



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
CENTRO DE CIÊNCIAS MATEMÁTICAS E DA NATUREZA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA**

**EROSÃO COSTEIRA NAS PRAIAS DA BARRA DA TIJUCA, RESERVA  
E RECREIO DOS BANDEIRANTES, RIO DE JANEIRO**

Rafael Santos de Sousa

**UFRJ**

Rio de Janeiro

2011



Rafael Santos de Sousa

**EROSÃO COSTEIRA NO ARCO PRAIAL DA BARRA DA TIJUCA / RECREIO DOS  
BANDEIRANTES, RIO DE JANEIRO**

Trabalho Final de Curso de Graduação em  
Geologia do Instituto de Geociências,  
Universidade Federal do Rio de Janeiro –  
UFRJ, apresentado como requisito necessário  
para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador:

Prof. Dr. João Wagner Alencar Castro

RIO DE JANEIRO

Abril/2011

RAFAEL, SANTOS DE SOUSA  
**Erosão Costeira nas praias da Barra da Tijuca,  
Reserva e Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro/**  
Rafael Santos de Sousa - Rio de Janeiro: UFRJ / IGEO,  
2011.  
XXI, 75 p.: il.; 30cm  
Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade  
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,  
Departamento de Geologia, 2011.  
Orientador: João Wagner Alencar Castro  
1. Geologia. 2. Setor de Estratigrafia e Paleontologia –  
Trabalho de Conclusão de Curso. I. João Wagner Alencar  
Castro da UFRJ. II. Universidade Federal do Rio de  
Janeiro, Instituto de Geociências, Departamento de  
Geologia. III. Erosão Costeira nas praias da Barra da  
Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes, Rio de  
Janeiro

Rafael Santos de Sousa

**EROSÃO COSTEIRA NO ARCO PRAIAL DA BARRA DA TIJUCA / RECREIO DOS  
BANDEIRANTES, RIO DE JANEIRO - RJ**

Trabalho Final de Curso de Graduação em Geologia do Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ, apresentado como requisito necessário para obtenção do grau de Geólogo.

Orientador:

Prof. Dr. João Wagner Alencar Castro

Aprovada em: 13 de abril de 2011

Por:

---

Prof. Dr. João Wagner Alencar Castro (UFRJ)

---

Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seoane (UFRJ)

---

Prof. Dr. Agenor Cunha da Silva (Marinha do Brasil)

UFRJ

Rio de Janeiro

2011

Dedico este trabalho a meu pai Manuel, a minha mãe Enelita e ao meu irmão Ricardo pela compreensão, paciência e apoio prestado.

A memória do professor Joel Valença pelos ensinamentos dados de como ser um grande professor.

“O intuito da humanidade não é a competição,  
mas sim a complementação”

Rafael Santos de Sousa

## **Agradecimentos**

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Wagner de Alencar Castro, pela sugestão do tema e confiança no desenvolvimento deste trabalho.

Ao Prof. Dr. Agenor Cunha da Silva pelos ensinamentos prestados nas análises sedimentológicas.

Ao Prof. Dr. Renato Rodriguez Cabral Ramos pelo apoio técnico e burocrático dado em momentos difíceis do trabalho.

Ao colega Luís Filipe pela colaboração prestada na execução do georreferenciamento e na utilização do DSAS.

Ao Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente (LAGECOST) do Departamento de Geologia e Paleontologia do Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, que disponibilizou os equipamentos pra as análises sedimentológicas.

Aos funcionários da CEPERJ, em especial a Sônia e Luíza, pela doação das fotos aéreas, material indispensável na execução deste trabalho.

Aos funcionários da Biblioteca do CCMN/UFRJ, que por dedicação e paciência prestaram serviços fundamentais para o levantamento bibliográfico deste trabalho.

Ao Departamento de Geologia, em especial ao secretário Walgenor Reis dos Santos, pela ajuda e orientação prestada durante o curso.

A minha família pelo apoio, amor e dedicação durante toda a minha vida, fundamental na minha formação pessoal e profissional.

Aos meus amigos do curso de geologia pelo apoio, aprendizado e companheirismo nos trabalhos de campo.

Aos meus amigos, que direta ou indiretamente, influenciaram de maneira positiva na minha formação pessoal e profissional.

## Resumo

Santos de Sousa, Rafael. **Erosão Costeira nas praias da Barra da Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro.** 2011. XXI, 75 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

A presente monografia tem como objetivo estudar as causas dos processos erosivos e identificar os setores mais suscetíveis ao referente fenômeno na área correspondente ao segmento Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes, município do Rio de Janeiro. A erosão costeira é um processo natural e/ou antrópico, ao longo da linha de costa, atingindo costões rochosos, falésias, barreiras arenosas, dunas e praias. A metodologia constou de cálculo da variação da linha de costa através da ferramenta *Digital Shoreline Analysis System*, georreferenciamento de fotos aéreas de diferentes datas, coleta de sedimentos e análise de laboratório. Os resultados sugerem transporte de sedimento predominante de oeste-leste, aumento do padrão granulométrico de leste-oeste e maior processo erosivo no segmento central da área estudada. A metodologia aplicada mostrou-se eficiente tendo em vista a área de estudo ser uma das mais valorizadas e de maior crescimento urbano da cidade do Rio de Janeiro.

Palavras-Chave: Erosão costeira; Georreferenciamento; *Digital Shoreline Analysis System* e coleta de sedimentos.

## Abstract

Santos de Sousa, Rafael. **Coastal Erosion In the Barra da Tijuca, Reserva and Recreio dos Bandeirantes beaches, Rio de Janeiro.** 2011. XXI, 75 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) – Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This work has the aim at studying the causes of erosion and at the same time understanding which sectors are the most susceptible to the erosion phenomenon in the area among the segment of Barra da Tijuca and Recreio, situated in the district of Rio de Janeiro. Coastal erosion is a natural process along the coastline, but can be a man-made too mainly where there are people living. Along the coastline the erosion occurs normally reaching the rocky shores, cliffs, sand barriers, dunes and beaches. The methodology consisted of calculating the change of the shoreline through the tool Digital Shoreline Analysis System, georeferencing of aerial photos from different dates; collect of sedimentary material as samples in containers and the analysis of them in laboratory. The results suggest that the predominant sediments were transported from west to east, increasing the grain size pattern of east to west. Therefore the main erosion process has been occurred in the central segment of area. This methodology demonstrated to be satisfactory in that it provides results and conclusions to be discussed in the area that is one of the most valuable inside of Rio de Janeiro city.

Keywords: Coastal erosion; Georeferencing; Digital Shoreline Analysis System and collect of sedimentary material.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização do arco praial da Barra da Tijuca – Recreio dos Bandeirantes.....	3
Figura 2: Principais subdivisões morfológicas de uma praia.....	6
Figura 3: Estágio I (7000-5000 AP).....	16
Figura 4: Estágio II – Regressão de 5100 a 3800 anos AP.....	16
Figura 5: Estágio III – Máximo de 3500 anos AP.....	17
Figura 6: Estágio IV – Regressão de 3500 anos até o presente.....	18
Figura 7: Distribuição dos sedimentos por idade.....	21
Figura 8: Províncias Geomorfológicas da Planície de Jacarepaguá.....	23
Figura 9: Vista parcial do arco praial da Barra da Tijuca / Recreio dos Bandeirantes.....	23
Figura 10: Foto aérea de 1964 (Serviço Geográfico do Exército).....	26
Figura 11: Foto de 2010 (Google Earth).....	26
Figura 12: Mosaico de fotos do arco praial Barra da Tijuca - Recreio, ano 1976.....	32
Figura 13: Mosaico de fotos do arco praial Barra da Tijuca - Recreio, ano 2004.....	32
Figura 14: Imagem georreferenciada e com sobreposição dos mosaicos de 1976 e 2004, referente a um trecho da praia do Recreio dos Bandeirantes.....	33
Figura 15: Imagem georreferenciada e com sobreposição dos mosaicos de 1976 e 2004, referente a um trecho da praia da Reserva.....	34
Figura 16: Imagem georreferenciada e com sobreposição dos mosaicos de 1976 e 2004, referente a um trecho da praia da Barra da Tijuca.....	35
Figura 17: Gráfico dos <i>transects</i> X EPR para a praia do Recreio dos Bandeirantes.....	37
Figura 18: Imagem georreferenciada com <i>transects</i> na praia do Recreio dos Bandeirantes...	37
Figura 19: Imagem georreferenciada com <i>transects</i> próximos ao posto 9 na praia do Recreio dos Bandeirantes.....	38
Figura 20: Gráfico dos <i>transects</i> X EPR para a praia da Reserva.....	40

Figura 21: Imagem georreferenciada com transects próximo a ilha 5 da praia Reserva.....	40
Figura 22: Imagem georreferenciada com transects próximos a ilha 26 da praia Reserva.....	41
Figura 23: Gráfico dos transects X EPR para a praia da Reserva.....	43
Figura 24: Imagem georreferenciada com transects da praia da Barra (posto 6).....	44
Figura 25: Imagem georreferenciada com transects da praia da Barra (posto 1).....	44
Figura 26: Arco praial estudo com seus respectivos perfis analisados.....	45
Figura 27: Vista do guia corrente localizado no posto 1 da praia da Barra.....	53
Figura 28: Vista parcial do perfil “D” localizado na praia da Reserva.....	54
Figura 29: Vista parcial do perfil “E” localizado na praia do Recreio dos Bandeirantes.....	55
Figura 30: Vista parcial do perfil “F” localizado na praia do Recreio dos Bandeirantes.....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Imagens utilizadas, com suas respectivas escalas e anos.....	27
Tabela 2: Locais de coleta de amostras, seus respectivos códigos e coordenadas.....	30
Tabela 3: Dados gerados pelos 12 <i>transects</i> na praia do Recreio dos Bandeirantes.....	36
Tabela 4: Dados gerados pelos 24 <i>transects</i> na praia da Reserva.....	39
Tabela 5: Dados gerados pelos 25 <i>transects</i> na praia da Barra da Tijuca.....	42
Tabela 6: Descrição Granulométrica das amostras do perfil “A” (praia da Barra da Tijuca)...	46
Tabela 7: Descrição Granulométrica das amostras do perfil “B” (praia da Barra da Tijuca)...	47
Tabela 8: Descrição Granulométrica das amostras do perfil “C” (praia da Reserva).....	48
Tabela 9: Descrição Granulométrica das amostras do perfil “D” (praia da Reserva).....	49
Tabela 10: Descrição Granulométrica das amostras do perfil E (praia do Recreio).....	50
Tabela 11: Descrição Granulométrica das amostras do perfil F (praia do Recreio).....	51

## SUMÁRIO

Agradecimento.....	vii
Resumo.....	viii
Abstract.....	xix
Lista de figuras.....	x
Lista de tabelas.....	xi
<b>1- INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
1.1 Localização da área de estudo.....	2
<b>2- OBJETIVOS.....</b>	<b>4</b>
2.1 Objetivo geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
<b>3- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....</b>	<b>5</b>
3.1 As praias.....	5
3.2 Erosão costeira.....	6
<b>4- Diagnóstico Ambiental.....</b>	<b>10</b>
4.1 Clima.....	10
4.1.1. Regime de ventos.....	11
4.2 Aspectos oceanográficos.....	12
4.2.1 Ondas e Correntes.....	12
4.2.2 Marés.....	13
4.3 Evolução Holocênica da Planície de Jacarepaguá.....	14
4.4 Depósitos sedimentos.....	18
4.4.1 Sedimentos pliocênicos.....	18
4.4.2 Sedimentos plesistocênicos.....	19
4.4.3 Sedimentos holocênicos.....	19

4.5 Geomorfologia.....	21
4.6 Histórico da região e processo de ocupação.....	24
<b>5- MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>27</b>
5.1 Levantamento bibliográfico.....	27
5.2 Georreferenciamento.....	27
5.3 Utilização da ferramenta DSAS.....	28
5.4 Trabalho de campo.....	29
5.5 Análise dos sedimentos.....	30
<b>6- RESULTADOS e DISCUSSÕES.....</b>	<b>32</b>
6.1 Georreferenciamento e DSAS.....	32
6.2 Resultados sedimentológicos.....	45
<b>7- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>57</b>
<b>8- REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>59</b>
8.1 Bibliografia citada.....	59
8.2 Bibliografia consultada.....	61
<b>ANEXOS</b>	

## 1- INTRODUÇÃO

No Brasil, embora os problemas relacionados à erosão costeira venham chamando atenção da mídia e de autoridades ligadas ao poder público há, ao menos, 30 anos, somente nos últimos 15 anos a comunidade científica vinculada à área de geologia costeira e marinha passou a estudar o problema, suas causas e consequências (Castro, 2010).

No litoral do Estado do Rio de Janeiro o processo de erosão costeira é decorrente da interferência entre ondas de tempestade e a ocupação inadequada da faixa de pós-praia “*backshore*” e face da praia “*shoreface*”. Soma-se a essa constatação, a mobilização de sedimentos de praia pelos ventos para formação de dunas e a implantação de obras de engenharia, entre estas, construções de barragens e de guias correntes “*jetty*” que potencializam esse processo (Castro, 2010).

Nas últimas quatro décadas, as praias do arco praial da Barra da Tijuca-Recreio dos Bandeirantes vêm passando por processos erosivos. Alguns segmentos da orla costeira encontram-se em processo de recuo de linha de praia. A causa deve-se a urbanização da área de pós-praia “*backshore*” pela Prefeitura Municipal do Rio de Janeiro e a ação de ondas de tempestades do quadrante sudoeste. Ressalta-se que a expansão urbana da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro sobre cordões arenosos e áreas de lagunas de certa forma contribui também com o processo erosivo identificado através desse trabalho.

O presente trabalho tem como objetivo estudar a dinâmica sedimentar e o recuo de linha de costa entre o promontório da Joatinga e o pontal de Sernambetiba, cidade do Rio de Janeiro (Figura 1).

## 1.1 Localização da área de estudo

A área de estudo localiza-se nas praias do Recreio dos Bandeirantes, Reserva e Barra da Tijuca, pertencente aos bairros do Recreio dos Bandeirantes e da Barra da Tijuca. O local pertence geograficamente à zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. Do ponto de vista geomorfológico insere-se na baixada de Jacarepaguá, também chamada de Planície Costeira de Jacarepaguá. As praias estudadas representam o arco praial da planície de Jacarepaguá, apresenta 18,5 km de extensão e orientação leste-oeste. Insere-se entre o promontório da Joatinga (leste) e o pontal de Sernambetiba (oeste), coordenadas geográficas 23°00'56" S / 43°17'51" W e 23°02'02" S / 43°28'13" W, em UTM (Universal Transversa de Mercator) 7.455.000N / 675.000 E e 7.451.930N / 656.690 E (Figura 1).

## MAPA DE LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

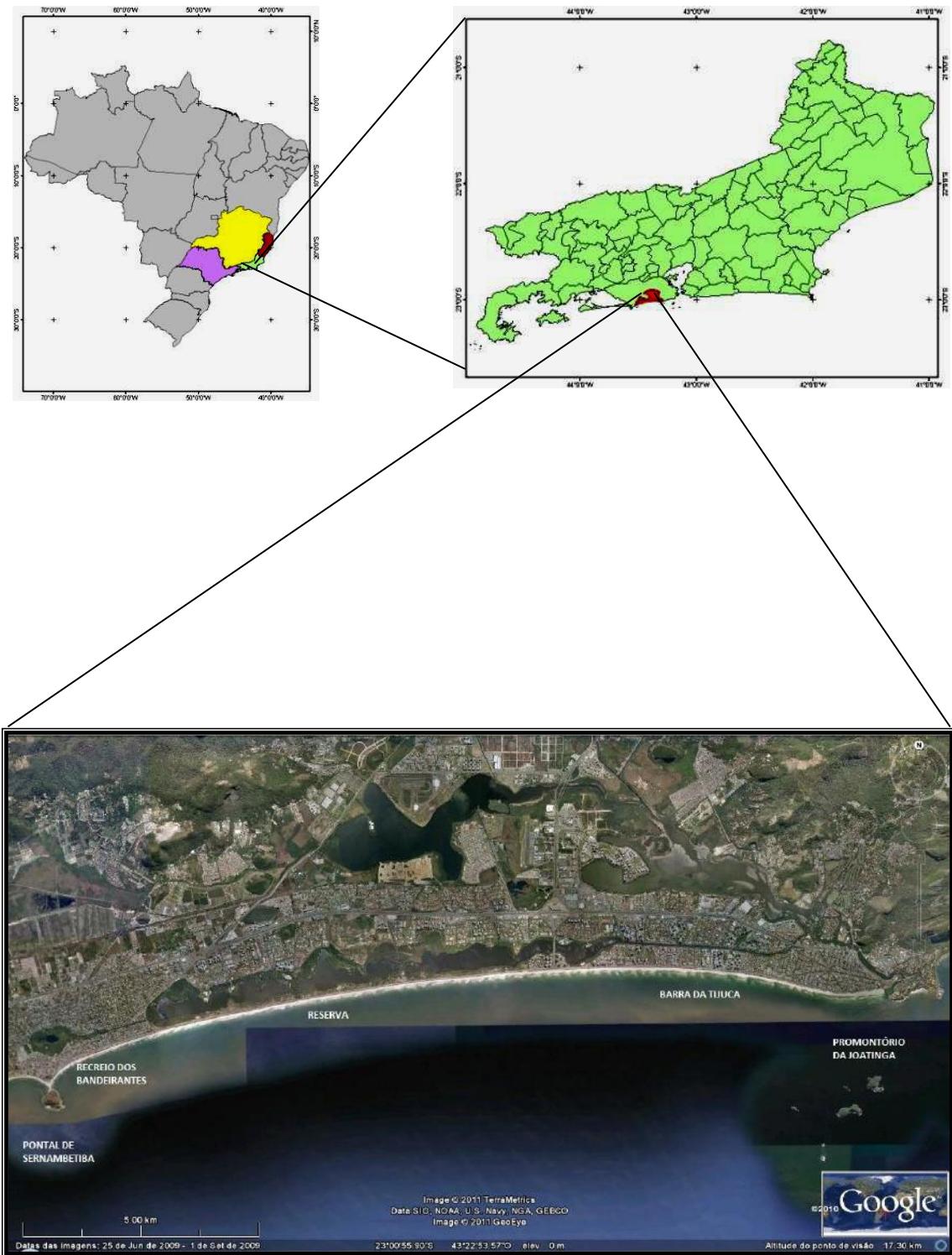


Figura 1: Localização do arco praial da Barra da Tijuca – Recreio dos Bandeirantes. Fonte: Google Earth 2011, imagem ikonos, 25 de junho – 01 de setembro de 2009.

## 2- OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

A presente monografia tem como objetivo estudar a dinâmica sedimentar e o processo de recuo de linha de costa (erosão) nas praias da Barra da Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes.

### 2.2 Objetivos específicos

- Identificar as áreas submetidas à erosão e deposição de sedimentos;
- Estudar a dinâmica sedimentar através do comportamento dos sedimentos ao longo do arco praial estudado;
- Identificar os setores suscetíveis à erosão através de indicadores morfológicos e observações de campo;
- Entender os diferentes fatores que causam a variação da linha de costa e posteriormente fornecer sugestões para solução e/ou mitigação dos problemas relacionados com a erosão costeira;
- Comparar os resultados finais com o trabalho de Coutinho (2007), feitos na mesma área, usando tecnologias diferentes.

### **3- FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 As praias**

As praias em ambientes costeiros são regiões de transição entre o mar e o continente. Apresentam materiais inconsolidados, geralmente arenosos ou mais raramente cascalhosos, podendo conter também quantidades variadas de biodetritos.

As praias arenosas, objeto de estudo deste trabalho, correspondem à ambientes frontais dos sistemas costeiros e constituem locais extremamente dinâmicos, expostos a constantes modificações. Estão inseridas nos cordões arenosos e possuem formas geralmente arqueadas e côncavas em direção ao continente (Suguió, 2003). Suas características morfológicas são resultados de agentes modificadores como ondas, correntes de deriva litorânea, correntes de retorno, marés e ventos. Possuem topografia (gradientes topográficos), composições sedimentológicas e diferentes respostas aos agentes modificadores ao longo de sua extensão, resultando em uma divisão interna, determinadas em zonas ou setores.

O ambiente praial é subdividido em três setores: pós-praia (berma), face de praia (estirâncio) e a ante-praia (zona de arrebentação).

O pós-praia (berma) é a zona acima da linha de maré alta e que se estende até a base de uma falésia, duna, terraço marinho ou linha de vegetação permanente, que só é alcançada pelo mar durante as ondas de tempestade, ou durante as marés excepcionalmente altas.

A face de praia (estirâncio) é a zona exposta durante a maré baixa e submersa durante a maré alta.

