDUC III*. Instituto de Arqueologia Brasileira.
- SEDA, PAULO. 2010. *Relatório do Projeto GASDUC III – salvamento, monitoramento arqueológico e educação patrimonial na faixa do Gasoduto GASDUC III*. Instituto de Arqueologia Brasileira.





## CAPÍTULO XII

---

### O NÍVEL DO MAR – HISTORIA E PERSPETIVAS DE INVESTIGAÇÃO





# O NÍVEL DO MAR – HISTORIA E PERSPETIVAS DE INVESTIGAÇÃO

Tomasz Boski<sup>1</sup>

## RESUMO

Apresenta-se no presente capítulo uma breve retrospectiva dos conceitos relacionados com o nível do mar, desde a antiguidade até à definição moderna dos termos mais comuns. São caracterizadas as principais ferramentas instrumentais remotas e *in situ* e os métodos de interpretação dos dados proxy, utilizados para a observação e a reconstrução do nível do mar, do ponto de vista da técnica aplicada, da abrangência temporal e da qualidade dos resultados obtidos. Os dados regionais obtidos em investigação realizada durante a última década pelos participantes da Rede BRASPOR, são confrontados com os resultados publicados em revistas internacionais da especialidade. Como conclusão apresentam-se sugestões para as linhas dos trabalhos futuros que devem contribuir para a gestão dum fenómeno cujas causas já são, em parte, atribuídas às atividades antrópicas e as consequências de enorme significância sócio-económica.

**Palavras chave:** nível do mar, escalas de tempo, detecção remota, dados geológicos

## ABSTRACT

We present in this chapter a brief retrospective of the concepts related to the level of the sea, from antiquity to the modern definition of the most common terms. The key observational tools both remote and in

situ and methods of interpretation of proxy data, used for the reconstruction of sea level are discussed. This characterization is made from the standpoint of the technique applied, the temporal scope and quality of results. Regional data obtained from research conducted during the last decade by Braspur Network participants are confronted with the results published in international journals. In conclusion we present suggestions for future lines of work that should contribute to the management of a phenomenon whose causes are already partly attributed to human activities and the consequences are of enormous socio-economic significance.

**Keywords:** sea level, time scales, remote sensing, geological data

## INTRODUÇÃO

O grosso do volume da água presente no nosso globo está dividido entre dois reservatórios interligados: oceânico e criosférico. Consequentemente, o nível do mar que intuitivamente entendemos como a elevação do espelho de água oceânica em relação a algum ponto de referência fixo, geralmente no litoral, vai depender fundamentalmente de 3 fatores complexos e igualmente interligados: i) forma geométrica do reservatório oceânico ii) movimentos do ponto de referência iii) volume de água contido em cada reservatório. Assim, numa determinada localidade costeira, em virtude do grande número de processos associados à cada um

1. CIMA - Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, 8005-139 Faro, Portugal

dos fatores, o nível do mar pode variar num vasto espectro de escalas temporais, isto é, de 1 a  $10^{15}$  sec. Os múltiplos processos que se agrupam como os 3 fatores acima referidos estão frequentemente sobrepostos temporal e espacialmente, tornando o seu estudo bastante complicado, sobretudo quando se pretende obter dados quantitativos sobre as taxas da subida ou descida do nível médio do mar (NMM). É de notar que o crescente interesse público pelas alterações climáticas e ambientais a nível global, nacional e regional e, paralelamente, o reconhecimento da ameaça para as faixas costeiras sujeitas a uma subida do nível do mar constituem um desafio de grande envergadura para a comunidade científica. Espera-se nomeadamente que, dada a grande importância socioeconómica do problema, os investigadores apoiem a governação com dados quantitativos de qualidade e transfiram os novos conhecimentos para os vários domínios públicos. Este novo paradigma de atuação deverá ser decisivo para a racionalização das políticas de gestão e para a gestão participativa das zonas mais populosas do nosso planeta e ao mesmo tempo ambientalmente mais frágeis. Portugal, com seu elevado rácio de linha costeira/área continental, tem razões particularmente fortes para adotar políticas que acomodem de forma contínua os conhecimentos acerca da instável interface oceano-continente. É com este intuito que se apresenta, no âmbito do presente livro, uma breve nota acerca da história e do estado de conhecimento dos processos naturais aqui referidos, incluindo nela a contribuição dos investigadores do Centro de Investigação Marinha e Ambiental – CIMA - da Universidade do Algarve, para o seu desenvolvimento.

### A HISTÓRIA DA OBSERVAÇÃO DO NÍVEL DO MAR

Não é de estranhar que, dada a sua elevada frequência (semidiurna) e elevada amplitude (metros), o fenómeno das marés seja o primeiro tipo de mudança da elevação do espelho da água marinha a ser racionalmente integrado no imaginário humano. O primeiro reconhecimento explícito do vaivem do mar semidiurno, através das necessárias adaptações introduzidas nas estruturas portuárias, data dos meados do 3º milénio A.C., na Índia, mais precisamente em Ahmedabad. Contudo, o estabelecimento da relação

entre as marés e a ação da lua e/ou sol verifica-se, também na Índia, cerca de 2000 anos mais tarde. Por sua vez, a inexistência de marés na Bacia do Mediterrâneo explica a enorme surpresa e dificuldades práticas que as marés do Oceano Índico e Oceano Atlântico causaram, aquando das campanhas militares, a Alexandre Magno e Julio César, respetivamente. No entanto, a inversão das correntes marinhas no estreito de Euripus causava estupefação e mereceu a atenção de Aristóteles que tinha relacionado as respetivas fases de enchente e vazante com os ciclos lunares. As observações da periodicidade mareal e da sua relação com as fases lunares foram continuadas de forma mais precisa e publicadas cerca de um século mais tarde por Seleucus na Babilónia e 3 séculos mais tarde nas obras dos grandes filósofos –geógrafos da antiguidade greco-romana: Estrabão e Plínio o Velho. Os alicerces da moderna compreensão das marés como resultado da atração gravítica lunar e solar ficaram a dever-se aos postulados de Johannes Kepler (1571-1630), não sem a oposição dos seus contemporâneos, como por exemplo de Galileu, que chegou a ridicularizar Kepler. Meio século mais tarde, as ideias de Kepler foram retomadas e enquadradas na leis da gravidade por Isaac Newton (1642-1727). Os subsequentes trabalhos publicados por vários autores ao longo dos séculos XVII e XIX tornaram o fenómeno das oscilações mareais matematicamente descritível e portanto passível de previsão. Para tal, foram fundamentais as obras de William Whewell (1794-1866) que, inspirado nos métodos de análise matemática de Pierre-Simon de Laplace (1749 –1827) foi pioneiro na análise das séries temporais maregráficas de que resultaram as tabelas de marés para os principais portos do Reino Unido e o primeiro mapa das linhas co-tidais no Atlântico. A continuação deste trabalho foi de certa forma concluída por William Thomson (Lord Kelvin) que em 1876, depois de aplicar a análise harmónica a séries maregráficas, construiu um engenho denominado “máquina de previsão das marés” ou, na realidade, um computador mecânico análogo. Quase contemporaneamente à publicação dos trabalhos de Whewell, Henry R. Palmer construiu, em 1831, o primeiro marógrafo de registo contínuo, instalado na doca de Londres. Nos anos a seguir, mais marógrafos deste tipo foram colocados na proximidade dos grandes portos europeus, nos EUA e na Austrália para auxiliar

a navegação e/ou com propósitos militares. Assim, na década de 80' do século XIX, já estavam operacionais no continente europeu cerca de 70 mareógrafos, entre os quais o da Marina de Cascais, provavelmente o único aparelho colocado frente ao mar aberto e por conseguinte não afetado pelo processo de subsidência frequente nos estuários. A dupla função do mareógrafo que consiste em medir a amplitude das marés e definir o nível médio do mar (NMM) em relação a uma referência fixa próxima, foi por sua vez uma peça chave para o desenvolvimento do sistema de *data* geodésicos nacionais ou, por outras palavras, de níveis de referência para levantamentos cartográficos. Na Europa, o mais antigo *datum* foi estabelecido em 1684, a base da determinação de NMM do mareógrafo de Amsterdam.

## NÍVEL DO MAR INFERIDO DAS SÉRIES MAREGRÁFICAS

Com a passagem do tempo, a análise das séries mareais tornou-se a principal ferramenta para o estudo das oscilações do nível do mar, de mais curta duração, tais como as provocadas por sobrelevações atmosféricas (ex. WOODWORTH, 1999) e tsunamis (ex. TSUI *et al.*, 2006) mas também das tendências de mudanças em escala temporal de décadas ou maiores, denominadas seculares. É da análise dos registos mareográficos coordenados a nível internacional por Permanent Service for Mean Sea Level (PSMSL) que são obtidas as indicações da subida do nível do mar no século XX (EMERY, 1980; DOUGLAS, 1991; JEVREJEVA *et al.*, 2008), cuja origem antropogénica parece não deixar



Figura 1: O Estuário do Rio Arade no Algarve com os sítios das principais sondagens que serviram de base para a reconstrução do nível médio (NMM) do mar durante os últimos 8500 anos.

margem a dúvidas. O valor da taxa média de subida do NMM durante o último século seria, de acordo com várias fontes, entre 2 - 3 mm/a com aceleração de 0.01mm/a<sup>2</sup>. O 4º Relatório de Avaliação do IPCC de 2007 propôs um valor de consenso de 1.7mm/a, igual ao resultado da análise dos registos do mareógrafo de Cascais (DIAS & TABORDA, 1992), com a tendência para a aceleração, salvo em altas latitudes boreais afetadas por movimentos verticais da crosta terrestre provocados por ajustes glacioisostáticos. Estes últimos começaram a ser tomados em conta e corrigidos quantitativamente através da modelação reológica do manto terrestre (NAKIBOGLU & LAMBECK, 1981; PELTIER & FAIRBANKS, 2006). Contudo, a sua expressão regional, bem como as possibilidades de correlação entre as escassas estações mareográficas para quais existem registos longos suscitam muita controvérsia. Efetivamente geram acesas polémicas tanto os aspetos relacionados com a qualidade dos dados mareográficos (HANNAH, 2010), sobretudo os mais antigos, como com a metodologia de interpretação ou ambos (MÖRNER, 2012).

### OBSERVAÇÕES SATELITARES DE ELEVÇÃO DA SUPERFÍCIE OCEÂNICA

As medições da elevação da superfície oceânica por via do levantamento altimétrico a partir do espaço iniciaram-se no ano de 1978 com a missão do satélite americano SEASAT, que durante os seus escassos 105 dias de vida fez o primeiro levantamento da topografia da superfície oceânica. As tarefas de topografia marinha, já com uma precisão de 5 cm, foram prosseguidas e acompanhadas por observações gravimétricas durante a missão GEOSAT de 1986 a 1990 e missões dos satélites europeus ERS I e ERS II. Em 1992, com o lançamento do satélite franco-americano Topex/Poseidon, iniciou-se um novo período de investigação virada fundamentalmente para questões oceanográficas e climáticas, sendo o estudo do nível do mar umas das prioridades. A missão T/P terminou em 2006 e forneceu dados sobre a posição da superfície do mar em relação à elipsóide geocêntrica a partir da órbita de 1330 km, com uma precisão de 4.2 cm. As medições altimétricas do Topex, com recurso a radar, foram continuadas pelos satélites Jason1 e Jason2 lançados em 2001 e 2008 respetivamente, com uma periodicidade orbital de 10 dias e precisão altimétrica de 3-4 cm. A citada precisão de medições foi conseguida graças a sistema de

duplo posicionamento dos satélites (em relação as estações terrestres e ao sistema GPS-NAVSTAR) e as sondagens contínuas da composição de atmosfera atravessada por pulsos de radar. No momento presente, a série temporal de dados integrados das 3 missões abrange 28 anos de registos espaciais que já foram processados e descritos. Tendo em conta as reservas que impõe a complexidade do processo de junção dos dados, cuja abrangência não é ainda suficiente para tomar em consideração as periodicidades de processos em escalas temporais maiores, pode-se afirmar o seguinte acerca do comportamento da superfície do oceano: existem variações centimétricas interanuais de NMM,

- provocadas por eventos climáticos tais como o ENSO (El Niño)
- foi possível, pela primeira vez, observar na íntegra o comportamento das perturbações da superfície marinha provocadas pela ondas de Kelvin e de Rosby, de escala planetária, bem como grandes giros oceânicos
- para todo o período 1993-2010, o nível do mar subiu à taxa l média de 3.0 – 3.2 mm/ano, quase o dobro da taxa inferida dos registos mareográficos
- a mudança de NMM não é de todo uniforme à escala do planeta, registando-se as maiores taxas de subida (+10 mm/ano) na faixa intertropical do Oceano Pacífico Oeste, e as maiores descidas (-4 a -8 mm/ano) em médias e altas latitudes do Atlântico Oeste e Pacífico Leste.

### OBSERVAÇÕES DO CAMPO GRAVÍTICO E MEDIÇÕES DA TEMPERATURA DO OCEANO

Atendo que em escala temporal de séculos/décadas o volume do reservatório oceânico não muda de forma significativa, a subida eustática do NMM pode ser provocada por unicamente aumento do volume de água, produzido por derretimento de gelos ou por aumento térmico de volume ou por ambos. Em termos observacionais, a perda de massa por derretimento nos glaciares de montanha, mas sobretudo nas calotes glaciares da Groenlândia e Antárctica pode ser detectada pelas medições satelitares de gravidade enquanto a temperatura do oceano só pode ser medida por sondas de temperatura. Desta maneira as observações altimétricas das missões TOPEX/POSEIDON e JASON ganharam

um importante complemento sob a forma de mapas da gravidade terrestre produzidas pelos satélites GRACE (acrónimo de Gravity Recovery and Climate Experiment) e GOCE (acrónimo de Gravity Field and Steady-State Ocean Circulation Explorer). Iniciadas respetivamente em 2002 e 2008, as duas missões proporcionaram uma cobertura gravimétrica de alta precisão que permite detetar as transferências de massa entre os três reservatórios globais de água: continentes, criosfera e oceanos. Com base nestes dados foi possível, por exemplo, atribuir a queda temporária de 6mm em NMM, entre 2010 e 2011, ao armazenamento de água precipitada na Amazónia e Austrália na sequência da pluviosidade anómala provocada pelo fenómeno el Niño – la Niña. Por outro lado, o mesmo levantamento gravimétrico sobre a Groenlândia permitiu estimar a perda de massa da calote glacial em cerca de  $100^9$  toneladas, sobretudo na sua parte basal.

A monitorização da temperatura do oceano é implementada a partir do ano 2000 pelo sistema de boias autónomas ARGO. O programa dá continuação às medidas anteriormente feitas por batitermógrafos expansíveis e perfilação CTD a partir dos navios oceanográficos. O sistema ARGO, faz parte do Global Climate Observing System/Global Ocean Observing System GCOS/ GOOS e conta, no momento presente, com cerca de 3570 boias que, de forma autónoma, executam os perfis da temperatura de água até a profundidade de 2000m. As boias, depois de regresso a superfície do oceano, enviam os dados, via os satélites, para os centros de integração de onde são disponibilizados em tempo real ou após o controle de qualidade. A integração dos dados térmicos do oceano, disponíveis do programa ARGO, com os dados mais antigos com início dos anos 50, permitiu estimar em  $1.5 \pm 0.4$  mm/ a subida de NMM atribuída exclusivamente à expansão térmica (Domingues *et al.* 2008).

#### MUDANÇA DO NÍVEL DO MAR EM ESCALA TEMPORAL DE MILÉNIOS/ SÉCULOS – INTERPRETAÇÃO DO REGISTO GEOLÓGICO E MODELOS ASSOCIADOS.

Apesar da sua crescente precisão e resolução, os registos instrumentais das mudanças de NMM abrangem um intervalo de tempo muito curto, quando confrontado com a escala temporal dos processos que controlam o volume de água oceânica. No entanto, a

passagem do período glacial para o presente interglacial durante os últimos 20000 anos da história do globo testemunhou a transferência de massa de água entre, fundamentalmente, as calotes glaciais no Hemisfério Norte e o reservatório oceânico correspondente a cerca de  $35 \cdot 10^6$  km<sup>3</sup> de gelo. Desta transferência resultou uma subida de NMM na ordem dos 120 m que submergiu cerca de 36 milhões de km<sup>2</sup> das plataformas continentais em apenas 14 mil anos. Estima-se que esta mudança seja representativa da variabilidade natural do sistema climático terrestre durante os últimos 2 milhões de anos. A reconstrução da subida do NMM, ocorrida durante a última deglaciação, foi conseguida com base na datação dos corais em baixas latitudes, em localidades onde se podia estabelecer uma clara relação entre a idade e a posição das espécies coralinas indicadoras do nível do mar. Destacam-se aqui os trabalhos em Barbados (FAIRBANKS, 1989) e Tahiti (BARD *et al.*, 1996).

No CIMA – Universidade do Algarve, os estudos da mudança do NMM iniciaram-se no início deste século (DIAS *et al.*, 2000) A investigação, efetuada durante a última década, de que resultou a reconstrução do nível médio do mar na margem atlântica sul ibérica durante os últimos 13,5 ka. baseou-se fundamentalmente na análise de paleoambientes estuarinos (BOSKI *et al.* 2002) costeiros (MOURA *et al.* 2006) e da plataforma (MENDES *et al.* 2010). O registo mais extenso dos processos que acompanharam a subida do umm após a última glaciação foi conseguido, no estuário do Rio Guadiana, devido à sua situação geomorfológica privilegiada. Efetivamente, trata-se de uma série de sedimentos estuarinos mais espessa, conhecida até agora em zonas não glaciadas. A reconstrução do processo, desde ca 13000 a cal BP (DELGADO *et al.*, 2012), revelou uma subida do umm com a taxa de  $7\text{mm a}^{-1}$  que chega a estagnar durante o evento frio de Drias Recente para seguidamente recomeçar a partir de 11500 a cal BP, por mais 4 milénios. A partir de 7.5 ka cal BP a taxa média de subida decresceu para  $1.2\text{mm a}^{-1}$  (BOSKI *et al.* 2008).

No estuário de Mira, situado igualmente num vale fluvial de incisão profunda, a sequência sedimentar acumulada atingiu uma espessura de ca de 45 m, cuja base data de há 11141 a cal BP. A interpretação da sedimentologia e conteúdo micropaleontológico aponta para uma submersão muito rápida do paleovale e subsequente preenchimento com os sedimentos provenientes, fundamentalmente, da plataforma continental.

Os sedimentos acumulados dentro da sequência lagunar de Ria Formosa e do Estuário Boia-Arade (Figura 1) abrangeram os últimos 8.5 ka cal BP. Todos os elementos concretos apontam para uma subida de umm, extremamente rápida, na ordem de 10 mm/a entre 8500 e 7500 a cal. BP (Figura 2) Provavelmente trata-se aqui do último pulso de deglaciação provocado pelo colapso do resto da Calote Laurentídea seguido pela fase de subida lenta com a taxa de 1.7 mm/a. Em ambas as localidades, a sedimentação holocénica caracteriza-

se por discontinuidades locais pautadas pela acreção rápida de corpos arenosos de origem fluvial (Boia) ou da plataforma (Ria Formosa). É de notar que as taxas de subida de NMM inferidas do registo sedimentar dos últimos 7 milénios coincidem com os valores apurados a partir dos registos maregráficos até aos anos 90'. Assim, a diferença entre estes valores e as taxas obtidas dos registos satelitares das últimas 2 décadas (3.2 – 3.5 mm/a) permite de afirmar que o impacto antropogénico é responsável pela metade do acréscimo do NMM.

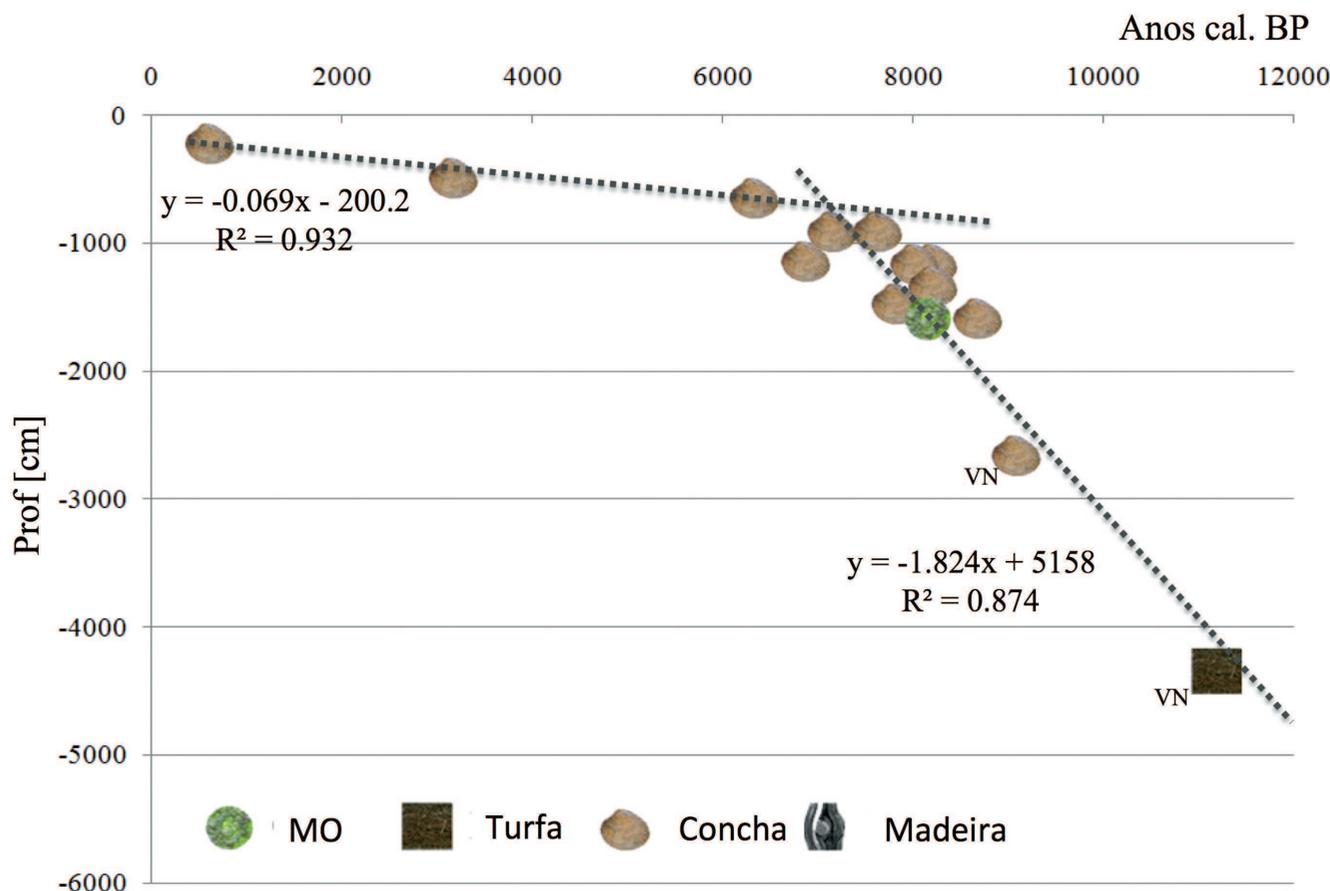


Figura 2: Registo de acumulação dos sedimentos nos estuários dos Rios Arade e Mira durante os últimos 11500 anos. Notam-se dois períodos distintos. 1º até 7500 anos em taxa da subida do do nível médio do mar (NMM) aproximadamente 9mm/ano e 2º de 7500 anos até a atualidade em que taxa decresce a cada 1mm ano. Estão identificados os materiais datados por método de 14C - MAS.

Por causa da sua extensão temporal, o registo geológico é um excelente calibrador para os modelos cuja finalidade é assegurar as bases para uma gestão sustentável das zonas costeiras. Embora sejam feitos continuamente progressos no sentido de criar os modelos numéricos, ba-

seados numa descrição determinista dos processos de sedimentação (SILVA *et al.*), as longas escalas temporais de simulação constituem um obstáculo considerável. A solução aplicada ao caso específico do Estuário do Rio Guadiana recorreu à metodologia de modelação do comportamen-

to morfodinâmico (STOLPER *et al.*, 2005). Tomando como base os cenários da subida do NMM, propostos no 4º Relatório do IPCC (2007) e tendo em conta as taxas de sedimentação observadas após o fechamento das comportas do Rio Guadiana foi possível, efetivamente, obter os dados acerca da evolução provável das zonas húmidas intermareais em ambos os lados da fronteira entre Portugal e Espanha. De acordo com o modelo (SAMPATH *et al.*, 2011) até 6 km<sup>2</sup> do lado português e até 7.5 km<sup>2</sup> do lado espanhol da fronteira poderão ser permanentemente submergidos (perdidos) com perdas incalculáveis para a biodiversidade e economia local.

No momento presente, os integrantes portugueses do CIMA – Universidade do Algarve, na rede BRASPOR, junto com os seus colegas das Universidades brasileiras dedicam-se ao estudo da progradação das barreiras Holocénicas e do registo da subida do nível do mar nos estuários e lagoas em Santa Catarina e no Rio Grande do Norte. Os dados até agora obtidos apontam para um período de subida do NMM muito rápida a partir de 8500 anos cal BP (último pulso de derretimento) das calotes glaciares) e provavelmente um início de recuo do mar a partir de 750 anos cal BP, acompanhado de acreção das barras arenosas.

## CONCLUSÕES

A taxa da subida global, integrada, do nível médio do mar situa-se no momento presente entre 3 mm/ano e 3.5 mm/ano. A metade deste valor pode ser atribuída a impacte antrópico sobre o clima terrestre. A contribuição tectónica e derretimento de gelos dividem a responsabilidade por esta taxa, em partes aproximadamente iguais.

Face às previsões do comportamento do NMM nas próximas décadas, propõe-se incluir no programa estratégico de investigação marinha nacional e regional as seguintes medidas:

- estender a reconstrução do nível médio mar na margem oceânica do Brasil até 11- 12000 anos ca BP, através dos estudos nos estuários e lagoas costeiras
- aplicar a modelação de ambientes costeiros, por aproximação sistémica, para testar a sua reação à subida do nível do mar prevista
- focalizar a investigação nos eventos geológicos de que resultaram as taxas de subida do NMM que se podem considerar catastróficas, tal como se tem

verificado no milénio 8500 – 7500 a cal BP.

- estabelecer correlação do processo de subida do NMM entre as áreas de estudo em Portugal e no Brasil.

## LITERATURA:

- BARD, E.; HAMELIN, B.; ARNOLD, M.; MONTAGGIONI, L.; CABLOCH, G.; FAURE, G. & ROUGERIE, F., 1996. Deglacial sea-level record from Tahiti corals and the timing of global meltwater discharge. *Nature*, **382**: 241-244.
- BOSKI, T.; CAMACHO, S.; MOURA, D.; FLETCHER, W.; WILAMOWSKI, A.; VEIGA-PIRES, C.; DUARTE, D.; LOUREIRO FERREIRA, C. & SANTANA, P., 2008. Chronology of the postglacial sea-level rise in 2 estuaries of Algarve Coast, S. Portugal. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, **77**: 230 – 44.
- BOSKI, T.; MOURA, D.; CAMACHO, S.; DUARTE, R.D.N.; SCOTT, D.B.; VEIGA-PIRES, C.; PEDRO, P. & SANTANA, P., 2002. Postglacial sea level rise and sedimentary response in the Guadiana Estuary, Portugal/Spain border. *Sedimentary Geology*, **150**:103-121.
- DELGADO, J.; BOSKI, T.; NIETO, J.M.; PEREIRA, L.; MOURA, D.; GOMES, A.; SOUSA, C. & GARCÍA-TENORIO, R. 2012. Sea-level rise and anthropogenic activities recorded in the late Pleistocene/Holocene sedimentary infill of the Guadiana Estuary (SW Iberia). *Quaternary Science Reviews*, **33**: 121 -141.
- DIAS, J.M.A.; BOSKI, T.; RODRIGUES, A. & MAGALHÃES, F. 2000. Coast line evolution in Portugal since the Last Glacial Maximum until Present - A synthesis. *Marine Geology*, **170**: 177 - 186.
- DIAS, J.M.A. & TABORDA, R. 1992. Tide-Gauge Data in Deducing Sea Level and Crustal Movements in Portugal. *Journal of Coastal Research*, **8**(3), 655-659.
- DOMINGUES, C.M.; CHURCH, J.A.; WHITE, N.J.; GLECKLER, P.J.; WIJFFELS, S.E.; BARKER, P.M. & DUNN, J.R. 2008 Improved estimates of upper-ocean warming and multi-decadal sea-level rise. *Nature*, **453**: 1090-1093.
- DOUGLAS, B.C. 1991. Global Sea Level Rise. *Journal*

- of *Geophysical Research*, **96**: 6891-6892.
- EMERY, K.O. 1980. Relative sea levels from tide-gauge records. *Proceedings of the National Academy of Science USA*, **77**: 6968-6972.
- FAIRBANKS, R.G. 1989. A 17,000-year glacio-eustatic sea level record: Influence of glacial melting rates on the Younger Dryas event and deep-ocean circulation. *Nature*, **342**: 637-642
- HANNAH J. 2010. The Difficulties in Using Tide Gauges to Monitor Long-Term Sea Level Change. *International Federation of Surveyors*. Article of the month 1-10.
- IPCC 2007. Climate Change 2007. The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, In: SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR M. & MILLER HL. (eds.). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA
- JEVREJEVA, S.; MOORE, J. C.; GRINSTED, A. & WOODWORTH, P. L. 2008. Recent global sea level acceleration started over 200 years ago? *Geophysical Research Letters*, **35**, L08715.
- MENDES, I.; ROSA, F.; DIAS, J. A.; SCHÖNFELD, J.; FERREIRA, Ó. & PINHEIRO, J., 2010. Inner shelf paleoenvironmental evolution as a function of land-ocean interactions in the vicinity of the Guadiana River, SW Iberia. *Quaternary International*, **221**: 58-67.
- MOURA, D.; VEIGA-PIRES, C.; BOSKI, T.; ALBARDEIRO, L.; RODRIGUES, A.L. & TARECO, H. 2007. Holocene sea level fluctuations and coastal evolution in the Central Algarve (southern Portugal) - *Marine Geology*. **237**: 127 -142.
- MÖRNER, N.-A. 2012. There Is No Alarming Sea Level Rise! 21 st. *Century Science and Technology*. **2011/2012**: 12 -24.
- NAKIBOGLU, S.M. & LAMBECK, K. 1981. Deglaciation related features of the earths gravity-field. *Tectonophysics*. **72**: 289-303.
- PELTIER, W. R. & FAIRBANKS, R. G., 2006. Global glacial ice volume and Last Glacial Maximum duration from an extended Barbados sea level record. *Quaternary Science Reviews*, **25**: 3322-3337.
- SAMPATH, D.M.R.; BOSKI, T.; SILVA P.L. & MARTINS, F.A. 2011. Morphological evolution of the Guadiana estuary and intertidal zone in response to projected sea-level rise and sediment supply scenarios, *Journal of Quaternary Science*, **26**(2): 156-170.
- SILVA, P. L.; MARTINS, F. BOSKI, T. & SAMPATH, R. 2012. Modeling Basin Infilling Processes in Estuaries using two different approaches: An Aggregate Diffusive Type Model and a Processed Based Model. *Journal of Integrated Coastal Zone Management*, **12**: 117-129.
- STOLPER, D.; LIST, J.H & THIELER, E.R. 2005. Simulating the evolution of coastal morphology and stratigraphy with a new morphological-behaviour model (GEOMBEST). *Marine Geology*, **218**: 17-36.
- TSUJI, Y.; NAMEGAYA, Y. & MATSUMOTO, H. 2006. The 2004 Indian tsunami in Thailand: Surveyed runup heights and tide gauge records. *Earth Planets And Space*, **58**: 223-232
- WOODWORTH, P.L. 1999. High waters at Liverpool since 1768: the UK's longest sea level record. *Geophysical Research Letters*, **26** (11): 1589-1592.



## CAPÍTULO XIII

---

### RELAÇÕES ENTRE A SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA, O CONDICIONAMENTO TECTÔNICO E AS VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NO CANAL CENTRAL DA BAÍA DA ILHA GRANDE, RIO DE JANEIRO, RJ





# RELAÇÕES ENTRE A SEDIMENTAÇÃO QUATERNÁRIA, O CONDICIONAMENTO TECTÔNICO E AS VARIAÇÕES RELATIVAS DO NÍVEL MÉDIO DO MAR NO CANAL CENTRAL DA BAÍA DA ILHA GRANDE, RIO DE JANEIRO, RJ

Luciana Bispo<sup>1</sup>, Marcelo Sperle<sup>2</sup> e Mônica Heilbron<sup>3</sup>

## RESUMO

A Baía da Ilha Grande, localizada na região sudeste do Brasil, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, é uma região de extrema importância para o cenário sócio-econômico do estado e do país. Desde a década de 70 esta região vem se desenvolvendo com a instalação de indústrias, intensificação do turismo, da pesca e das atividades ligadas ao setor de petróleo e gás. No entanto, seu frágil ecossistema, principalmente o costeiro e marinho, é ainda pouco conhecido. Neste contexto, a região costeira, em particular, carece de pesquisas integradas entre diversas áreas do conhecimento. No presente estudo são analisadas algumas relações entre aspectos geológicos, geofísicos e oceanográficos em uma área crítica e ao mesmo tempo estratégica. Trata-se da área do chamado “canal central”, localizado entre a Ilha Grande e o continente. Nesta extensa região todas essas atividades sócio-econômicas ocorrem simultaneamente, o que vem gerando uma série de conflitos sócio-ambientais. Do ponto de vista geológico, a investigação em sub-superfície da geologia estrutural e sedimentar do canal central, com base em dados de ecobatimetria e sísmica rasa de alta resolução, possibilitou a determinação de diferentes tipos de Padrões Geo-acústicos (PGA) – que revelaram evidências da evolução tectono-sedimentar quaternária desta região. O mapeamento submarino do embasamento cristalino mostrou uma complexidade geométrica, com altos e baixos de direção predominante NE-SW, ao longo do

canal central. As correlações destas estruturas com a geomorfologia costeira e os padrões de drenagem, possibilitaram a identificação de 07 falhas geológicas; que condicionaram estruturalmente a morfologia do fundo marinho e a sedimentação da área investigada. Destaca-se a ocorrência de um baixo do embasamento na cota de -40 a -50 metros, presente regionalmente, de origem tectônica, que favoreceu o estabelecimento de uma paleo-drenagem durante o período de nível de mar baixo no Pleistoceno. A correlação dos tipos de PGA com a evolução sedimentar, proposta por outros pesquisadores, possibilitou sugerir novas hipóteses para a evolução geológica da área no Quaternário e determinar regiões de depocentros e outras não favoráveis à deposição até os dias atuais.

**Palavras Chaves:** Baía da Ilha Grande, Sedimentação Quaternária, Condicionamento Tectônico, Variações Relativas do Nível Médio do Mar

## ABSTRACT

The Ilha Grande Bay, located in the south of Rio de Janeiro state, southeast Brazil, is an extremely important region for the country social and economical scenario. Since the 70's this region is been developing by the industries setting, tourism and fishing increasing and oil and gas exploration. However, its fragile coastal and marine ecosystem is not well known. In particular the coastal region seeks from integrated researches in

1. Halliburton/Landmark, Rua da Assembléia 66, 40 andar, Centro, Rio de Janeiro, RJ, bispoocnyahoo.com.br

2. Faculdade de Oceanografia – UERJ, Rua São Francisco Xavier 524, 4018E, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, 20.550-013, sperle@uerj.br

3. Faculdade de Geologia – UERJ, Rua São Francisco Xavier 524, 4018A, Maracanã, Rio de Janeiro, RJ, 20.550-013, heilbron@uerj.br

a number of areas. In this chapter some geological, geophysical and oceanographic aspects of this critical and strategic region are addressed. The main focus is in the called “central channel” area, located between the Ilha Grande and the continent. In this region all those social and economical activities happens at the same time, generating a number of social and environmental conflicts. From the geological point of view, the subsurface structural and sedimentary geology of the “central channel” was investigated with bathymetric and high resolution shallow seismic data. After processing and interpretation various different types of geoacoustical patterns were determined and associated with the regional tectonic and sedimentary evolution. The mapping of the submerged igneous basement reveals a complex morphology with NE-SW highs and lows throughout the “central channel”. The correlation of these structures together with the coastal geomorphology and the drainage patterns, allowed the identification of 07 geological faults that have structurally controlled the sea floor morphology and the area sedimentation. The presence of a regional tectonic basement low, with absolute depths of -40 to -50 meters, allowed the setting of a drainage system during the last Pleistocene glacial maximum. The correlation of those geoacoustical patterns with the sedimentary evolution proposed by other authors suggests new hypothesis on the Quaternary geological evolution and allows the determination of its sedimentary distribution up to the present time.

**Keywords:** Ilha Grande Bay, Quaternary Sedimentation, Tectonic Fabric, Mean Sea Level Changes.

## I – INTRODUÇÃO

A Baía da Ilha Grande, localizada na região sudeste do Brasil, no litoral sul do Estado do Rio de Janeiro, é uma região de extrema importância para o cenário sócio-econômico do estado e do país (Figura 1). Desde a década de 70 esta região vem se desenvolvendo com a instalação de indústrias, intensificação do turismo, da pesca e das atividades ligadas ao setor de petróleo e gás. Além disto, localizam-se na região as usinas nucleares de Angra I, II e III, o Terminal Marítimo de Petróleo da Petrobrás (TEBIG) e vários estaleiros de construção naval. Neste aspecto, deve-se ressaltar o alto

risco de possíveis acidentes ambientais associados à estas atividades, conforme retrata Ceccopieri (2001).

Assim, uma parte essencial ao processo de planejamento ambiental e territorial da região passa pelo entendimento das características oceanográficas e geológicas do fundo e sub-fundo marinho. Por exemplo, no passado, durante muito tempo, os cabos elétricos submarinos eram lançadas no leito oceânico sem uma adequada consideração dos aspectos oceanográfico-geológico-geotécnicos envolvidos (ALLAN, 1998). Normalmente, os causadores de danos às estruturas submarinas são afloramentos rochosos, fundos móveis, bancos sedimentares submersos, falhas e fraturas geológicas (CECCOPIERI, 2001) os quais representam riscos geológicos (“geohazards”) de erosão, recobrimento, exposição, deslocamento e até mesmo o rompimento da rede. Neste contexto, o estudo das características físicas do ambiente é fundamental ao desenvolvimento dessas atividades econômicas.

Nas últimas décadas, o crescente número de estudos utilizando dados de sísmica rasa de alta resolução vêm demonstrando ser esta uma ferramenta importante para a investigação do fundo e sub-fundo marinhos, sendo capaz de avaliar parâmetros como: espessura de camadas, mergulho, presença de falhamentos, ocorrências de acumulações rasas de gás, deslizamentos e desmoronamentos submarinos, feições e processos sedimentares (SPERLE *et al*, 2003; QUARESMA *et al*, 2001; FONTOURA, 2001; DAMUTH, 1980; DAMUTH, 1975, dentre outros.).

A Baía da Ilha Grande tem sido objeto de diversos trabalhos que visam integrar fatores geológicos, oceanográficos e climáticos. Vários pesquisadores (SPERLE, *et al*, 2003; CECCOPIERI, 2001, FONTOURA, 2001) relacionaram parâmetros oceanográficos com a distribuição de sedimentos de fundo buscando investigar a evolução sedimentar quaternária da região do canal central da Baía da Ilha Grande, bem como atributos do fundo marinho que representam potenciais riscos às atividades relacionadas ao setor petróleo e gás, desenvolvidas na área. Em outro estudo Medeiros (2003), através da integração entre levantamentos geológicos e estudos geomorfológicos, buscou entender o papel exercido pelas estruturas e litologia das rochas no desenvolvimento das formas de relevo da Baía da Ilha Grande.

O contexto geológico da região Sudeste do

Brasil (Figura 2), é atribuído a dois grandes eventos tectônicos distintos: a) Orogênese Brasileira ocorrida no Neoproterozóico-Cambriano, de caráter dúctil em ambiente compressivo, que resultou na formação de faixas móveis e b) tectônica Mesozóica e Cenozóica, associada à fragmentação do continente Gondwana Ocidental e, conseqüentemente, à abertura do Oceano Atlântico Sul, e também à formação dos riftes continentais do sudeste brasileiro, este de caráter rúptil em ambiente distensivo (HEILBRON *et al.*, 2000 e HEILBRON *et al.*, 1995 ).

Desta forma, o panorama geológico da área em questão envolve uma complexa história tectônica que apresenta desde corpos granito-gnaissicos de pequenas porções cratônicas de idades transamazônicas (2050 Ma), passando por rochas remobilizadas em níveis infracrustal e supracrustal durante o Ciclo Brasileiro, rochas metasedimentares e granitos Neoproterozóicos,

Rochas sedimentares e ígneas Meso-cenozóicas.

Portanto, no contexto regional, a Baía da Ilha Grande torna-se uma área de extremo interesse científico por possuir uma configuração estrutural e geomorfológica bastante peculiar. Configuração resultante, principalmente, da gênese e evolução da Bacia de Santos e das montanhas litorâneas da Serra do Mar e da Mantiqueira - decorrentes da tectônica sul-atlantiana, sobretudo das reativações no Mesozóico e Cenozóico, e das mudanças do nível relativo do mar durante o Quaternário (SPERLE, 1997; ZALAN e OLIVEIRA, 2005).

Assim, diante desse contexto sócio-econômico-ambiental, o presente trabalho teve como objetivo principal investigar as relações entre a sedimentação quaternária, o condicionamento tectônico e as variações relativas do nível médio do mar no canal central da Baía da Ilha Grande; visando, sobretudo, gerar subsídios para a gestão ambiental e territorial da região.

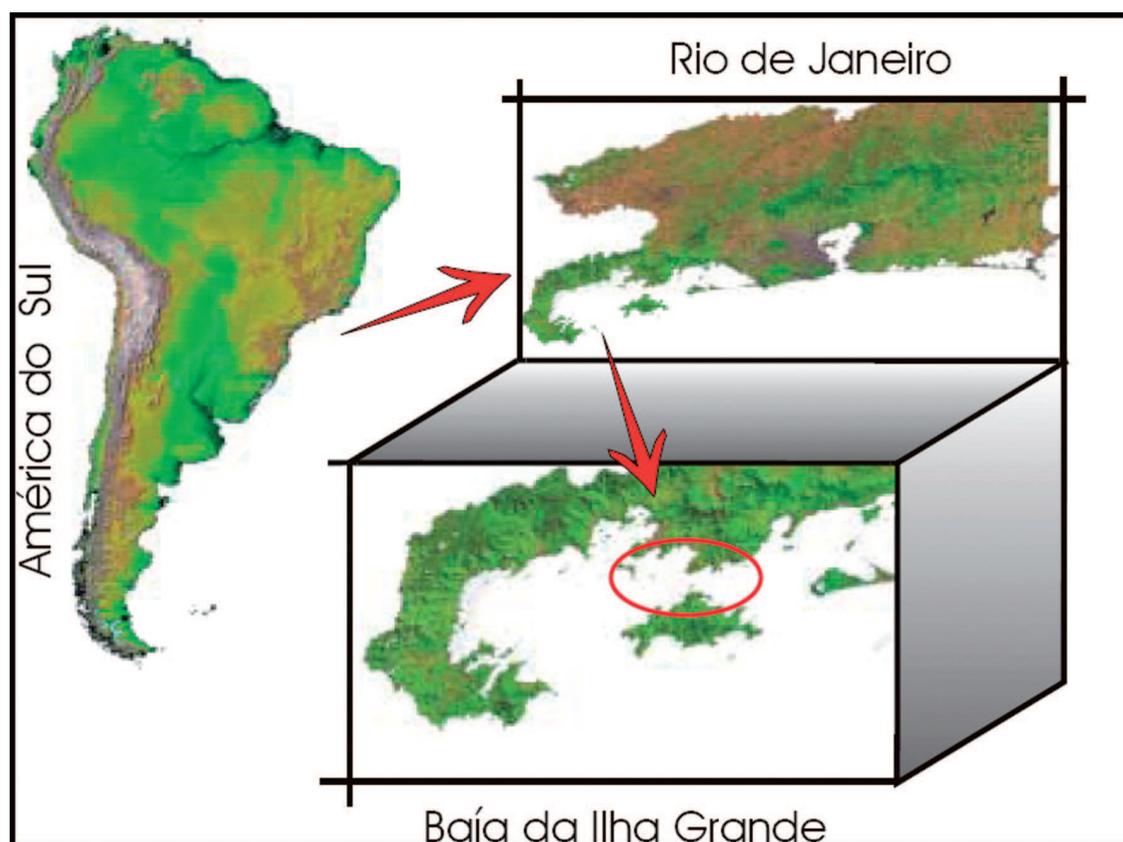


Figura 1: Localização da área de estudo, destacando a área de interesse. (Imagens de Satélite modificado de Mohriak, 2004; Miranda e Coutinho, 2005 - Cd Brasil Visto do Espaço).

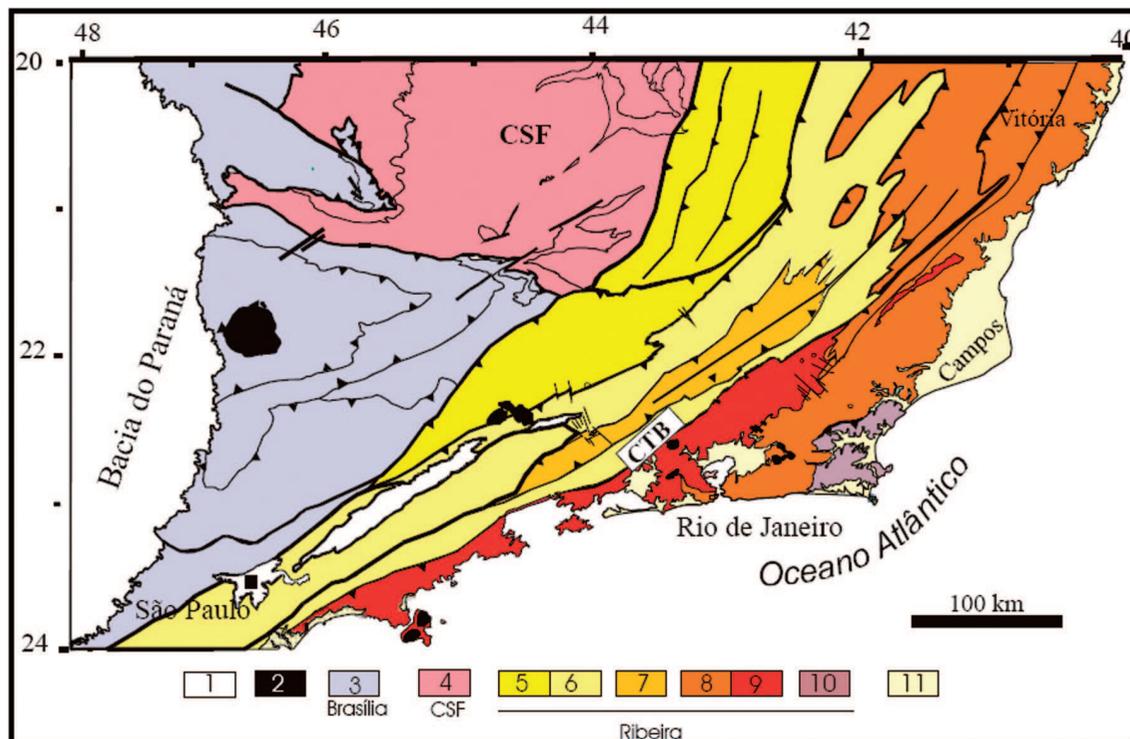


Figura 2: Mapa tectônico da região Sudeste do Brasil - 1) Riftes Cenozóico; 2) Rochas alcalinas do Cretáceo e Terciário; 3) Orógeno Brasília; 4) Cráton do São Francisco; 5) Terreno Ocidental. Domínio Andrelândia; 6) Terreno Ocidental. Domínio Juiz de Fora; 7) Terreno Oriental. Klippe Paraíba do Sul; 8) Terreno Oriental. Domínio Costeiro; 9) Terreno Oriental - Arco Magmático Rio Negro; 10) Terreno Cabo Frio; 11) sedimentos cenozóicos indiferenciados. Modificado de Heilbron *et al.* (2004)

## II – MATERIAIS E MÉTODOS

Inicialmente foram compilados dados geológicos e oceanográficos pré-existentes, de diversas fontes, de forma a construir um banco de dados integrado e georreferenciado. Com base nestes dados verificou-se a carência de informações geofísicas, principalmente na área do canal central - uma área crítica para a investigação dos processos geológicos e oceanográficos atuantes na região - , localizada entre a Ilha Grande e o continente (Figura 2). Nesta área estão concentradas grande parte das atividades ligadas às indústrias de petróleo/gás e turismo.

Foram então realizadas, em novembro de 2004, campanhas geofísicas com linhas de direção NW-SE, perpendiculares à direção das estruturas geológicas da área, totalizando 90 km de dados sísmicos e batimétricos contínuos. Deste amplo levantamento, foram selecionadas para investigação, estrategicamente, 07 linhas cruzando o canal central (Figura 3).

Os dados batimétricos foram obtidos com uso de um Ecobatímetro Hidrográfico Raytheon, modelo DE719CM, com placa digital Odom-Digitrace e frequência de operação de 210 kHz.

O equipamento utilizado para obtenção das linhas sísmicas foi um perfilador digital de sub-fundo (sub-botton profiler) multifrequência, modelo GeoStar com tow-fish SB 216 da Edgetech, Inc. (Figura 4). Este equipamento, do tipo CHIRP, tem a amplitude e a frequência do sinal emitido moduladas, o que aumenta sua relação sinal-ruído. Operou-se na faixa de frequência de 2 a 16 kHz, que permitiu alta resolução no “imageamento” do fundo e do sub-fundo marinho, com boa penetração no pacote sedimentar.

Todos os dados geofísicos foram adquiridos de forma integrada com um sistema de posicionamento DGPS, modelo DGPS-MAX, de precisão sub-métrica, com correção diferencial via satélite da Omnistar.

Após a aquisição, os dados batimétricos foram processados no software HYPACK, onde foram feitas as cor-

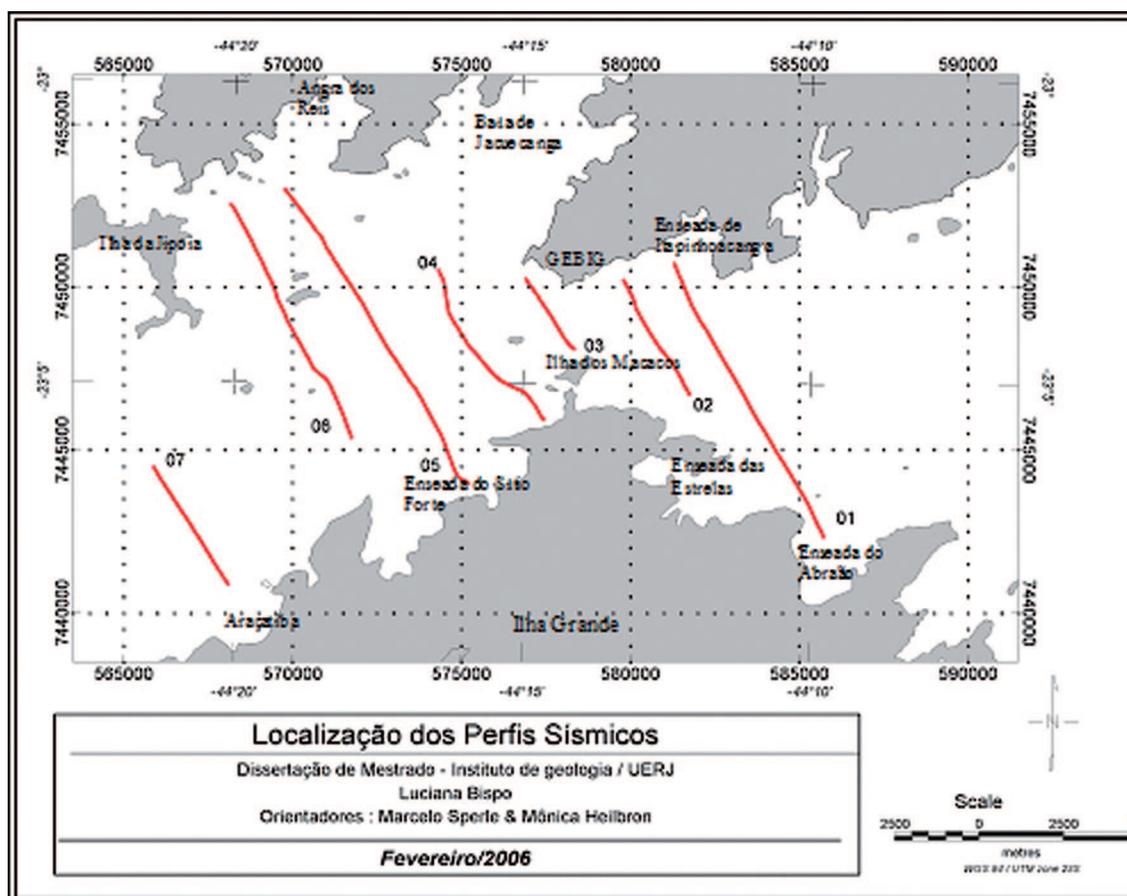


Figura 3: Mapa de posicionamento das linhas geofísicas obtidas e sua correlação com os perfis interpretados.

reções de marés, velocidade do som e de “estado de mar”.

Os dados sísmicos de alta resolução foram processados no software Discover 3.27 da EdgeTech, onde foram feitas as mesmas correções batimétricas e filtrados os ruídos e os efeitos de “estado-de-mar” - que dificultam a visualização correta dos horizontes sísmicos.