A ante-praia (zona de arrebentação) é a zona permanentemente submersa, que compõe o prisma praial, no qual está inserida a zona de surfe e de arrebentação de ondas, que se estende desde a primeira linha de arrebentação de ondas até a última quebra de onda sobre a face de

praia. Após a ante-praia, inicia-se a zona submarina (offshore), dando início a plataforma continental.

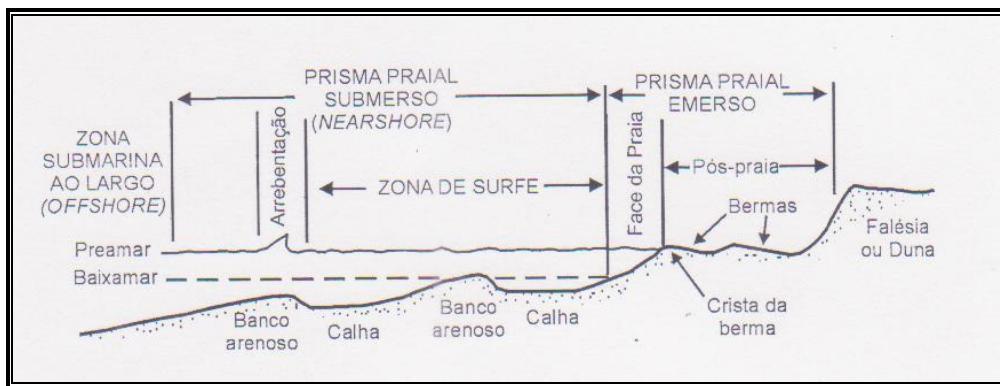


Figura 2: Principais subdivisões morfológicas, morfodinâmicas e hidrodinâmicas de uma praia (Silva et al, 2004).

### 3.2 Erosão costeira

A erosão costeira é um processo natural e/ou antrópico, ao longo da linha de costa, atingindo costões rochosos, falésias, barreiras arenosas, dunas e praias. Quando este processo ocorre nas praias é denominado de erosão praial. Bird, que publicou um trabalho no *International Geographical Union's Commission on the Coastal Environment* em 1985, diz que cerca de 20% das linhas de costa de todo o mundo são formadas por praias arenosas, das quais 70% estão em processo de erosão, 20% em progradação e 10% encontra-se em equilíbrio relativo.

No Brasil, os riscos de erosão costeira vêm crescendo a cada década e por isso têm aumentado muito nos últimos anos as pesquisas relacionadas ao tema. Geralmente, a pesquisa está relacionada às praias que estão localizadas em áreas que ameaçam alguma atividade de grande interesse econômico, seja no campo industrial, turístico ou da especulação imobiliária.

As praias que apresentam riscos de erosão costeira possuem indicadores próprios que apontam tal processo. Dentre os indicadores os principais encontrados no Brasil são (Souza, 1997 e 2001b; Souza & Suguio 2003):

- Pós-praia muito estreito ou inexistente durante as marés de sizígia;
- Diminuição da largura de praia em toda a sua extensão ou em locais específicos;
- Destrução ou extinção da vegetação de praia, restinga ou manguezal;
- Destrução de estruturas artificiais construídas ao longo das orlas da praia, da pós-praia e da face de praia;
- Presenças de falésias com alturas de dezenas de metros em rochas mesozóicas; cenozóicas e em sedimentos paleógenos, neógenos e quaternários;
- Ultrapassagem dos cordões litorâneos frontais pelas ondas de tempestade e arrombamento dos mesmos;
- Submersão de arenitos de praia ou afloramento dos mesmos na face de praia, que indica uma instabilidade da linha de costa.

O balanço sedimentar no ambiente costeiro (aporte e retirada de sedimentos) é o principal fator que condiciona a retrogradação ou a progradação ao longo da linha de costa brasileira. Quando ocorre redução do volume de sedimentos que alimenta determinado setor costeiro, a linha de costa tende a recuar (retrogradação, seguida de erosão). Quando o suprimento sedimentar se mantém, permanece estabilizada. Se houver deposição de sedimentos em um determinado trecho, a linha de costa avança em direção ao mar (progradação, seguido de construção).

Para que haja erosão, deve haver um balanço sedimentar negativo, ou seja, mais retirada do que deposição de sedimentos. Inúmeros fatores, tanto naturais quanto relacionados às intervenções antrópicas, atuam direta ou indiretamente no balanço sedimentar, determinando as tendências para o comportamento da linha de costa. Dentre as causas naturais e antrópicas principais relacionadas aos processos de erosão costeira são (Souza, 1997, 1999, 2001b; Dominguez, 1999; Souza & Suguio 2003):

- Retenção dos sedimentos transportados pelas correntes de deriva litorânea, causados pelos obstáculos naturais ou artificiais localizados a barlamar resultando em um processo erosivo a sotamar do obstáculo;
- Retenção de sedimentos transportados pelos rios devido à construção de barragens e/ou atividades de mineração de areia ao longo dos cursos fluviais, impedindo que estes cheguem à linha de costa e sejam redistribuídos pelas correntes de deriva litorânea;
- Remoção de sedimentos, em direção à plataforma continental adjacente, por correntes de retorno geradas pela atuação de correntes longitudinais de sentidos opostos que convergem no mesmo setor de praia, formando células de circulação litorânea;
- Diminuição do aporte transversal de sedimentos arenosos da plataforma continental para a linha de costa;
- Remoção de sedimentos causada pelo avanço de frentes frias, com marés meteorológicas e ondas de tempestades associadas;
- Urbanização das orlas das praias, com destruição de dunas, vegetação original e impermeabilização de cordões arenosos;
- Aterramentos de áreas de manguezal, pântanos, planícies fluviais e lagunares para as atividades referentes à expansão urbana e por pressões especulativas;
- Construções irregulares ao longo das vias fluviais próximos as desembocaduras, causando o assoreamento e mudanças nos padrões de drenagem dos canais;

Os fenômenos relacionados à diminuição de depósitos sedimentar e consequentemente recuo da linha de costa e avanço do mar, tem provocado conseqüências negativas na área econômica, social e ambiental ao longo do litoral brasileiro. Tem-se observados profundas alterações nos ecossistemas costeiros, como perda de manguezal, diminuição de terrenos que poderiam ser usados na expansão urbana, mobilização de pessoas devido às inundações

frequentes, fim de áreas que eram destinadas ao turismo, aumento das intrusões salinas nos aquíferos e perda do valor comercial dos imóveis.

No Brasil, as maiores densidades demográficas estão localizadas nas áreas costeiras, juntamente com esse fato vem a maioria das ocupações irregulares. Essa realidade tem contribuído para o aumento das áreas em risco de erosão costeira.

Na ocorrência de erosão costeira em áreas com ocupação antrópica, se observa pelo menos duas situações distintas. A primeira é o abandono da área. Isso se dá quando o local possui valor comercial e turístico baixo, onde o poder público não se compromete com ações de mitigação. Geralmente, está associado a uma população de baixa renda. A segunda é a correção ou mitigação da área afetada. Isso ocorre quando o local possui valor comercial e turístico alto, onde ações mitigadoras são realizadas tanto pelo poder público quanto pela população. Geralmente, está associada a uma população de classe média a alta (Pilkey, 1991).

## 4- DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

### 4.1 Clima

A Baixada de Jacarepaguá caracteriza-se por um microclima típico da região litorânea tropical brasileira, influenciada por fatores como localização geográfica (latitude e longitude), proximidade do mar, topografia local, natureza da cobertura vegetal, ação da circulação dos ventos e penetração de frentes frias.

O clima nessa região, de maneira geral, é classificado como tropical quente e úmido, caracterizado por invernos amenos e secos e verões quentes e chuvosos (Aw, na classificação segundo Köppen). Nos sopés dos maciços, apresenta classificação diferente, com clima tropical quente e úmido e com chuvas o ano todo, Af na classificação segundo Köppen (Roncarati & Neves, 1976).

De acordo com Marques (1990), a precipitação média anual varia numa faixa de 1.250 a 1.500mm de chuva. As temperaturas médias anuais variam entre 22<sup>0</sup>C e 24<sup>0</sup>C, sendo que as temperaturas máximas médias são da ordem de 26<sup>0</sup>C a 28<sup>0</sup>C e as médias mínimas anuais de 16<sup>0</sup>C a 20<sup>0</sup>C.

Segundo a Sondotécnica (1998), com dados retirados da estação de Jacarepaguá, o período de precipitação pluviométrica máxima vai de dezembro a março (verão) e o de precipitação mínima, de junho a agosto (inverno). O mês mais seco é julho, com uma precipitação média mensal de 50 mm, e o mais chuvoso é janeiro, com média mensal de 300 mm. Com relação à Temperatura, a média anual é de 23,5°C, sendo que a média das mínimas é de 19°C e a média das máximas é 29°C. Quanto à umidade média relativa do ar atinge o valor máximo (88%) no período de maior pluviosidade (dezembro - março) e valor mínimo (65%) entre maio e setembro. A umidade relativa média anual observada foi de 80%.

Nos trabalhos realizados e citados acima, verificou-se uma diminuição da temperatura e aumento da pluviosidade à medida que se avança na topografia, principalmente no maciço da Tijuca, onde o avanço do relevo sobre a linha de costa é maior, atuando como barreira às penetrações de massas de ar úmidas provenientes do litoral.

Em trabalho recente, elaborado por Brito *et al* (2010), observaram-se aumentos significativos, nos últimos 30 anos, nas temperaturas médias. A variação ocorre em torno de 4 a 5 °C na região da Baixada, em especial ao bairro da Barra da Tijuca. Esse aumento da temperatura deve-se a crescente urbanização na área, fato que alterou o quadro climático da região.

#### 4.1.1. Regime de ventos

A circulação geral da baixa atmosfera na região da Baixada de Jacarepaguá apresenta como ventos de maior velocidade, os que sopram de S/SW, com velocidades predominantes entre 20 a 25 nós (35 a 46 km/h). A segunda intensidade está associada aos ventos E/NE, com velocidades predominantes entre 3 a 10 nós (7,5 a 10,5 km/h). Os primeiros, relativamente mais frescos e úmidos, estão associados às perturbações atmosféricas, geralmente acompanhadas por chuvas, proporcionadas pelo deslocamento das frentes frias sobre o território, já os ventos de E/NE partem do Anticiclone semi-fixo do Atlântico Sul, responsável por altas pressões atmosféricas e tempo bom, com ventos relativamente mais quentes e secos. Uma amostragem de 77.376 observações horárias registradas na estação meteorológica de superfície da Base Aérea de Santa Cruz, no período 1981/89, constatou que o percentual de calmaria regional é da ordem de 19,4% do tempo. As velocidades mais comuns dos ventos situam-se entre 7,5 a 10,5 km/h (67,7%). Em síntese, pode-se concluir que em 96% da freqüência dos ventos está relacionada a direção E/NE ou a S/SW (Adaptado de Sondotécnica, 1998).

Na área da baixada, durante os registros, verificou-se que 80% do tempo, a região apresenta ventos fracos a moderados (Sondotécnica, 1998). Esse dado revela um transporte eólico pouco expressivo, deixando a cargo das correntes marinhas, a principal função do transporte sedimentar na linha de costa.

#### **4.2 Aspectos oceanográficos**

Os processos morfodinâmicos que atuam na linha de costa são representados por ações físicas, químicas e biológicas, e exercem grande influência na modelagem costeira, seja através da ação destrutiva ou pela ação construtiva. Os principais processos físicos são as ondas, corrente e as marés (Silva *et al*, 2004).

##### **4.2.1. Ondas e correntes**

A maioria das ondas oceânicas são formadas pela ação do vento, que ao soprar sobre a superfície da água provoca rugosidades no espelho d'água. O somatório dessas pequenas rugosidades forma ondas maiores, cujo tamanho é limitado pela velocidade, duração do vento e pela extensão da superfície aquosa sobre a qual o vento está soprando. As ondas constituem em um dos processos mais atuantes no selecionamento e na distribuição dos sedimentos ao longo da linha costeira.

O litoral da cidade do Rio de Janeiro apresenta uma linha de costa na direção leste-oeste, tendo o mar ao sul e o continente ao norte. Sendo assim, no arco praial estudado, os ventos predominantes em situações pré-frontais sopram de E e NE, formado pelo anticiclone tropical, produzindo ondas com altura de média de 1,4 m. Nos momentos de chegada de frentes frias a incidência dos ventos passam a ser S e SW, determinando as situações pós-frontais, resultado da penetração do anticiclone polar. As ondas produzidas nos períodos de tempestades são significativas, chegando a 3,0 m de altura.

No período de verão, na qual as condições climáticas são menos intensas, predominando os ventos de E/NE, produzem correntes com direção predominantes E-W. Entretanto no período de inverno, na qual as condições climáticas são mais intensas, predominando os ventos de S/SW, produzem correntes com direção predominante W-E.

As ondas no arco praial da Barra da Tijuca/ Recreio dos Bandeirantes incide em uma direção oblíqua à linha de costa e tendem a ser refratadas. Geralmente, essas ondas, não são totalmente refratadas, dando origem com isso uma corrente denominada de deriva litorânea, que surge apenas na região de arrebentação e transporta os sedimentos paralelamente à linha de costa. As derivas litorâneas ocorrem próximas as praias, na qual a energia liberada pela arrebentação coloca em suspensão as areias e origina a referida corrente (Martin *et al*, 1997).

#### 4.2.2. Marés

As marés que ocorrem na área de estudo são as de origem astronômica e meteorológicas.

As marés astronômicas constituem em um fenômeno resultante da atração gravitacional exercida entre a Lua, Terra e sol, e por forças centrífugas geradas por movimentos de rotação em torno do centro de massa do sistema Sol-Terra-Lua que se localiza no interior da Terra, a uma distância de um quarto do raio terrestre. Durante um dia solar (24h), um ponto da Terra levará um dia lunar (20h e 48 min) para continuar alinhado com a Lua, pois a lua gira para leste cerca de 12,2° durante um dia solar. Sendo assim, as marés acontecem duas vezes a cada dia lunar (Silva *et al*, 2004).

A marés meteorológicas são representadas pela variação do nível do mar pelo efeito do vento. No arco praial estudado, o vento de SW represa as águas junto à costa provocando um aumento no nível do mar e o vento de NE afasta as águas da costa causando uma consequente diminuição do nível do mar no litoral (Zee, 1996).

As amplitudes de marés, que é a diferença entre a preamar a baixa-mar, variam de lugar para lugar e dependem da posição geográfica (latitude), profundidade do fundo oceânico, formato da área costeira e do efeito da Força de Coriolis exercida pela rotação terrestre. A área em estudo é caracterizada por amplitudes de marés astronômicas em torno de 1,30m (micromaré) e as marés meteorológicas oscilam em torno de 0,80 m (Zee, 1996).

#### **4.3 Evolução Holocênica da Planície de Jacarepaguá**

A evolução dos ambientes costeiros da atualidade está relacionada aos eventos de oscilação do nível do mar dos últimos 7000 anos. Nas regiões brasileiras submetidas à transgressão Flandriana, o avanço do mar foi interrompido com o decréscimo da velocidade de subida do nível do mar, iniciando-se então a construção de cordões litorâneos e de ilhas-barreiras (Suguio, 1980).

A formação da planície costeira de Jacarepaguá está intrinsecamente associada às oscilações relativas do nível do mar, responsável pelo fornecimento de sedimentos na construção das zonas de progradação durante fases regressivas. A sedimentação da referida planície pode ser atribuída à ação conjunta dos seguintes fatores: disponibilidade de sedimentos arenosos, correntes de deriva litorânea, flutuação do nível relativo do mar e feições costeiras propiciando a retenção de sedimentos, associados às modificações climáticas no decorrer do quaternário. Foram observadas pelo menos duas fases regressivas e duas fases transgressivas, que foram responsáveis pela formação dos cordões arenosos internos e externos.

Maia *et al* (1984) propuseram um modelo para a formação e evolução da planície costeira de Jacarepaguá através de quatro estágios evolutivos holocênicos, com base em:

- Trabalhos sobre o quaternário costeiro, desenvolvido por (Roncarati e Neves, 1976), Bittencourt *et al.* (1979 e 1982), Dominguez (1982), Suguio e Martin (1978) e Suguio *et al.* (1982).
- Datações radiométricas pelo método carbono 14, realizadas em amostras coletadas na região. Tais fontes nos indicam os seguintes estágios evolutivos:

#### Estágio I

Por volta de 17.000 anos A.P., o nível do mar, que se encontrava cerca de 120m abaixo do nível atual, expondo praticamente toda a plataforma continental, possibilitou a deposição de sedimentos fluviais provindos do embasamento cristalino. Após esta fase, iniciou uma fase transgressiva, resultante do degelo de calotas polares, cujo ponto máximo ocorreu em torno de 5.100 A.P., atingindo cotas entre 4 e 5m acima do atual. Tais processos foram responsáveis pela formação de uma grande enseada, na qual o mar limitava-se com os escudos cristalinos circundantes (Cabral, 1979).

Durante a fase final da transgressão, entre 7.000 e 6.000 A.P., formou-se a primeira ilha barreira, isolando do mar aberto uma ampla laguna. Com a elevação contínua do nível do mar, a ilha barreira migrou em direção ao continente, estabilizando-se, no máximo de 5.100 A.P., na posição hoje ocupada pelo cordão arenoso interno, e nela localiza-se atualmente a Avenida das Américas.

Cabral (1979) indica a existência de correntes circulares secundárias dentro da enseada que confrontaram com a corrente marinha principal oeste-leste, dando origem às zonas de baixa capacidade de sustentação e transporte dos materiais, o que favoreceu a deposição de sedimentos arenosos e a formação de uma extensa barreira. Gradativamente a enseada tornou-se uma grande laguna.

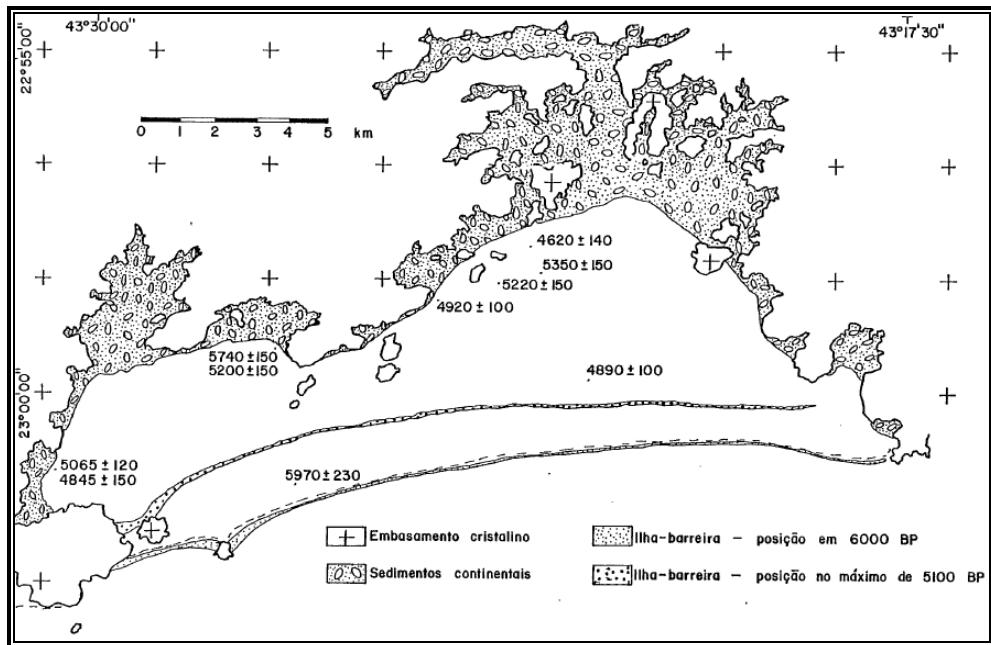


Figura 3: Estágio I (7000-5000 AP) – Formação da 1<sup>a</sup> ilha barreira e da 1<sup>a</sup> zona lagunar (Extraído Maia *et al*, 1984).

## Estágio II

Após o máximo de transgressões ocorridas há 5.100 anos AP, iniciou-se uma nova fase regressiva durante a qual a ilha barreira sofreu uma progradação, formando o cordão arenoso interno.