Esses dados foram processados no Laboratório de Oceanografia Geológica (LOG) com a infraestrutura disponibilizada pelo Grupo de Pesquisa em Oceanografia Geológica da UERJ (GPOG, CNPq. V. 5).

A interpretação dos dados geofísicos foi feita, com base em suas assinaturas geo-acústicos (PGA) - que são dependentes da impedância acústica dos sedimentos e rochas (DAMUTH, 1975; DAMUTH & HAYES, 1977; DAMUTH, 1978; DAMUTH, 1980; BLONDEL e MURTON, 1997, dentre outros). Foram ainda utilizados os princípios de estratigrafia de

seqüências, nas correlações sismo-estratigráficas (VAIL *et al* 1977).

A integração das interpretações geofísicas com as informações geológicas e oceanográficas pré-existentes foi feita utilizando o software Oasis montaj da Geosoft Inc., onde foram gerados diversos mapas temáticos.

### III – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram analisadas 07 linhas geofísicas, de direção NW–SE, perpendiculares à direção das estruturas (NE – SW) mapeadas no continente e na Ilha Grande. Os perfis foram denominados de Perfil 01 (na porção leste), Perfis 02, 03 e 04 (na região central) e Perfis 05, 06 e 07 (na porção oeste), conforme mostra o mapa da Figura 3.

De forma geral nos perfis sísmicos o embasamento acústico apresenta-se bastante irregular (Figura 5), com profundidades variando de 6 a 50m. Em diversos

trechos o embasamento acústico é provavelmente de origem cristalina, aflorando localmente. Em pontos específicos a atenuação do sinal acústico não permite a identificação do embasamento cristalino, sendo este

inferido para estas regiões. Neste sentido, e dentro do contexto regional abordado neste estudo, assume-se que a interpretação do embasamento acústico representa o embasamento cristalino para a região investigada.

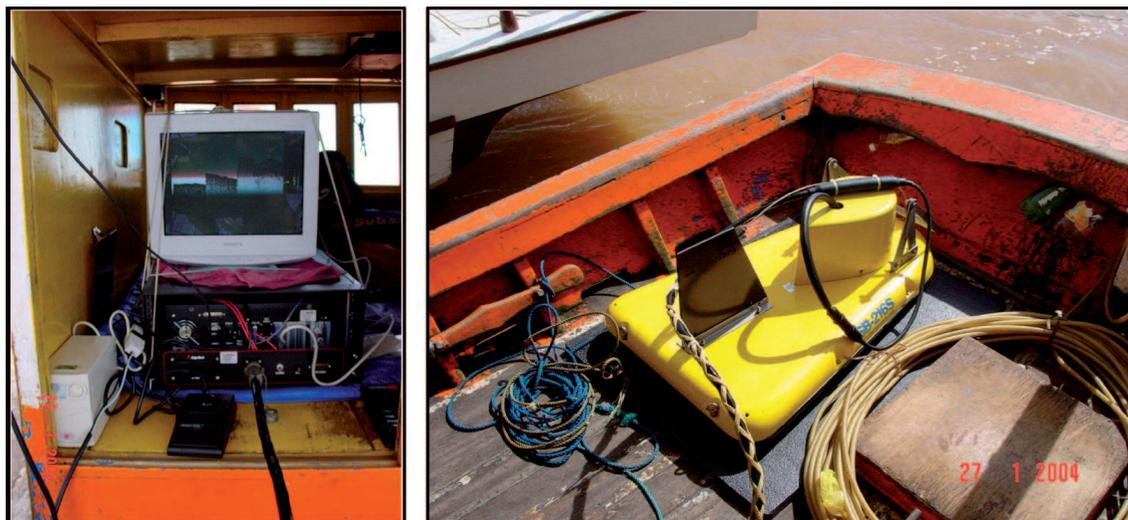


Figura 4: Sistema de geofísica rasa Geostar (à esquerda) e fonte de emissão/recepção do sinal Acústico do tipo “Tow-Fish”, CHIRP, multi-frequências (2-16 kHz).

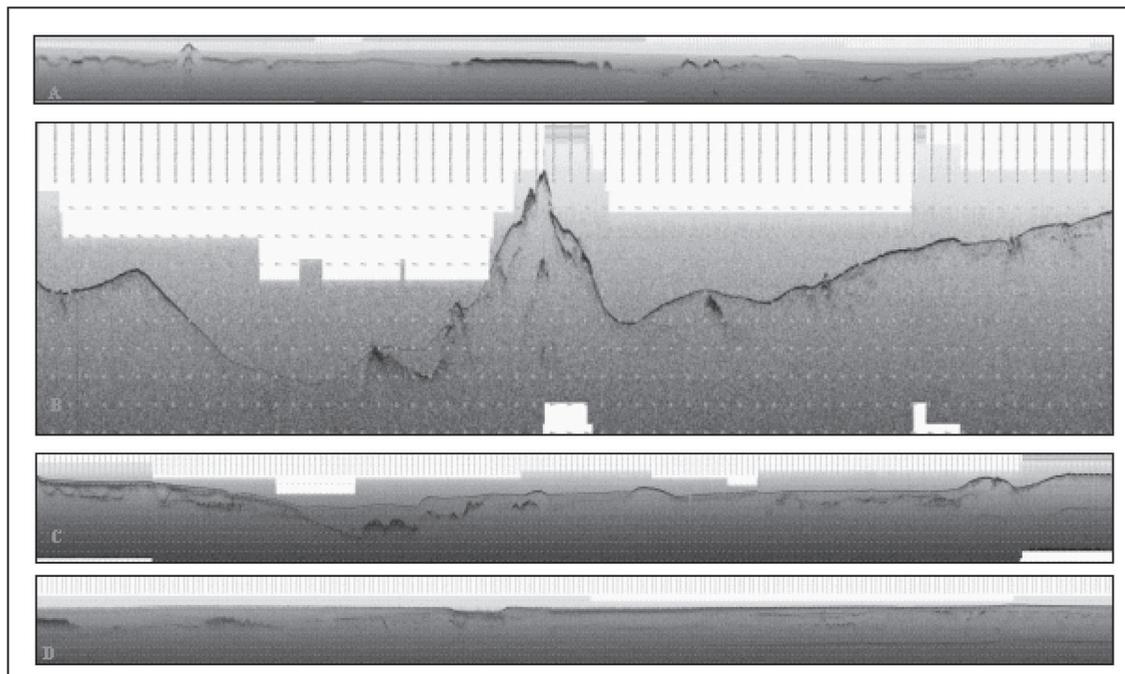


Figura 5: Exemplos de perfis sísmicos processados. A) Perfil 01 (na porção leste); B) Perfil 03 (na região central); C) Perfil 04 (na região central); D) Perfil 07 (Porção Oeste)

Dentre os horizontes sísmicos mapeados merecem destaque o Horizonte 3 (H3) - que demarca uma superfície erosiva - e o Horizonte 2 (H2); que determina o topo de uma camada sedimentar com características acústicas singulares.

A Figura 6 mostra um exemplo da ocorrência

destes horizontes no Perfil 6. Note que o Horizonte 3 representa o topo de uma camada sedimentar que recobre o embasamento próximo a isóbata de 20m. Em todos os perfis este é um refletor forte e irregular; o que indica ser este uma superfície erosiva.

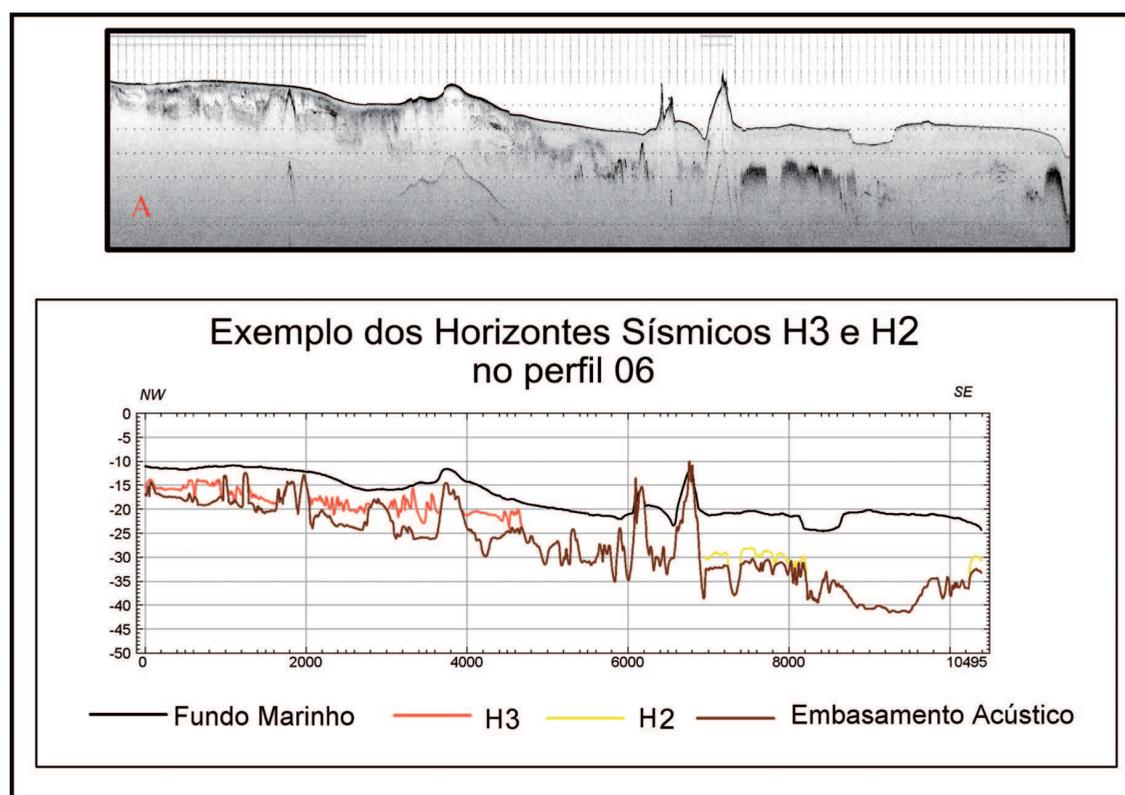


Figura 6: Exemplo da ocorrência dos Horizontes 3 e 2 em um mesmo perfil sísmico. A) Perfil sísmico processado; B) Interpretação dos Horizontes sísmicos 3 e 2.

### III.1 – Interpretação dos Padrões Geo-acústicos (PGA)

Foram identificados 13 “tipos” diferentes de Padrões Geo-acústicos (PGA), os quais foram reunidos em 03 (três) Grupos (Figura 7). Esta discriminação foi baseada nas características acústicas dos pacotes sedimentares, na sua distribuição regional e na sua correlação com dados pré-existentes sobre as variações pretéritas do nível do mar (MAHIQUES, 1987; ANGULO *et al.*, 2006, dentre outros)

Assim, os PGA do Grupo 3 estão associados ao cenário de nível de mar regressivo – entre as cotas de – 90 e 20m (em relação ao nível atual). Neste grupo foram identificados os PGAs dos Tipos V, IV, III, II e I

(embasamento acústico).

Os PGA do Grupo 2 foram relacionados ao cenário transgressivo, com a estabilização do nível do mar na cota de -20m. Neste grupo foram reconhecidos os PGAs dos Tipos VII, VIIa e VI.

Já os PGA do Grupo 1 representam o cenário de nível de mar transgressivo recente, para cota acima de -20m. Neste grupo foram observados os PGAs dos Tipos VIII, VIIIa, VIIIb, VIIIc e VIId.

A seguir são descritas as principais características dos tipos de PGA para cada Grupo e seu significado para a evolução tectono-sedimentar e oceanográfica da área investigada; ressaltando que as profundidades dos padrões geoacústicos têm como datum o nível médio do mar atual.

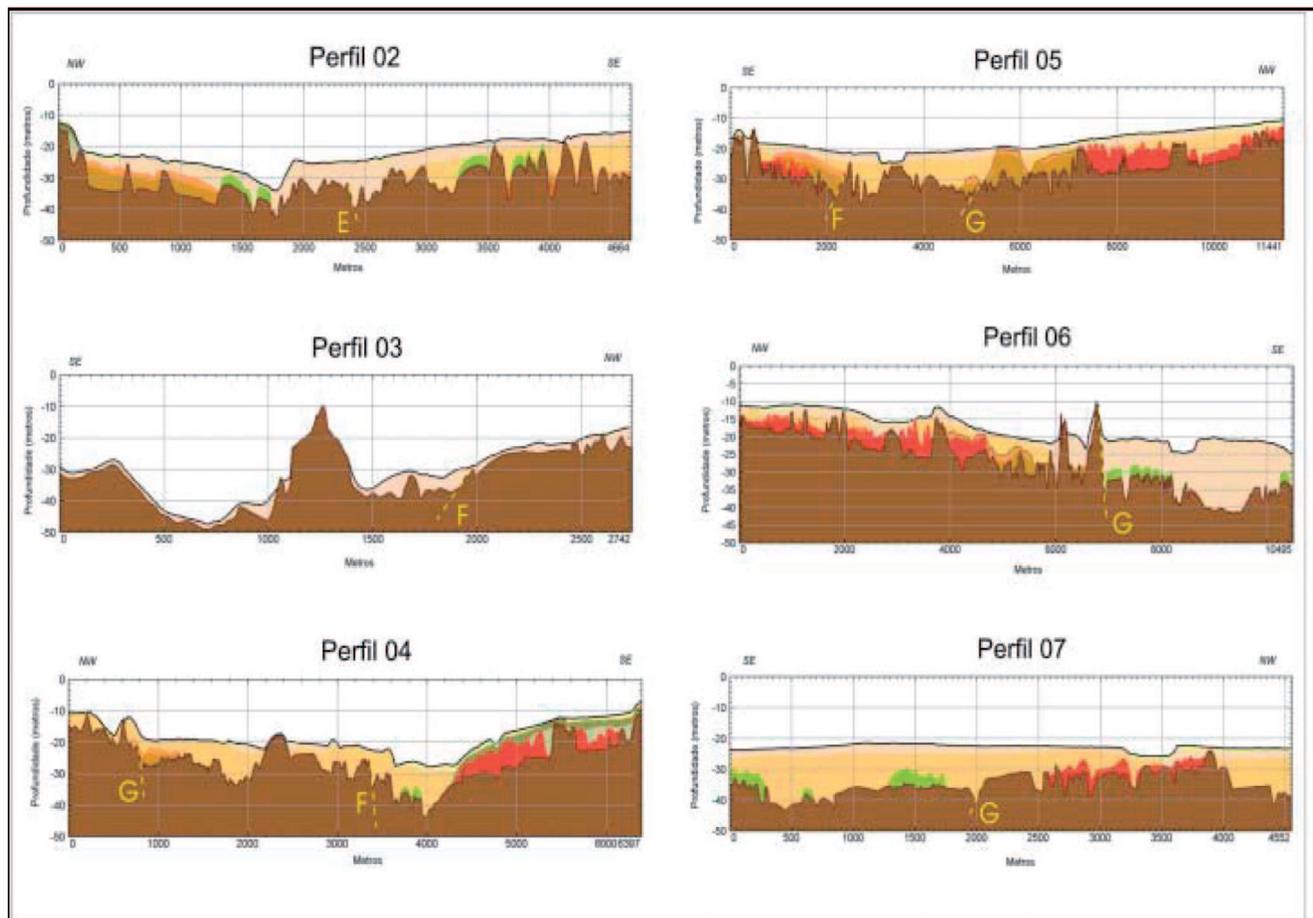
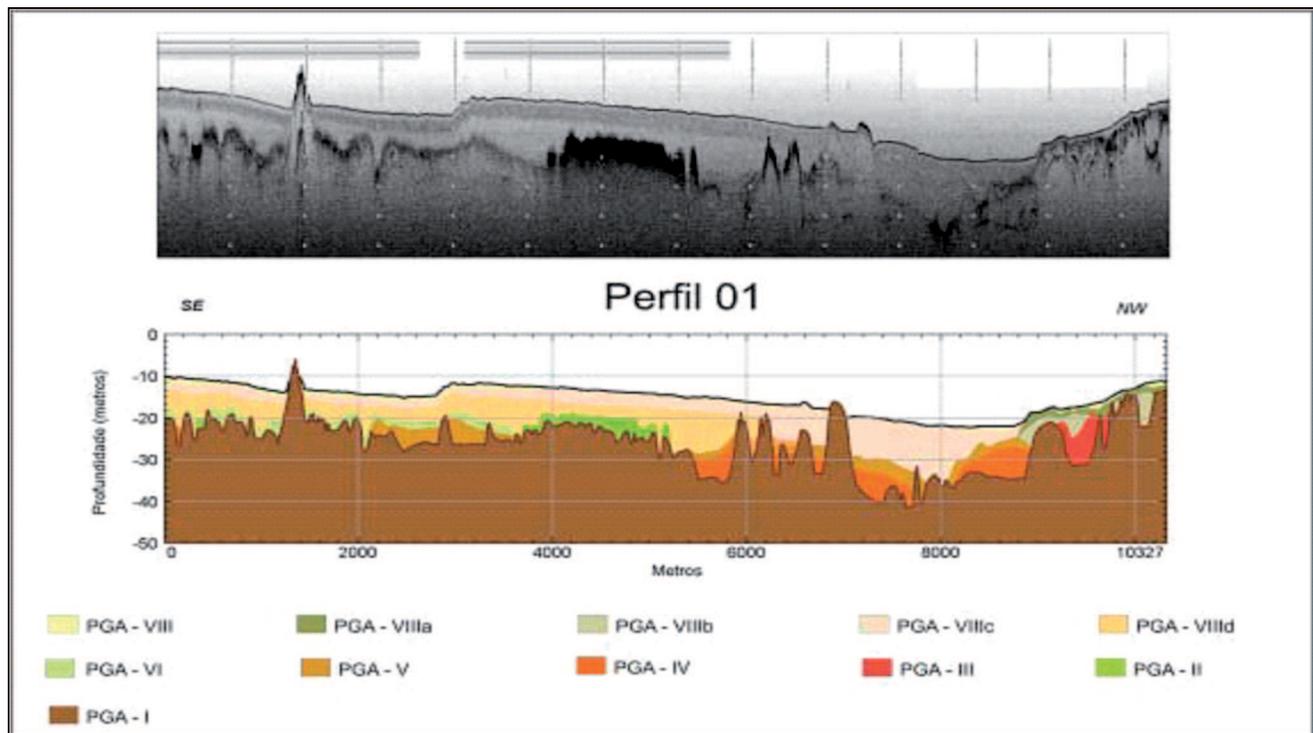


Figura 7: Exemplos da ocorrência dos diferentes Padrões Geo-acústicos (PGA) e de seus Eco-Tipos identificados nos 07 perfis sísmicos. “F” = Falhas Normais; “G” = Grábens / Paleocanais.

***Grupo 3 – Tipos V, IV, III, II e I – (Cenário para nível do mar entre -90 e -20m)***

Tipo V – Este PGA apresenta características acústicas semelhantes ao Tipo IV. Porém, diferentemente do Tipo IV, apresenta maior distribuição espacial sendo identificado nos Perfis 01, 02, 04, 05 e 06. Além de recobrir o Tipo IV encontra-se recobrindo também diretamente o embasamento em profundidades de 25 a 35m.

Tipo IV – Identificado nos Perfis 01 e 02 este tipo preenche baixos do embasamento. Caracteriza-se por um PGA de tom cinza médio claro (média refletividade) delimitado por um refletor bem definido. Este tipo é limitado lateralmente por depressões do embasamento, em profundidades, da ordem de 35 a 50m, as quais determinam feições morfológicas sugestivas de paleocanais com extensão lateral que varia e 80m a 1.8 km.

Tipo III – Apresenta média refletividade (coloração cinza médio) recobrindo o embasamento. Seu topo é o horizonte H3. Encontra-se associado a isóbata de 20m nos Perfis 01, 05 e 06 na região próxima ao continente, a noroeste, e nos Perfis 04 e 05 próximos à Ilha Grande, a sudeste. Este PGA também é verificado a sudeste no Perfil 07 sendo encontrado em profundidades na ordem de 30m.

Tipo II – De ampla distribuição espacial este PGA só não é identificado nos Perfis 03 e 05. Exibe uma forte reflexão acústica de cor cinza muito escuro. Apresenta-se recobrindo o embasamento acústico, em regiões planas do mesmo, relativamente mais altas do que as regiões adjacentes. Em relação a sua continuidade lateral apresenta valor máximo de 1,5 km, no Perfil 01, a uma profundidade média de 25m e, valores menores que variam de 70 a 60m, em maiores profundidades, na faixa de 30 a 40m, nos perfis 02, 04, 06 e 07.

Tipo I – De ampla distribuição espacial. Possui alta reflectância com geometria irregular e bem definida. Identificado como o embasamento acústico, está muito provavelmente associado ao embasamento cristalino.

***Grupo 2 – Tipos VII, VIIa e VI - (Cenário para estabilização do nível do mar na cota de - 20m)***

Tipo VII – PGA de média refletividade, difuso, de coloração cinza médio claro pouco espesso encontrado no Perfil 05 e 06, a noroeste. Encontra-se raso, a uma

profundidade próxima de 20m. No perfil 05, tanto em direção a noroeste quanto a sudeste, este tipo recobre o Tipo V e mergulha até aproximadamente 30m numa extensão de cerca de 1km, apresentando, portanto, alto gradiente. Já no Perfil 06, este tipo encontra-se recobrindo a superfície de erosão a 20m, a noroeste e mergulha, para 30m a sudeste, onde aparece recobrindo o Tipo V.

Tipo VIIa – Identificado nos Perfis 02 e 04, a noroeste, e nos Perfis 05 e 02, a sudeste. Este PGA apresenta características acústicas semelhantes ao Tipo VII, sendo somente, um pouco mais refletivo a SE.

Tipo VI – Identificado somente no Perfil 01 apresenta média refletividade, representado por coloração cinza médio (mais claro que os Tipos VIIa e VII). Com topo a uma profundidade média de 25m, este PGA recobre uma grande extensão a partir do início desse perfil até cerca de 3.7km, sendo somente interrompido por um alto do embasamento localizado a aproximadamente 1.5km.

***Grupo 1 – Tipos VIII, VIIIa, VIIIb, VIIIc e VIIId - (Cenário em nível de mar atual)***

Tipo VIII – Caracteriza-se por um PGA transparente (de baixa refletividade), característico de sedimentos finos lamosos, superficial e pouco espesso em relação aos demais tipos; aparecendo intermitentemente em todos os perfis exceto, no Perfil 03.

Tipo VIIIa – Localiza-se próximo ao continente, no Perfil 01, e à Ilha Grande, no Perfil 04. É um PGA de alta refletividade, representada por uma coloração cinza escuro, ocorrendo associado a regiões de embasamento raso em profundidades médias de 10m. Em ambos os perfis este PGA mergulha na direção do baixo do embasamento, na faixa de 40 a 50m de profundidade.

Tipo VIIIb – PGA de baixa refletividade (cinza claro) ocorre a noroeste da área, recobrindo a superfície de erosão nos Perfis 01 e 02, e a sudeste, no Perfil 04.

Tipo VIIIc – Este tipo de PGA possui ampla distribuição espacial, apresenta-se geralmente plano paralelo, a uma profundidade média de 20m. Possui coloração cinza médio, sendo identificado nos Perfis 01, 02 e 06; onde preenche a região do eixo do canal central. Nos demais perfis (Perfis 03, 04, 05, e 07) sua característica acústica é muito semelhante ao Tipo VIII d, tornando difícil a sua identificação em partes dos perfis.

Tipo VIIIId – Este PGA caracteriza-se por um cinza médio ligeiramente mais claro que o Tipo VIIIc. Possui ampla distribuição geográfica, sendo encontrado em todos os perfis. No geral é mais espesso em relação aos demais tipos, com espessura máxima nas regiões mais profundas do embasamento, principalmente nos Perfis 04, 05 e 07.

### III.2 – Condicionamento tectônico da sedimentação quaternária

De acordo com Suguio & Martin (1976) e Martin & Suguio (1978), a região da Baía da Ilha Grande, quando comparada com regiões adjacentes, tanto ao sul quanto ao norte, denota uma característica individual marcada por uma redução dos depósitos sedimentares costeiros. Esta característica estabelece para a região uma configuração batimétrica que guarda reflexos decorrentes do último evento regressivo-trasgressivo (MAHIQUES, 1987).

Essas afirmações podem ser observadas

claramente no mapa batimétrico de detalhe (Figura 8), que mostra uma morfologia submarina indicativa de feições características de paleocanais fluviais submersos (decorrentes de períodos de nível de mar baixo). Estes paleocanais são de fácil observação à sudeste da área, nos Perfis 01 e 02, e na região centro e centro-leste do canal nos Perfis 01, 02, 03 e 04. Estes últimos, ocorrem associados a significativos abatimentos de blocos do embasamento, que atingem as maiores profundidades na faixa de 40 a 50m (Figura 8), podendo indicar neotectonismo.

Medeiros (2003), interpreta que essas feições batimétricas representam eixos de paleovales fluviais afogados; que possuem configuração e orientação preferencial ortogonal NW e NE. Direções similares ao padrão da rede de drenagem atual observada no continente. A autora associa a influência dos principais “sets” de fraturas (NNW) e a influencia dos diques básicos (NE) na configuração dos canais - o que indica o reflexo do papel destas estruturas na sedimentação marinha da região.

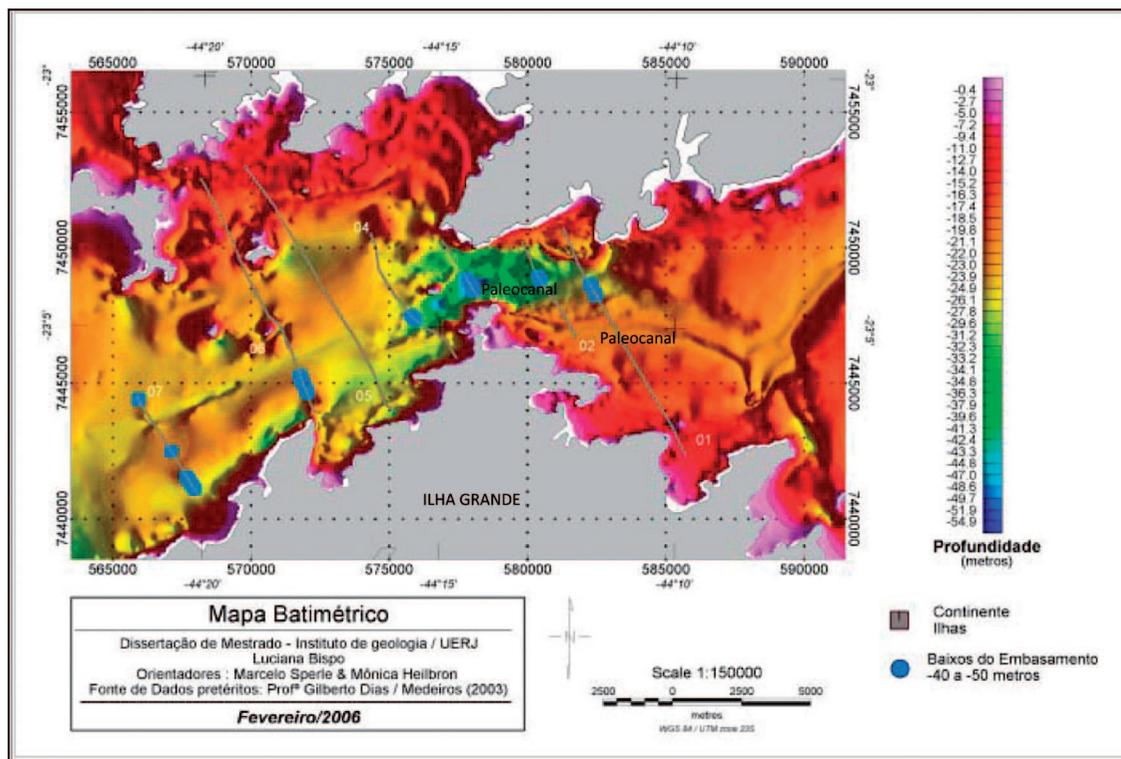


Figura 8: Mapa Batimétrico da área de estudo, modificado de Medeiros (2003). Destaca-se a associação da depressão batimétrica com importantes baixos do embasamento Rochoso, identificados na sísmica de alta-resolução.

De acordo com Mahiques (1987), durante o período glacial de 18.000 anos AP, toda a região de estudo encontrava-se emersa; com uma rede de drenagem fluvial bem estabelecida proveniente da Baía de Sepetiba. O paleocanal fluvial principal aparece no mapa batimétrico (Figura 8) como uma forte depressão bem destacada, com profundidades médias de 45m, circundada por profundidades mais rasas com valores de 25 a 30m. Observe que esta depressão ocorre na região mais estreita do canal central, entre a Ilha Grande e o continente. No entanto, como verificado no Perfil 03 é uma região de mínima espessura sedimentar, ao contrário do esperado, pois é uma área de pouca hidrodinâmica de fundo e com sedimentos lamosos.

Nota-se, portanto a influência do condicionamento estrutural - marcado por abatimentos diferenciados do embasamento - para a origem desta depressão, com reflexos na batimetria até o presente. Por exemplo: à leste do Perfil 03, verifica-se que esta depressão torna-se menos evidenciada pela batimetria atual, como acontece também na região do Perfil 04, à oeste. O reflexo na batimetria torna-se menor ainda a sudoeste do Perfil 04.

A rigor, esta depressão batimétrica é um amplo baixo do embasamento cristalino, de origem tectônica. O mapa de contorno estrutural (Figura 9) mostra claramente este baixo do embasamento, bem marcado regionalmente, influenciando diretamente a distribuição e espessura dos sedimentos, conforme revelam os perfis da sísmica de alta resolução. Assim, esta feição, provavelmente, atuou como o principal paleocanal do sistema de drenagem estabelecido, durante o último máximo glacial, transportando sedimentos da Baía de Sepetiba e do continente para a Baía da Ilha Grande.

### III.3 – Evidências do nível médio relativo do mar durante o Quaternário

As evidências encontradas neste estudo para níveis pretéritos do mar na Baía da Ilha Grande, possuem sua fundamentação baseada principalmente: i) na identificação de diferentes tipos de Padrões geo-acústicos marinhos (PGA) - obtidos a partir da interpretação dos dados sísmicos de alta-resolução, ii) nas suas distribuições geográficas, iii) nas suas correlações com as estruturas

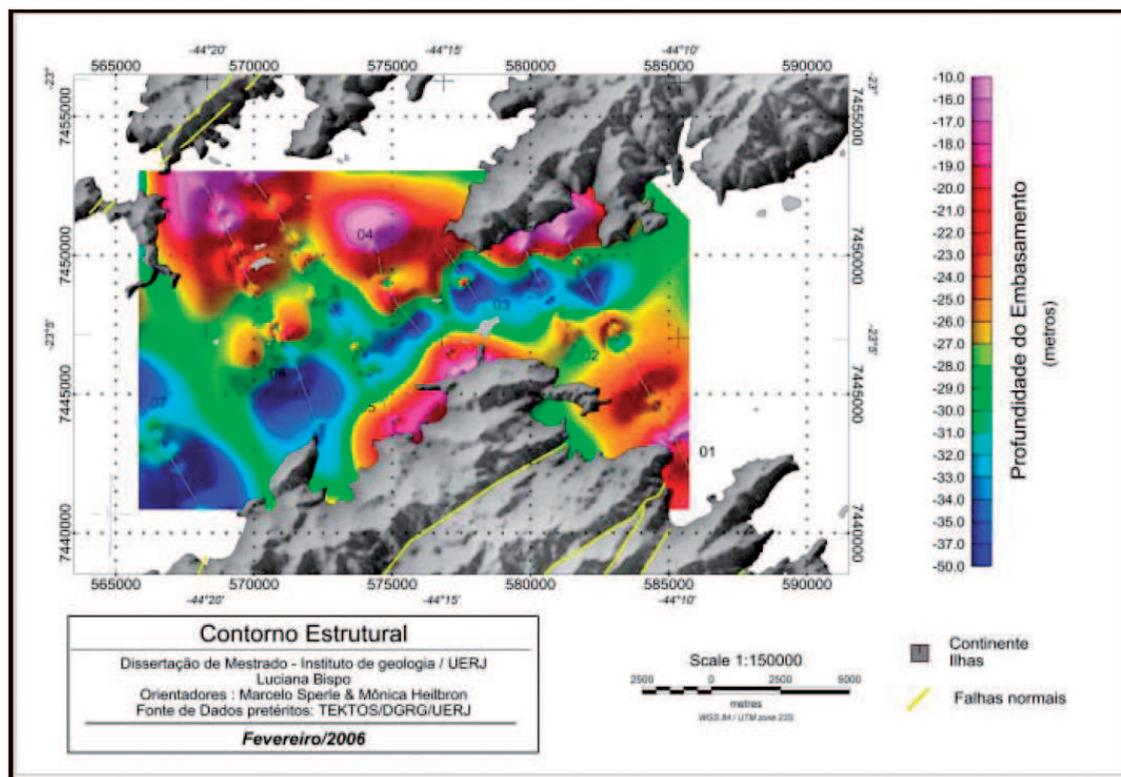


Figura 9: Mapa do contorno estrutural do embasamento associado a topografia das áreas emersas. Note a correlação de direção da morfologia do embasamento com as falhas da região emersa e a distribuição da sedimentação observada nos perfis sísmicos.

geológicas da área emersa, iv) na evolução sedimentar da baía proposta por Mahiques, (1987) e v) nas suas comparações com cotas pretéritas do nível do mar na plataforma continental sudeste brasileira (MAHIQUES, *et al.*, 2002 e 2004; ANGULO & LESSA, 1997; MARTIN & SUGUIO, 1989; CORRÊA *et al.*, 1980 e SUGUIO & MARTIN, 1976).

Para isto, os horizontes sísmicos e os 13 tipos de PGA identificados foram separados em grupos, tomando-se como base a identificação do Horizonte 3 (H3) do Grupo 3. Este horizonte, que marca o PGA Tipo III. Apresenta formas irregulares que mergulham sobre o embasamento em profundidades próximas a 20m, tanto a NW quanto a SE, denotando uma ampla superfície de erosão (Figura 10).

De acordo com as cotas de estabilização do nível do mar descritas por CORRÊA *et al.* (1980), esta seria a cota de nível do mar em 7.500 anos AP, período no qual, de acordo com Mahiques (1987), o mar ocupava a porção oeste e parte da porção leste da Baía da Ilha Grande.

A partir da identificação dessa superfície de erosão, os PGA Tipos II e III, que ocorrem em cotas próximas a -20m, puderam ser correlacionados a depósitos decorrentes da Transgressão Cananéia (SUGUIO e MARTIN, 1976). Sua ocorrência em altos relativos do embasamento (Figura 8) sugere forte correlação com o paleo sistema de drenagem mapeado. A partir, da associação deste PGA com o sistema de drenagem estabelecido no máximo regressivo pleistocênico, este foi classificado como um “depósito residual”, remanescente da Transgressão Cananéia, tendo sido preservado pelo sistema de drenagem estabelecido na época.

Outra observação que corrobora esta interpretação, refere-se à ocorrência deste PGA no Perfil 01. Diferentemente dos outros perfis em que ocorrem o PGA II, o Perfil 01 mostra uma correlação espacial com o sistema de drenagem ainda presente.

No Grupo 03, foram classificados ainda, os Tipos V e IV. O mapa de localização das áreas, onde estes tipos de PGA ocorrem (Figura 10), mostra uma correlação do Tipo IV com pronunciados abatimentos do embasamento - principalmente na porção centro-leste do canal central (vide Perfis 02 e 01) -, preenchendo feições de canais fluviais afogados, diretamente sobre o embasamento. Estas características correlacionam a deposição do PGA IV durante o período de mar baixo,

com clímax em 18.000 anos AP. Já o tipo V ocorre em cavas do embasamento, característica que evidenciam também uma deposição de origem fluvial, sugerindo aumento da descarga fluvial associada à uma elevação da precipitação nesse período.

O Grupo 02 é representado por horizontes sísmicos peculiares, que apresentam características acústicas de um ambiente de maior energia, determinadas por padrões geo-acústicos mais fortes (PGA Tipo VII, VIIa e VI). Nota-se a ocorrência desses padrões limitados pela isóbata de 20m, tanto a SE quanto a NW (Figura 11). Este fato é uma forte evidência de sua deposição em um período de estabilização do nível do mar na cota de -20m.

Outra evidência dessa estabilização, é a presença de uma feição sedimentar (PGA Tipo VII) sob a forma de um “terraço marinho” bem marcado nos Perfis 05 e 06, apresentando neste último, indícios de erosão/abrasão.

Assim tem-se como cenário para a cota de -20m, uma linha de costa transgressiva, definida por um canal mais estreito do que o atualmente encontrado. A interpretação dos dados sísmicos - representada pelos PGA's Tipo VIIIc e VIII d - mostra que o eixo deste canal (tanto a leste quanto a oeste do Perfil 03) já era preenchido por sedimentos com características acústicas muito semelhantes às dos sedimentos atuais.

Já o Grupo 1 - representado pelos PGA's Tipo VIII, VIIIa, VIIIb, VIIIc e VIII d - revela a continuação do processo de elevação do nível do mar, com clímax entre 5.000 e 5.400 anos AP., seguido de regressão para o nível atual. Este grupo encontra-se presente em toda a extensão dos perfis, apresentando estratificação plano-paralela (tipo VIII d e VIII c) com “onlaps” típicos de sedimentação em ambiente transgressivo e “toplaps” indicativos de posterior regressão..

Nas regiões mais altas do embasamento, próximas a atual linha de costa, verificou-se a presença dos PGA Tipos VIIIb e VIIIa, os quais indicam o início da entrada de sedimentos marinhos no sistema (Figura 12). Nota-se a deposição do PGA VIIIa, recobrando a superfície de erosão, e mergulhando em direção ao eixo do canal central.

Considerando que não é verificado, na região emersa adjacente, um sistema de drenagem com competência para promover esta deposição - e na inexistência de dados de amostragem direta - sugere-se que o PGA tipo VIIIa esteja associado a fluxos de massa

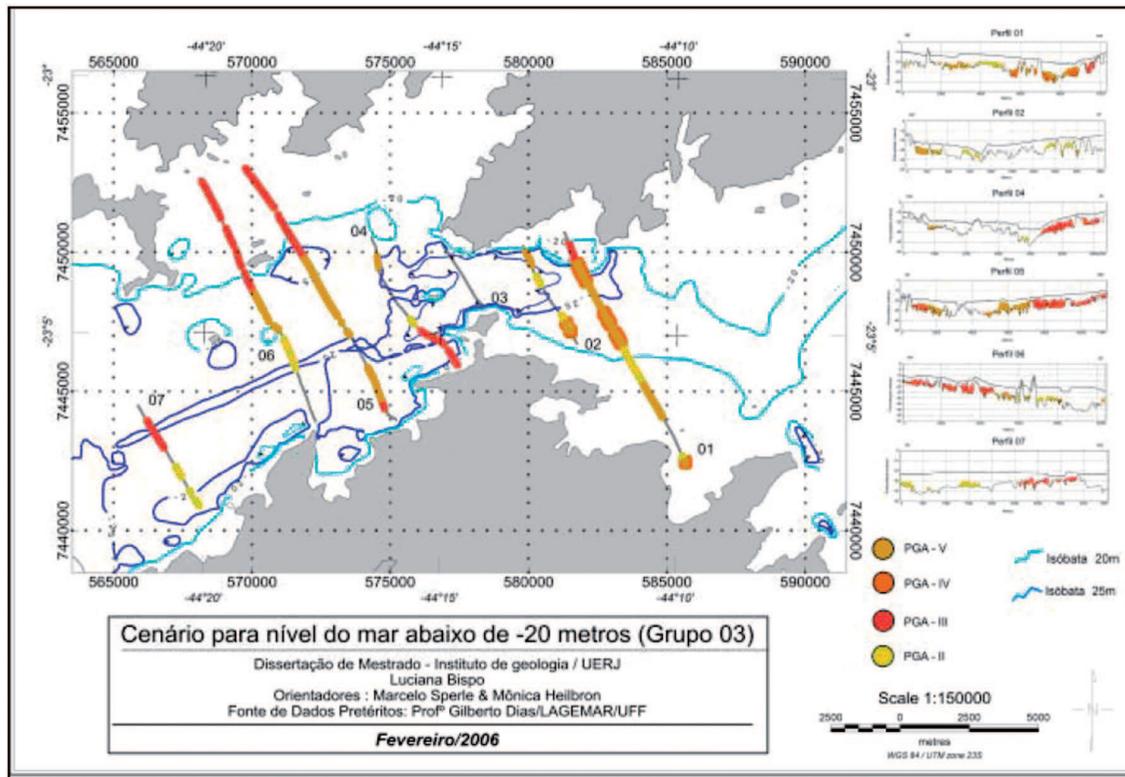


Figura 10: Mapa de distribuição dos tipos de PGA correlacionados ao período de nível do mar abaixo de -20 metros.

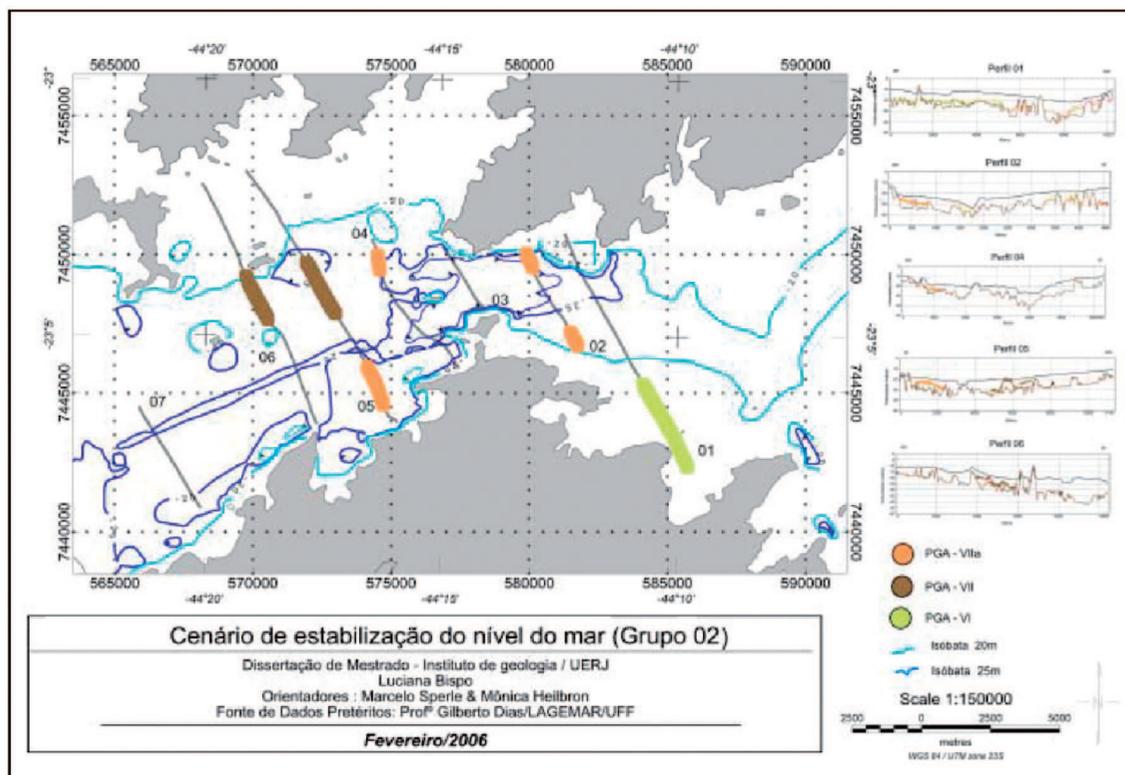


Figura 11: Mapa de distribuição dos tipos de PGA correlacionados ao período de estabilização do nível do mar na cota de -20 metros.

como deslizamentos e desmoronamentos. Sabe-se que existem mapeados na região emersa, pacotes holocênicos originados por fluxos gravitacionais inclusive atuais.

De acordo com a discussão apresentada acima os diferentes tipos de padrões geo-acústicos podem ser associados aos 05 estágios de evolução da Baía da Ilha Grande, descritos por MAHIQUES (1987), conforme sintetizado no quadro abaixo.

Deve-se ressaltar que dados de amostragens geológicas diretas (testemunhos e sondagens) - com datações geocronológicas bem estabelecidas - são necessários para melhor parametrizar as interpretações dos dados geofísicos e suas correlações com a evolução tectono-sedimentar da Baía da Ilha Grande.

#### IV – CONCLUSÕES

A análise integrada dos dados geofísicos (ecobatimetria e sísmica rasa de alta-resolução) com parâmetros geológicos e oceanográficos na região da Baía da Ilha Grande, revelou o forte controle tectônico no estabelecimento de depressões do embasamento, com profundidades na ordem de 35 a 50 metros. que

condicionaram a sedimentação quaternária em toda a região do canal central da Baía da Ilha grande.

Estas depressões, de direção predominante NE-SW, são concordantes com a direção de estruturas geológicas, foliações e zonas de cisalhamento pré-Cambrianas - as quais serviram de controle para o estabelecimento de falhas e fraturas (mesozóicas e cenozóicas) mapeadas no continente e na Ilha Grande. Assim foi identificado um sistema de 07 falhas geológicas, que delimitam este baixo significativo do embasamento, o qual condicionou o estabelecimento de uma paleo-rede de drenagem, durante o período de nível de mar mais baixo, com clímax em 18.000 anos AP, no Pleistoceno.

A partir da identificação de 13 Padrões Geo-acústicos submarinos (PGA) - classificados em 03 Grupos distintos - e de suas relações espaciais com dados geológicos e oceanográficos disponíveis; foi possível estabelecer importantes correlações nesse setor da Baía da Ilha Grande, tais quais: i) das estruturas geológicas emersas com às da região submersa, ii) de suas relações com a sedimentação quaternária e iii) das interações com as variações relativas do nível médio do mar.

Deste modo, verificou-se que a evolução

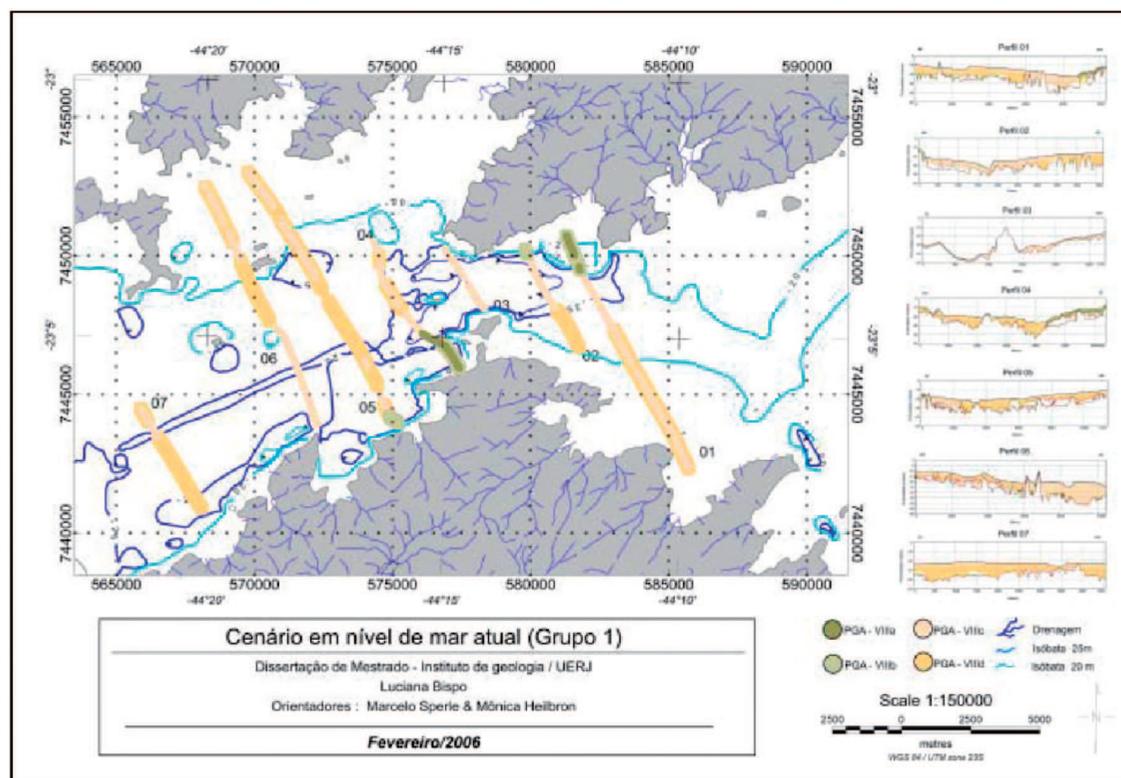


Figura 12: Mapa de distribuição dos tipos de PGA correlacionados ao período de nível do mar atual, acima da cota de -20 metros.

sedimentar da região do “Canal Central”, ao contrário do esperado, revela espessuras sedimentares distintas - com os mesmos padrões desde a estabilização do nível do mar na cota de -20m até o presente. Desta forma a sedimentação quaternária foi controlada principalmente pelo seu condicionamento tectônico-estrutural e por fluxos hidrodinâmicos junto ao fundo marinho. Além disto, a disposição de alguns padrões Geo-acústicos, a morfoestrutura do embasamento cristalino e suas associações com estruturas emersas (no continente e na Ilha Grande) sugerem a hipótese da influência de eventos neotectônicos na região.

Pôde-se ainda evidenciar a presença de depósitos sedimentares relíquias, decorrentes da Transgressão Cananéia, preservados em subsuperfície, em regiões rasas do embasamento, limitadas pela isóbata de 20 metros. Já para a Transgressão Santos, não foi possível identificar depósitos significativos nessa região do canal central.