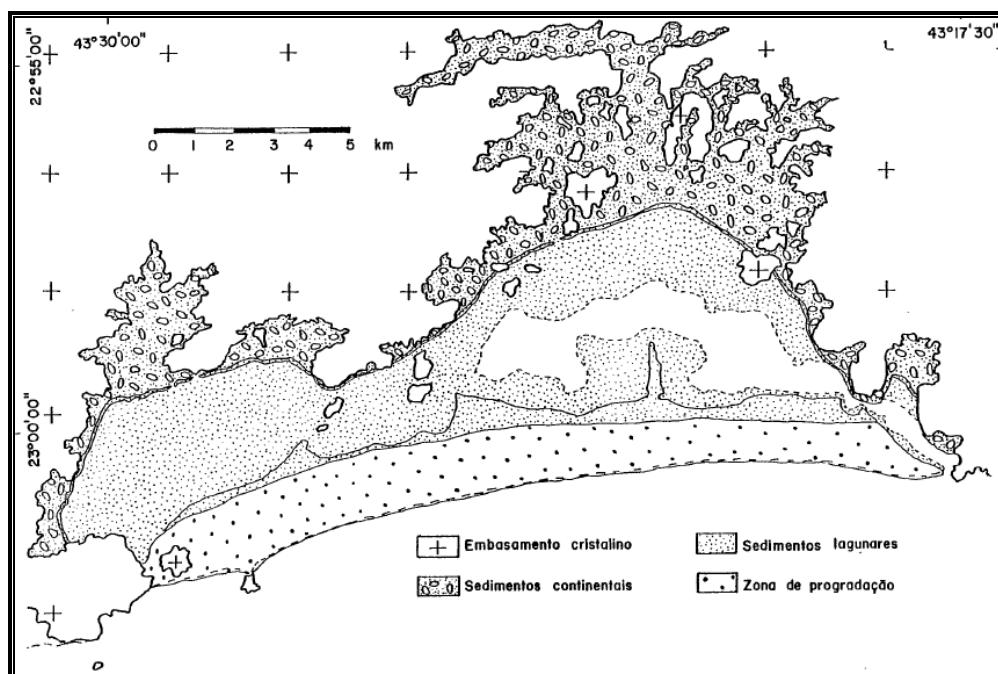


Figura 4: Estágio II – Regressão de 5100 a 3800 anos AP. Construção da 1<sup>a</sup> zona de progradação (Extraído Maia *et al*, 1984).

### Estágio III

Por volta de 3.800 anos AP, o nível do mar elevou-se novamente, atingindo o máximo em 3.500 anos AP.

Durante a transgressão, a restinga interna foi parcialmente erodida. A oeste onde existe uma região de alta energia hidrodinâmica, a restinga foi arrombada pelo mar, formando os depósitos de leques de arrombamento (*crevasse splays*).

Antes do máximo transgressivo, já estava formada uma segunda ilha barreira, isolando do mar uma nova laguna, consideravelmente menor que a anterior e que mais tarde originou a lagoa de Marapendi.

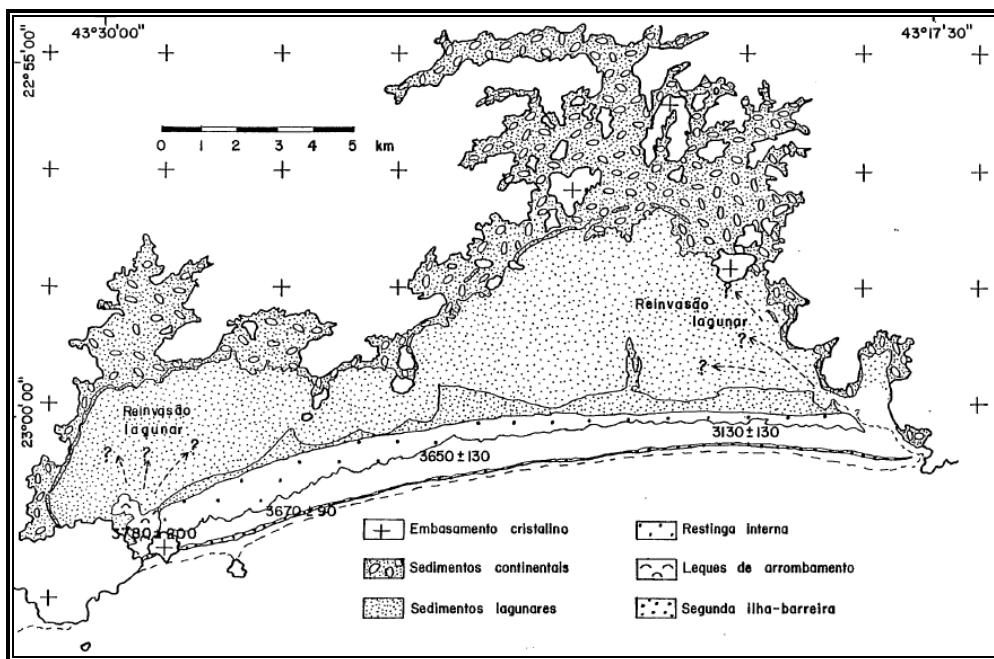


Figura 5: Estágio III – Máximo de 3500 anos AP. Construção da 2ª ilha barreira e da 2ª zona lagunar (Extraído Maia *et al*, 1984).

### Estágio IV

Após o máximo, o nível do mar começou a baixar lentamente, até atingir o zero total. A segunda ilha-barreira, como a primeira, sofreu progradação, porém, em escala consideravelmente menor. O cordão arenoso externo é mais estreito em relação à primeira e nela localiza-se atualmente a avenida Lúcio Costa (antiga Avenida Sernambetiba).

A planície de Jacarepaguá forma um sistema praticamente isolado, encravado entre duas projeções do embasamento cristalino. O aporte sedimentar proveniente de outras áreas é pouco significativo, uma vez que as projeções rochosas formam barreiras ao trânsito litorâneo e fluvial. As duas zonas de progradação foram, portanto, construídas, principalmente, com o material exposto na plataforma pela regressão e mobilizado pelas ondas.

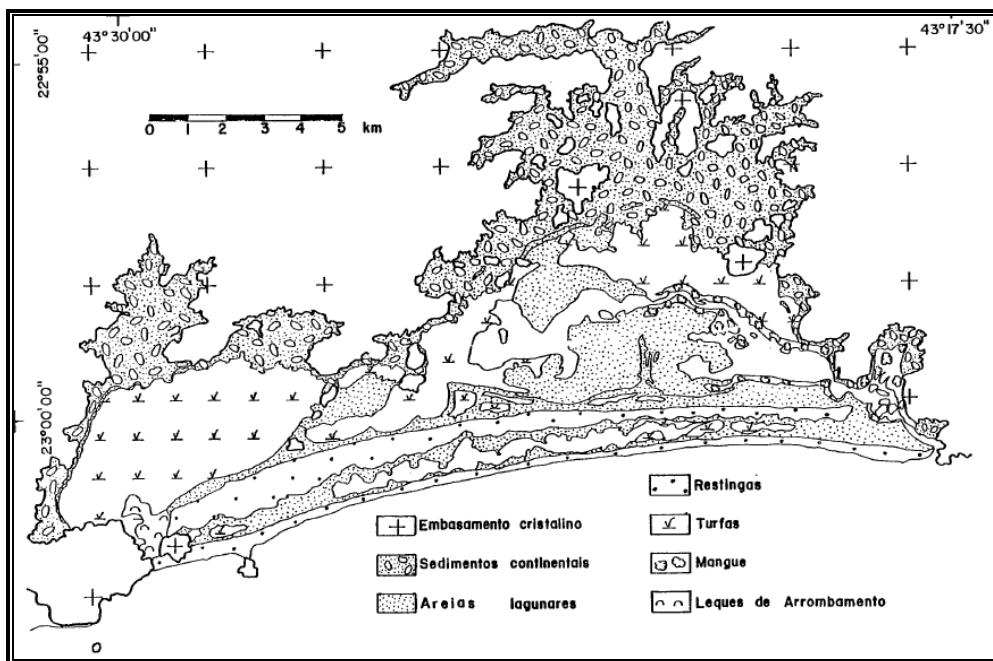


Figura 6: Estágio IV – Regressão de 3500 anos até o presente. Construção da 2<sup>a</sup> zona de progradação (Extraído Maia *et al.*, 1984).

#### 4.4 Depósitos sedimentares

A maior parte dos sedimentos da baixada de Jacarepaguá é oriundo dos ciclos de erosão e deposição, provenientes dos períodos de regressão e transgressão marinha durante o período Quaternário. Os depósitos sedimentares correspondem a três ciclos deposicionais distintos e de diferentes idades ocorridos no Plioceno, Pleistoceno e no Holoceno (figura 7).

##### 4.4.1 Sedimentos pliocênicos

Correspondem aos primeiros depósitos sedimentares da baixada de Jacarepaguá, e está em contato com o embasamento cristalino por discordância erosiva. Os sedimentos são

representados por níveis conglomeráticos, contendo seixos de quartzo e fragmentos de rochas ígneas e metamórficas, envoltos em matriz silto-argilosa e areias de tamanhos variados. As características texturais dos sedimentos indicam depósitos sob clima semi-árido, através de corridas de lama, enxurradas e fluxo de detritos.

#### 4.4.2 Sedimentos pleistocênicos

São os depósitos de origem fluvial em clima úmido, época em que o nível do mar estava mais baixo que o atual. Os sedimentos são representados por argilas de planície de inundação, areias de canais fluviais, leques aluviais e areias pretas, ricas em restos vegetais.

#### 4.4.3 Sedimentos holocênicos

A sedimentação holocênica corresponde aos depósitos mais recentes da baixada e sua origem está relacionada à transgressão marinha Flandriana e sua suposta regressão. Os avanços e recuos do mar foram responsáveis pelos retrabalhamentos dos sedimentos existentes, formando uma enseada primitiva, construções e fechamentos dos cordões arenosos internos e externos e o assoreamento da laguna interna. Segundo Cabral (1979), os principais depósitos sedimentares são:

- Areias de Fundo de Enseada – Afloram, principalmente, na parte central da baixada. Sua existência deve-se ao retrabalhamento do mar durante a transgressão sobre os sedimentos fluviais já existentes, provocando um selecionamento de modo a deixarem a parte arenosa e removerem as partes argilosas e silticas para o mar. Essas são de granulação média, ricas em carapaças calcárias.
- Areias de Restingas – Correspondem as areias dos cordões arenosos externos e internos. O cordão interno é composto basicamente por areias médias bem selecionadas, já o cordão externo é composto por areias finas a médias, também

selecionadas. Sua origem deve-se ao resultado de uma corrente marinha tangencial oeste-leste, que atravessava a abertura da enseada primitiva, ocasionando correntes circulares dentro da mesma, arrastando sedimentos e depositando em uma zona de águas mortas.

- Leques de Arrombamento – Ocorre no extremo sudoeste da baixada e corresponde a depósitos de areias finas, bem selecionadas, resultantes da destruição da porção leste da restinga interna, caracterizado por processos rápidos e violentos em períodos de tempestade e marés de sizígia.
- Depósitos Orgânicos – Refere-se aos depósitos biodetríticos de mangue, turfas e vasas orgânicas, acumulados em pântanos e regiões alagadas de água doce ou salobra. Nesses depósitos predominam as frações mineralógicas das argilas.
- Praia Atual – São os depósitos mais recentes da baixada e estão em constantes modificações. Localiza-se na parte frontal do segundo cordão arenoso, estendendo-se aproximadamente por 18,5 km de comprimento, desde o Recreio dos Bandeirantes até a Barra da Tijuca. Possui uma composição granulométrica predominante de areias médias, na qual esse trabalho detalhará melhor a respeito.

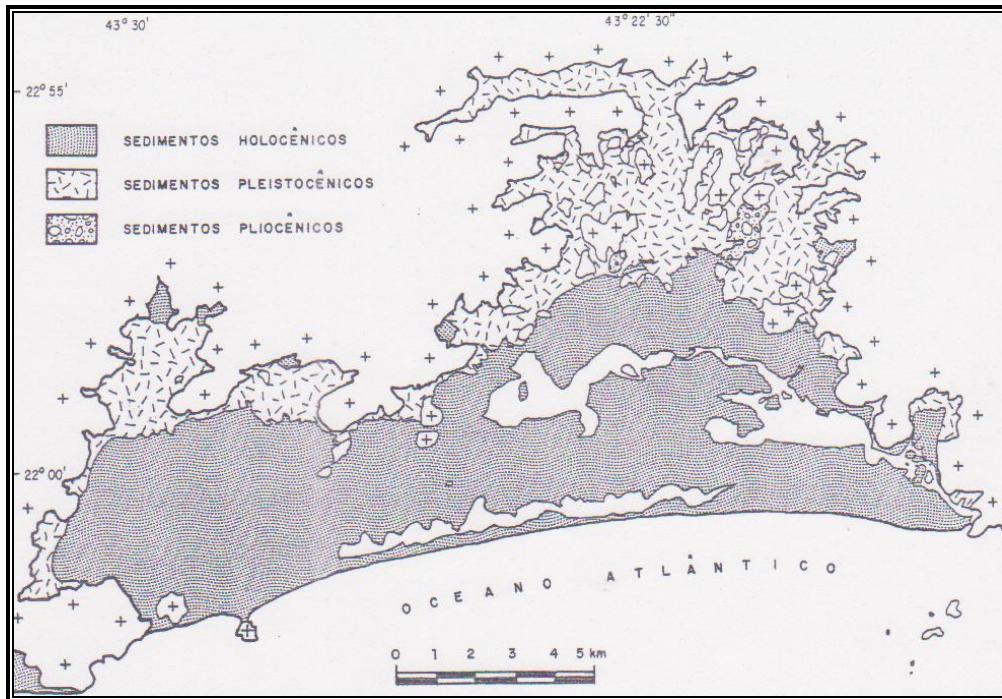


Figura 7: Distribuição dos sedimentos por idade (Extraído de Cruz e Barrocas, 1976).

#### 4.5 Geomorfologia

A região da planície costeira de Jacarepaguá pertence ao litoral do Sudeste, mas precisamente ao macrocompartimento dos cordões litorâneos, tendo como principais características o truncamento do embasamento cristalino de direção SW-NE com o litoral de orientação L-W, devido à brusca inflexão para oeste em Cabo Frio e o desenvolvimento de cordões litorâneos, na maioria das vezes em forma de cordões duplos, com o desenvolvimento de lagunas em suas retaguardas. Roncarati & Neves, em 1976, definiram quatro províncias geomorfológicas distintas para região estudada (figura 8).

A primeira constitui-se numa região montanhosa, formada por rochas do embasamento cristalino, que circunda a planície. Temos a leste o Maciço da Tijuca e a oeste o Maciço da Pedra Branca, atingindo cotas de até 1.025 metros. Estes maciços possuem alinhamentos estruturais com direção SW-NE e são responsáveis pelo fornecimento da maior parte dos sedimentos para os canais fluviais que desembocam nas lagunas.

A segunda refere-se ao clinoplano periférico. Uma região de transição entre as montanhas e as planícies paludais, inclinando suavemente para o centro da Baixada de Jacarepaguá, com altitudes variando entre 3 e 14 m. O clinoplano é constituído por sedimentos continentais, formada a partir da coalescência de leques aluviais.

A terceira são as planícies paludais formada por depósitos sedimentares marinhos e lagunares, dividindo-se em duas partes. A primeira ao norte, mais extensa, é limitada pelo clinoplano periférico e pelo cordão arenoso interno (onde estão localizadas as lagoas de Jacarepaguá, Camorim e Tijuca) e a segunda planície estende-se entre os cordões litorâneos interno e externo (onde está localizada a lagoa de Marapendi). Ocorrem em áreas mais baixas topograficamente, próximas aos canais de drenagens, formando em alguns pontos pântanos e alagadiços devido a pouca declividade e a drenagem incipiente.

A quarta é representada por dois cordões arenosos litorâneos ou barreiras alongadas, sendo que o cordão interno é mais largo que o externo, apresentando cotas máximas de 11m enquanto o cordão externo apresenta cotas de até 6 m. Os dois cordões estão dispostos paralelamente ao litoral na direção W-E, servindo como barreira entre as lagunas e o oceano (figura 9). De forma geral, limitam ambientes estuarinos, lagunares e pantanosos.

Os cordões litorâneos se formam em áreas de relevo suave quando os efeitos da deposição e erosão ao longo da costa se equilibram com efeitos das variações do nível do mar. Estes depósitos crescem verticalmente e migram em direção à costa, acompanhando a subida do nível do mar. Depois da sua formação, os cordões arenosos litorâneos são modelados principalmente pelas ações das correntes geradas pelas ondas e marés.

Os cordões litorâneos da área estudada seguem a tendência da fisiografia do litoral centro-norte fluminense, na qual as características estão relacionadas a um ambiente de micro-maré e alta energia de ondas. A conjunção desses fatores propicia a formação de extensos cordões arenosos que tendem a isolar totalmente as lagunas costeiras (Dias & Silva, 1984).

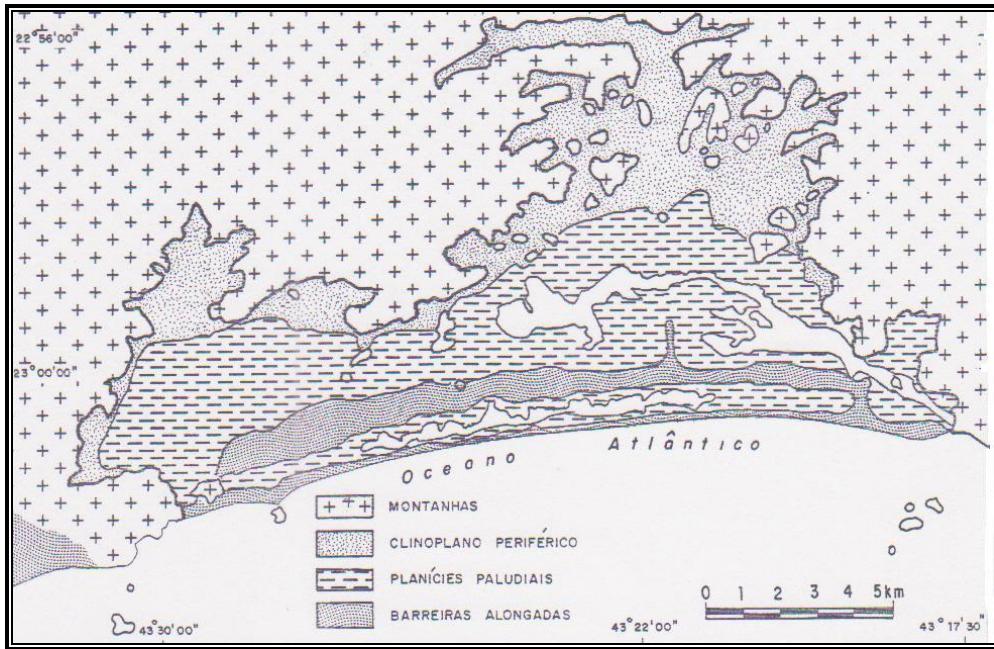


Figura 8: Províncias Geomorfológicas da Planície de Jacarepaguá (Extraído de Cruz e Barrocas, 1976).

A figura 9 mostra com nitidez o contraste entre os maciços cristalinos e a planície litorânea, com lagunas e cordões arenosos, intensamente ocupados e urbanizados.



Figura 9: Vista parcial do arco praial da Barra da Tijuca / Recreio dos Bandeirantes (segmento leste).

#### **4.6 Histórico da região e processo de ocupação**

A ocupação da baixada de Jacarepaguá remonta, na história do Rio de Janeiro, ao tempo das sesmarias seiscentistas, época da colonização brasileira, quando seus solos eram utilizados para a cultura de cana-de-açúcar. Até o final do século XVII, grande parte dessa região pertencia à fazenda do Camorim, Vargem Grande e Vargem Pequena, de propriedade de Dona Vitória de Sá e Benevides, neta do antigo governador da cidade, Salvador Correia de Sá (Sondotécnica, 1998).

Em 1667, as propriedades de Dona Vitória foram legadas, por testamento, ao mosteiro de São Bento. Durante dois séculos, a Ordem dos Beneditinos explorou ou arrendou as terras herdadas. Na segunda metade do século XIX, as fazendas entraram em declínio, em consequência da perseguição às ordens religiosas, ocorrida no segundo império, e da libertação dos escravos. Em 1891, todas as terras remanescentes foram vendidas à Companhia Central de Jacarepaguá, que a repassou ao Banco de Crédito Móvel, em pagamento de dívidas anteriormente assumidas. Após o declínio das fazendas produtoras de açúcar, a região permaneceu sem outro uso intensivo durante quase um século, em função da natureza do solo e pelas dificuldades de acesso, o que permitiu a reconstituição vegetal original em grandes extensões da região (Sondotécnica, 1998).

Somente no século XX, Em 1965, estabeleceram-se as vias na planície de Jacarepaguá e, em decorrência destas, áreas para fins industriais, comerciais e residenciais. A abertura da auto-estrada Lagoa – Barra (1967) permitiu a consolidação da Barra da Tijuca. Em 1968, surge “O Plano Piloto Lúcio Costa” objetivando disciplinar a expansão urbana do Rio de Janeiro na área da Barra da Tijuca. Datam desta época, o início da construção do Elevado das Bandeiras (túneis Dois Irmãos, Joá e São Conrado) e pavimentação da avenida das Américas.

Em 1970, com a aprovação do “Plano Piloto”, o processo de ocupação e expansão urbana tornou-se mais intenso, juntamente, com abertura e melhoria das vias de acesso à área. Foi neste mesmo ano que a avenida Ayrton Senna (ex-via -11) foi asfaltada. A Avenida Ayrton Senna só ganhou duplicação em 1981 e foi 1996 com a inauguração da Linha Amarela, que essa via transformou-se verdadeiramente em um dos principais eixos viários cariocas (Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação, 1977).

Atualmente, a baixada de Jacarepaguá é uma das regiões mais valorizados do município do Rio de Janeiro. Ela representa o maior espaço plano ao sul da cidade do Rio de Janeiro, em contato direto com o mar, o que leva a uma forte especulação imobiliária na região. Além do crescimento favorecido pela ocupação residencial, a baixada de Jacarepaguá vem se tornando, nos últimos anos, um dos locais que mais oferece atrações para a população da cidade por possuir um forte comércio caracterizado por grandes shoppings centers e hipermercados, além de suas inúmeras áreas de lazer como as praias, clubes, restaurantes, boates, reservas ecológicas, parques naturais, aeroclube, autódromo e o Riocentro, palco de vários eventos nacionais e internacionais.

As figuras 10 e 11 mostram a evolução urbana ocorrida nas últimas décadas no Jardim Oceânico (Barra da Tijuca), situado no extremo leste do arco praial estudado.



Figura 10: Foto aérea de 1964 (Serviço Geográfico do Exército).

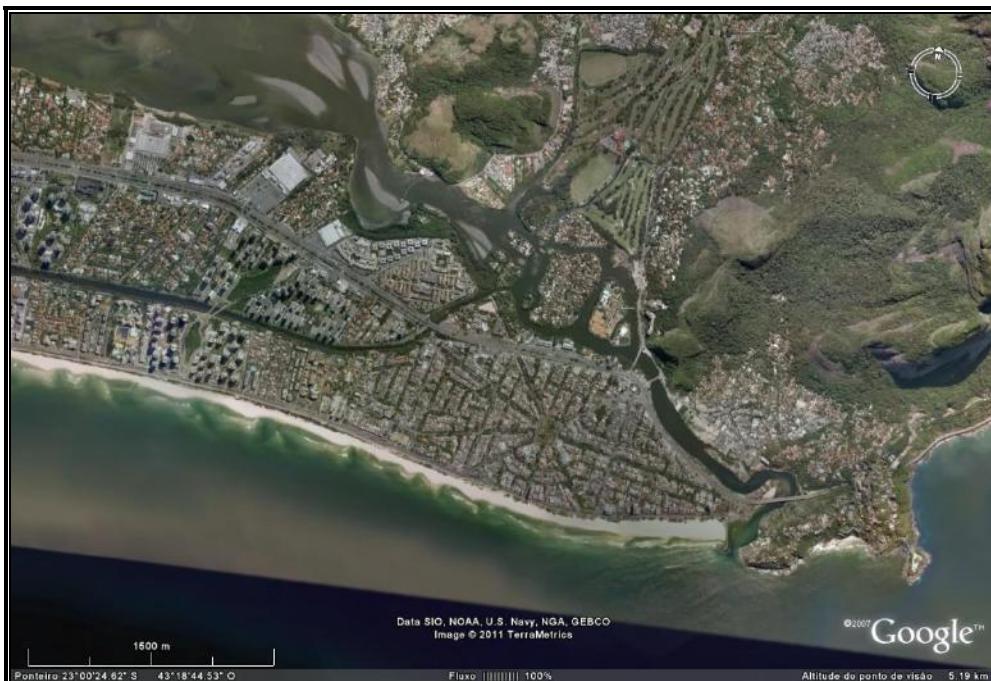


Figura 11: Foto de 2010 (Google Earth).

## 5- MATERIAIS E MÉTODOS

As principais técnicas empregadas no trabalho foram o cálculo da variação da linha de costa através da ferramenta *Digital Shoreline Analysis System*, análise sedimetológica dos sedimentos de praia e controle de campo por meio do georreferenciamento das fotos aéreas e das amostras coletadas.

O trabalho envolveu procedimentos de gabinete, levantamento de campo e análise laboratorial, organizado e executado em cinco etapas conforme as descrições abaixo.

### 5.1 Levantamento bibliográfico

Nessa etapa foram adquiridos mapas, dissertações, livros e artigos sobre o tema, a fim de obter base científica suficiente para discussão dos fatos e interpretação dos dados gerados.

Além dos materiais descritos acima, foram coletadas fotos aéreas e ortofotos digitalizadas do arco praial estudado, de diferentes datas conforme a descrição da tabela abaixo:

Tabela 1: Imagens utilizadas, com suas respectivas escalas e anos.

Autor	Data	Escala	Tipo de imagem
Citiplan (RJ) / SGE	29/11/1964	1:20.000	foto aérea
Fundrem / CEPERJ	1976	1:8.000	foto aérea
Aerofoto Cruzeiro S.A.(IPP)	04/07/2004	1:15.000	foto aérea
Base Digitalizada (IPP)	2000	1:2.000	ortofoto

### 5.2 Georreferenciamento

Essa etapa corresponde aos métodos indiretos utilizados na pesquisa, e foi subdividida em:

- Georreferenciamento pelo programa ArcGis 9.3 das fotos aéreas de 1976 e 2004 em dois mosaicos respectivos. As imagens tiveram como base de georreferenciamento as ortofotos digitalizadas e georreferenciadas na escala de 1:2.000 do Instituto Pereira

Passos. O georreferenciamento das fotos aéreas de 1964 não foi realizado devido à falta de nitidez da linha de costa das mesmas.

- Definição da linha de base (*baseline*) no mosaico de imagens mais recente (2004). A linha de base foi plotada na Avenida Lúcio Costa (antiga Avenida Sernambetiba).
- Delimitação das linhas de costa (*shoreline*), no qual foram feitas duas, uma para cada mosaico de imagens (1976 e 2004). Devemos entender a linha de costa como um limite móvel, cuja posição é variável a todas as escalas quer sejam espaciais ou temporais. Os critérios que a definem devem por isso ser rigorosos, de forma a tornar comparáveis os resultados obtidos. O critério adotado para caracterizar a posição da linha de costa foi o limite entre a vegetação e o pós-praia, apesar de não saber o tempo de resposta da vegetação quando a praia sofre o engordamento.
- O georreferenciamento foi executado através de pontos de controle que não sofreram modificações ao longo do tempo (1976 a 2004), como promontórios, pontas rochosas, pontes e esquinas de ruas e avenidas.
- As imagens foram georreferenciadas através do sistema de coordenadas UTM (Universal Transversa de Mercator), zona 23S e datum WGS 1984. No georreferenciamento a transformação usada foi o *adjust*, portanto o RMS foi zero. Após o georreferenciamento as imagens tiveram tamanho máximo do pixel de 0,70m.

### 5.3 Utilização da ferramenta DSAS

Essa etapa corresponde também aos métodos indiretos utilizados na pesquisa, e nela foi utilizado o programa *Digital Shoreline Analysis System (DSAS 4.2)*, que amplia as funcionalidades do *software ArcGIS 9.3* (Thieler *et al*, 2009).

O DSAS foi desenvolvido no início dos anos 90 pelo serviço geológico dos Estados Unidos e vem sofrendo constantes aprimoramentos ao longo dos anos. É um programa que

calcula a taxa de variação das posições de uma área específica em tempo histórico, através de imagens georreferenciadas. Este programa trabalha gerando *transects* ortogonais a uma linha de base determinada pelo usuário (*baseline*) em um espaçamento definido, e calcula as taxas de mudanças através de métodos estatísticos distintos que são mostrados em uma tabela de atributos.

Dentre as várias opções de tratamento de dados disponíveis, o presente trabalho optou pela adoção do método estatístico EPR (*End Point Rate*). Este método, ao calcular, leva em consideração a linha de costa das imagens mais antigas (1976, no caso) e as mais recentes (2004, no caso). As imagens têm que estar em coordenadas UTM, já que é calculada a distância linear (em metros) entre as linhas de costa.

#### **5.4 Trabalho de campo**

Essa etapa corresponde aos métodos diretos (trabalho de campo) utilizados na pesquisa, na qual foram feitas as coletas dos sedimentos em locais específicos, tendo como referência os resultados gerados pelo georreferenciamento dos mosaicos de imagens.

As amostras foram coletadas no dia 22 de outubro de 2010 em seis pontos distintos. Para cada ponto foram feitas três coletas de amostras, referentes aos setores da pós-praia, face de praia e ante-praia, resultando em um total de 18 amostras (tabela 2). As amostras foram recolhidas e acondicionadas em sacos plásticos impermeáveis, devidamente etiquetados e identificados.

Tabela 2: Locais de coleta de amostras, seus respectivos códigos e coordenadas.

Local de Coleta	Setor da Praia	Código	Coordenadas Geográficas (Lat./Long.)
1- AV. do Pepê, nº 842	Pós-Praia	A1	23°00'55.88"S / 43°18'23.41"W
	Face de Praia	A2	23°00'56.67"S / 43°18'23.47"W
	Antepraia	A3	23°00'57.55"S / 43°18'23.58"W
2- Av. Lúcio Costa, nº 3606	Pós-Praia	B1	23°00'39.20"S / 43°20'15.29"W
	Face de Praia	B2	23°00'39.75"S / 43°20'15.31"W
	Antepraia	B3	23°00'41.03"S / 43°20'15.49"W
3- Av. Lúcio Costa, ilha 26 (Reserva)	Pós-Praia	C1	23°00'41.28"S / 43°22'25.43"W
	Face de Praia	C2	23°00'41.95"S / 43°22'25.23"W
	Antepraia	C3	23°00'43.22"S / 43°22'25.16"W
4- Av. Lúcio Costa, ilha 5 (Reserva)	Pós-Praia	D1	23°00'57.79"S / 43°24'48.04"W
	Face de Praia	D2	23°00'58.77"S / 43°24'47.82"W
	Antepraia	D3	23°00'59.49"S / 43°24'47.69"W
5- Av. Lúcio Costa, nº 15500	Pós-Praia	E1	23°01'22.09"S / 43°26'53.04"W
	Face de Praia	E2	23°01'23.15"S / 43°26'52.73"W
	Antepraia	E3	23°01'24.33"S / 43°26'52.18"W
6- Av. Lúcio Costa, nº 17900	Pós-Praia	F1	23°01'55.89"S / 43°28'13.21"W
	Face de Praia	F2	23°01'56.24"S / 43°28'12.59"W
	Antepraia	F3	23°01'56.56"S / 43°28'11.97"W

A atividade de campo também constou com observações da morfologia da praia, das construções efetuadas, dos ambientes geológicos e registro através de fotografias digitais.

## 5.5 Análise dos sedimentos

As análises sedimentológicas foram realizadas no Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente (LAGECOST) do Museu Nacional, da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Os procedimentos laboratoriais adotados seguiram as orientações do referido laboratório.

Inicialmente as amostras foram pesadas, em uma balança de precisão, (aproximadamente 500 gramas para cada uma) e levadas para a estufa na temperatura de 60°C em torno de 1 hora.

Após a secagem, as amostras foram pesadas novamente, a fim de poder estimar as eventuais perdas durante o processo de peneiração e de pesagem das frações de peneiradas. Logo após, as amostras foram levadas para um vibrador eletrônico, da marca Haver & Boecker, contendo uma série de peneiras com malhas de 2mm, 1mm, 0,5mm, 0,250mm, 0,125mm, 0,063mm e na base um fundo destinado a receber as partículas menores. As peneiras são encaixadas umas nas outras de modo a formarem uma coluna de peneiração. Na parte superior desta coluna existe uma tampa para evitar perdas de material durante a peneiração.

O peneiramento de cada amostra foi feita na velocidade seis do vibrador eletrônico de partículas, em um tempo médio de 15 minutos. Durante a peneiração o vibrador eletrônico imprime as peneiras movimentos verticais e horizontais, que viabilizam o peneiramento dos sedimentos. Após a peneiração pesou-se o material retido em cada um das peneiras, a fim de obter as frações sedimentológicas.

## 6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Georreferenciamento e DSAS

O Georreferenciamento foi obtido através de montagem de mosaicos de fotos aéreas, dos anos de 1976 e 2004, pelo programa Arcgis 9.3, tendo como base as ortofotos digitalizadas e georreferenciadas na escala de 1:2.000, do Instituto Pereira Passos (Figura 12 e 13).

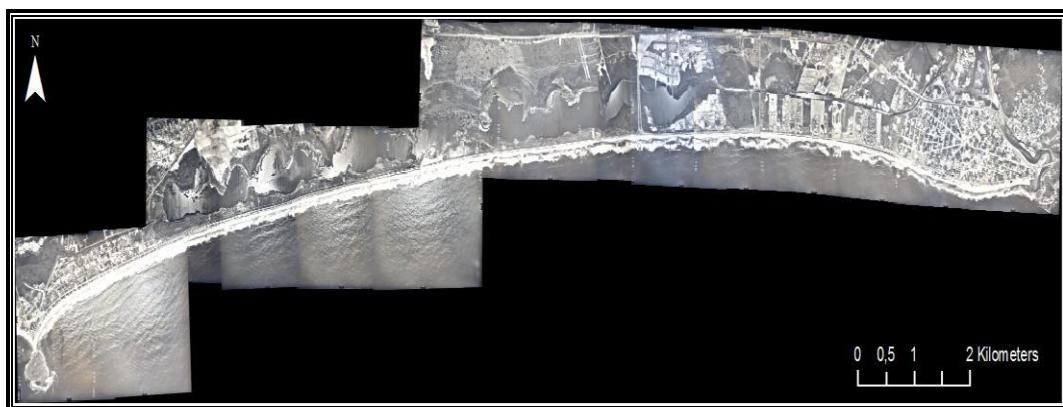


Figura 12: Mosaico de fotos do arco praial Barra da Tijuca - Recreio, ano 1976.

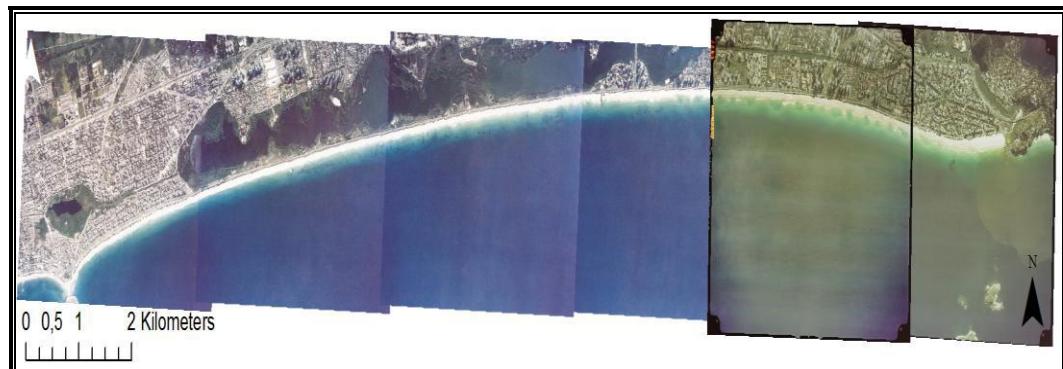


Figura 13: Mosaico de fotos do arco praial Barra da Tijuca – Recreio, ano 2004.

Através do georreferenciamento obteve-se a sobreposição dos mosaicos de 1976 e 2004 e a variação da linha de costa no intervalo de tempo de 28 anos. Foi utilizado como referência para delimitação da linha de costa o limite entre a vegetação e areia, conforme metodologia descrita.

A figura 14 mostra a variação da linha de costa entre o período de 1976 a 2004, no extremo oeste do arco praial estudado. Observar que a linha de costa “*shoreline*” de 1976 está à frente da linha de 2004 na maior parte da imagem, indicando uma diminuição da faixa de praia no referido intervalo de tempo. A potencialização do processo erosivo deve-se a urbanização da orla e ao aumento da impermeabilização e ocupação das planícies costeiras.



Figura 14: Imagem georreferenciada e com sobreposição dos mosaicos de 1976 e 2004, referente a um trecho da praia do Recreio dos Bandeirantes.

A figura 15 mostra a variação da linha de costa entre o período de 1976 a 2004 no segmento central do arco praial estudado. Observa-se que a linha de costa no ano de 1976 localiza-se frontalmente a linha de 2004 na maior parte da imagem. Tal observação indica diminuição da faixa de praia no referido intervalo de tempo, caracterizando erosão. O aumento do processo erosivo local deve-se ao prolongamento da Avenida Lucio Costa e urbanização da orla (construção da ciclovia) atingindo a zona de pós-praia (berma).

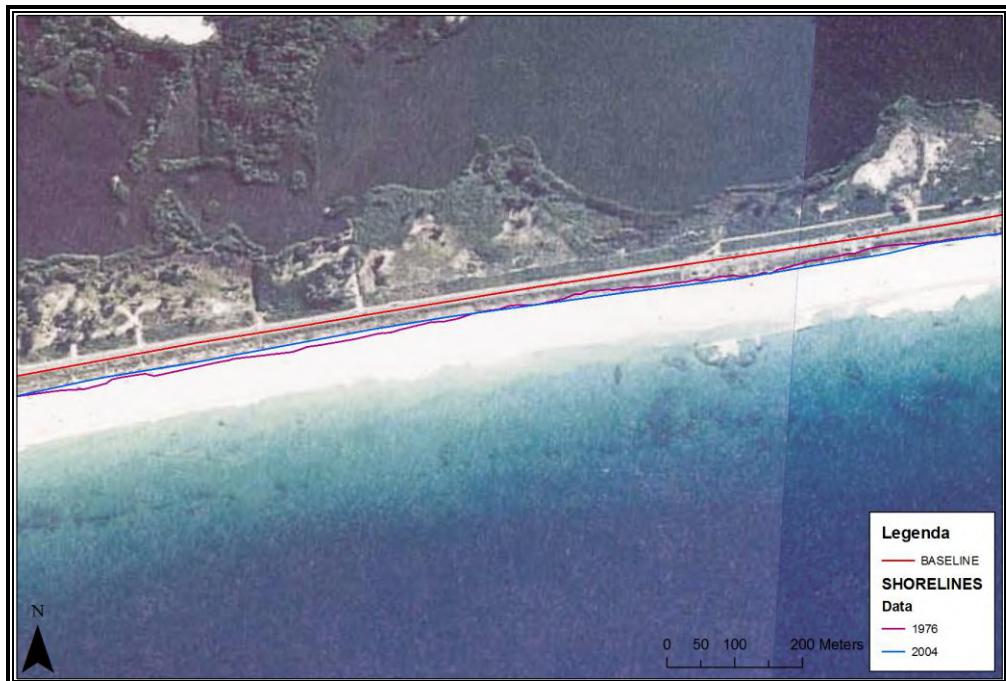


Figura 15: Imagem georreferenciada e com sobreposição dos mosaicos de 1976 e 2004, referente a um trecho da praia da Reserva.

A figura 16 mostra a variação da linha de costa entre o período de 1976 a 2004, no extremo leste do arco praial estudado, setor correspondente ao Posto 1 (Quebra Mar da Barra da Tijuca). Observa-se que a linha de costa de 1976 localiza-se à frente da *shoreline* de 2004 na maior parte da imagem. Tal observação aponta uma tendência de engordamento da linha de costa. Como a direção do transporte longitudinal de sedimentos é predominantemente de oeste para leste, sugere-se que a construção do guia corrente conhecido como quebra mar da Barra obliterou a passagem dos sedimentos, gerando uma zona de acumulação de sedimentos.



Figura 16: Imagem georreferenciada e com sobreposição dos mosaicos de 1976 e 2004, referente a um trecho da praia da Barra da Tijuca.

A ferramenta DSAS 4.2, que é uma extensão do programa ArcGis 9.3, gerou 61 *transects* perpendiculares a linha de costa no arco praial de aproximadamente 18,5 km, com distância de 300 metros entre eles. A numeração dos *transects* é dada em ordem crescente de oeste para leste.

O cálculo das variações da linha de costa foram feitos pela ferramenta DSAS 4.2. O método utilizado para o cálculo foi o *End Point Rate* (EPR), no qual é calculada a distância horizontal entre as linhas de costa mais antiga e a mais recente (no caso 1976 e 2004), dividindo pelo tempo decorrido. No cálculo, esse método, tem como linha de base “*baseline*” a Avenida Lucio Costa. As principais vantagens do EPR são a facilidade de cálculo e exigência de apenas duas linhas de costa. As tabelas e os gráficos a seguir ilustram os dados gerados pela ferramenta DSAS.

A tabela 3 mostra o posicionamento dos 12 *transects* referente ao trecho da praia do Recreio dos Bandeirantes. Os *transects* mostram as áreas em processo de erosão (vermelho) e deposição (azul). Os dados indicam uma média de recuo da linha de costa de -0,18 m/ano na referida praia. Portanto esse segmento costeiro possui uma tendência erosiva. Tal fato pode ser explicado pelas interferências de obras de infra-estrutura na Avenida Lucio Costa sobre a faixa de pós-praia (berma) e expansão urbana do bairro nos últimos trinta anos.