De uma forma geral puderam ser estabelecidas evidências de caráter regional, que correlacionam a evolução tectono-sedimentar da área investigada com as variações relativas do nível médio do mar durante o Quaternário. No entanto, destaca-se a importância da realização de amostragens geológicas diretas (testemunhos e sondagens) - com datações geocronológicas bem estabelecidas - para melhor parametrizar as interpretações dos dados geofísicos e suas correlações com a evolução tectono-sedimentar da Baía da Ilha grande.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLAN, P.G., 1998. “Geotechnical aspects of submarine cables”. In: IBC Conference on Subsea Geotechnics, Proceedings.
- ANGULO R. J. & LESSA G, 1997. The Brazilian sea level curves: a critical review with emphasis on the curves from Paranaguá and Cananéia regions. *Marine Geology*, **140**:141-166.
- ANGULO, R.; LESSA, G.C.; SOUZA & M.C., 2006. A critical review of mid-Holocene sea-level fluctuations on the eastern Brazilian coastline. *Quaternary Science Reviews*, **140**: 486-506.
- BLONDEL, P. & MURTON, B.J., 1997. *Handbook of Seafloor Sonar Imagery*. John Wiley & Sons Ltd. 314 p.
- CECCOPIERI, W.B., 2001. “*Estudos integrados do fundo marinho da Baía da Ilha Grande, RJ*”. Dissertação de mestrado na Universidade Federal Fluminense / LAGEMAR. 109p.
- CORRÊA I. C. S., PONZI, V. R. A. & TRINDADE L. A. F., 1980. Níveis marinhos quaternários da plataforma continental do Rio de Janeiro In: XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Anais do XXXI Congresso Brasileiro de Geologia, Balneário de Camburiú, Santa Catarina, **1**: 578-587.
- DAMUTH, J.E., 1975. Echo character of the western equatorial Atlantic floor and its relationship to the dispersal and distribution of terrigenous sediments. *Marine Geology*, **18**: 17-45.
- DAMUTH, J.E., and D.E. HAYES; 1977, Echo character of the East Brazilian Margin and its relationship to sedimentary processes: *Marine Geology*, **24**: 73-95.
- DAMUTH, J.E.; 1978, Echo character of the Norwegian-Greenland Sea-Relationship to sedimentary processes: *Marine Geology*, **28**: 1-36.
- DAMUTH, J. E., 1980. Use of high-frequency (3,5-12 kHz) echograms in the study of near-bottom sedimentation processes in the deep-sea: a review. *Marine Geology*, **38**: 51-75.
- FONTOURA, C.S., 2001. Caracterização do canal central da Baía da Ilha Grande com base em sísmica rasa de 7,0kHz. Dissertação de mestrado. Universidade Federal Fluminense, 111p.
- HEILBRON M.; PEDROSA-SOARES A.C.; SILVA L.C.; CAMPOS NETO M.C. & TROUWR.A.J., 2004. “Província Mantiqueira”. In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca. Cap. 13.
- HEILBRON, M.; SCHMITT, R. S.; MOHRIAK, W. & TROUW, R. A. J., 2000. “Geology of the Cabo Frio region, Rio de Janeiro state, Brazil”. In: 31st International Geological Congress, During-Congress Field Trip 06, 45 p. 96
- HEILBRON, M.; VALERIANO, C.M.; VALLADARES, C.S. & MACHADO, N., 1995. “A orogênese brasileira no segmento central da Faixa Ribeira, Brasil”. *Revista Brasileira de Geociências*, **25**(4): 249-266.
- MAHIQUES, M. M., 1987. *Considerações sobre os*

- sedimentos de superfície de fundo da Baía da Ilha Grande, Estado do Rio de Janeiro*. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo, Instituto Oceanográfico 2v. 139pp.
- MAHIQUES, M. M.; SILVEIRA, I. C. A.; MELLO E SOUZA, S. H. & RODRIGUES, M., 2002. Post-LGM sedimentation on the outer shelf-upper slope of the northernmost part of the São Paulo Bight, southeastern Brazil *Marine Geology*, **181**: 387-400.
- MAHIQUES, M. M.; TESSLER, M. G.; CIOTTI, A. M., SILVEIRA, I. C. A.; MELLO E SOUZA, S. H.; FIGUEIRA, R. C. L.; TASSINARI, C. C. G., FURTADO, V. V. & PASSOS, R. F., 2004. Hydrodynamically driven patterns of recent sedimentation in the shelf and upper slope off Southeast Brazil. *Continental Shelf Research*, **24**: 1685-1697.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K., 1978. Excursion route along the coastline between the town of Cananéia (State of São Paulo) and Guaratiba outlet (State of Rio de Janeiro). In: International Symposium on Coastal Evolution in Quaternary. Special publication 2:136pp.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K., 1989. Excursion route along the Brazilian coast between Santos (State of São Paulo) and Campos (north of the State of Rio de Janeiro). In: International Symposium on Global Changes in South America during the Quaternary, São Paulo. Special Publication, nº 2. 136p.
- MEDEIROS, M.F., 2003. *Geomorfologia da Baía da Ilha Grande, Litoral Sul do RJ – O Estudo dos condicionantes geológicos no desenvolvimento do relevo*. Monografia de Bacharelado. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 82p.
- MIRANDA, E. e COUTINHO, A. C., 2005 (Coord.). "Brasil Visto do Espaço". Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2004. Disponível em <www.cdbrasil.cnpm.embrapa.br>. Acesso em: 8 jul. 2005.
- MOHRIAK, W.U., 2004. "Recursos energéticos associados à ativação tectônica Mesozóico-Cenozóica da América do Sul". In: V. Mantesso-Neto, A. Bartorelli, C.D.R. Carneiro, B.B. Brito Neves. *Geologia do Continente Sul-Americano: Evolução da obra de Fernando Flávio Marques de Almeida*. São Paulo: Beca. Cap. 18
- QUARESMA, V. S.; DIAS, G. T. M.; & BAPTISTA NETO, J. A., 2001. Caracterização da ocorrência de padrões de sonar de varredura lateral e sísmica de alta frequência (3,5 e 7,0 kHz) na porção sul da Baía de Guanabara – RJ *Brazilian Journal of Geophysics*, **18**(2): 201-214.
- SPERLE, M., 1997. "Significado tectônico da topografia do sudeste do Brasil e suas prováveis relações com a margem continental adjacente". Publicação Especial do Observatório Nacional, Observatório Nacional - CNPq, p. 1-165.
- SPERLE, M D.; BISPO, L. & MARQUES, D. 2003. "Utilização da sísmica rasa de alta resolução na avaliação de riscos geológicos ambientais associados a fluxos de massa em encostas litorâneas". In: VIII Simpósio de Geologia do Sudeste, São Pedro - SP. Anais do VIII Simpósio de Geologia do Sudeste. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 1: 148.
- SUGUIO, K.; MARTIN, L.; 1976. "Brazilian coastline quaternary formations the States of São Paulo and Bahia littoral zone evolutive schemes". *Anais Acad. Bras. Cien.* **48** (Suppl.): 325-334.
- VAIL, P.R.; MITCHUM, R.M.; JR., TODD, R.G.; WIDMIER, J.M.; THOMPSON, S., III, SANFREE, J.B.; BUBB, J.N. and HATLEILID, W.G., 1977, Seismic stratigraphy and global changes of sea level. In: C.E. Payton (Editor), Seismic Stratigraphy-Applications to Hydrocarbon Exploration. *Am. Assoc. Pet. Geol. Mem.*, **26**:49-212
- ZALAN P.V.; OLIVEIRA, J.A.B. , (2005) Origem e evolução estrutural do Sistema de Riftes Cenozóicos do Sudeste do Brasil. *Bol. Geoc. Petrobras*, **13**:269–300



## CAPÍTULO XIV

---

# MORFOLOGIA DE FUNDO E COBERTURA SEDIMENTAR DA BAÍA DE PARATY





# MORFOLOGIA DE FUNDO E COBERTURA SEDIMENTAR DA BAÍA DE PARATY

Hélio Heringer Villena<sup>1</sup>, Silvia Dias Pereira<sup>1</sup>, Mauro Cesar Geraldês<sup>2</sup>, Hernani Aquini Fernandes Chaves<sup>2</sup>, Friedrich Wilhelm Herms<sup>1</sup>, Marcio Gomes Ferreira<sup>3</sup>, Elaine Reis Almeida<sup>1</sup>, Iná P. Barros<sup>1</sup> e Jessika Rosa Mafia<sup>1</sup>.

## RESUMO

A Baía de Paraty, que se localiza no interior da Baía da Ilha Grande, tem sua ocupação iniciada nos séculos XVI e XVII como ponto de ligação entre Minas Gerais, São Paulo e o Rio de Janeiro. Atualmente o Município de Paraty tem uma vocação natural à pesca, ao turismo e à aquicultura, centrando nessas atividades a sua economia. O relevo de fundo da baía corresponde ao característico de um local abrigado dos embates das ondas oceânicas, no qual deságuam rios com considerável carga de sedimentos, gerando uma tendência ao assoreamento, num processo que é altamente influenciado pelas ações antrópicas na região. A morfologia de fundo da baía reflete a ação de deposição sedimentar, apresentando sua margem NW, mais próxima às desembocaduras dos rios, com relevo mais suavizado e feição típica de cone de deposição, tendo a planície costeira mais desenvolvida e presença de manguezais em vários pontos da costa. Na outra margem, SE, temos a predominância de costões rochosos e, na porção submersa, a presença do canal principal da baía. As maiores profundidades se encontram na boca da baía e adentram a esta na área do canal, sendo a batimetria atenuada conforme se aproxima do fundo da baía. Em termos de cobertura sedimentar, predominam os sedimentos lamosos, com presença de areias em pontos específicos da baía.

**Palavras-chave:** batimetria, sedimentos, assoreamento, Paraty.

## ABSTRACT

The Paraty Bay located within the Bay of Ilha Grande in the state of Rio de Janeiro, Brazil, was historically occupied in the sixteenth and seventeenth centuries as a connection point between the states of Minas Gerais, São Paulo, and Rio de Janeiro. In the present day, the Paraty County economical activities are mainly concentrated on fishing, tourism, and aquaculture. The bottom topography of the Paraty Bay is sheltered from the ocean gravity waves action and receives river discharge contributions with considerable sediment loads that generate a tendency to siltation as a result of a process highly influenced by anthropic activities in the region. The morphology of the bay reflects the action of sediment deposition, with its NW margin, closest to the rivers outfall, presenting a smooth relief featuring a typical cone deposition, and having a more developed coastal plain and the presence of mangroves at various points of the coast. In the SE margin, rocky coastlines are predominant and, in the submerged portion, the presence of the main channel of the bay stands out. The largest depths are found in the mouth of the bay and into the channel area, where the relief is attenuated as it approaches the bottom. In terms of sedimentary cover, muddy sediments are dominant with the presence of sand at specific points.

**Key words:** bathymetry, sediments, siltation, Paraty

1. Faculdade de Oceanografia da UERJ – Rua São Francisco Xavier, 524 sala 4001 no Bloco E, Maracanã, Rio de Janeiro, CEP 20550-900: helio villena@gmail.com; silviadp@uerj.br; fwherms@terra.com.br; inapbarros@hotmail.com; jessica.masia@gmail.com;

2. Faculdade de Geologia da UERJ - Rua São Francisco Xavier, 524 sala 4002 no Bloco A, Maracanã, Rio de Janeiro, CEP 20550-900 mauro.geraldês@gmail.com; hernani@uerj.br;

3. C&C Technologies do Brasil – Av. das Américas, 11889, 3º andar – Barra da Tijuca, Rio de Janeiro, CEP 22793-082: marciogomesf@gmail.com

## 1 - INTRODUÇÃO

A ocupação de Paraty iniciou-se no século XVI e XVII com o objetivo de ligar o Rio de Janeiro com Minas Gerais e São Paulo quando a Serra do Mar era considerada uma barreira. O município e a baía de Paraty localizam-se numa das maiores baías do país, a baía da Ilha Grande.

A costa litorânea de Paraty é bastante recortada. Com extensão aproximada de 180 quilômetros, possuindo várias enseadas, penínsulas, pontas e ilhas, o que dificulta a circulação de correntes marítimas.

Nos locais onde a serra e o mar se encontram, existe, junto à linha d'água, uma faixa de blocos seixos que rolaram das montanhas e tiveram suas formas arredondadas devido à ação das ondas.

Na parte sul do litoral paratiense, compreendida entre Trindade e o centro histórico, as montanhas da Serra do Mar terminam diretamente no oceano. Nesse trecho o fundo do mar é formado, em sua maior parte, por areia e, a vegetação é a floresta da Mata Atlântica.

Já na parte norte, compreendida entre o centro histórico e a divisa com Angra dos Reis, existe uma planície separando o mar das montanhas. Nesse trecho, as marés mais altas invadem a planície, originando uma vegetação típica de mangue.

Os ventos definem a temperatura e a claridade da água com os ventos de sul e sudoeste aumentando a turbidez e diminuindo a temperatura da água, enquanto os de leste e norte esquentam e limpam a água.

Por ser uma baía fechada, abrigada do mar aberto por várias ilhas e penínsulas, apresenta-se como um local ideal para o turismo. Existem, apenas no município de Paraty, cinquenta e cinco ilhas, dez lajes cujas pontas estão acima do nível d'água e dezessete lajes submersas e mais afastadas da costa.

O turismo corresponde à aproximadamente 80% da economia de Paraty, sendo este local um importante destino turístico de estrangeiros no Brasil contando com diversos produtos, como a visita ao Centro Histórico, praias, cachoeiras, Mata Atlântica e comunidades tradicionais (caiçaras, quilombolas e indígenas). A exuberância do conjunto arquitetônico do Centro Histórico, principal ponto turístico da cidade, está diretamente ligada à abundância de água e vegetação que o rodeia e que, hoje, estão protegidas por sete unidades de conservação. Para desenvolver um turismo sustentável

é necessário investir não só em obras de infraestrutura urbana, mas também em gestão ambiental, sobretudo em regiões com maior adensamento populacional e que recebem maior fluxo turístico.

A pesca é a segunda principal atividade econômica do município e é desenvolvida de forma artesanal ou comercial. A maioria dos pescadores artesanais exerce seu ofício na região da APA de Cairuçu, que se estende pela Baía de Paraty, e os demais, mesmo pescando fora destes limites dependem dos manguezais e do aporte de água doce existentes na região da APA para garantia da biodiversidade pesqueira.

A Baía de Paraty recebe o aporte de diversos rios, sendo o rio Perequê-Açú e o rio Mateus Nunes os de maior volume d'água. Estes rios originam-se na Serra da Bocaina e terminam seus cursos em uma planície costeira. Devido a esta fisiografia, a velocidade das correntes fluviais diminui ao aproximar-se da foz, possibilitando a decantação dos sedimentos transportados.

O assoreamento da Baía de Paraty é notado empiricamente e está diretamente relacionado ao processo de urbanização do distrito de Paraty. A região marinha defronte aos bairros da Ilha das Cobras, Centro Histórico e Pontal é a mais afetada, pois se localiza entre a foz destes rios. Além dos impactos ambientais, o assoreamento gera poluição visual e compromete a navegação segura. Cabe ressaltar que o principal porto da cidade localiza-se no Centro Histórico.

O assoreamento é um processo natural, todavia, tem sido potencializado pela remoção da mata ciliar e da Mata Atlântica; implantação de empreendimentos agrícolas e construção civil nas encostas; e retificação parcial dos leitos dos mencionados rios.

A decisão em se retificar parcialmente o leito destes rios foi em decorrência de uma epidemia que atormentava a população da cidade, na década de 60. Segundo ela, na região retificada dos rios a circulação hidrodinâmica era muito lenta, facilitando o acúmulo de lodo; esta água "parada" auxiliava na proliferação da epidemia. Os sedimentos, que então ficavam retidos nas curvas dos rios, passaram a depositar-se na Baía de Paraty.

A Prefeitura de Paraty, visando diminuir os impactos do assoreamento da região, realiza dragagens periódicas na foz dos rios Perequê-Açú e Mateus Nunes. Esta medida não pode ser vista como

uma solução para o problema, pois os sedimentos mantêm sua taxa de deposição nos ambientes onde há baixa energia.

A falta de saneamento básico, que a princípio é considerada como um problema puramente ambiental (que prejudica a fauna e a flora marinha) traz também consequências negativas à economia e à sociedade paratiense. Em relação ao desenvolvimento econômico, há danos à atividade pesqueira (queda dos estoques) e ao turismo (poluição visual). Para a sociedade, há o risco de proliferação de doenças.

## 2 – MATERIAL E MÉTODOS

O levantamento batimétrico realizado para a definição da morfologia do fundo marinho dividiu a baía de Paraty em duas (2) subáreas com escalas de levantamento diferenciadas, a saber:

- Área I – baía de Paraty entre o alinhamento das pontas do Estreito e de Cantagalo e o fundo da

baía. Nesta área, onde temos o centro urbano de Paraty, os impactos ambientais dessa ocupação são mais sentidos e, portanto, demanda um mapeamento em escala mais detalhada para a caracterização com vistas a ações e intervenções a serem realizadas. Assim sendo, foi realizado um levantamento batimétrico na escala 1/10000, com linhas de sondagem espaçadas de 100 metros e direção NW-SE;

- Área II - Baía de Paraty entre o alinhamento das pontas do Estreito e de Cantagalo e o alinhamento entre as pontas do Garitu-Mor e Grossa de Paraty. Nesta área a ocupação urbana é menor, sendo realizado um levantamento na escala de 1/40000, com linhas de sondagem espaçadas de 400 metros e direção NW-SE;

O levantamento, realizado entre 26 de fevereiro e 03 de março de 2010, utilizou a embarcação AQUALABOR que opera regularmente em Paraty (Figura 1).



Figura 1: Embarcação AQUALABOR

A correção do efeito de maré foi feita com base na leitura de régua de maré instalada no Cais de Paraty (Figura 2) e nivelada a partir da Referência de Nível RN-1, implantada no pedestal do monumento da Praça da Bandeira, sendo as profundidades referenciadas ao Nível de Redução (NR) da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) da Marinha do Brasil para a área.



Figura 2: Nivelamento da Régua de maré no Cais de Paraty



O posicionamento da embarcação foi realizado utilizando DGPS MAX da CSI WIRELESS, submétrico, dinâmico e em tempo real, dotado de recepção da correção diferencial, acoplado a um notebook equipado com software de navegação.

A aquisição dos dados batimétricos foi realizada com um ecobatímetro analógico/digital Odom, modelo Hydrotac III (Figura 3), com precisão de 0,5% da profundidade obtida e resolução de 10 cm.

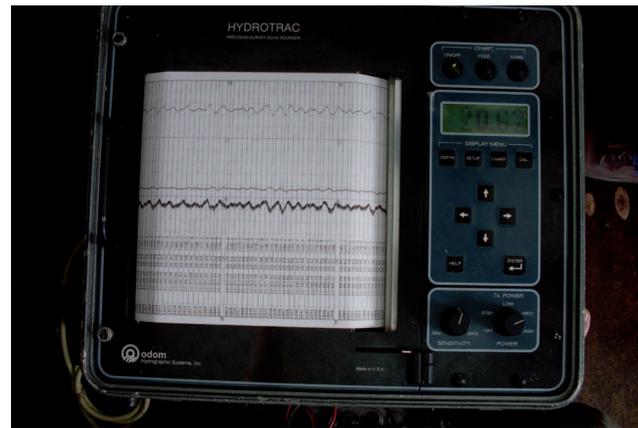


Figura 3: Detalhe do ecobatímetro utilizado

Diariamente, ao início e final do trabalho, procedeu-se a calibragem do ecobatímetro (Figura 4), ajustando-se a velocidade de propagação do som com base em placa de aferição arriada abaixo do transdutor por cabo de aço graduado a cada 2 metros, até uma profundidade máxima que representasse 75% da profundidade máxima a ser medida.

A navegação, integração e armazenamento de dados e o processamento preliminar dos dados de posicionamento e batimetria foi feita no software *Hypack* da *Coastal Oceanographics*, instalado no notebook de bordo.

Terminado o campo, foi feito o processamento dos dados e a redução de maré, sendo gerado um arquivo .xyz com as coordenadas de posicionamento e a profundidade reduzida.

Os dados batimétricos foram importados para o Software Oasis Montaj 7.2 para geração dos mapas. Todas as ferramentas do programa utilizadas nesse processamento são descritas no manual eletrônico do mesmo elaborado pela GEOSOFT (2010).

Primeiramente foi feito um controle de qualidade para verificação dos dados de entrada, sendo plotado o perfil de cada coluna de dados (coordenada X, coordenada Y e profundidade reduzida) e verificada a existência de dados espúrios e spikes para correção dos mesmos.



Figura 4: Calibragem do ecobatímetro

Em seguida, a partir da base cartográfica inicial, foi elaborado o mapa de posicionamento, contendo as linhas de navegação do levantamento, para a Baía de Paraty (Figura 5). Neste mapa pode-se observar o espaçamento inicial das linhas mais internas, Área I, com afastamento de 100 metros aproximadamente e na Área II, mais externa, o afastamento de 400 metros.

Procedeu-se, então, a gridagem dos dados para a geração dos mapas batimétricos, utilizando-se como algoritmo de interpolação o método de mínima curvatura do Oasis Montaj 7.2. Após cada grid gerado foi feito o controle de qualidade, realizando-se a amostragem do grid nos pontos em que havia dado real coletado e calculada a diferença para cada ponto. Essa amostragem

foi analisada ante os dados reais e a diferença entre o real e o calculado, valendo-se da exibição de perfil dos dados e da amostragem dos grids (Figura 6).

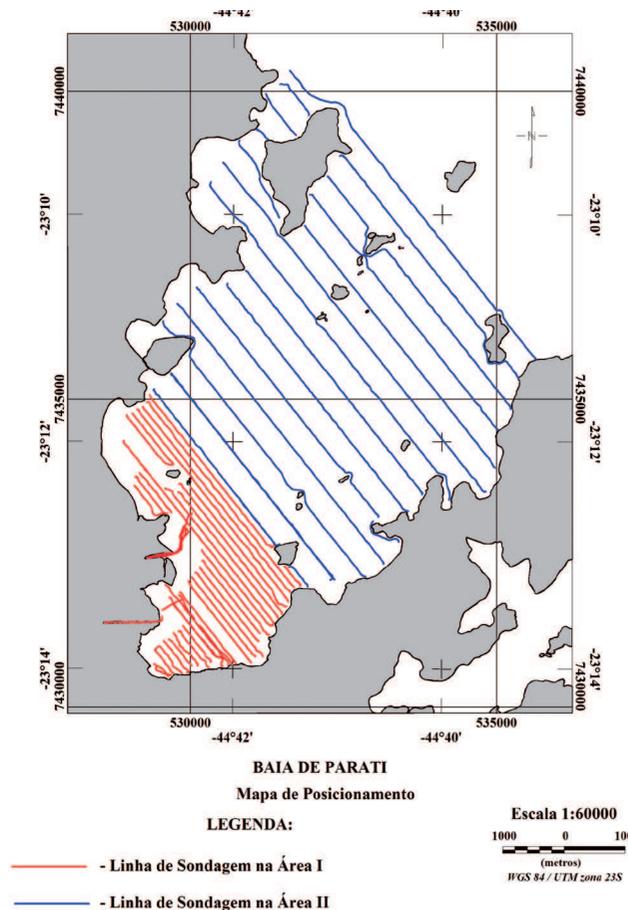


Figura 5: Localização das linhas de sondagem nas Áreas I e II

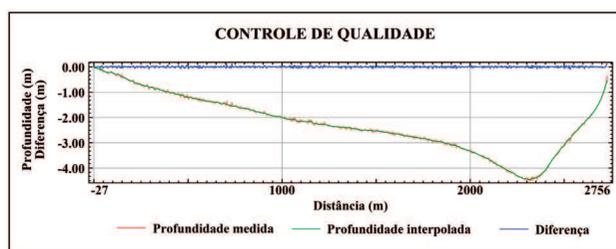


Figura 6: Exemplo do controle de qualidade da gridagem

A partir dos dados batimétricos, através do cálculo da primeira derivada da batimetria, ou seja, a variação da batimetria em função da distância, foi gerado o mapa de gradiente de fundo da baía.

Neste processamento foi utilizada a ferramenta de “Horizontal Gradient” do Oasis Montaj 7.2, sendo feita a derivada em relação à coordenada Norte (Y) e depois em relação à coordenada Este (X), conjugando-se os dois grids para obtenção do grid da resultante, visto no mapa de gradiente.

O estudo sedimentar, por sua vez, baseou-se em coleta de amostras superficiais do sedimento de fundo para se definir a distribuição textural. As coletas foram feitas a bordo de uma lancha rápida, utilizando-se amostrador de fundo tipo Van Veen (Figura 7), que apresenta boa recuperação em águas rasas. A Figura 8 é a foto da operação de amostragem.



Figura 7: Coleta de sedimentos com amostrador Van-Veen

Os sedimentos foram acondicionados em sacos plásticos, devidamente identificados e mantidos sob refrigeração até o início da análise no Laboratório de Oceanografia Geológica da UERJ.

A composição granulométrica dos sedimentos depende, em grande parte, do material fornecido pelo

continente, especialmente através de rios. A distribuição granulométrica dessas partículas está intimamente ligada à interação de vários fatores, principalmente condições hidrodinâmicas, relevo de fundo e fatores físico-químicos.

As amostras foram então submetidas aos processos de análise granulométrica segundo Krumbein & Pettijohn (1938), Loring & Rantala (1992) e Ponzi (1995). A fração grosseira (grãos maiores do que 0,062 mm) sofreu tamisação a seco, utilizando-se peneiras com intervalo de 0,5 phi. Para a classificação de tamanho de grão foi utilizada a escala de Wentworth. A fração lamosa foi analisada utilizando-se o método de pipetagem (SUGUIO, 1973), no qual as amostras são colocadas em provetas de 1000 ml com silicato de sódio (antifloculante) para então serem coletadas frações de 20ml de acordo com o intervalo de tempo e profundidade de introdução da pipeta apresentados na Tabela I.

As amostras resultantes da pipetagem foram secas em estufa e pesadas, obtendo-se os pesos relativos de cada intervalo de classe de um phi (como na Tabela I). Estes pesos foram posteriormente usados para o cálculo dos valores percentuais desses intervalos. Todo o procedimento está descrito na Figura 9.

A última fase da análise granulométrica é a estatística dos resultados, sendo os dados passados para o computador e obtidas as definições de cada amostra, tais como sua caracterização geológica e textural.

Os dados das análises granulométricas foram importados para o Oasis Montaj 7.2, procedendo-se a gridagem dos dados de percentual de grossos (areia), de lama, de carbonatos e de matéria orgânica, sendo usado o método de mínima curvatura e os mesmos mecanismos de controle de qualidade usados na batimetria. O dado de distribuição textural, ou seja, a classificação Sheppard, foi transformada numa classificação numérica, procedendo-se a gridagem pelo módulo Sea Floor, específico para sedimentos superficiais.

## RESULTADOS

A Baía de Paraty é uma baía rasa, com profundidades variando entre 12 metros, na boca da baía, porção nordeste, a pouco mais de 1 metro acima do nível de redução na porção sudoeste, fundo da baía (Figura 10).

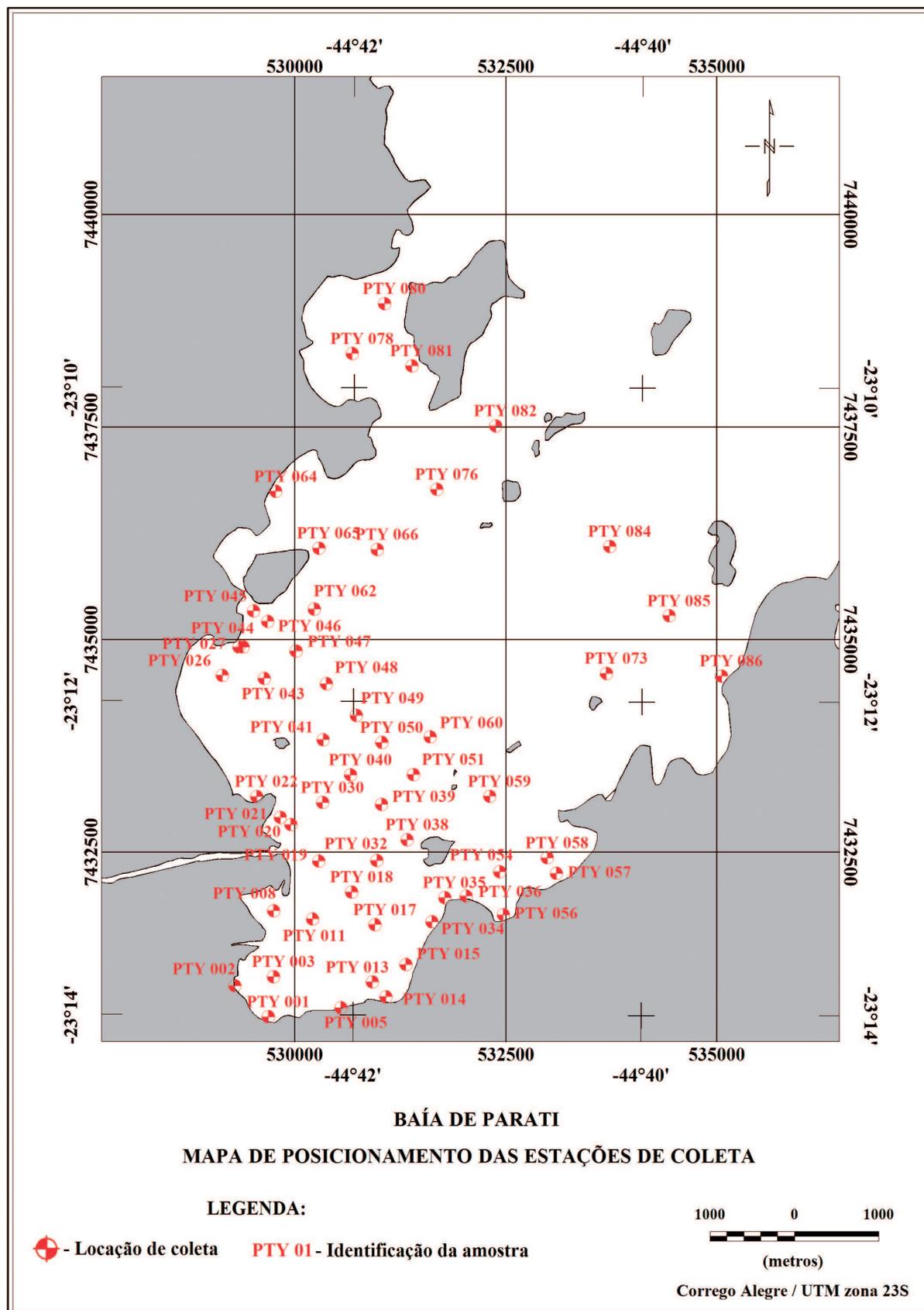


Figura 8: Mapa de localização dos pontos de amostragem efetivamente executados na Baía de Paraty

Tabela I: Tabela de Pipetagem segundo (SUGUIO, 1973)

Diâmetro dos grãos		Profundidade introduzida da pipeta ( cm )	Cronometragem da pipetagem para diversas temperaturas				Tipo de sedimento
(Phi)	( mm )		16 °C	20 °C	24 °C	28 °C	
4	0,062	20	20s	20s	20s	20s	Finos totais
5	0,031	10	2m09s	1m57s	1m46s	1m37s	Silte Grosso
6	0,0156	10	8m29s	7m40s	6m58s	6m22s	Silte Médio
7	0,0078	10	34m	31m	28m	25m	Silte Fino
8	0,0039	10	2h15m	2h03m	1h51m	1h42m	Silte muito Fino
9	0,0020	5	4h18m	3h53m	3h32m	3h14m	Argila Grossa
10	0,00098	7	25h05m	22h41m	20h37m	18h50m	Argila Fina

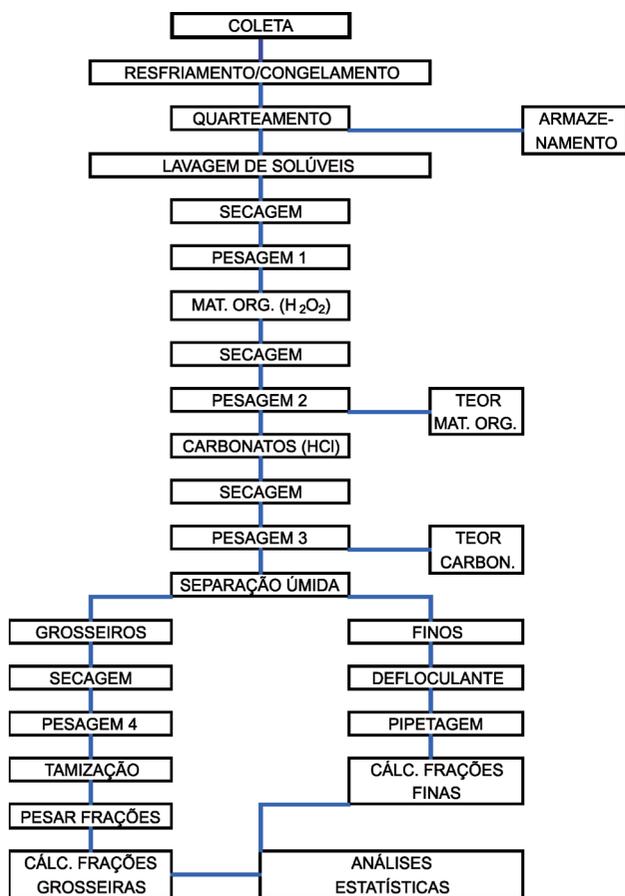


Figura 9: Fluxograma do encadeamento das análises granulométricas (retirado de VILLENA, 1999).

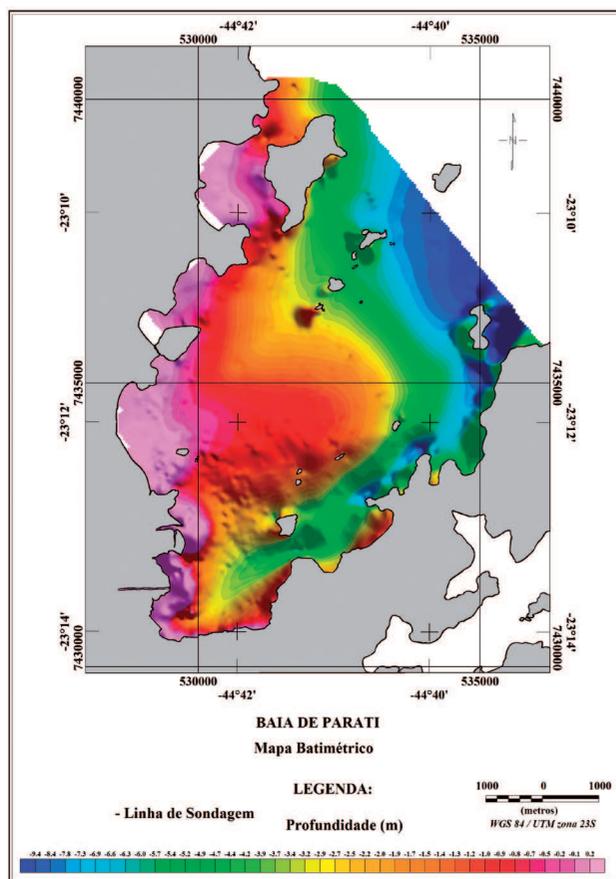


Figura 10: Relevo de fundo da Baía de Paraty

O relevo submarino da baía é assimétrico, com a margem NW/SW apresentando-se mais rasa que a outra margem, junto à qual observamos o canal principal da baía. A presença do canal é denotada no mapa pelos tons de azul e verde que se alongam da boca da baía (Figura 10) em direção ao fundo desta, enquanto a porção mais rasa destaca-se pela coloração tendendo ao alaranjado, ao vermelho e aos tons de rosa observados.

A assimetria detectada na batimetria é evidenciada também pelo gradiente (Figura 11), predominando baixos gradientes no lado NW/SW da baía, tons verdes a azuis no mapa, e maiores gradientes no lado oposto, tons vermelhos a rosa, principalmente nos flancos do canal principal, áreas de costão rochoso e entorno das ilhas.

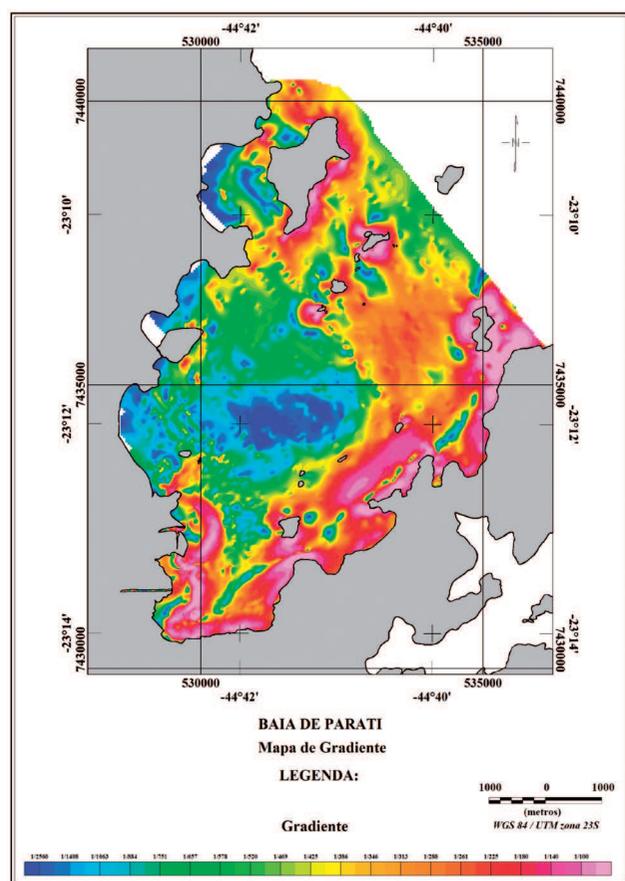


Figura 11: Mapa de Gradiente do fundo marinho

Com base na amostragem analisada, observa-se que a baía apresenta uma textura sedimentar com predomínio de lama (Figura 12), passando a areia com lama na porção mais próxima da boca da baía. Pequenos bolsões

de lama com areia e areia com lama são observados em alguns pontos da baía e apenas uma área de areia.

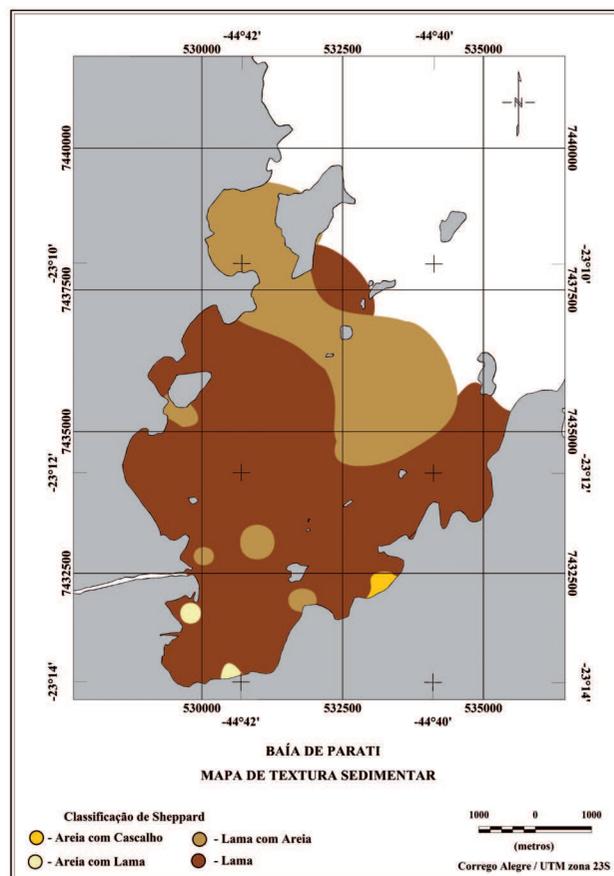


Figura 12: Mapa de textura sedimentar, com classificação de Sheppard, na Baía de Paraty.

A principal origem dos sedimentos, tendo como base o mapa de percentual de areia no sedimento (Figura 13), no qual temos os maiores percentuais de areia em tons alaranjados, vermelho e pink, são os rios Perequê-Açu e Mateus Nunes, que se localizam no Centro Histórico da cidade e são os maiores contribuintes de descarga sólida na baía. Note-se que os maiores percentuais localizam-se nas proximidades da desembocadura destes rios e junto à costa.

O teor de matéria orgânica nos sedimentos da baía variaram entre 0,19 e 81,17%. De uma maneira geral, as maiores porcentagens de matéria orgânica na Baía de Paraty (> 20%) apresentam forte correlação com os sedimentos lamosos (Figura 14), com as maiores concentrações localizadas a S (81,17%) e a N (48,21%) da desembocadura do Rio Perequê-Açu e junto às fontes localizadas em algumas ilhas.

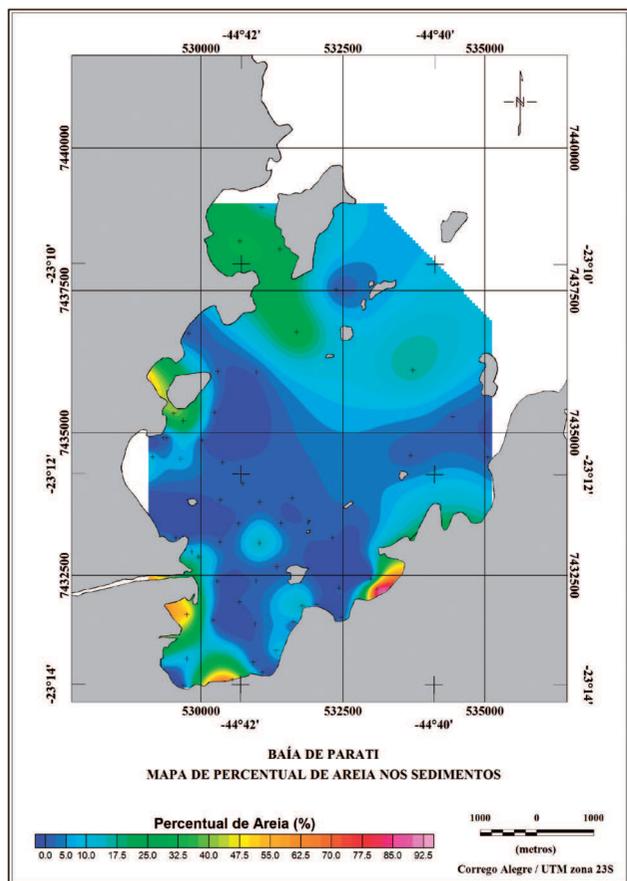


Figura 13: Mapa do percentual de areia nos sedimentos da Baía de Paraty.

Os percentuais de carbonatos (Figura 15), que variam de 0,56 a 71,43 %, tem as maiores concentrações à NE da desembocadura do Rio Pereque-Açu, em local caracterizado por um concheiro.

Os teores de carbonato e matéria orgânica apresentam distribuição inversamente proporcional, quando um aumenta o outro diminui, característica normal no meio marinho.

## DISCUSSÃO

A boca da Baía de Paraty localiza-se a uma distância aproximada de 25 km da comunicação da Baía da Ilha Grande com o oceano aberto (Figura 16). Considerando-se este o caminho percorrido pelas ondas oceânicas que adentram a Baía da Ilha Grande, esta distância, aliada à morfologia geral do fundo marinho até a boca da Baía de Paraty, torna-se um atenuante da energia das ondas.

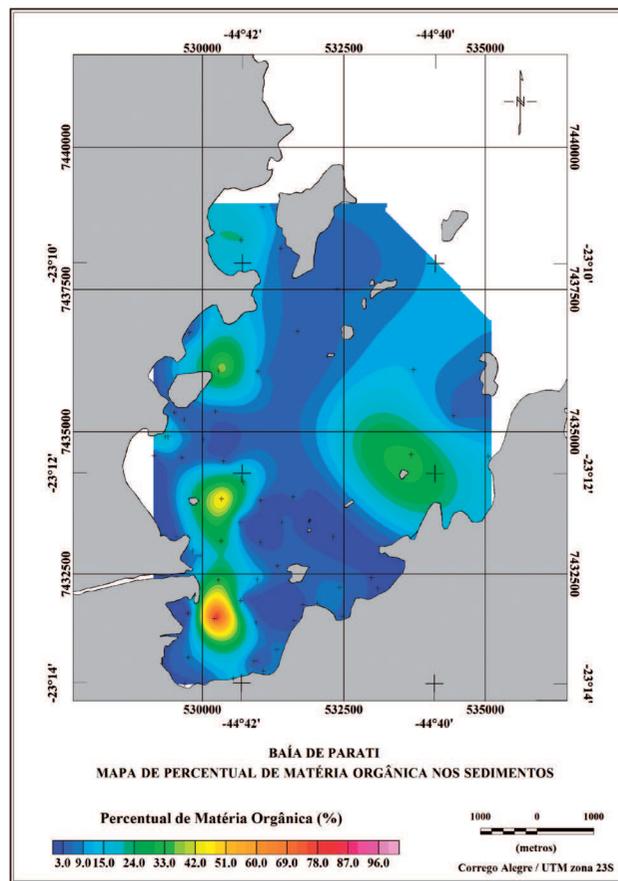


Figura 14: Mapa de percentual de matéria orgânica da Baía de Paraty.

Outro fator de atenuação das ondas é a direção de abertura das baías, NE para Paraty e NW para a da Ilha Grande, ou seja, aproximadamente 90°, o que força uma refração significativa das ondas para adentrarem na Baía de Paraty.

Se, ao descrito nos dois parágrafos acima, somarmos a extensão da Baía de Paraty, desde a sua boca até o fundo ( $\pm 8$  km), e o aporte fluvial significativo do Rio Pereque-Açu e outros de menos importância, temos descritos os principais fatores que conferem à baía as características batimétricas descritas anteriormente.

O relevo submarino da Baía de Paraty é assimétrico, com a margem NW/SW mais rasa que a outra margem, junto à qual observamos o canal principal da baía. A presença do canal é denotada, no mapa batimétrico, pelos tons de azul e verde que se alongam da boca da baía (Figura 17A), na porção NE, em direção ao fundo, porção SW, enquanto que nos perfis batimétricos e de gradiente (Figura 17B, 17C e 17D) é visível no extremo

direito dos perfis com a depressão batimétrica (azul) e grande inflexão no gradiente (vermelho).

Estudo de perfilagem sísmica realizado por Villena (2012) apontam um controle da morfologia do canal principal da baía por falhamentos (Figura 18) que se alinham na direção NE-SW. Esta direção preferencial dos falhamentos (NE-SW) ajusta-se perfeitamente ao descrito por (ASMUS & GUAZELLI, 1981) sobre as estruturas relacionadas ao processo de abertura do Atlântico Sul, destacando-se as falhas normais, as charneiras ou flexuras, de direção concordante, e as estruturas transversais (Zonas de Fratura e Lineamentos) em toda a Margem Continental Brasileira. A situação estrutural da região é típica de uma Margem Continental Passiva, com o predomínio de lineamentos NE-SW na parte continental, com ocorrências de estruturas E-W, relacionadas às Zonas de Fratura do Rio de Janeiro (22/24° S) e Rio Grande (26/28° S).

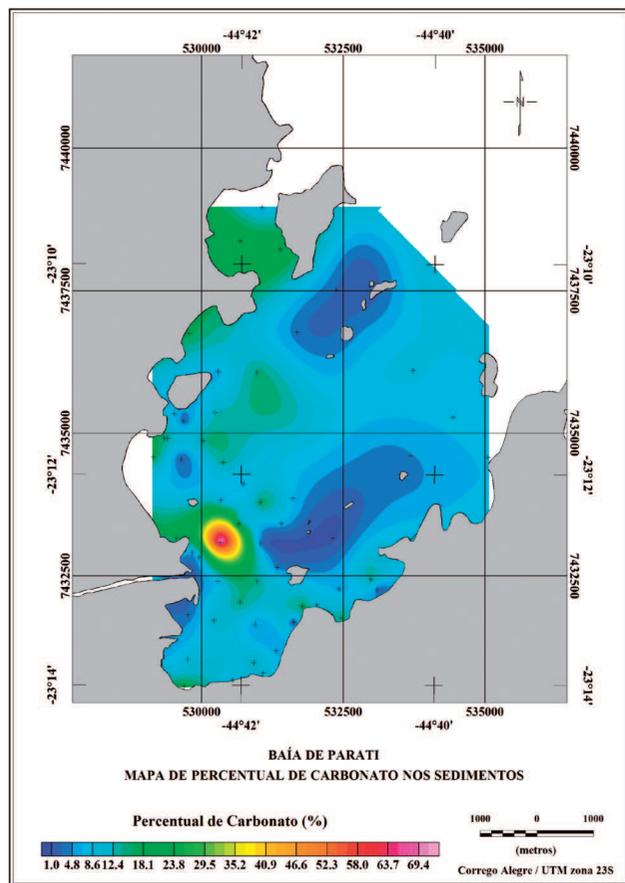


Figura 15: Mapa de percentual de carbonatos da Baía de Paraty.

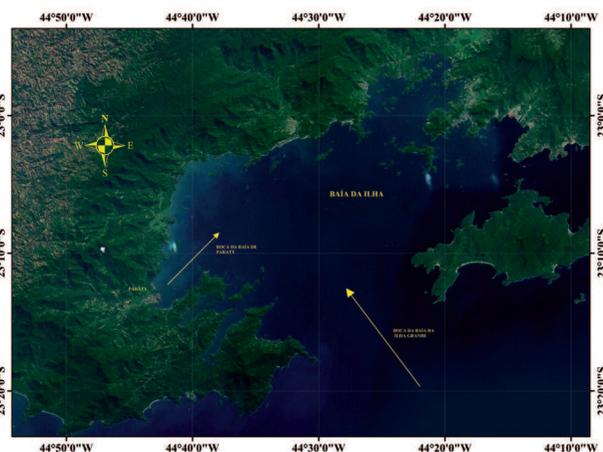


Figura 16: Imagem Google Earth da porção oeste da Baía de Paraty, onde vemos: 1) abertura da baía, entre o continente e a ilha) boca da Baía de Paraty (alterado de Google, 2012).

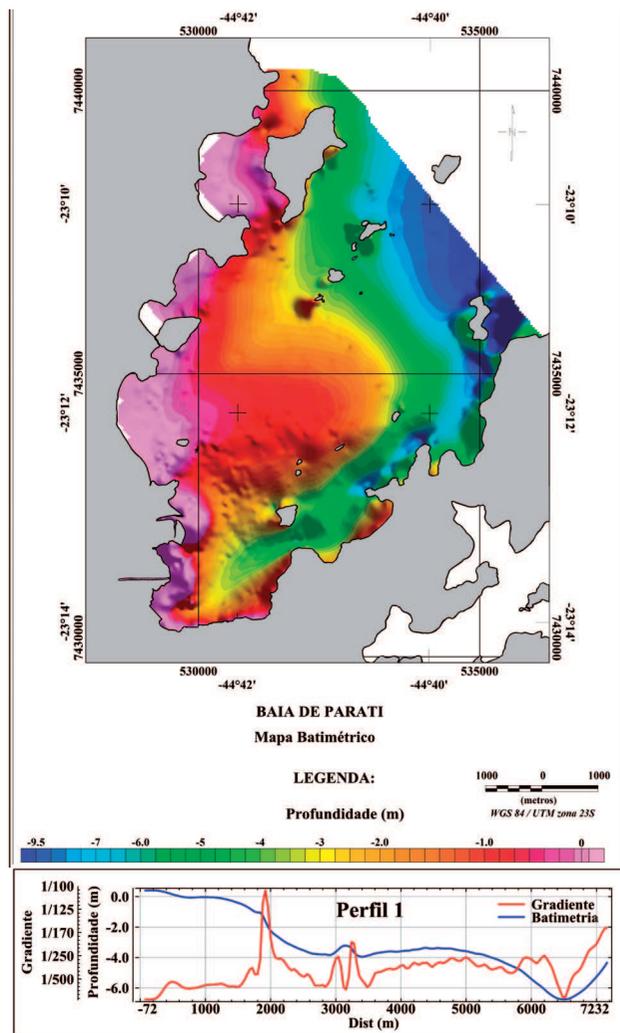


Figura 17: Mapa batimétrico com a localização dos perfis transversais à baía, destacando seu canal principal.

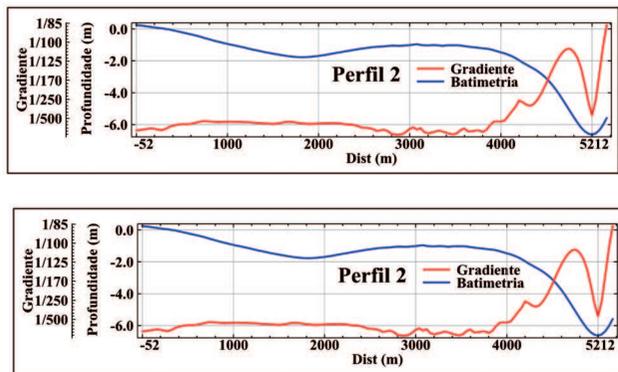


Figura 17: Continuação

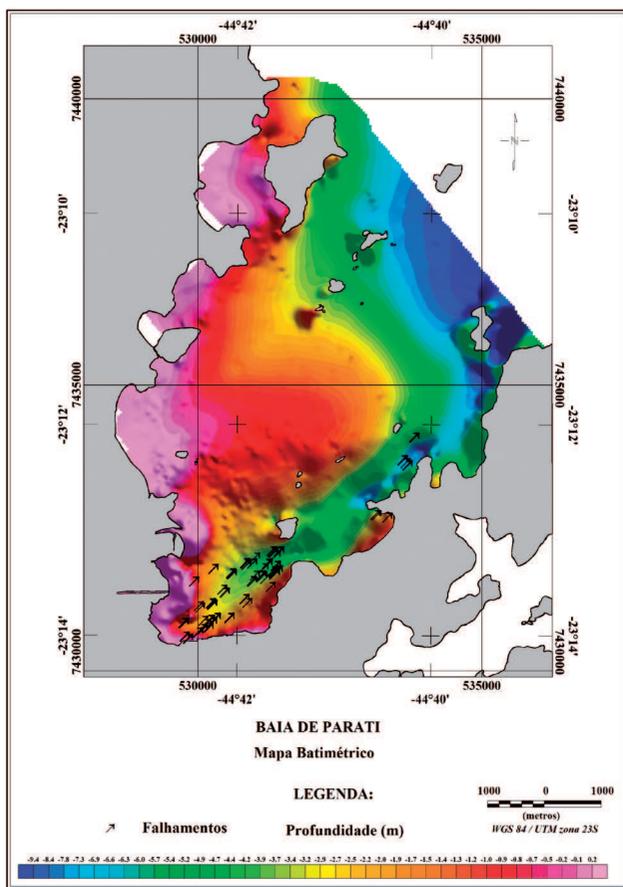


Figura 18: Mapa batimétrico da Baía de Paraty mostrando a localização dos falhamentos identificados em perfis sísmicos, setas pretas. (alterado de Villena, 2012).

A análise dos perfis sísmicos, segundo VILLENA (op. cit.), como pode ser visto na Figura 19, mostra que os falhamentos observados não chegam à superfície do fundo marinho, podendo estar relacionados às falhas no embasamento, o que é corroborado por sua associação alinhamento com declives acentuados no embasamento

(Figura 19E e F), mas também, em alguns locais, estar mais atrelado à acomodação sedimentar (Figura 19A e B). As idades de reativação são diferenciadas, pois há falhamentos que atingem apenas o refletor R3, o primeiro acima do embasamento, e outras que chegam até ao refletor R1, o mais superficial traçado.

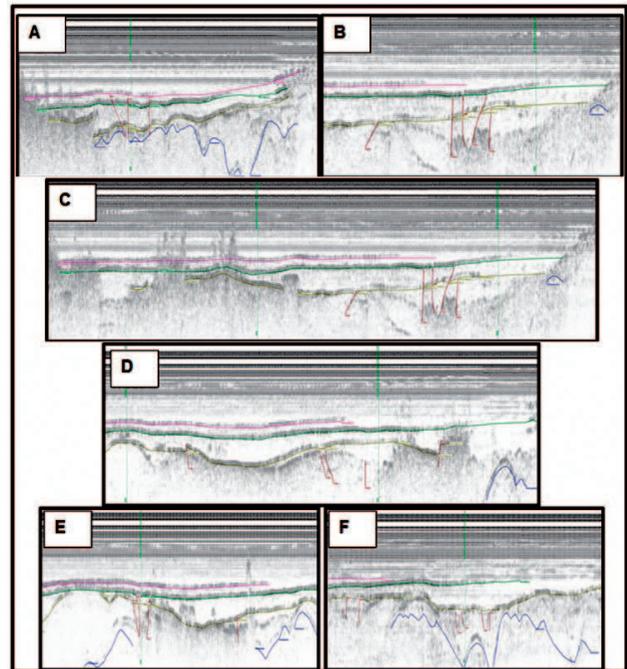


Figura 19: Mostra trechos dos perfis 24 (A), 26 (B), 27 (C), 28 (D), 29 (E) e 43 (F), nos quais as falhas estão anotadas em marrom e alinhamento quase vertical (Alterado de Villena, 2012).

A distribuição dos sedimentos superficiais é condicionada pelo aporte de sólidos em suspensão através da drenagem fluvial e pela baixa dinâmica oceanográfica (ondas, correntes e marés), predominando a deposição de lamas na maior parte da baía. Pode-se perceber uma faixa de lama com areia próximo á boca da baía, na porção NE, exatamente na área mais exposta ao embate das ondas oceânicas que adentram a Baía da Ilha Grande. Além disto, podemos ver dois pontos de deposição de areia, condicionados por componentes locais ainda não identificadas.