Tabela 3: Dados gerados pelos 12 *transects* na praia do Recreio dos Bandeirantes.

Praia do Recreio		
Transects	Períodos e Mudanças da Linha de Costa (m)	
	1976- 2004	EPR
1	2,8	0,1
2	-13,8	-0,5
3	-5,6	-0,2
4	0,3	0,0
5	2,6	0,1
6	-3,8	-0,1
7	-17,6	-0,6
8	-9,5	-0,3
9	8,0	0,3
10	-6,9	-0,2
11	-6,3	-0,2
12	-9,8	-0,3
Somatório	-59,5	-2,1
Média/ <i>transects</i>	-5,0	-0,2

A figura 17 é o gráfico resultante dos dados da tabela 3. As barras mostram as áreas em erosão (vermelho) e deposição (azul). Observa-se uma maior quantidade de barras em vermelho, comprovando a tendência predominante erosiva desse segmento costeiro.

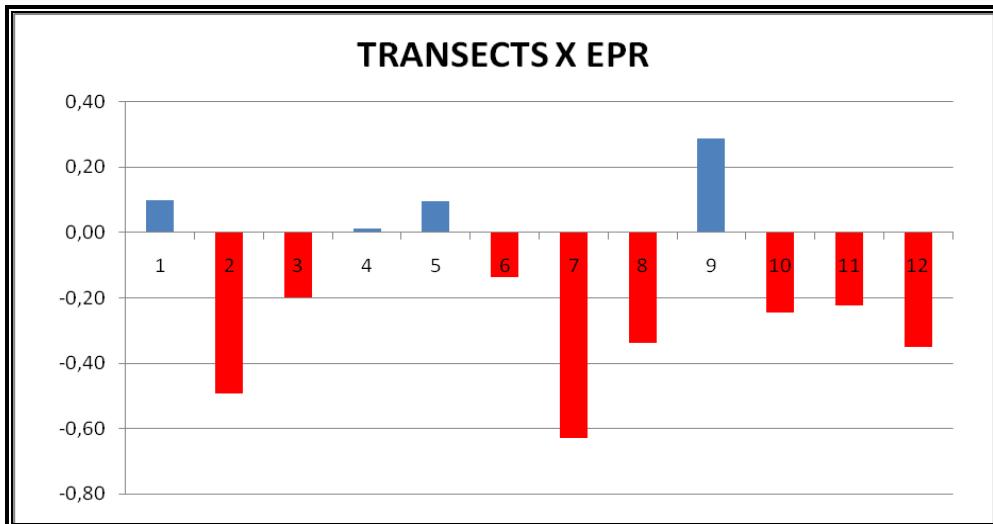


Figura 17: Gráfico dos *transects* X EPR para a praia do Recreio dos Bandeirantes.

A figura 18 mostra os *transects* 1 ao 5, localizados no extremo oeste da praia do Recreio dos Bandeirantes. O perfil “F”, situado entre os *transects* 1 e 2, teve uma média erosiva de -5,51m entre o período de 1976 e 2004, com média anual de -0,2m.



Figura 18: Imagem georreferenciada com *transects* na praia do Recreio dos Bandeirantes.

A figura 19 mostra os *transects* 8 ao 12, localizados no extremo leste da praia do Recreio dos Bandeirantes. Observar que o perfil “E”, situado entre os *transects* 9 e 10, teve uma média deposicional de 0,58m entre o período de 1976 e 2004, com média anual de 0,02m.



Figura 19: Imagem georreferenciada com *transects* próximo ao posto 9 na praia do Recreio dos Bandeirantes.

A tabela 4 mostra o posicionamento dos 24 *transects* referente ao trecho da praia da Reserva. Os *transects* mostram as áreas em processo de erosão (vermelho) e deposição (azul). Os dados indicam um recuo médio por *transect* de -0,50 m/ano e uma média de -13,82m por *transect* no intervalo de tempo de 28 anos. Essa tendência erosiva relaciona-se a obras de ampliação da Avenida Lúcio Costa e urbanização da orla, com a construção de ciclovia e quiosque conhecidos na região como ilhas.

Tabela 4: Dados gerados pelos 24 *transects* na praia da Reserva.

Praia da Reserva		
Transects	Períodos e Mudanças da Linha de Costa (m)	
	1976- 2004	EPR
13	2,5	0,1
14	-5,7	-0,2
15	-9,7	-0,3
16	-3,9	-0,1
17	-13,2	-0,5
18	1,4	0,0
19	-8,6	-0,3
20	-7,4	-0,3
21	7,0	0,2
22	2,6	0,1
23	0,2	0,0
24	-7,5	-0,3
25	-19,6	-0,7
26	-17,7	-0,6
27	-20,4	-0,7
28	-7,3	-0,3
29	-18,1	-0,6
30	-23,0	-0,8
31	-18,9	-0,7
32	-30,0	-1,1
33	-39,5	-1,4
34	-39,6	-1,4
35	-34,4	-1,2
36	-20,5	-0,7
Somatório	-331,6	-11,9
Média/ <i>transects</i>	-13,8	-0,5

A figura 20 é o gráfico resultante dos dados da tabela 4. As barras mostram as áreas em erosão (vermelho) e deposição (azul). Observa-se uma maior quantidade de barras em vermelho, comprovando a tendência predominante erosiva desse segmento costeiro.

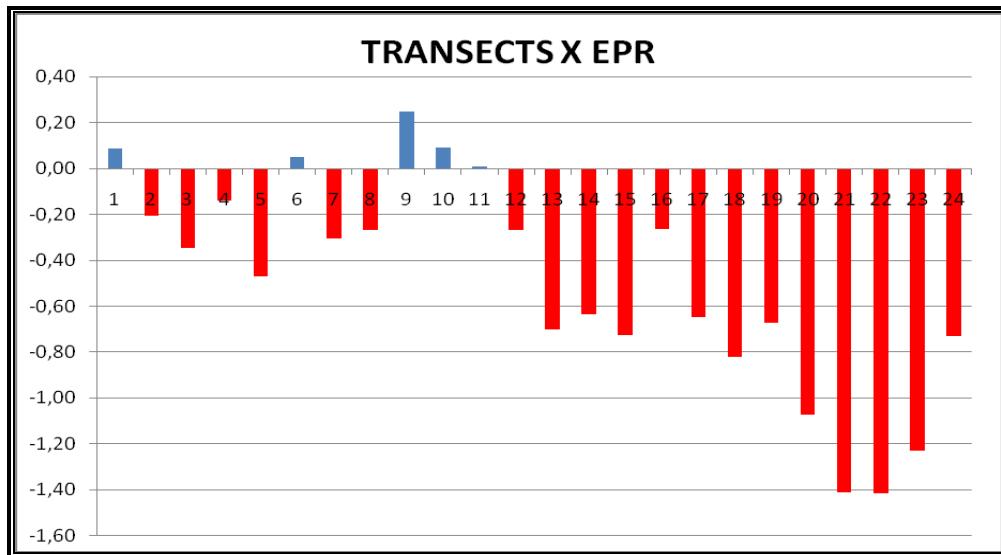


Figura 20: Gráfico dos *transects* X EPR para a praia da Reserva.

A figura 21 mostra os *transects* 20 a 23, localizados na ilha 5 da praia da Reserva. Observar que o perfil “D” encontra-se entre os *transects* 21 e 22. O referido perfil teve média deposicional de 4,77m entre o período de 1976 e 2004 e média anual de 0,17m.



Figura 21: Imagem georreferenciada com transects próximos a ilha 5 da praia Reserva.

A figura 22 mostra os *transects* 34 a 38, localizados nas proximidades do emissário submarino. Observar que o perfil “C” encontra-se entre os *transects* 58 e 59. O referido perfil teve média erosiva de -27,47m entre o período de 1976 e 2004 e média anual de -0,98m.



Figura 22: Imagem georreferenciada com transects próximo a ilha 26 da praia Reserva.

A tabela 5 mostra o posicionamento dos 25 *transects* referente ao trecho da praia da Barra da Tijuca. Os dados indicam um avanço médio da linha de costa por *transect* de 0,23 m/ano e uma média de 6,53m por *transect* no intervalo de tempo de 28 anos, correspondendo a 163,37m em toda a praia. Essa tendência deposicional deve-se ao guia-corrente existente, que interrompe a o transporte sedimentar oeste-leste pela deriva litorânea, ocasionando acúmulo de sedimentos a barlamar do guia corrente e desobstruição da saída do canal da Joatinga (sotamar do guia corrente).

Tabela 5: Dados gerados pelos 25 transects na praia da Barra da Tijuca.

Transects	Praia da Barra da Tijuca	
	Períodos e Mudanças da Linha de Costa (m)	
	1976- 2004	EPR
37	-5,6	-0,2
38	-4,3	-0,2
39	1,6	0,1
40	-1,2	0,0
41	-4,7	-0,2
42	1,9	0,1
43	0,7	0,0
44	0,3	0,0
45	9,9	0,4
46	20,3	0,7
47	24,1	0,9
48	27,3	1,0
49	19,1	0,7
50	15,3	0,5
51	-4,0	-0,1
52	11,2	0,4
53	10,1	0,4
54	12,1	0,4
55	-3,2	-0,1
56	-7,6	-0,3
57	-8,0	-0,3
58	8,0	0,3
59	23,6	0,8
60	9,7	0,3
61	6,5	0,2
Somatório	163,4	5,8
Média/ <i>transects</i>	6,5	0,2

Os valores de somatório e média/*transects* do intervalo de 1976 a 2004 das tabelas 3, 4 e 5 tornam-se consistentes, tendo em vista que o valor máximo do pixel nas imagens georreferenciadas é de 0,70m.

A figura 23 é o gráfico resultante dos dados da tabela 5. As barras mostram as áreas em erosão (vermelho) e deposição (azul). Observa-se uma maior quantidade de barras azuis, comprovando a tendência deposicional desse segmento costeiro.

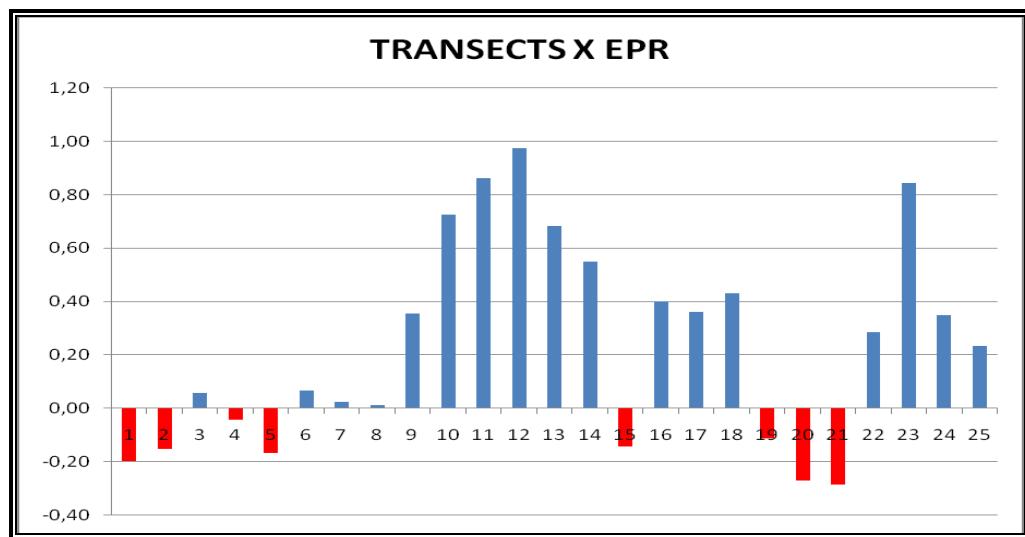


Figura 23: Gráfico dos transects X EPR para a praia da Barra da Tijuca.

A figura 24 mostra os transects 46 a 50, localizados no segmento leste do arco praial. Situado entre os transects 47 e 48, o perfil “B” teve uma média deposicional de 25,70m entre o período de 1976 e 2004, com média anual de 0,92m. Esse fato deve-se ao transporte de deriva litorânea ser predominante oeste-leste.



Figura 24: Imagem georreferenciada com transects da praia da Barra (posto 6).

A figura 25 mostra os *transects* 58 a 61, localizados nas proximidades do posto 1 da praia da Barra da Tijuca. Situado entre os *transects* 58 e 59, o perfil “A” teve uma média deposicional de 15,82m entre o período de 1976 e 2004, com média anual de 0,56m. Esse fato deve-se a localização do perfil próximo ao guia corrente.



Figura 25: Imagem georreferenciada com transects da praia da Barra (posto 1).

## 6.2 Resultados sedimentológicos

Para melhor compreensão e visualização dos resultados obtidos, indentificou-se na figura abaixo, os seis perfis de praia relacionados aos pontos de coleta.

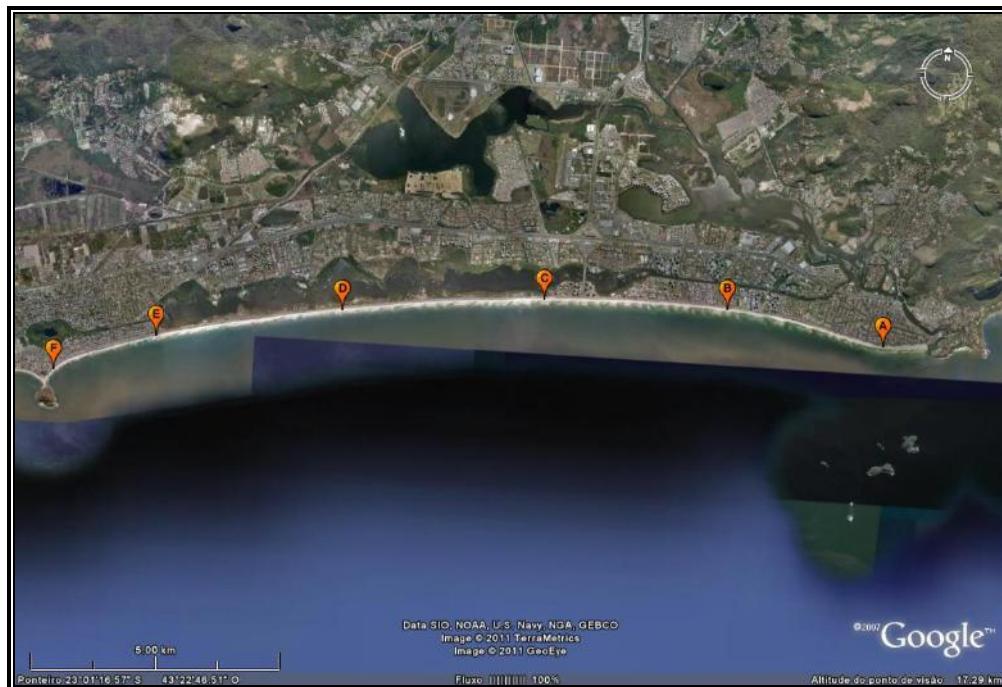


Figura 26: Arco praial estudo com seus respectivos perfis analisados. Fonte: Google Earth 2011, imagem ikonos. 25 de junho – 01 de setembro de 2009.

Após as análises sedimentológicas no LAGECOST, foram feitos os cálculos estatísticos dos sedimentos, a fim de melhor caracterizar a distribuição textural ao longo dos perfis. A escala granulométrica adotada foi de Wentworth. Os tratamentos dos dados foram feitos com base nas fórmulas estatísticas e nas escalas qualitativas de Folk & Ward (anexo A).

Os valores da mediana (diâmetro mediano dos grãos –  $D_{50}$ ) foram obtidos da curva de freqüência acumulada (anexo C) em  $\Phi$ , assim como os dados para calcular o grão médio e o desvio padrão. Os valores em  $\Phi$  foram convertidos em mm pela escala de Krumbein (anexo A). As tabelas a seguir mostram os resultados referentes aos seis perfis analisados, cada qual com três locais de coleta, totalizando dezoito amostras coletadas.

A tabela 6 mostra o padrão granulométrico do Perfil “A” localizado na Avenida do Pepê, 842. Teve como distribuição textural na pós-praia, face de praia e ante-praia o predomínio de areia média. As medianas ( $D_{50}$ ) tiveram um aumento na direção continental-mar, com valores de 0,33mm, 0,35mm e 0,36mm, respectivamente para o pós-praia, face de praia e ante-praia. De maneira geral esse perfil teve um bom grau de selecionamento.

Tabela 6: Descrição Granulométrica das amostras do perfil A (praia da Barra da Tijuca).

Perfil A			A1 (Pós-Praia)	A2 (Face de Praia)	A3 (Ante-praia)
Diâmetro	Phi ( $\Phi$ )	Escala Wentworth	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
256	-8,0	Matacão	-	-	-
64	-6,0	Bloco	-	-	-
4	-2,0	Seixo	-	-	-
2	-1,0	Grânulo	1,00	0,10	0,24
1	0,0	Areia muito grossa	0,16	0,20	15,90
0,5	1,0	Areia grossa	5,05	0,90	27,75
0,25	2,0	Areia média	398,14	452,30	365,72
0,125	3,0	Areia fina	93,21	40,70	28,23
0,0625	4,0	Areia muito fina	1,32	0,10	0,40
0,03125	5,0	Silte Grosso	-	-	-
0,015625	6,0	Silte médio	-	-	-
0,0078125	7,0	Silte fino	-	-	-
0,00390625	8,0	Silte muito fino	-	-	-
0,00195	9,0	Argila grossa	-	-	-
0,0097	10,0	Argila média	-	-	-
0,00048	Fundo	Ultra-argila	0,10	0,00	0,00
Mediana ( $\Phi$ )			1,6	1,48	1,45
Mediana (mm)			0,33	0,35	0,36
Grão Médio			1,63	1,49	1,45
Distribuição Textural			Areia Média	Areia Média	Areia Média
Desvio Padrão			0,482	0,378	0,503
Grau de Selecionamento			Bem Selecionada	Bem Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada

A tabela 7 mostra o padrão granulométrico do Perfil “B” localizado na Avenida Lúcio Costa, 3606. Teve como distribuição textural na pós-praia, face de praia e ante-praia o predomínio de areia média. O diâmetro mediano do grão  $D_{50}$  foi de 0,36 mm na pós praia, 0,35mm na face de praia e de 0,42mm na ante-praia. De maneira geral verificou um processo de seleção do material, sendo que na ante-praia é mais grosso, provavelmente devido a ação das ondas e correntes de deriva litorânea.

Tabela 7: Descrição Granulométrica das amostras do perfil B (praia da Barra da Tijuca).

Perfil B			B1 (Pós-Praia)	B2 (Face de Praia)	B3 (Ante-praia)
Diâmetro	Phi ( $\Phi$ )	Escala Wentworth	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
256	-8,0	Matacão	-	-	-
64	-6,0	Bloco	-	-	-
4	-2,0	Seixo	-	-	-
2	-1,0	Grânulo	0,10	0,10	0,27
1	0,0	Areia muito grossa	0,40	0,10	16,73
0,5	1,0	Areia grossa	28,40	10,90	112,69
0,25	2,0	Areia média	460,10	473,20	308,48
0,125	3,0	Areia fina	9,40	8,60	2,20
0,0625	4,0	Areia muito fina	0,40	0,10	0,00
0,03125	5,0	Sílte Grosso	-	-	-
0,015625	6,0	Sílte médio	-	-	-
0,0078125	7,0	Sílte fino	-	-	-
0,00390625	8,0	Sílte muito fino	-	-	-
0,00195	9,0	Argila grossa	-	-	-
0,0097	10,0	Argila média	-	-	-
0,00048	Fundo	Ultra-argila	0,10	0,00	0,00
Mediana ( $\Phi$ )			1,45	1,48	1,25
Mediana (mm)			0,36	0,35	0,42
Grão Médio			1,45	1,49	1,18
Distribuição Textural			Areia Média	Areia Média	Areia Média
Desvio Padrão			0,349	0,314	0,614
Grau de Selecionamento			Muito Bem Selecionada	Muito Bem Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada

A tabela 8 mostra o padrão granulométrico do Perfil “C” localizado na Avenida Lúcio Costa, ilha 26. Teve como distribuição textural na pós-praia e face de praia o predomínio de areia média e areia grossa na ante-praia. O diâmetro mediano do grão ( $D_{50}$ ), teve um aumento na direção continente-mar, com valores de 0,36 mm na pós praia, 0,42mm na face de praia e de 0,68mm na ante-praia. De maneira geral esse perfil é classificado como moderadamente bem selecionado.

Tabela 8: Descrição Granulométrica das amostras do perfil C (praia da Reserva).