Em termos de matéria orgânica, de uma maneira geral, os maiores percentuais na Baía de Paraty (> 20%) encontram-se onde predominam os sedimentos lamosos e próximos às áreas de maior aporte de esgotos sanitários

“in natura”, principalmente na área do Centro Histórico da cidade. Esta situação é corroborada por estudo feito pela UERJ (2011) e que aponta o problema observado no esgotamento sanitário de grande parte do Município de Paraty onde “na ausência de rede coletora e tratamento, os esgotos sanitários são lançados nas redes de águas pluviais, que lançam em canais e valas e desembocam nos Rios Jaguabara, Perequê Açu e Matheus Nunes,

*sem nenhum tipo de tratamento prévio, ocasionando a contaminação destes corpos hídricos”.*

Estudo elaborado por Almeida (2012) com base em comparação de dados batimétricos da DHN, aquisitados em 1970 e de Villena, levantados em 2010, apontam uma mudança na morfologia do fundo marinho da Baía de Paraty, como pode ser visto nos mapas batimétricos de ambos os levantamentos (Figura 20).

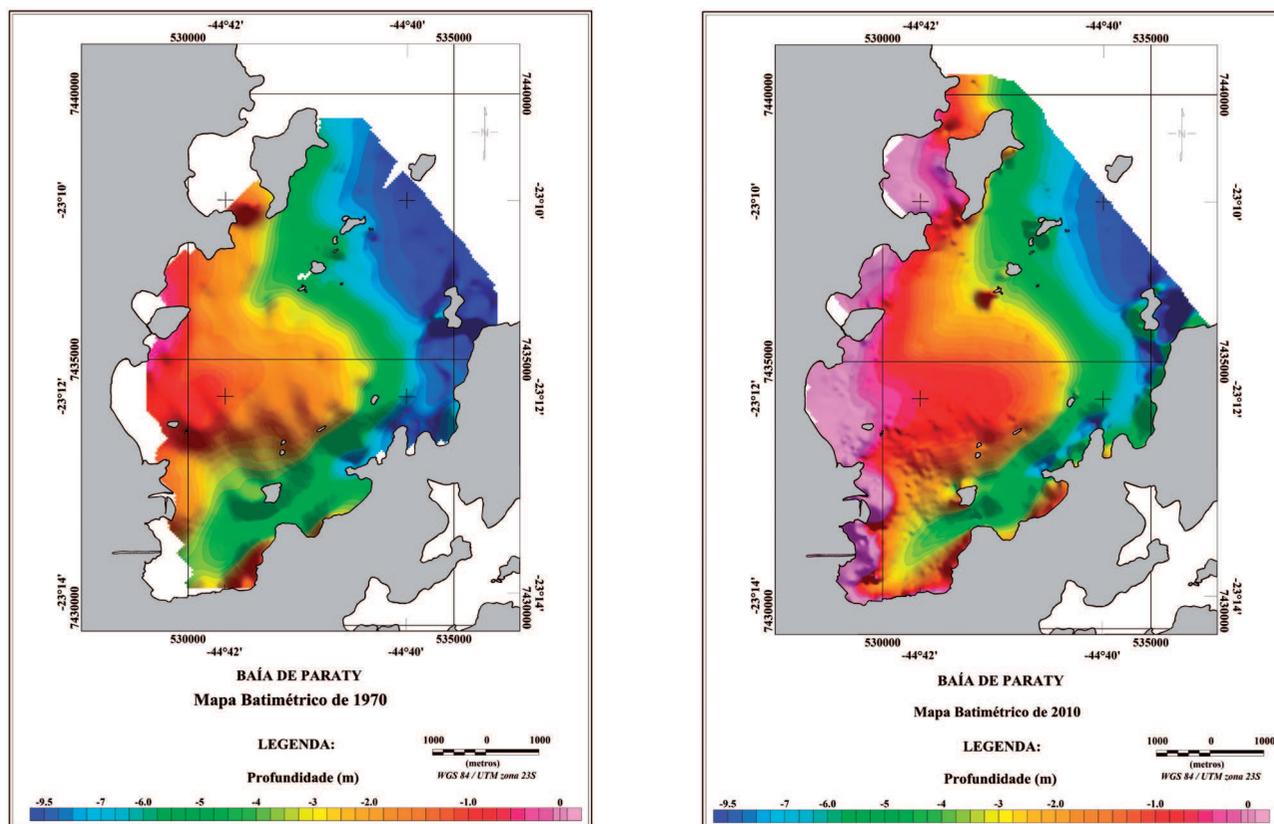


Figura 20: Mapas batimétricos de 1970 e de 2010 (alterado de Almeida, 2012).

A análise dos mapas acima evidencia o processo de assoreamento observado na baía, visto que a tabela de cores usadas por ALMEIDA (op. cit.) é a mesma em ambos. Os tons de verde e azul evidenciam as maiores profundidades enquanto que os tons alaranjados, avermelhados e pink mostram as áreas mais rasas. Assim sendo, visualmente podemos ver que o mapa de 2010 tem maior proporção de área em tons de cores relacionadas à batimetria mais rasa em comparação ao mapa de 1970.

O banco de deposição na margem NW, E, SW, além da porção mais central da baía avança, provocando

o estreitamento do canal principal na porção S e SE da baía e na porção mais profunda da mesma, na sua embocadura.

Os cálculos feitos por Almeida (2012) apontam para um assoreamento da ordem de 38.446.520 m<sup>3</sup> e erosão localizada de 273.848 m<sup>3</sup>, conforme podemos ver no mapa de assoreamento e erosão (Figura 21).

A rápida deposição deste volume de sedimentos pode ter gerado uma sobrecarga na coluna estratigráfica, o que explicaria os falhamentos na coluna sedimentar que não se relacionam com o embasamento pela compactação diferencial dos sedimentos.

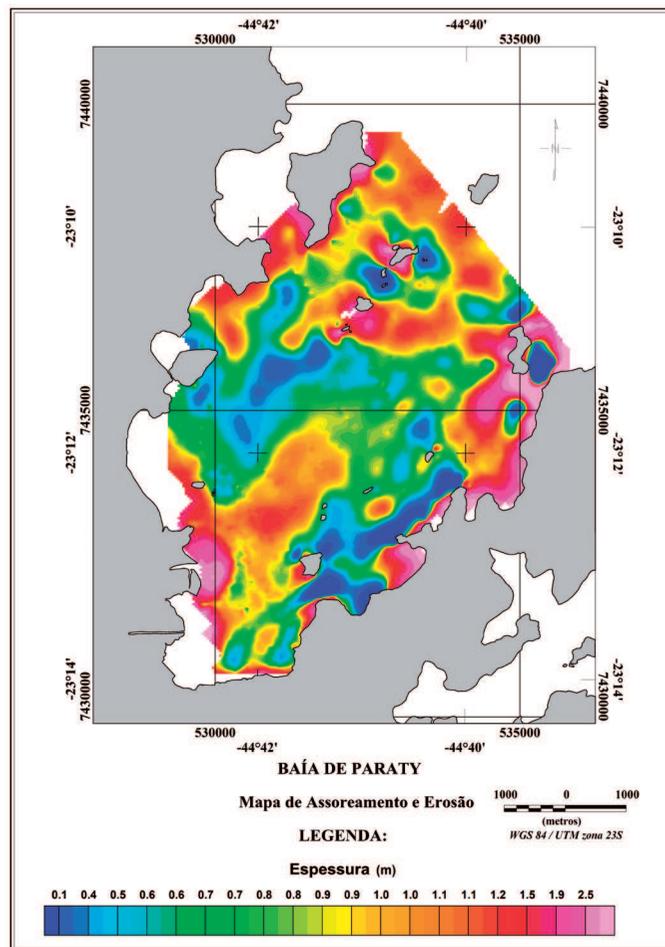


Figura 21: Mapas de assoreamento e erosão por comparação batimétrica entre os levantamentos de 1970 e 2010 (alterado de Almeida, 2012).



Figura 22: Aerofoto de 1956 com a interpretação da ocupação urbana: área em vermelho, da área de mangue, polígonos verde, e do curso do Rio Perequê-Açu, traço azul (alterado de Almeida, 2012).

Fatores historicamente relacionáveis a processos de assoreamento em áreas costeiras são identificados por ALMEIDA (op. cit.) na área de entorno da Baía de Paraty, destacando-se a retificação de cursos fluviais, ocupação urbana desordenada com especulação imobiliária sobre a área de manguezal e a consequente redução dos

bosques de mangue.

As Figuras 22 e 23 mostram interpretações de ALMEIDA (op. cit.) sobre imagens aéreas da área central de Paraty (aerofoto de 1956 e imagem satélite de 2010) onde podemos notar o aumento da área urbana, redução do manguezal e a retinização do Rio Perequê-Açu.

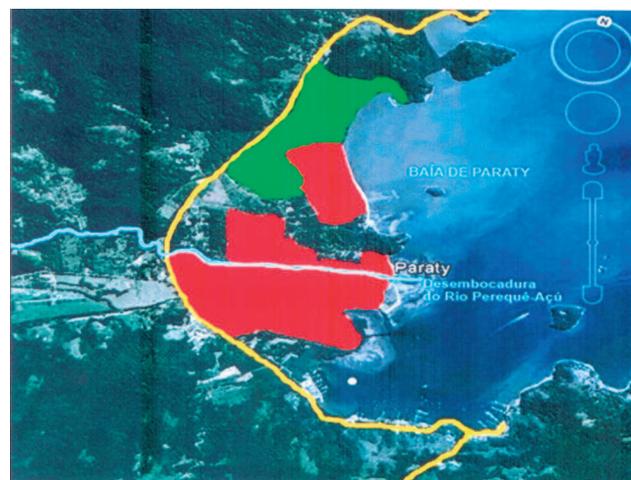


Figura 23: Imagem Google Earth de 2010 com a interpretação da ocupação urbana: área em vermelho, da área de mangue, polígonos verde, e do curso do Rio Perequê-Açu, traço azul (alterado de Almeida, 2012).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, E. R. 2013. *Mudanças na morfologia de fundo da Baía de Paraty – RJ com base em dados de levantamentos batimétricos*. Monografia final do curso de Oceanografia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. 70p.
- ASMUS, H. E. & GUAZELLI, W. 1981. *Descrição Sumária das Estruturas da Margem Continental Brasileira e das Áreas Oceânicas e Continentais Adjacentes - Hipótese Sobre o Tectonismo Causador e Implicação para os Prognósticos de Recursos Minerais*. PROJETO REMAC - VOL 9, p. 187-269.
- GEOISOFT. 2010. *Oasis Montaj digital users manual*.
- GOOGLE, E. 2012. Imagem satélite da parte oeste da baía da Ilha Grande.
- KRUMBEIN, W. .; PETTIJOHN, F. J. 1938. *Manual of sedimentary petrography*. New York: Appleton-Century-Crofts, Inc, p. 549.
- LORING, D. H.; RANTALA, R. T. 1992. Manual for the geochemical analyses of marine sediments and suspended particulate matter. Earth-Science Reviews, 32: 235-283.
- PONZI, V.R.A. 1995. *Métodos de análises Sedimentológicas de Amostras Marinhas. Representação de Resultados Através de Gráficos e Mapas*. Apostila do Curso de Especialização em Geologia e Geofísica Marinha - Lagamar - UFF - 51p.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução a Sedimentologia*. São Paulo: Edgard Blucher, 317p.
- UERJ. 2011. *Plano municipal de saneamento básico da Prefeitura Municipal de Paraty: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Relatório de técnico de prestação de serviço à Prefeitura de Paraty. 143pp.
- VILLENA, H. H. 1999. *Caracterização do processo de assoreamento na Enseada da Japuiba – Angra dos reis - RJ*. Dissertação de Mestrado - LAGEMAR UFF. 127p.
- VILLENA, H. H. 2012. *Caracterização oceanográfica do meio físico da Baía de Paraty e Enseada do Pouso – Rio de Janeiro – RJ: Perfilagem sísmica*. Relatório de técnico de prestação de serviço à Prefeitura de Paraty. 35pp.





## CAPÍTULO XV

---

### CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL UTILIZANDO ARGILAS COSTEIRAS DE SUBSUPERFÍCIE - ESTUDO DE CASO: BAÍA DE SEPETIBA-RJ





# CARACTERIZAÇÃO PALEOAMBIENTAL UTILIZANDO ARGILAS COSTEIRAS DE SUBSUPERFÍCIE - ESTUDO DE CASO: BAÍA DE SEPETIBA-RJ

Dione N. Nascimento<sup>1</sup>, Hernani A. Fernandes Chaves<sup>2</sup>, Soraya Gardel Carelli<sup>3</sup>, Helena Polivanov<sup>4</sup> e Mauro César Geraldês<sup>5</sup>

## RESUMO

Este trabalho foi realizado na planície costeira do município de Itaguaí no estado do Rio de Janeiro, tendo como objetivo analisar os minerais de argila coletados em subsuperfície de cordões arenosos a fim de auxiliar na caracterização paleoambiental dessa região. Para tal, foram realizadas sondagens geomecânicas, análises granulométricas e análises mineralógicas com o método de difração de raios-X. Como resultados foram encontrados os minerais caulinita, illita, esmectita e traços de goethita. Essa associação mineralógica costuma ocorrer em ambientes quentes, lacustres e fluviais, podendo-se então sugerir que o paleoambiente nessa área foi fluvio-deltaico com a presença de um antigo lago restrito no intercordão.

**Palavras-chave:** difração de raios-x; minerais de argila; baía de Sepetiba.

## ABSTRACT

This work was realized in the coastal plain of Itaguaí city, Rio de Janeiro state, aiming to analyze the subsurface clay collected from sandy ridges with the aim of characterizing the paleoenvironmental evolution of this area. For that purpose, we drilled several boreholes followed by particle size and mineralogical X-ray diffraction analysis. In the analysed samples, kaolinite, illite, smectite and traces of goethite were identified in descending order of abundance. This mineralogical association is typical for warm intertropical, lacustrine and/or river environment. Consequently, we can propose a fluvial-deltaic paleoenvironment for this area including the presence of an ancient restricted intradune lake.

**Key words:** X-ray diffraction; clays minerals; Sepetiba Bay.

1. Doutoranda em Geociências, FGEL-UERJ;

2. Professor Emérito, FGEL-UERJ;

3. Professora Adjunto, Depto. Geociências -UFRJ;

4. Professora Adjunto, Depto. Geologia de Engenharia e Ambiental -UFRJ;

5. Professor Adjunto, FGEL – UERJ.

## INTRODUÇÃO

A área deste trabalho (617/626 E; 7463/7470 N UTM) encontra-se inserida na bacia da Baía de Sepetiba, e foi escolhida por sua escassez de estudos, como também pela complexidade de sua evolução geológica e à grande variedade de processos sedimentares Holocênicos atuantes. Esta evolução culminou com o

fechamento da restinga de Marambaia, após sucessivas flutuações eustáticas, os quais transformaram este sítio geológico, inicialmente de alta energia, em um sítio de baixa energia (GÓES, 1994). Tal configuração favoreceu o registro tanto de litofácies geradas por ondas, como por maré, tornando esta bacia peculiar em relação a outras, situadas no contexto marinho – parálico clássico (Figura 1), merecedora de estudos mais completos.

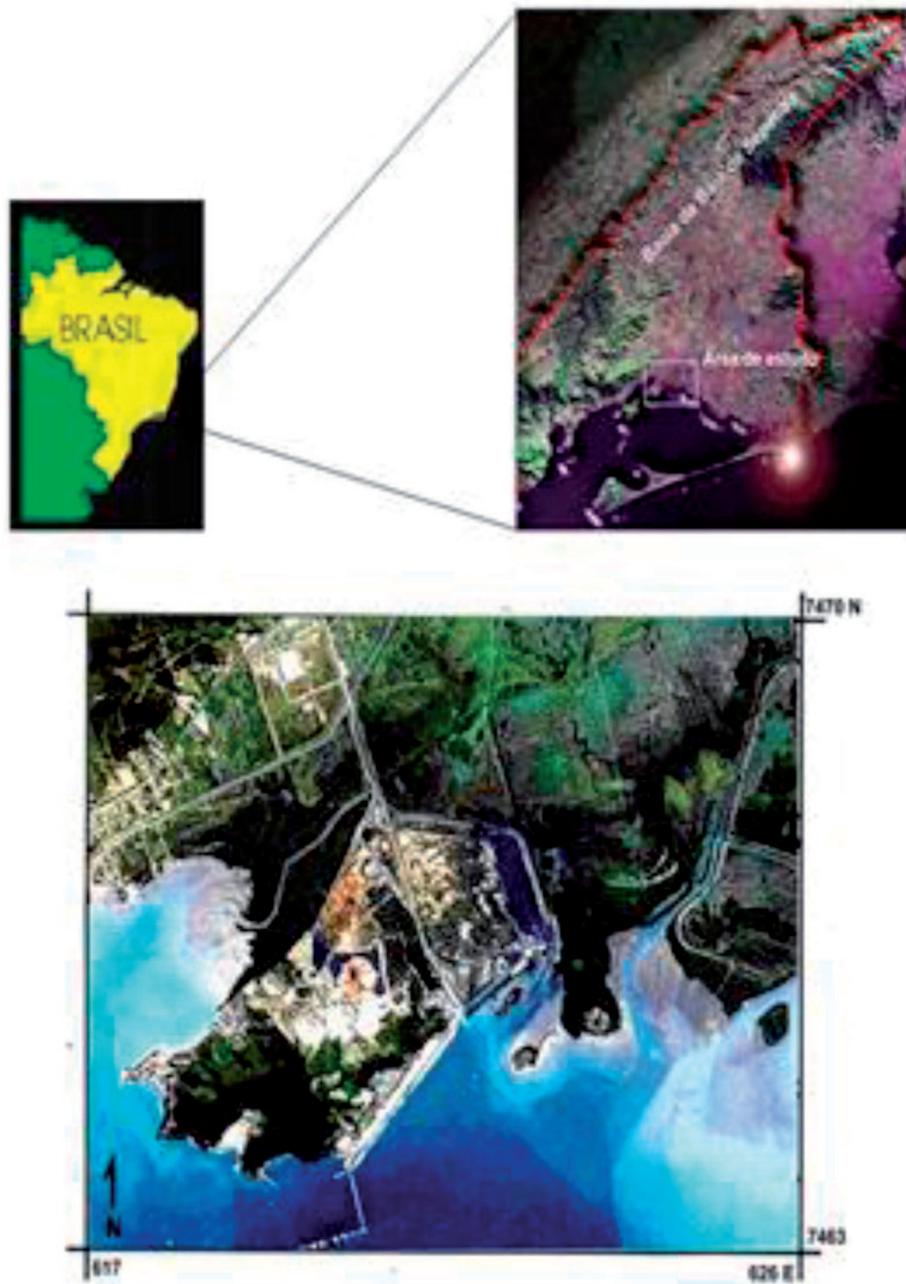


Figura 1: Localização da área de estudo (Imagem SPOT, 1996, escala 1: 60.000).

Essa área, que se encontra inserida na porção oeste do contexto tectônico conhecido como gráben da Guanabara (FERRARI, 1990), apresenta uma variação do nível do mar que superou os 3 metros, conforme é apresentado na Figura 2. Estes eventos eustáticos

possibilitaram o retrabalhamento dos sedimentos continentais e também dos sedimentos biotróficos da plataforma continental contemporânea que foram depositados como cordões arenosos por efeito de ondas, num ambiente de energia relativamente alta.

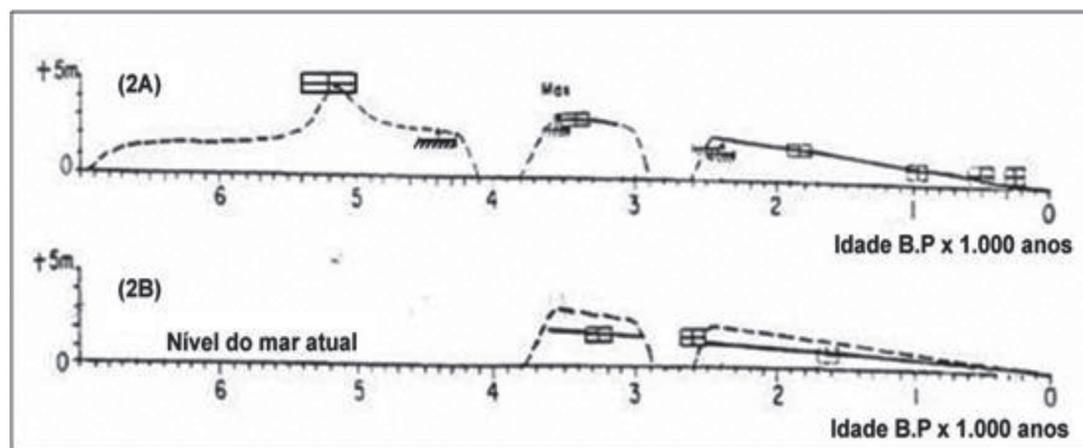


Figura 2: Comparação da curva de variação do nível relativo do mar nos últimos 7 mil anos do setor Parati – Angra (2A), com o do Gráben da Guanabara (2B) (adaptado de Suguio e Cruz, 1982). □□□□ terraços marinhos; ~~~~~ sambaquis

Tais cordões arenosos foram reconhecidos durante as campanhas de mapeamento de campo sendo identificáveis também em aerofotogramas e imagens de satélites (Figura 3). A extensão em planta destes litossomas varia entre 1000 a 1200m de comprimento, e 40 a 50 m de largura, com elevação acima de 3m (da base para topo). Os cordões apresentam-se intercalados,

lateralmente, com sedimentos argilosos e dispostos paralelamente entre si, distando de 3 a 5 Km da linha de praia atual, observando-se, em pontos isolados, acumulações conchíferas parcialmente soterradas (CARELLI *et. al.*, 2004). Outros cordões já foram anteriormente descritos em Roncarati & Barrocas (1978).

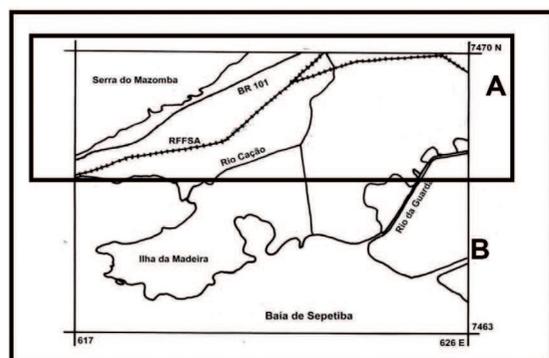
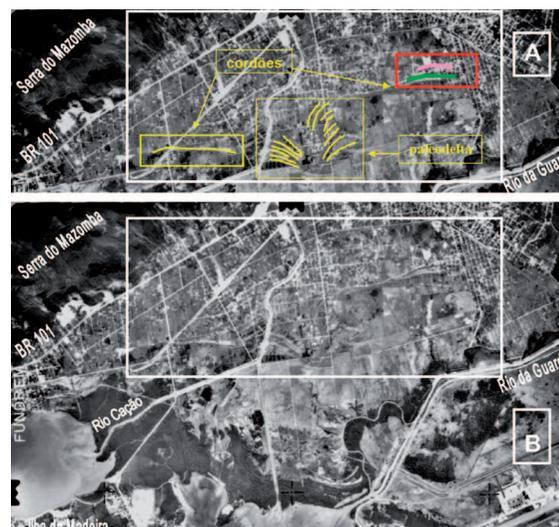


Figura 3: Composição de aerofotogramas, escala 1: 40.000, mostrando em detalhe nos retângulos na parte superior A os cordões arenosos (extraído de Carelli, 2008).



Os cordões arenosos encontrados na planície costeira do município de Itaguaí/RJ, objeto deste estudo, estariam associados a um sistema fluvio-deltaico. Levando em consideração esta hipótese, esse trabalho tem por objetivo investigar as frações argilosas presentes nas amostras dos sedimentos de subsuperfície, de forma a tentar obter indicações da origem desses sedimentos e assim corroborar a hipótese acima exposta.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Os trabalhos executados fizeram recurso de diversas metodologias incluindo levantamento cartográfico no campo, sondagens geomecânicas, análises granulométricas e análises mineralógicas por difração de Raios-X.

### *Mapeamento de Campo*

Foram utilizados na etapa de mapeamento de campo mapas topográficos 1:50.000, aerofotogramas da FUNDREM com escala de 1:40.000 e 1:8.000, imagens de satélite SPOT de 1:60.000 e aerofotogramas da EMBRAERO na escala de 1:30.000. Esse material serviu para mapear os cordões arenosos, objeto deste estudo. Posteriormente, foi levantado um perfil topográfico perpendicular aos cordões A e B para avaliar as variações topográficas existentes na área e determinar suas elevações máximas. Para tanto, foram utilizados dados da rede de monitoramento contínuo do IBGE e da TRIMBASE para apoio planimétrico. Na altimetria foi utilizada a RN 3068-J a fim de determinar a ondulação geoidal, aplicando-se o resultado aos demais pontos para o transporte das coordenadas (SEMA-ZEE/RIO DE JANEIRO, 1996).

### *Sondagens Geomecânicas*

O método de sondagem adotado nessa pesquisa foi o de percussão com circulação de água, através de um tubo galvanizado de 1" de diâmetro, munido de ponta cortante, pelo qual injetou-se água de lavagem no fundo da sondagem, simultaneamente com a percussão. Ao subir, a água carrega o material escavado, o qual foi depositado num tanque, na superfície do terreno. A identificação desse material carregado era desaconselhada. Um amostrador coletou as amostras para posterior armazenamento.

### *Análises Granulométricas*

As análises granulométricas foram executadas segundo consta de análises físicas conduzidas na terra fina seca ao ar (TFSA) por métodos descritos no Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA - SNLS, 1979), fornecendo a porcentagem, por peso: de argila; areia; areia fina; areia grossa e, por cálculo, a relação silte/argila. A determinação granulométrica foi realizada por meio do método da pipeta, após a eliminação da matéria orgânica com  $H_2O_2$  a 10 % e lavagem dos sais solúveis, como preconizado por Gee & Bauder (1986). Os diferentes diâmetros de partículas foram definidos de acordo com a escala de Atterberg modificada e estabelecidos da seguinte forma: areia total (2–0,05 mm), silte (0,05–0,002 mm), argila (< 0,002 mm), areia muito grossa (2–1 mm), areia grossa (1–0,5 mm), areia média (0,5–0,25 mm), areia fina (0,25–0,1 mm) e areia muito fina (0,1–0,05 mm) (Soil Survey Division Staff, 1993). Os dados obtidos foram plotados no triângulo de texturas, possibilitando o enquadramento das amostras em classes de texturas, de acordo com Soil Survey Manual (Soil Survey Division Staff, 1993).

### *Análises Mineralógicas*

A difração de raios-X é um método de ampla utilização na Pedologia, sendo ferramenta utilizada para análises de intemperismo e troca catiônica, e, entre outras, neste estudo, foi de fundamental importância na avaliação da gênese e qualificação das amostras de solos coletados na área. A preparação das amostras para análise na difração de raios-X baseia-se nos princípios da Lei de Stockes para o fracionamento granulométrico pelo método da pipetagem, que mostra a interação da velocidade de decantação da partícula em meio fluido, com a aceleração da gravidade, o raio da partícula, sua forma, sua densidade, a densidade do fluido, sua textura de superfície e viscosidade do fluido (SUGUIO, 1973).

Procedimentos realizados:

- Utilizou-se o aparelho de Difração de Raios-X do Departamento de Geologia do IGEO-UFRJ, com as seguintes características: Difratômetro Rigaku-Termoflex - Modelo 2013, contador proporcional, 40KV, 30mA; tubo de cobre, filtro de níquel, velocidade 1oc/min;

- A identificação dos minerais foi feita por intermédio de reflexões, produzidos pela difração de raios-X, que são registrados em gráficos e correspondem a ângulos de um goniômetro, a partir do qual o espaçamento cristalográfico diagnóstico do mineral pode ser calculado através de tabelas com recurso da lei de Bragg;
- A fração argila é obtida por sedimentação e concentrada por centrifugação. Com esse material preparam-se lâminas orientadas pela técnica do esfregaço;
- Todas as lâminas são levadas ao difratômetro em três estágios distintos: o primeiro representa a fração argila sem qualquer tratamento físico-químico, o segundo as amostras são glicoladas, objetivando determinar minerais expansivos, o que consiste em submeter uma amostra a uma atmosfera saturada de etileno-glicol por 24 horas e a terceira é aquecida em forno tipo mufla, por 4 horas seguidas, a temperatura de 550°C, e objetiva investigar colapso e/ou destruição da estrutura dos minerais de argila.
- Designou-se de Esmectita o material que apresenta picos bem formados em 14 Å e expandem para 17 dÅ com etilenoglicol.
- Designou-se de I-S, os materiais que apresentam

picos mal formados em 14 Å e expandem com a glicolagem, porém não atingem 17 Å.

- A Goethita foi identificada pelo pico a 4,15-4,17 Å.

## RESULTADOS

Foi elaborado um perfil de correlação, perpendicular aos cordões arenosos, baseado em sondagens geomecânicas na área, apresentando as espessuras e a litologia predominante (NASCIMENTO, 2009) (Figura 4). As sondagens tiveram profundidade amostrada entre 0-20 metros até atingir o solo residual, provável superfície pré-Holocênica. Neste estudo foram utilizados dados a partir de 3 sondagens, sendo 2 em cima dos cordões arenosos (pontos A e B) e o terceiro no intercordão (entre os dois referidos), nos horizontes argilosos encontrados através do método tátil-visual. Foram coletadas 27 amostras para análises posteriores. Com base nos resultados das sondagens, pode-se confirmar a variação litológica e a espessura do pacote sedimentar, assim como a alternância entre horizontes argilosos e arenosos, e lentes de cascalho e feldspato alterado nas camadas coletadas. Foi também observada a presença de conchas (*Anomalocardia brasiliiana*) no perfil SP4 – Cordão B, o mais próximo da linha de costa atual.

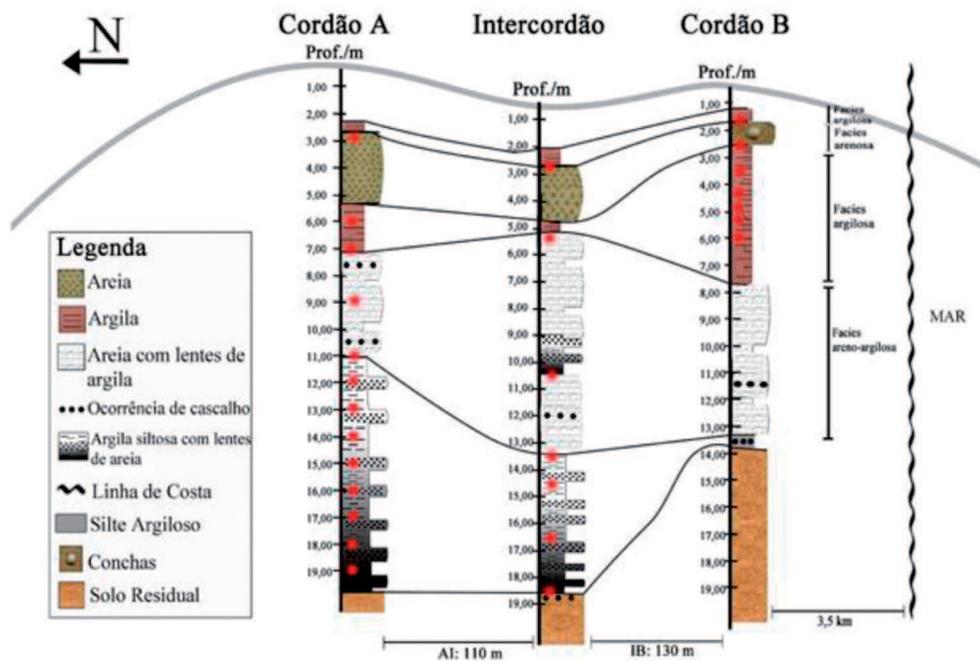


Figura 4: Perfil litofaciológico dos cordões A, B e intercordão, apresentando em vermelho as amostras coletadas para análises granulométricas, mineralógicas (NASCIMENTO, 2009).

Todas as 27 amostras coletadas dos 3 perfis de sondagem são apresentadas na Tabela I abaixo.

Tabela I: Amostras das 03 sondagens realizadas.

Amostras	Sondagens	Prof. (m)
01	SP2	3.0
02	SP2	6.0
03	SP2	7.0
04	SP2	9.0
05	SP2	11.0
06	SP2	12.0
07	SP2	13.0
08	SP2	14.0
09	SP2	15.0
10	SP2	16.0
11	SP2	17.0
12	SP2	18.0
13	SP2	19.0
14	SP3	2.45-2.9
15	SP3	5.45-5.9
16	SP3	10.0-11.0
17	SP3	13.0-14.0
18	SP3	14.0-15.0
19	SP3	16.0-17.0
20	SP3	18.0-18.58
21	SP4	1.8-2.0
22	SP4	2.0-3.0
23	SP4	3.0-4.0
24	SP4	4.0-4.5
25	SP4	4.5-5.0
26	SP4	5.0
27	SP4	7.0

A Tabela II classifica as amostras de acordo com os valores obtidos das análises executadas. Após essa etapa, os resultados foram projetados no triângulo de texturas, apresentado nas Figuras 5A, 5B e 5C. De acordo com os resultados obtidos, as amostras destes cordões apresentaram-se dispostas como uma nuvem ao longo do lado esquerdo dos triângulos, indicando

um aumento progressivo do percentual de argila em direção ao cordão B. Das 27 amostras analisadas, 10 foram consideradas argilosas, ou seja, 37% do total e 09 foram consideradas franco argilo-arenosas, com 33,5%. O restante, com 29,5% do total das amostras, englobou as classes franco argilosas, areia franca e as franco arenosas. Isso demonstra, de acordo com as análises texturais realizadas, que as amostras argilosas representam o maior percentual dos cordões analisados.

A composição mineralógica da fração argila é apresentada na Tabela III abaixo. De acordo com os difratogramas obtidos nas amostras, sem tratamento prévio, foram inicialmente identificadas a presença predominante de caulinita, presença de illita, esmectita e traços de goethita. Como os difratogramas apresentaram bastante similaridade entre si, foi selecionada 1 amostra considerada mais representativa de cada perfil, através de seus picos característicos para tratamento e posterior identificação mineralógica. Os difratogramas das amostras SP2/cordão A (11,00m) (Figuras 06A, 06B, 06C), SP3/intercordão (16,00-17,00m) (Figuras 7A, 7B, 7C), e SP4/cordão B (6,00m) (Figuras 8A, 8B, 8C) – arquivo de figuras, foram escolhidos por resumirem as principais características mineralógicas. A caulinita apresentou seus picos principais hkl (001) e (002) a 7,1379 e 3,5758Å respectivamente, mantendo esses valores após tratamentos de saturação com magnésio e solvatação com etilenoglicol, desaparecendo após aquecimento a 550 °C. Aparentemente, a caulinita encontra-se bem cristalizada, pois apresenta picos estreitos de maior intensidade relativa, sendo por isso identificada como principal constituinte em todas as amostras. Entre os minerais acessórios foi constatada a presença dos picos difratométricos de illita, esmectita e traços de goethita.

## CONCLUSÕES

O grande desafio deste trabalho foi realizar o agrupamento dos diferentes minerais de argila encontrados e com isso contribuir para a interpretação do paleoambiente litorâneo da baía de Sepetiba, sendo necessário investigar os aspectos que envolvem sua origem, e possível mudança/permanência das condições a que foram submetidos no meio deposicional.

Tabela II: Classificação granulométrica dos valores obtidos de acordo com Embrapa, 1979

AMOSTRAS	ARGILA %	AREIA %	AREIA FINA %	AREIA GROSSA %	SILTE %	RESULTADO TEXTURAL
SP2/Cordão A/3,00m	28	56	2	54	16	Franco Argilo-Arenosa
SP2/Cordão A/6,00m	40	38	2	36	22	Franco Argilosa
SP2/Cordão A/7,00m	22	66	1	63	12	Franco Argilo-Arenosa
SP2/Cordão A/9,00m	7	82	1	81	11	Areia Franca
SP2/Cordão A/11,00m	36	42	1	41	22	Franco Argilosa
SP2/Cordão A/12,00m	52	31	1	30	17	Argila
SP2/Cordão A/13,00m	40	43	1	42	17	Argila
SP2/Cordão A/14,00m	60	24	1	23	16	Argila
SP2/Cordão A/15,00m	45	41	1	40	14	Argila
SP2/Cordão A/16,00m	29	56	2	54	15	Franco Argilo-Arenosa
SP2/Cordão A/17,00m	33	45	3	42	22	Franco Argilo-Arenosa
SP2/Cordão A/18,00m	25	51	1	50	24	Franco Argilo-Arenosa
SP2/Cordão A/19,00m	21	72	2	70	7	Franco Argilo-Arenosa
SP3/Intercordão/ 2,00m	47	43	1	41	12	Argila
SP3/Intercordão/ 2,45-2,90m	26	62	1	61	12	Franco Argilo-Arenosa
SP3/Intercordão/ 10,00-11,00m	7	82	1	81	1	Areia
SP3/Intercordão/ 13,00-14,00m	4	90	1	89	6	Areia
SP3/Intercordão/ 14,00-15,00m	54	44	1	43	2	Argila
SP3/Intercordão/ 16,00-17,00m	17	82	1	81	1	Franco Arenosa
SP3/Intercordão/ 18,00-18,58m	1	95	1	94	4	Areia
SP4/Cordão B/ 1,80-2,00m	54	30	1	29	16	Argila
SP4/Cordão B/ 2,00-3,00m	12	78	1	77	10	Franco Arenosa
SP4/Cordão B/ 3,00-4,00m	49	33	1	32	18	Argila
SP4/Cordão B/ 4,00-4,50m	45	41	1	40	14	Argila
SP4/Cordão B/ 4,50-5,00m	25	59	1	58	16	Franco Argilo-Arenosa
SP4/Cordão B/ 5,00m	64	24	1	23	12	Muito Argilosa
SP4/Cordão B/ 6,00m	35	53	1	52	12	Franco Argilo-Arenosa

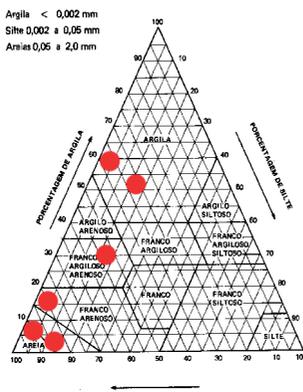


Figura 5A: Triângulo de texturas do cordão A/SP2, com as amostras plotadas em vermelho

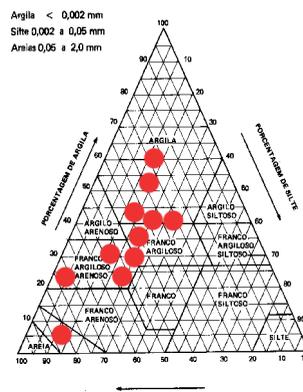


Figura 5B: Triângulo de texturas intercórdão/SP3, com as amostras plotadas em vermelho

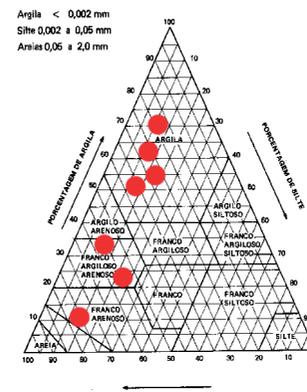


Figura 5C: Triângulo de texturas cordão B/SP4, com as amostras plotadas em vermelho

Tabela III: Resultados da difração de raios-X

Amostra	Mineralogia				
	Caulinita	Ilita	Esmectita	I-S	Goethita
SP2/Cordão A/3m	Predomínio	presença	-	-	presença
SP2/Cordão A/6m	Predomínio	presença	-	-	traços
SP2/Cordão A/7m	Predomínio	presença	-	-	presença
SP2/Cordão A/9m	Predomínio	presença	-	-	presença
SP2/Cordão A/11m	Predomínio	traços	-	-	traços
SP2/Cordão A/12m	Predomínio	traços	-	-	-
SP2/Cordão A/13m	Predomínio	traços	-	-	traços
SP2/Cordão A/14m	Predomínio	presença	-	-	presença
SP2/Cordão A/15m	Predomínio	traços	-	-	traços
SP2/Cordão A/16m	Predomínio	traços	-	-	traços
SP2/Cordão A/17m	Predomínio	-	-	-	-
SP2/Cordão A/18m	Predomínio	-	-	-	-
SP2/Cordão A/19m	Predomínio	traços	-	-	-
SP3/Intercórdão/2m	Predomínio	traços	-	-	presença
SP3/Intercórdão/2,45-2,90m	Predomínio	traços	-	-	-
SP3/Intercórdão/10-11m	Predomínio	presença	-	traços	traços
SP3/Intercórdão/13-14m	Predomínio	presença	traços	-	traços
SP3/Intercórdão/14-15m	Predomínio	presença	traços	-	-
SP3/Intercórdão/17m	Predomínio	presença	traços	-	-
SP3/Intercórdão/18-18,58m	Predomínio	presença	traços	-	-

Tabela III: Resultados da difração de raios-X (continuação)

<b>SP4/Cordão B/1.80-2m</b>	Predominio	traços	-	-	presença
<b>SP4/Cordão B/2.0-3.0m</b>	Predominio	-	-	-	traços
<b>SP4/Cordão B/3.0-4.0m</b>	Predominio	traços	-	-	traços
<b>SP4/Cordão B/4.0-4.5m</b>	Predominio	traços	-	-	-
<b>SP4/Cordão B/4.5-5.0m</b>	Predominio	traços	-	-	traços
<b>SP4/Cordão B/5.0m</b>	Predominio	traços	-	-	-
<b>SP4/Cordão B/7.0m</b>	Predominio	traços	-	-	-

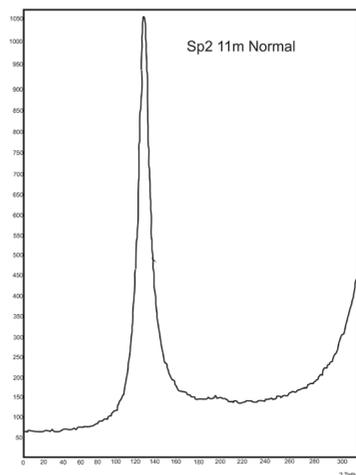


Figura 6A: Difratograma SP2 - amostra a 11 metros de profundidade - normal.

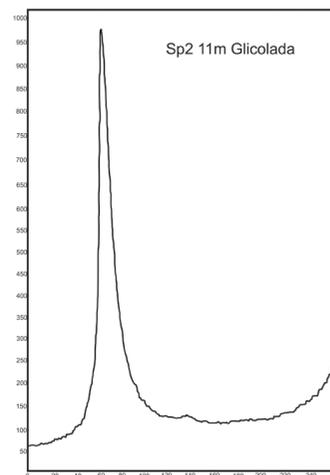


Figura 6B: Difratograma SP2 - amostra a 14 metros de profundidade - glicolada.

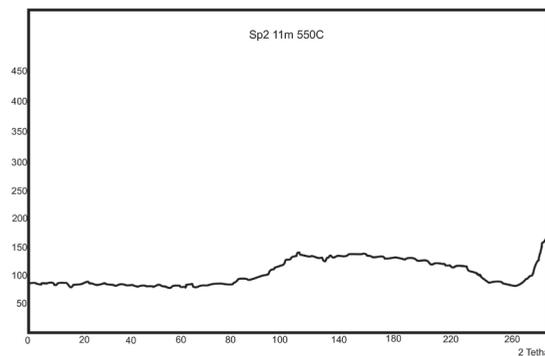


Figura 6C: Difratograma SP2 - amostra a 14 metros de profundidade - aquecida a 550C.

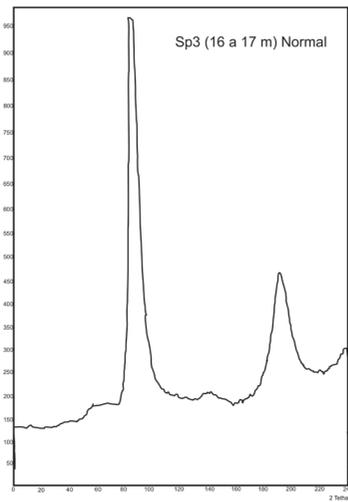


Figura 7A: Difratoograma SP3 - amostra entre 16 e 17 metros de profundidade - normal

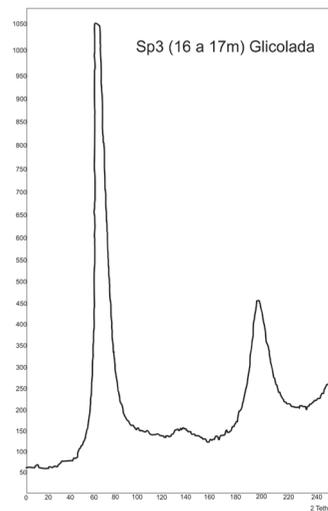


Figura 7B: Difratoograma SP3 - amostra entre 16 e 17 metros de profundidade - glicolada

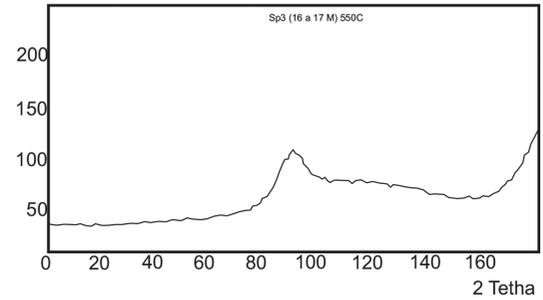


Figura 7C: Difratoograma SP3 - amostra entre 16 e 17 metros de profundidade - aquecida a 550C

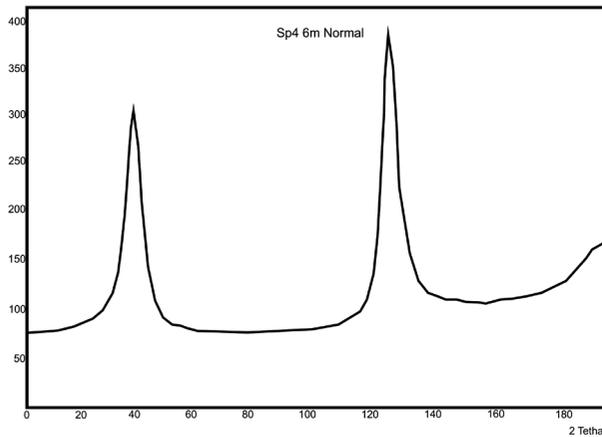


Figura 8A: Difratoograma SP4 - amostra a 06 metros de profundidade - normal

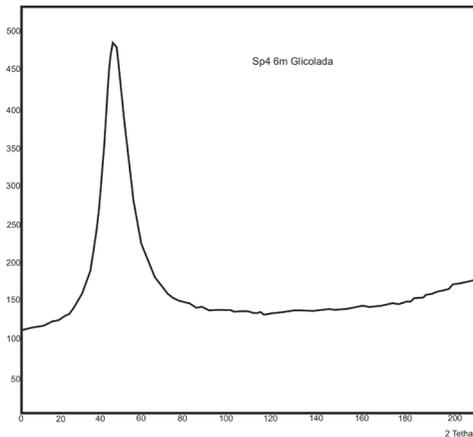


Figura 8B: Difratoograma SP4 - amostra a 06 metros de profundidade - glicolada

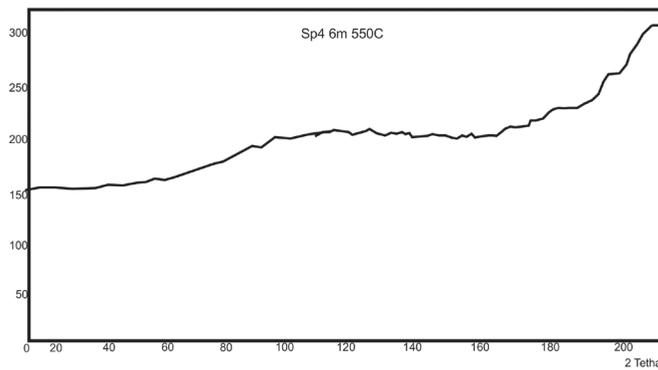


Figura 8C: Difratoograma SP4 - amostra a 06 metros de profundidade- aquecida a 550C

A predominância do mineral de argila e caulinita no sistema sugere que o material se originou predominantemente da área-fonte continental, sujeita ao intenso intemperismo químico. As drenagens das águas fluviais/pluviais na área do estudo ocasionaram o transporte das argilas e a diagênese das mesmas até se tornarem estruturalmente bem cristalizadas, como é o caso da caulinita.

As análises mineralógicas realizadas e as fontes bibliográficas consultadas apontam a associação dos minerais de argila caulinita, illita e esmectita, alternadas nas camadas estudadas no cordão A e no intercordão, indicando condições rasas de soterramento e baixas temperaturas de diagênese. Esse tipo de associação também nos indica que o clima era quente e em meio lacustre.

O surgimento do mineral de argila illita pode ser explicado pela diagênese e pela conversão esmectita-illita pós-deposicional. Outro ponto observado é a baixa presença de esmectita, e que ocorre somente no intercordão, entre 13 e 18,58 metros de profundidade. Provavelmente esse fato é explicado pela compactação e absorção do potássio e magnésio provocado pelo aumento de profundidade causando assim a redução desse argilomineral, corroborado também pela localização em um ambiente restrito (intercordão), onde sugere-se ser um ambiente lacustre restrito.

Em termos paleoambientais, pode-se dizer que o cordão A, o intercordão e o cordão B fazem parte de um ambiente fluvio-deltáico com influência marinha pela atuação de retrabalhamento dos sedimentos da planície costeira, onde preteritamente havia uma drenagem que desembocava na baía de Sepetiba.

#### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Laboratório de Ciências do Solo do Instituto de Agronomia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, coordenado pelo professor Dr. Marcos Gervásio Pereira, o qual foi responsável pelas análises físicas das amostras, bem como ao Laboratório de Difractometria de Raios-X, coordenado pela professora Dra. Helena Polivanov, do Departamento de Geologia de Engenharia e Ambiental da Universidade Federal do Rio de Janeiro que executou com qualidade as análises solicitadas. Ao convênio Petrobras-Finop-Fapur pelo financiamento desse trabalho.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CARELLI, S. G. 2008. *Evolução Geológica Holocênica da Planície Costeira de Itaguaí litoral sul do RJ: Uma Abordagem Interdisciplinar*. Tese (Doutorado em geologia). UFRJ. 183 p.
- CARELLI, S.G.; ROCHA, P. L. F. da; ALMEIDA, F., O.; PLASTINO, R.H. & RONCARATI, H. 2004. Discussão sobre a ocorrência de sedimentos marinhos na planície costeira da baía de Sepetiba – Município de Itaguaí – RJ. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 42, 2004, Araxá, MG. **Resumos...** MG. Sociedade Brasileira de Geologia.
- EMBRAPA – Centro Nacional de Pesquisa de Solos. 1979. *Manual de Métodos de Análise de Solo*. Rio de Janeiro – RJ, SNLCS.
- 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: SBG, Congresso Brasileiro de Geologia, 36. Anais, volume 6: 2858-2872.
- GEE, G.W. & BAUDER, J.W. 1986. Particle-size analysis. In: KLUTE, A., ed. *Methods of soil analysis: Physical and mineralogical methods*. Madison, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America. Part 1. p.383-412.
- GÓES, M. H. de B. 1994. *Diagnóstico Ambiental por Geoprocessamento do Município de Itaguaí*. Tese de Doutorado. UNESP - Rio Claro. SP.
- NASCIMENTO, D. N. 2009. *Caracterização de Argilas e Análise Faciológica dos Cordões Arenosos na Planície Costeira da Baía de Sepetiba – Itaguaí/RJ*. Dissertação (Mestrado em Geologia). Faculdade de Geologia. Programa de Pós Graduação em Análise de Bacias. 133 p. 2009.
- RONCARATI, H.; BARROCAS, S.L.S. 1978. *Projeto Sepetiba: Estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baía de Sepetiba, Município do Rio de Janeiro, Itaguaí e Mangaratiba*, RJ. Rio de Janeiro: CENPES-Petrobras (Relatório preliminar).
- SEMA-ZEE/RIO DE JANEIRO (Estado). Secretaria de Meio Ambiente. 1996. *Programa de Zoneamento Econômico - Ecológico do Estado do Rio de Janeiro. Projeto I: Diagnóstico Ambiental da Bacia Hidrográfica da Baía de Sepetiba*. Rio de

- Janeiro; Secretaria de Estado de Meio Ambiente; Universidade Federal do Rio de Janeiro; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 55p.
- SOIL SURVEY DIVISION STAFF. 1993. *Soil survey manual*. Washington, Soil Conservation Service, U.S., Department of Agriculture. 325p. (Handbook, 180).
- SPOT. Imagem de satélite da região da baía de Sepetiba. 1996. Escala 1:60.000.
- SUGUIO, K. *Introdução à Sedimentologia*. 1973. São Paulo, SP: Editoras Edgard Blucher - EDUSP. 317 p.
- SUGUIO, K. & CRUZ, O. 1982. Coastline of the states of Rio de Janeiro e São Paulo. International Geographical Union – Comission on the coastal environment field trip. Rio de Janeiro. 50p.









Impressão e acabamento: *Corbã Editora Artes Gráficas Ltda.*  
Tel.: (21) 2573-7342 / 2573-8602  
Capa: triplex 250g / Miolo: couche brilho 115g / Tipologia: Adobe Garamond