Perfil C			C1 (Pós-Praia)	C2 (Face de Praia)	C3 (Ante-praia)
Diâmetro	Phi ( $\Phi$ )	Escala Wentworth	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
256	-8,0	Matacão	-	-	-
64	-6,0	Bloco	-	-	-
4	-2,0	Seixo	-	-	-
2	-1,0	Grânulo	0,50	0,10	0,40
1	0,0	Areia muito grossa	0,50	0,30	80,93
0,5	1,0	Areia grossa	80,40	169,90	272,08
0,25	2,0	Areia média	411,50	324,80	88,62
0,125	3,0	Areia fina	4,00	1,90	0,50
0,0625	4,0	Areia muito fina	0,40	0,10	0,13
0,03125	5,0	Silte Grosso	-	-	-
0,015625	6,0	Silte médio	-	-	-
0,0078125	7,0	Silte fino	-	-	-
0,00390625	8,0	Silte muito fino	-	-	-
0,00195	9,0	Argila grossa	-	-	-
0,0097	10,0	Argila média	-	-	-
0,00048	Fundo	Ultra-argila	0,40	0,00	0,00
Mediana ( $\Phi$ )			1,45	1,25	0,55
Mediana (mm)			0,36	0,42	0,68
Grão Médio			1,45	1,2	0,55
Distribuição Textural			Areia Média	Areia Média	Areia Grossa
Desvio Padrão			0,502	0,619	0,728
Grau de Selecionamento			Moderadamente Bem Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada

A tabela 9 mostra o padrão granulométrico do Perfil “D” localizado na Avenida Lúcio Costa, ilha 5. Teve como distribuição textural na pós-praia, face de praia o predomínio de areia média e na ante-praia areia grossa. O diâmetro mediano do grão ( $D_{50}$ ), teve um aumento na direção continente-mar, com valores de 0,46mm na pós-praia, 0,38mm para a face de praia e 0,69mm na ante-praia. O perfil é classificado como moderadamente bem selecionado na pós-praia e face de praia e moderadamente selecionado no ante-praia.

Tabela 9: Descrição Granulométrica das amostras do perfil D (praia da Reserva).

Perfil D			D1 (Pós-Praia)	D2 (Face de Praia)	D3 (Ante-praia)
Diâmetro	Phi ( $\Phi$ )	Escala Wentworth	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
256	-8,0	Matacão	-	-	-
64	-6,0	Bloco	-	-	-
4	-2,0	Seixo	-	-	-
2	-1,0	Grânulo	0,1	0,1	0,36
1	0,0	Areia muito grossa	1,21	0,4	86,32
0,5	1,0	Areia grossa	227,39	108	258,3
0,25	2,0	Areia média	267,7	362,4	97,3
0,125	3,0	Areia fina	2,65	14,5	3,19
0,0625	4,0	Areia muito fina	0,18	0,3	0,36
0,03125	5,0	Silte Grosso	-	-	-
0,015625	6,0	Silte médio	-	-	-
0,0078125	7,0	Silte fino	-	-	-
0,00390625	8,0	Silte muito fino	-	-	-
0,00195	9,0	Argila grossa	-	-	-
0,0097	10,0	Argila média	-	-	-
0,00048	Fundo	Ultra-argila	0,07	0,00	0,00
	Mediana ( $\Phi$ )		1,1	1,37	0,52
	Mediana (mm)		0,46	0,38	0,69
	Grão Médio		1,06	1,3	0,54
	Distribuição Textural		Areia Média	Areia Média	Areia Grossa
	Desvio Padrão		0,597	0,547	0,761
	Grau de Selecionamento		Moderadamente Bem Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada	Moderadamente Selecionada

A tabela 10 mostra o padrão granulométrico do Perfil “E” localizado na Avenida Lúcio Costa, 15.500. Teve como distribuição textural na pós-praia, face de praia e ante-praia o predomínio de areia grossa. As medianas ( $D_{50}$ ) tiveram um aumento na direção continental-mar, com valores de 0,57mm para o pós-praia, 0,57mm na face de praia e 0,9mm na ante-praia. De acordo com o grau de selecionamento, o perfil é classificado como moderadamente bem selecionado nos três setores de praia.

Tabela 10: Descrição Granulométrica das amostras do perfil E (praia do Recreio).

Perfil E			E1 (Pós-Praia)	E2 (Face de Praia)	E3 (Ante-praia)
Diâmetro	Phi ( $\Phi$ )	Escala Wentworth	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
256	-8,0	Matação	-	-	-
64	-6,0	Bloco	-	-	-
4	-2,0	Seixo	-	-	-
2	-1,0	Grânulo	2,05	0,00	0,32
1	0,0	Areia muito grossa	13,26	2,18	199,02
0,5	1,0	Areia grossa	298,01	314,32	216,26
0,25	2,0	Areia média	169,17	169,20	44,95
0,125	3,0	Areia fina	15,20	7,20	2,17
0,0625	4,0	Areia muito fina	1,30	0,40	0,11
0,03125	5,0	Silte Grosso	-	-	-
0,015625	6,0	Silte médio	-	-	-
0,0078125	7,0	Silte fino	-	-	-
0,00390625	8,0	Silte muito fino	-	-	-
0,00195	9,0	Argila grossa	-	-	-
0,00097	10,0	Argila média	-	-	-
0,00048	Fundo	Ultra-argila	0,16	0,50	0,11
Mediana ( $\Phi$ )			0,8	0,8	0,15
Mediana (mm)			0,57	0,57	0,9
Grão Médio			0,87	0,71	0,12
Distribuição Textural		Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Grossa	
Desvio Padrão		0,622	0,615	0,763	
Grau de Selecionamento		Moderadamente Bem Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada	

A tabela 11 mostra o padrão granulométrico do Perfil “F” localizado na Avenida Lúcio Costa, 17.900. Tem como distribuição textural areia grossa na pós-praia e face de praia. Na ante-praia o predomínio é de areia muito grossa. O diâmetro mediano do grão ( $D_{50}$ ), teve um aumento na direção continente-mar, com valores de 0,62mm na pós-praia, 0,80mm para a face de praia e 1,07mm no ante-praia. Esse perfil é classificado como moderadamente bem selecionado na face de praia e moderadamente selecionado na pós-praia e ante-praia.

Tabela 11: Descrição Granulométrica das amostras do perfil F (praia do Recreio).

Perfil F			F1 (Pós-Práia)	F2 (Face de Praia)	F3 (Ante-praia)
Diâmetro	Phi ( $\Phi$ )	Escala Wentworth	Peso (g)	Peso (g)	Peso (g)
256	-8,0	Matacão	-	-	-
64	-6,0	Bloco	-	-	-
4	-2,0	Seixo	-	-	-
2	-1,0	Grânulo	0,48	1,21	7,44
1	0,0	Areia muito grossa	50,08	141,1	229,69
0,5	1,0	Areia grossa	302,7	314,1	160,45
0,25	2,0	Areia média	136,63	39,13	41,57
0,125	3,0	Areia fina	8,26	1,17	0,88
0,0625	4,0	Areia muito fina	0,49	0,11	0,06
0,03125	5,0	Sílte Grosso	-	-	-
0,015625	6,0	Sílte médio	-	-	-
0,0078125	7,0	Sílte fino	-	-	-
0,00390625	8,0	Sílte muito fino	-	-	-
0,00195	9,0	Argila grossa	-	-	-
0,0097	10,0	Argila média	-	-	-
0,00048	Fundo	Ultra-argila	0,06	0,00	0,03
Mediana ( $\Phi$ )			0,68	0,32	-0,1
Mediana (mm)			0,62	0,8	1,07
Grão Médio			0,75	0,24	-0,01
Distribuição Textural			Areia Grossa	Areia Grossa	Areia Muito Grossa
Desvio Padrão			0,713	0,666	0,738
Grau de Selecionamento		Moderadamente Selecionada	Moderadamente Bem Selecionada	Moderadamente Selecionada	Moderadamente Selecionada

Os sedimentos mais grossos dos perfis analisados estão concentrados no setor de ante-praia, no qual apresentam os diâmetros medianos dos grãos ( $D_{50}$ ) maiores em mm que na face de praia e na pós-praia. A ocorrência de uma distribuição textural mais grossa na ante-praia deve-se as condições de maior energia das ondas e correntes neste setor que ao encontrar o fundo, por maior competência, remobiliza as frações mais leves e deixa os grãos mais pesados.

As medianas obtidas no setor de pós-praia variaram de 0,33 a 0,62 mm, na face de praia de 0,35 a 0,80 mm e na ante-praia de 0,36 a 1,07 mm, sendo que os valores menores do  $D_{50}$  estão relacionados ao perfil “A” e os maiores ao perfil “F”, respectivamente para cada setor da praia. Observou-se, de forma geral, um aumento gradativo nos valores do  $D_{50}$  do perfil “A” para o perfil “F”. Tal fato indica um granocrescência de leste para oeste no arco praial. Os resultados texturais foram baseados na fórmula do grão médio e na escala qualitativa de Folk & Ward (anexo A).

A seleção dos grãos obteve, de maneira geral, índices melhores de selecionamento nos perfis “A” e “B”, passando a um selecionamento mais moderado nos perfis “C”, “D”, “E” e “F”. Os graus de selecionamentos foram baseados na fórmula do desvio padrão e na escala qualitativa de Folk & Ward (anexo A).

Durante o desenvolvimento do trabalho, os perfis foram registrados através de fotografia digitais a fim de obter mais transparência sobre a área de estudo. As fotos revelaram algumas irregularidades na orla como avanço de construções sobre a cobertura vegetal e falta de conservação da mesma.

A figura 27 mostra o guia corrente localizado no extremo leste do segmento costeiro estudado, na praia da Barra da Tijuca. Ao fundo observa-se o Promontório da Joatinga. (foto: 22/10/2010).

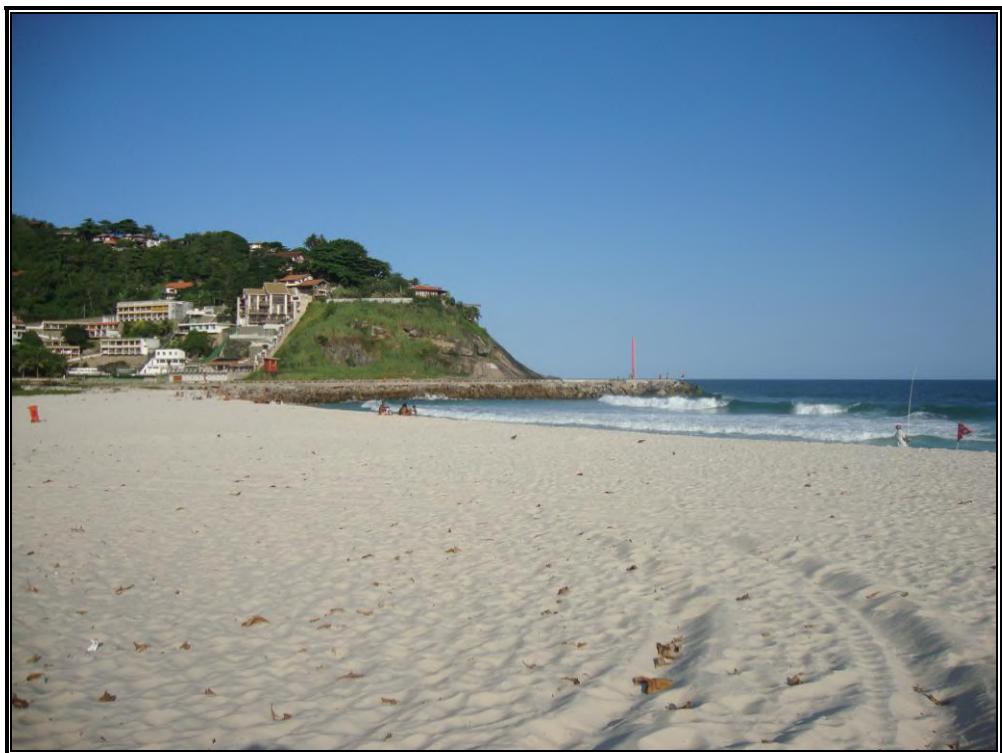


Figura 27: Vista do guia corrente localizado no posto 1 da praia da Barra.

A figura 28 mostra o perfil “D” localizado na praia da Reserva. Na imagem observa-se o avanço de construções sobre a cobertura vegetal (foto: 22/10/2010).



Figura 28: Vista parcial do perfil “D” localizado na praia da Reserva.

A figura 29 mostra o processo de erosão costeira frontal a Avenida Pedro Moura. Verifica-se a presença de escarpa de praia nesse trecho e tubulações expostas na cobertura vegetal (foto: 22/10/2010).



Figura 29: Vista parcial do perfil “E” localizado na praia do Recreio dos Bandeirantes.

A figura 30 localiza-se no extremo oeste da área de estudo, segmento correspondente ao pontal de Sernambetiba. Verifica-se leve processo erosivo no segmento sotamar. Na área de barlamar verificou-se acumulação de sedimentos em função do efeito tômbo (foto: 22/10/2010).



Figura 30: Vista parcial do perfil “F” localizado na praia do Recreio dos Bandeirantes.

## 7- CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

De acordo com os objetivos propostos e os resultados obtidos, chegaram-se as seguintes conclusões sobre os processos de erosão costeira no arco praial da Barra da Tijuca-Recreio dos Bandeirantes:

- A superposição dos mosaicos de fotos georreferenciados com intervalo de 28 anos (1976 e 2004), juntamente com a utilização da ferramenta DSAS, permitiu estimar quantitativamente em metros os locais do arco praial mais suscetíveis à erosão e deposição de sedimentos. De acordo com essas informações verificou-se uma taxa média de recuo de linha de costa na ordem de - 4,0 m no arco praial.
- As praias do Recreio dos Bandeirantes e da Reserva apresentaram déficits de sedimentos. A taxa de recuo de linha de costa foi na ordem de - 5,0 m (Recreio dos Bandeirantes) e de - 14,0 m (Praia da Reserva) enquanto na Praia da Barra da Tijuca verificou um processo deposicional traduzido em engordamento de +6,5 m.
- Os perfis “A” e “B” correspondentes à praia da Barra da Tijuca apresentaram balanços sedimentares positivos, seguindo a tendência do segmento leste do arco praial estudado.
- A análise sedimentológica revelou que à distribuição textural apresentou aumento dos tamanhos dos grãos do perfil “A” para o perfil “F”, ou seja, da direção leste-oeste. Tal fato deve-se a energia das ondas de SW serem mais energéticas do que em relação ao clima de ondas de SE.
- As observações geológicas-sedimentológicas no arco praial estudado indicaram um deslocamento sedimentar predominante na direção oeste-leste, onde grande parte dos sedimentos são retidos no extremo leste do arco pelo guia corrente “jetty” na região do Quebra-mar (posto 1).

- De acordo com os dados obtidos, pode-se observar que o arco praial, ao longo do tempo, tende a ter um ajuste natural em seu eixo. A medida que os segmentos oeste e central apresentam tendência erosiva, o segmento leste está passando por engordamento. A deriva litorânea de oeste-leste e o guia corrente “jetty” reforçam essa conclusão.
- A utilização do DSAS, neste trabalho, apresentou bastante se eficiente, pois os resultados foram coerentes com outro trabalho realizado na mesma área por Coutinho (2007), utilizando o DGPS geodésico. O DSAS mostrou-se uma ferramenta ágil, prática e econômica, tendo em vista que sua utilização ser obtida por método indireto.

Tendo em vista o problema de erosão identificada nos segmentos oeste e central da área de estudo, decorrentes de ondas de tempestade e ações antrópicas, recomenda-se a execução de estudos de transporte sedimentar litorâneo mais detalhados, visando a elaboração de mapas de risco geológico de detalhe e melhor controle ambiental por parte do poder público.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

### 8.1 Bibliografia citada

- Bird, E.C.F. 1985. The Study of coastline changes. *Zeitschrift für Geomorphologie N.F.*, Supplement-Band 57, p.1-9.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Martin, L.; Vilas Boas, B.S.; Flexor, J.M. 1979. Quaternary marine formations of the coast of the state of Bahia (Brazil). In: Suguio K. et al (Eds.) Proceedings of the "1978 International Symposium on Costal Evolution in the Quaternary". SãoPaulo (SP), p.232 - 253.
- Bittencourt, A.C.S.P.; Dominguez, J.M.L.; Martin, L.; Ferreira, Y.A. 1982. Dados preliminares sobre a evolução do delta do rio São Francisco (SE/AL) durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. In: Suguio K. et al (Eds.), ATAS DO IV SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL. Rio de Janeiro p.49 - 68.
- Brito et al. 2010. Crescimento Urbano e Alterações Climáticas na Baixada de Jacarepaguá/RJ, Tema 3 - Geodinâmicas: entre os processos naturais e socioambientais. In: II Seminário Ibero-Americanano de Geografia, Universidade de Coimbra, 12p.
- Cabral, S. 1979. *Mapeamento geológico-geotécnico da baixada de Jacarepaguá e maciços circunvizinhos.* . Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 212p.
- Calheiros, A. L. S. 2006. *Variações do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos a.p. na planície costeira de Jacarepaguá – Rio de Janeiro: aplicação do programa CALIB 5.0.1.* . Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 110p.
- Castro, J.W.A. (2010) - Ilhas oceânicas da Trindade e Fernando de Noronha, Brasil: Uma visão da Geologia Ambiental - Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management 10(3):303 - 319.
- CEPERJ – CENTRO ESTADUAL DE ESTATÍSTICAS, PESQUISAS E FORMAÇÃO DE SERVIDORES PÚBLICOS DO RIO DE JANEIRO. Fotos Aéreas: FUNDREM, 1976.
- Coutinho, N.M. 2007. Erosão e deposição de sedimentos no arco de praia da Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 80p.
- Cruz, C.E.S. & Barrocas, S.L.S. 1976. Sedimentação quaternária na Baixada de Jacarepaguá – litoral do Rio de Janeiro. *Roteiro de excursão.* In: Projeto Jacarepaguá, Rio de Janeiro, CENPES/ Petrobrás, p. 89. (relatório interno).
- Dias, G.T.M. & Silva, C.G. 1984. Geologia de depósitos arenosos costeiros emersos: exemplos ao longo do litoral fluminense. In: LACERDA, L.D. (Org.) *Restingas: origem, estruturas e processos.* Niterói: CEUFF, cap.1, p.47-60.

Dominguez, J.M.L. 1982. Evolução Quaternária da planície costeira associada à foz do rio Jequitinhonha (BA): influência das variações do nível do mar e da deriva litorânea de sedimentos. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Dissertação de Mestrado, 79p.

Dominguez, J.M.L. 1999. *Erosão Costeira na região Leste-Nordeste do Brasil*. Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Tese de Doutorado, 175p.

Folk, R.L. & Ward, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal Sedimental Petrology*, v.27, p. 3-27.

IPP, 2011 – Instituto Pereira Passos. Disponível em: [www.portalgeo.rio.rj.gov.br](http://www.portalgeo.rio.rj.gov.br). Acessado em 02/02/2011.

Krumbein, W.C. & Pettijohn, F.J. 1938. Manual of sedimentary petrography. New York: Appleton-Century-Crofts, Inc. 549p.

Maia, M.C.A.C. et al. 1984. Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 33, Rio de Janeiro, 1984. Anais, Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, p.105-118.

Martin, L; Suguio, K; Dominguez, J.M.L.; Flexor, J.M. 1997. Geologia do Quaternário Costeiro do Litoral Norte do Rio de Janeiro e do Estado do Espírito Santo. CPRM/Belo Horizonte, 112 p.

Marques, J.S., 1990, *A participação dos rios no processo de sedimentação da Baixada de Jacarepaguá*. Tese de Doutorado, UNESP, Rio Claro, SP, 435p.

Pilkey, O.H. 1991. Coastal erosion. *Episodes*, v.14, p.46-51.

Roncarati, H.; Neves, L.E. 1976. Estudo preliminar dos sedimentos recentes superficiais da Baixada de Jacarepaguá - Município do Rio de Janeiro, In: Projeto Jacarepaguá, Rio de Janeiro, CENPES/ Petrobrás, p. 89. (relatório interno).

Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação. 1977. Plano Piloto da Baixada de Jacarepaguá e a Expansão Urbana da Cidade do Rio de Janeiro e Jacarepaguá. Rio de Janeiro, 20p.

SGE – SERVIÇO GEOGRÁFICO DO EXÉRITO, 5<sup>a</sup> Divisão de Levantamentos. Fotos Aéreas: Citiplan (RJ) – VOO AST-10, 1964.

Silva, C.G. ; Patchineelam, S.M. ; Batista Neto, J.A. ; Ponzi, V.R.A. 2004. Ambientes de sedimentação costeira e processos morfodinâmicos atuantes na linha de costa. In: BAPTISTA NETO, J.A.; PONZI, V.R.A.; SICHEL, S.E. (Org). *Introdução à geologia marinha*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, Cap. 8, p. 175-218.

SONDOTÉCNICA 1998. Estudo de impacto ambiental para o projeto de recuperação ambiental da macrobacia de Jacarepaguá: diagnóstico meio físico. V. 2. P. 7-14.

SONDOTÉCNICA 1998. Estudo de impacto ambiental para o projeto de recuperação ambiental da macrobacia de Jacarepaguá: diagnóstico meio físico. V. 4. P. 9-15.

Souza, C.R.G.1997. *As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado, 174p. 2v.

Souza, C.R.G.1999. Efeitos e causas da erosão costeira no litoral de São Paulo. In: CONGRESSO DA ABEQUA, 7, Porto Seguro, 1999. Anais...CD-ROM.

Souza, C.R.G.2001b. Coastal erosion risk assessment, shoreline retreat rates and causes of coastal erosion along the State of São Paulo, Brazil. *Revista Pesquisas em Geociências*, v.28, n.2, p.459-475.

Souza, C.R.G & Suguio, K. 2003. The Coastal erosion risk zoning and the São Paulo Plan for Coastal Management. *Journal of Coastal Research*, Special Issue 35, p.530-547.

Suguio, K. 1980. *Rochas Sedimentares, Propriedades, Gênese e Importância Econômica*. São Paulo, Edgard Blücher., 500p.

Suguio, K. & Martin, L. 1978. Quaternary marine formations of the State of São Paulo and Southern Rio de Janeiro. Special Publ. In: "1978 INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COASTAL EVOLUTION IN THE QUATERNARY". São Paulo (SP), 55p.

Suguio, K.; Martin, L.; Dominguez, J.M.L. 1982. Evolução da Planície costeira do rio Doce (ES) durante o Quaternário: influência das flutuações do nível do mar. In: Suguio K. et al (Eds.), ATAS DO IV SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL. Rio de Janeiro p.93 - 116.

Thieler, E.R.; Himmelstoss, E.A.; Zichichi, J.L.; Ergul, Ayhan, 2009. Digital Shoreline Analysis System (DSAS) version 4.0- An ArcGIS extension for calculating shoreline change: U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1278.

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

Zee, D.M.W. 1996. Poluição dos Recursos Hídricos da Baixada de Jacarapaguá. *Estudo Ambiental*. Instituto de Geociências.- Departamento de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 75p.

## 8.2 Bibliografia consultada

Brandão, R.L. 2008. Regiões Costeiras. In: SILVA, C.R. (ed.) *Geodiversidade do Brasil: conhecer o passado, para entender o presente e prever o futuro*. Rio de Janeiro: CPRM – Serviço Geológico do Brasil, p. 90-98.

Calheiros, A. L. S. 2006. *Variações do nível relativo do mar nos últimos 7.000 anos a.p. na planície costeira de Jacarepaguá – Rio de Janeiro: aplicação do programa CALIB 5.0.1.* . Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Mestrado, 110p.

Castro, J.W. A & Coutinho, N. M. (2007) - Erosão e deposição de sedimentos nas praias da Barra da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro - In: 11º Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário – ABEQUA, Belém, CD Rom.

Dias, J.A. 2004. A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos (Uma introdução à oceanografia geológica). Universidade do Algarve. Faro, Portugal, 84p.

Farias, E.G.G & Maia, L.P. 2009. Aplicação de técnicas de geoprocessamento para a análise da evolução da linha de costa em ambientes litorâneos do estado do Ceará. In: *Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Natal, Brasil*, INPE. p.4585-4592.

Guerra, A.J. & Cunha, S.B. (orgs.) 1995. *Geomorfologia – uma atualização de bases e conceitos*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 472p.

Guerra, A.J. & Cunha, S.B. (orgs.) 2001. *Geomorfologia do Brasil*. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil, 2001. 388 p.

Guerra, A.T. & Guerra, A.J.T. 1995. *Novo dicionário geológico-geomorfológico*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 648 p.

Marques, J.S. 1987. Intensificação dos processos responsáveis pela sedimentação em lagoas costeiras – o caso da Lagoa de Jacarepaguá – Tijuca. *Anais do Congresso Brasileiro de Defesa do Meio Ambiente*, Vol. 2, p.556-577.

Muhe, D.C.E.H. 1971. Subsídios ao Estudo da Geomorfologia Costeira - Praia dos Bandeirantes - Restinga de Jacarepaguá, Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Geografia*, V. 2, 33, p.103-136.

Silva, A.C. 2009. Dinâmica Batimétrica e Sedimentológica da Região do Cabo Frio – Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Dissertação de Doutorado, 157p.

Souza, C.R.G.; Filho, P.W.M.S.; Esteves, L.S.; Vital, H.; Dillenburg, S.R.; Patchineelam, S.M. & Addad, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: *Quaternário do Brasil* Editora Holos, capítulo 7, p.130-152.

Suguio, K. 1992. *Dicionário de Geologia Marinha*. São Paulo, Editora T.A.Queiroz, 171p.

Suguio, K. 2003. *Geologia Sedimentar*. São Paulo, Edgard Blücher, 400p.

Villwock, J.A. 1994. A Costa Brasileira: *geologia e evolução*. Porto Alegre: CECO/IG/UFRGS, Notas técnicas v.7, p.38-49.

Villwock, J.A.; Lessa, G. C.; Suguio, K.; Angulo, R. J.; Dillenburg, S. R. . 2005. Geologia e Geomorfologia em Regiões Costeiras. In: SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, A. M. S.; OLIVEIRA, P. E. (Eds.). *Quaternário do Brasil*. São Paulo, Editora Holos, capítulo 5, p.94-113.

## ANEXOS

Anexo A - Fórmulas estatísticas de Folk & Ward (1957)  
 Grão Médio (M)

$$M = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

Desvio Padrão (D)

$$D = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6.6}$$

Valores de	Para	Equivalente
- $\infty$	-1 $\phi$	cascalho
-1	0 $\phi$	areia muito grossa
0	+1 $\phi$	areia grossa
1	+2 $\phi$	areia média
2	+3 $\phi$	areia fina
3	+4 $\phi$	areia muito fina
4	+8 $\phi$	silte
8	$\infty \phi$	argila

Valores de	Para	Equivalente
0,00	0,35 $\phi$	Muito Bem Selecionado
0,35	0,50 $\phi$	Bem Selecionado
0,50	0,71 $\phi$	Moderadamente Bem Selecionado
0,71	1,00 $\phi$	Moderadamente Selecionado
1,00	2,00 $\phi$	Pobremente Selecionado
2,00	4,00 $\phi$	Muito Pobremente Selecionado
4,00	$\infty \phi$	Extremamente Pobremente Selecionado

Escala de Krumbein

Criada por William Christian Krumbein usa o *phi* ( $\Phi$ ), é uma modificação da Escala de Wentworth. É uma escala logarítmica definida por:

$$D = D_0 2^{-\phi}$$

Tal que:  $D$  é o diâmetro da partícula (mm),

$D_0$  é um diâmetro referência, igual a 1 mm e  $\Phi$  é a *escala phi*

Anexos B - Tabelas com os dados obtidos pelas análises sedimentológicas das amostras coletadas.

A1			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	1	0,20%	0,20%
0.0	0,16	0,03%	0,23%
1.0	5,05	1,01%	1,24%
2.0	398,14	79,79%	81,04%
3.0	93,21	18,68%	99,72%
4.0	1,32	0,26%	99,98%
Fundo	0,1	0,02%	100,00%

A2			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,1	0,02%	0,02%
0.0	0,2	0,04%	0,06%
1.0	0,9	0,18%	0,24%
2.0	452,3	91,50%	91,75%
3.0	40,7	8,23%	99,98%
4.0	0,1	0,02%	100,00%
Fundo	0	0,00%	100,00%

A3			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,24	0,05%	0,05%
0.0	15,9	3,63%	3,68%
1.0	27,75	6,33%	10,02%
2.0	365,72	83,45%	93,47%
3.0	28,23	6,44%	99,91%
4.0	0,4	0,09%	100,00%
Fundo	0	0,00%	100,00%

B1			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,10	0,02%	0,02%
0.0	0,40	0,08%	0,10%
1.0	28,40	5,69%	5,79%
2.0	460,10	92,22%	98,02%
3.0	9,40	1,88%	99,90%
4.0	0,40	0,08%	99,98%
Fundo	0,10	0,02%	100,00%

B2			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,1	0,02%	0,02%
0.0	0,1	0,02%	0,04%
1.0	10,9	2,21%	2,25%
2.0	473,2	95,98%	98,24%
3.0	8,6	1,74%	99,98%
4.0	0,10	0,02%	100,00%
Fundo	0,00	0,00%	100,00%

B3			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,27	0,06%	0,06%
0.0	16,73	3,80%	3,86%
1.0	112,69	25,59%	29,45%
2.0	308,48	70,05%	99,50%
3.0	2,20	0,50%	100,00%
4.0	0,00	0,00%	100,00%
Fundo	0,00	0,00%	100,00%

C1			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,50	0,10%	0,10%
0.0	0,50	0,10%	0,20%
1.0	80,40	16,15%	16,36%
2.0	411,50	82,68%	99,04%
3.0	4,00	0,80%	99,84%
4.0	0,40	0,08%	99,92%
Fundo	0,40	0,08%	100,00%

C2			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,10	0,02%	0,02%
0.0	0,30	0,06%	0,08%
1.0	169,90	34,18%	34,26%
2.0	324,80	65,34%	99,60%
3.0	1,90	0,38%	99,98%
4.0	0,10	0,02%	100,00%
Fundo	0,00	0,00%	100,00%

C3			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,40	0,09%	0,09%
0.0	80,93	18,28%	18,37%
1.0	272,08	61,46%	79,84%
2.0	88,62	20,02%	99,86%
3.0	0,50	0,11%	99,97%
4.0	0,13	0,03%	100,00%
Fundo	0,00	0,00%	100,00%

D1			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,1	0,02%	0,02%
0.0	1,21	0,24%	0,26%
1.0	227,39	45,54%	45,80%
2.0	267,7	53,62%	99,42%
3.0	2,65	0,53%	99,95%
4.0	0,18	0,04%	99,99%
Fundo	0,07	0,01%	100,00%

D2			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,1	0,02%	0,02%
0.0	0,4	0,08%	0,10%
1.0	108	22,24%	22,34%
2.0	362,4	74,61%	96,95%
3.0	14,5	2,99%	99,94%
4.0	0,3	0,06%	100,00%
Fundo	0,00	0,00%	100,00%

D3			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,36	0,08%	0,08%
0.0	86,32	19,36%	19,44%
1.0	258,3	57,94%	77,38%
2.0	97,3	21,82%	99,20%
3.0	3,19	0,72%	99,92%
4.0	0,36	0,08%	100,00%
Fundo	0,00	0,00%	100,00%

E1			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	2,05	0,41%	0,41%
0.0	13,26	2,66%	3,07%
1.0	298,01	59,70%	62,77%
2.0	169,17	33,89%	96,66%
3.0	15,20	3,05%	99,71%
4.0	1,30	0,26%	99,97%
Fundo	0,16	0,03%	100,00%

E2			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,00	0,00%	0,00%
0.0	2,18	0,44%	0,44%
1.0	314,32	63,65%	64,09%
2.0	169,20	34,26%	98,36%
3.0	7,20	1,46%	99,82%
4.0	0,40	0,08%	99,90%
Fundo	0,50	0,10%	100,00%

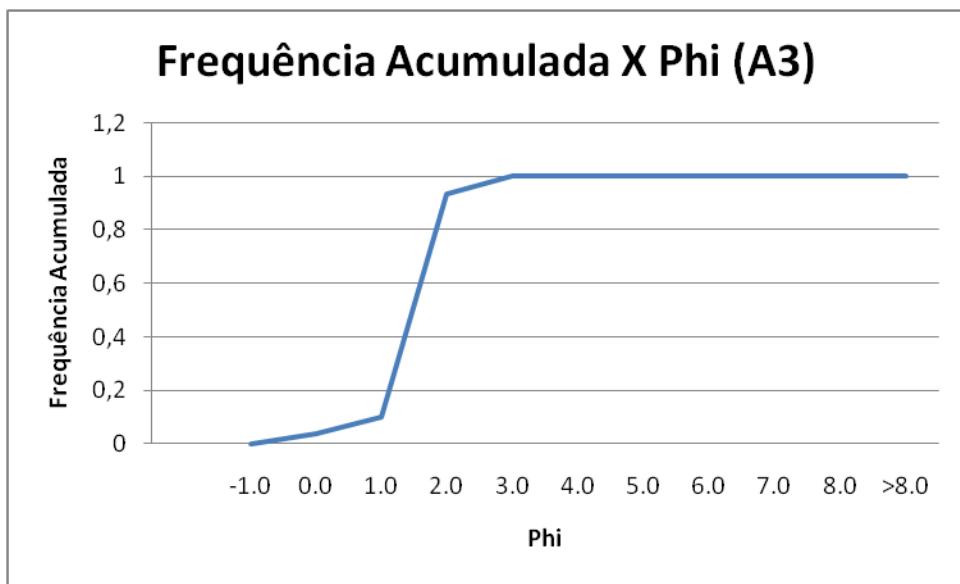
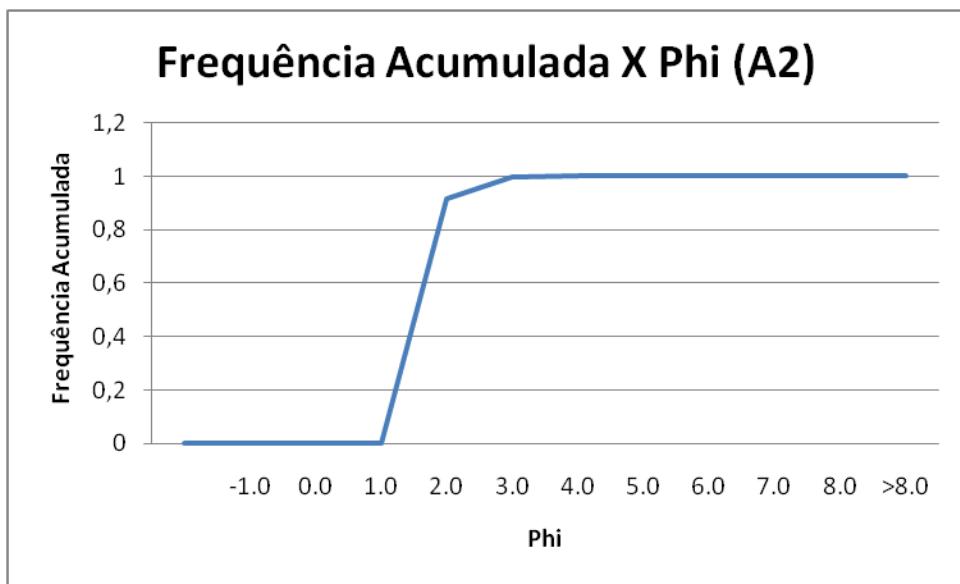
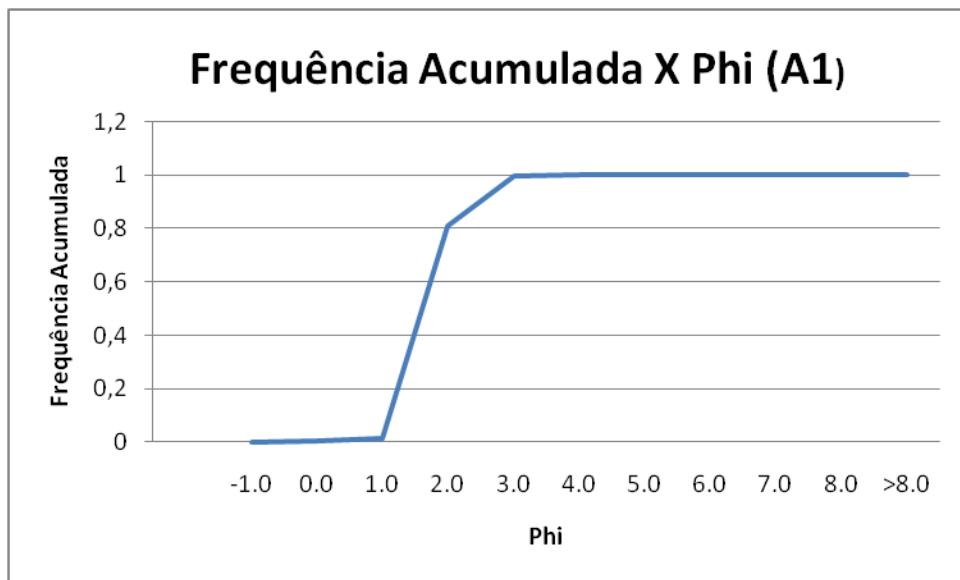
E3			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,32	0,07%	0,07%
0.0	199,02	42,99%	43,06%
1.0	216,26	46,71%	89,77%
2.0	44,95	9,71%	99,48%
3.0	2,17	0,47%	99,95%
4.0	0,11	0,02%	99,98%
Fundo	0,11	0,02%	100,00%

F1			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	0,48	0,10%	0,10%
0.0	50,08	10,04%	10,14%
1.0	302,7	60,70%	70,84%
2.0	136,63	27,40%	98,23%
3.0	8,26	1,66%	99,89%
4.0	0,49	0,10%	99,99%
Fundo	0,06	0,01%	100,00%

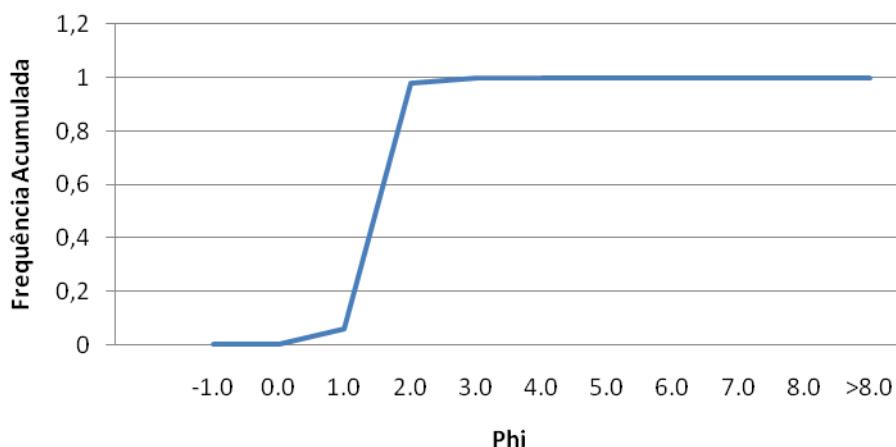
F2			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	1,21	0,24%	0,24%
0.0	141,1	28,40%	28,64%
1.0	314,1	63,22%	91,87%
2.0	39,13	7,88%	99,74%
3.0	1,17	0,24%	99,98%
4.0	0,11	0,02%	100,00%
Fundo	0	0,00%	100,00%

F3			
CLASSE (phi)	PESO (g)	% EM PESO	% ACUMULADA
-1.0	7,44	1,69%	1,69%
0.0	229,69	52,19%	53,88%
1.0	160,45	36,46%	90,33%
2.0	41,57	9,45%	99,78%
3.0	0,88	0,20%	99,98%
4.0	0,06	0,01%	99,99%
Fundo	0,03	0,01%	100,00%

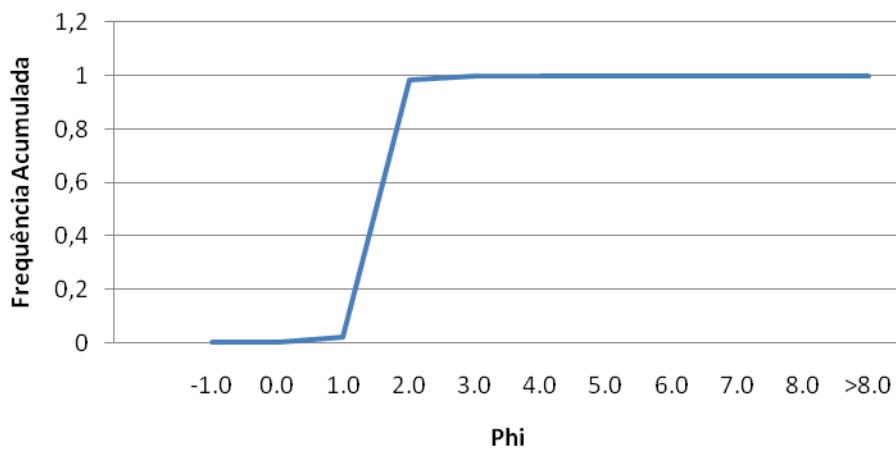
Anexos C - Gráficos de freqüência relativa versus phi das amostras coletadas.



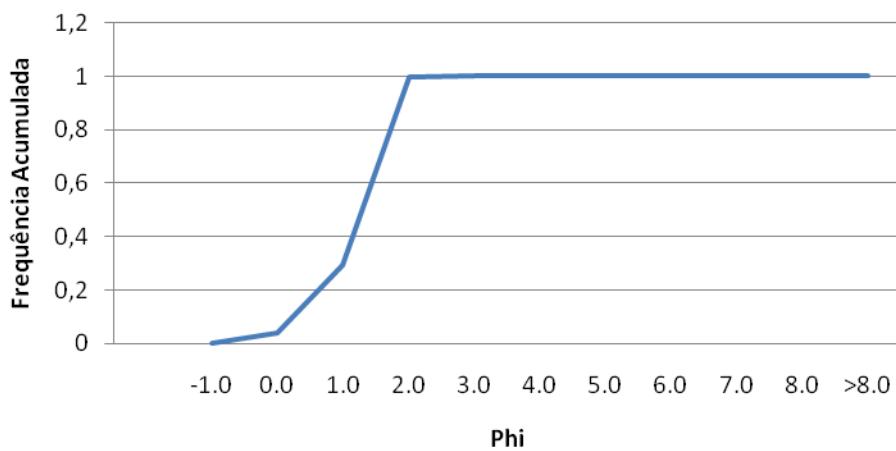
### Frequência Acumulada X Phi (B1)



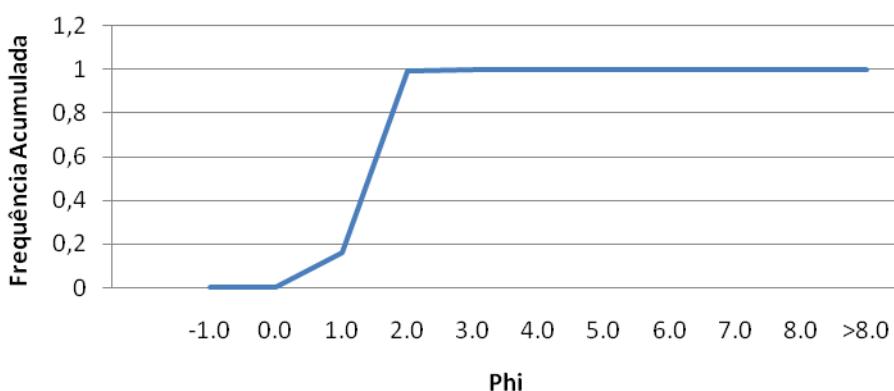
### Frequência Acumulada X Phi (B2)



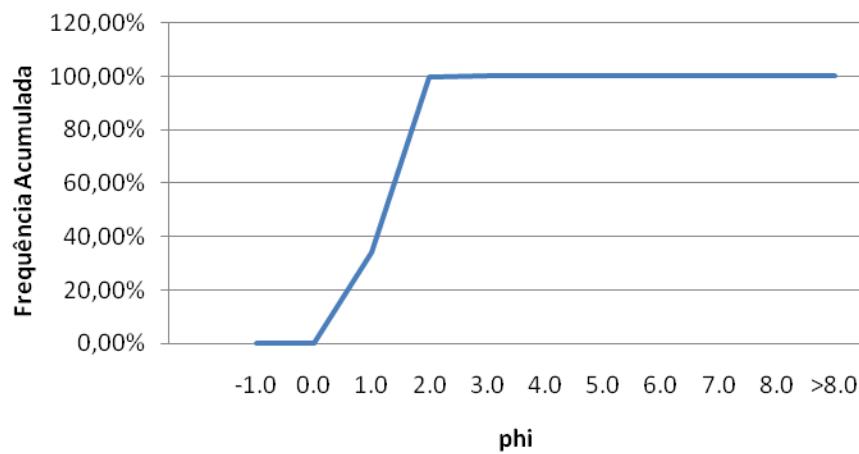
### Frequência Acumulada X Phi (B3)



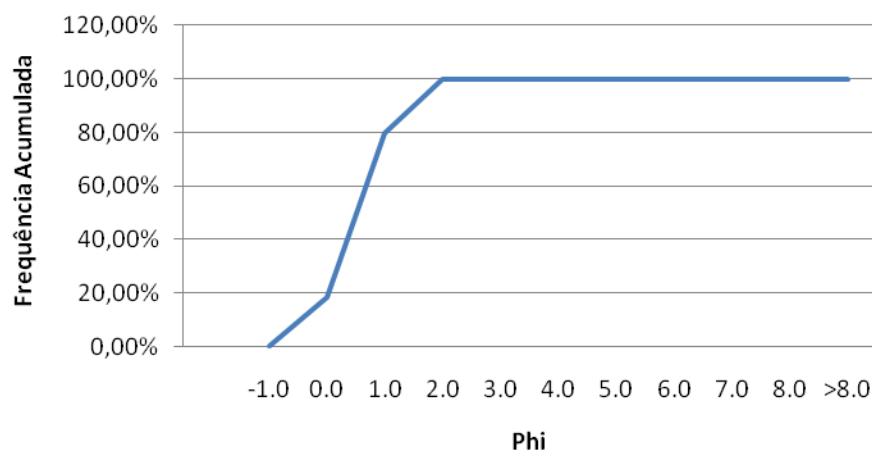
### Frequência Acumulada X Phi (C1)



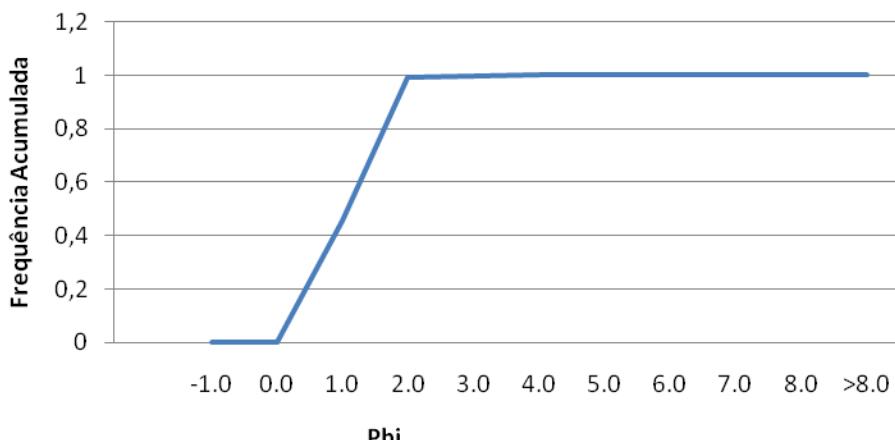
### Frequência Acumulada X Phi (C2)



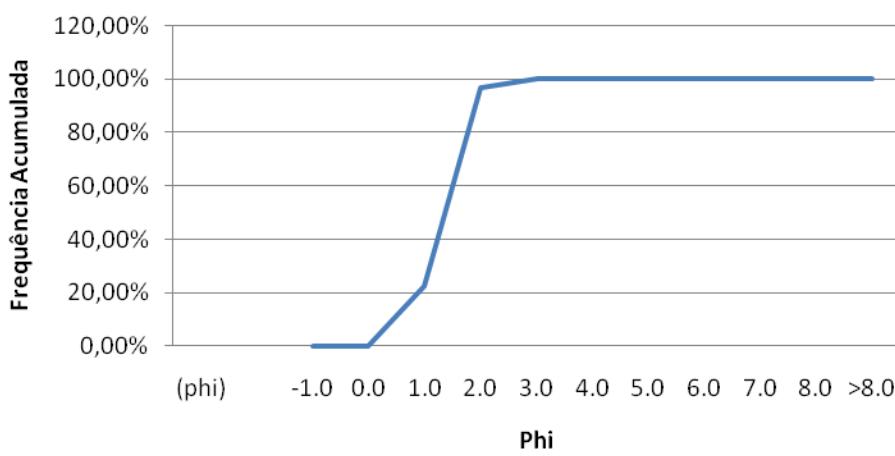
### Frequência Acumulada X Phi (C3)



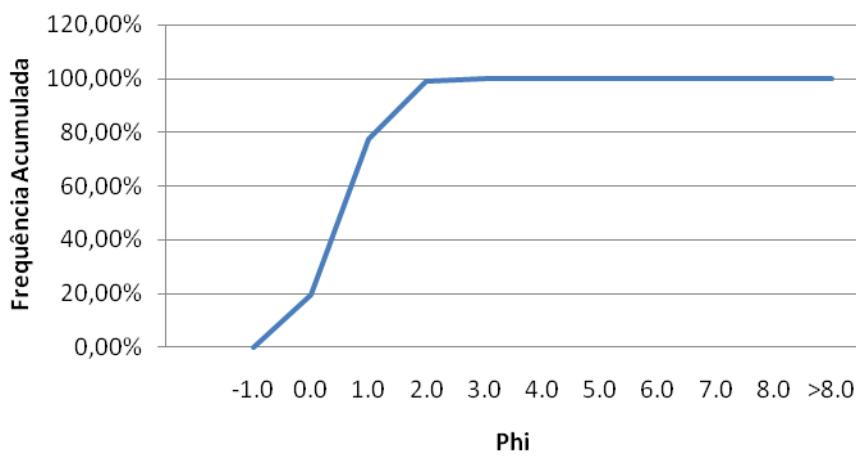
### Frequência Acumulada X Phi (D1)



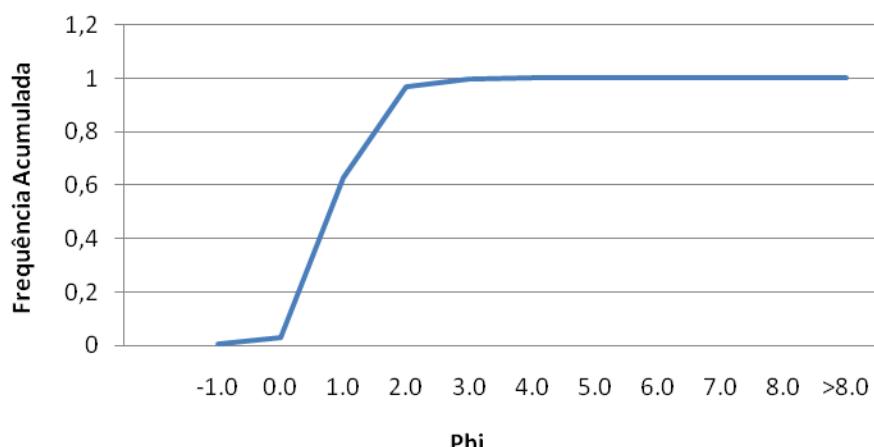
### Frequência Acumulada X Phi (D2)



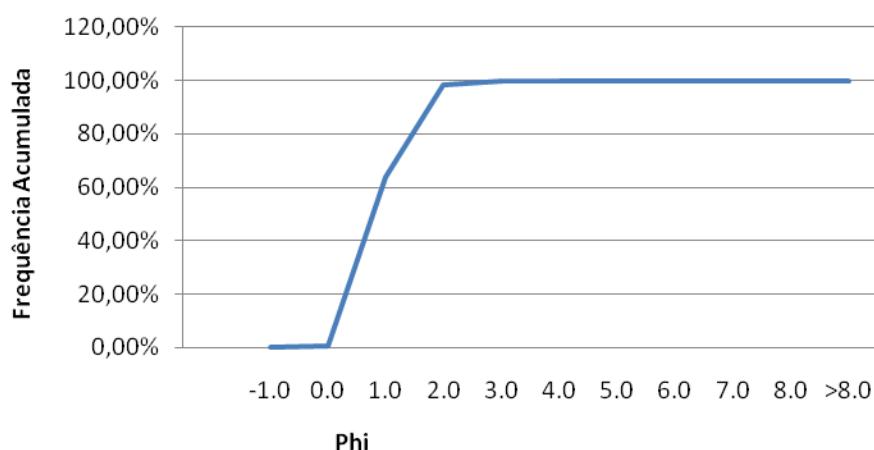
### Frequência Acumulada X Phi (D3)



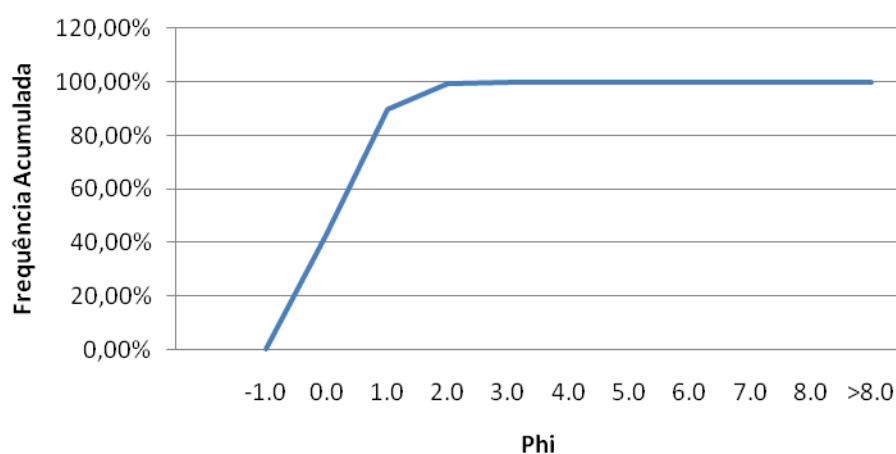
### Frequência Acumulada X Phi (E1)



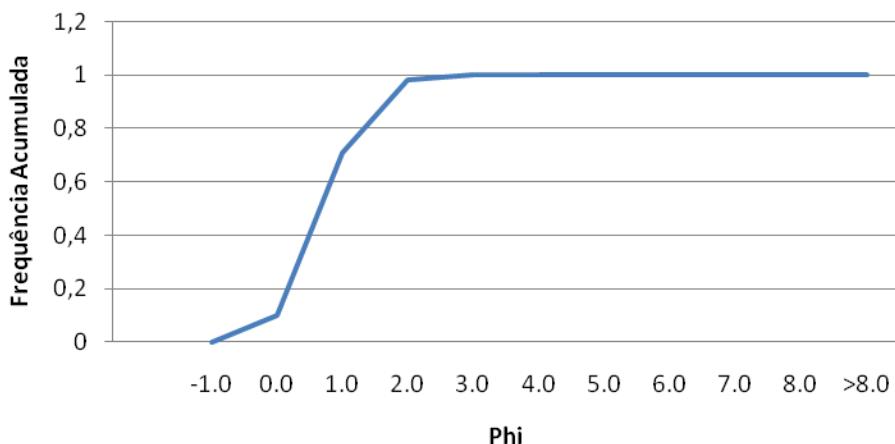
### Frequência Acumulada X Phi (E2)



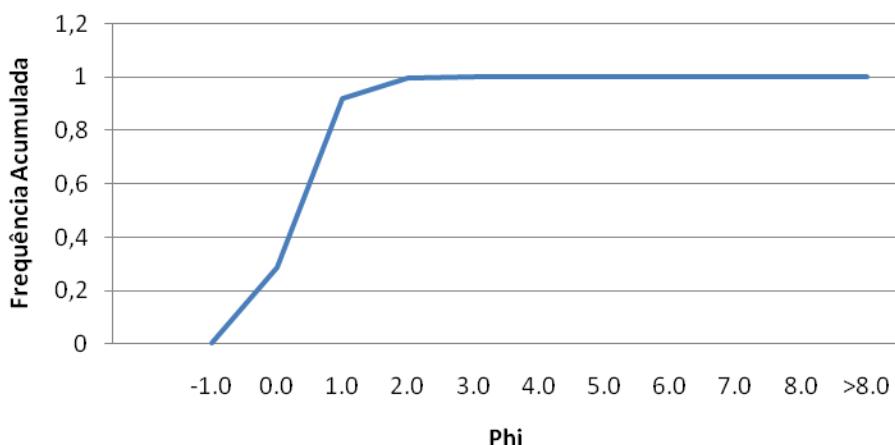
### Frequência Acumulada X Phi (E3)



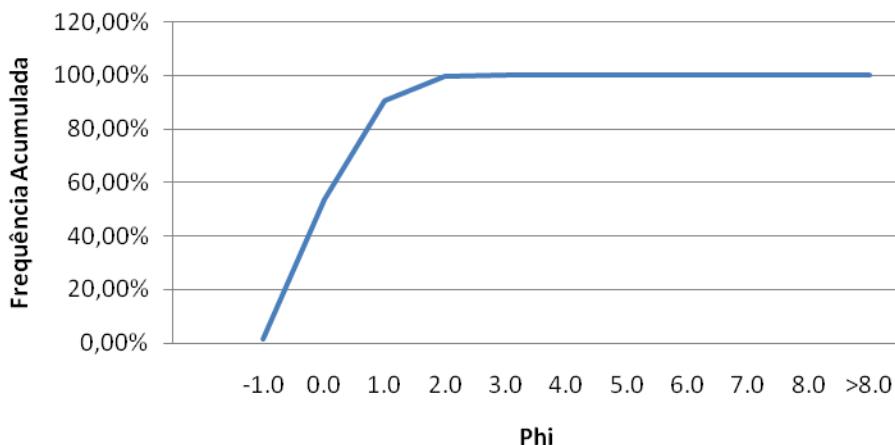
### Frequência Acumulada X Phi (F1)



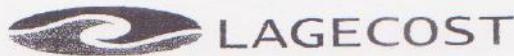
### Frequência Acumulada X Phi (F2)



### Frequência Acumulada X Phi (F3)



Anexo D - Formulário de anotações das amostras sedimentológicas analisadas



**Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente - Setor de  
Estratigrafia, Sedimentologia e Geologia Histórica / DGP  
Museu Nacional  
Universidade Federal do Rio de Janeiro - UFRJ**

PROJETO: \_\_\_\_\_

LOCAL: \_\_\_\_\_ AMOSTRA: \_\_\_\_\_

SECÇÃO OU TERRAÇO: \_\_\_\_\_ DATA: \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

PESO INICIAL (g): \_\_\_\_\_ PESO FINAL (g): \_\_\_\_\_ PERDA (g): \_\_\_\_\_

**ANÁLISE GRANULOMÉTRICA**

Diâmetro (mm)	Phi (Φ)	Escala Wentworth (americana)	Peso (g)	Peso (%)	Peso acumulado (%)
256	- 8,0	Matacão			
64	- 6,0	Bloco			
4	- 2,0	Seixo			
2	- 1,0	Grânulo			
1	0,0	Areia muito grossa			
0,500	+ 1,0	Areia grossa			
0,250	+ 2,0	Areia média			
0,125	+ 3,0	Areia fina			
0,0625	+ 4,0	Areia muito fina			
0,03125	+ 5,0	Silte grosso			
0,015625	+ 6,0	Silte médio			
0,0078125	+ 7,0	Silte fino			
0,00390625	+ 8,0	Silte muito fino			
0,00195	+ 9,0	Argila grossa			
0,00097	+ 10,0	Argila média			
0,00048		Ultra-argila			

OBSERVAÇÕES:

Mediana Φ	
Mediana mm	
Média Φ	
Assimetria	
Desvio Padrão	
Curtose	
Silte (%)	

**ARREDONDAMENTO**

Limites de classes de arredondamento	Graus de arredondamento	Ponto médio
Angular		
Subangular		
Subarredondado		
Arredondado		
Bem-arredondado		

**MINERALOGIA**

MINERAIS PESADOS: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MINERAIS LEVES: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

MINERAIS DE ARGILA: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Anexo E - Dados obtidos pela Ferramenta DSAS

Transect	Shoreline	Distância em Relação à Baseline
1	07/04/1976	30,49
1	07/04/2004	33,26
2	07/04/1976	47,98
2	07/04/2004	34,19
3	07/04/1976	62,08
3	07/04/2004	56,52
4	07/04/1976	50,18
4	07/04/2004	50,52
5	07/04/1976	44,95
5	07/04/2004	47,57
6	07/04/1976	54,64
6	07/04/2004	50,80
7	07/04/1976	57,35
7	07/04/2004	39,72
8	07/04/1976	50,54
8	07/04/2004	41,04
9	07/04/1976	23,91
9	07/04/2004	31,95
10	07/04/1976	25,86
10	07/04/2004	18,97
11	07/04/1976	36,61
11	07/04/2004	30,32
12	07/04/1976	46,06
12	07/04/2004	36,28
13	07/04/1976	25,59
13	07/04/2004	28,05
14	07/04/1976	28,85
14	07/04/2004	23,11
15	07/04/1976	31,41
15	07/04/2004	21,69
16	07/04/1976	31,89
16	07/04/2004	27,96
17	07/04/1976	40,63
17	07/04/2004	27,42
18	07/04/1976	27,29
18	07/04/2004	28,64
19	07/04/1976	35,43
19	07/04/2004	26,85
20	07/04/1976	30,10
20	07/04/2004	22,65

Transect	Shoreline	Distância em Relação à Baseline
21	07/04/1976	19,44
21	07/04/2004	26,43
22	07/04/1976	28,38
22	07/04/2004	30,93
23	07/04/1976	24,98
23	07/04/2004	25,22
24	07/04/1976	36,65
24	07/04/2004	29,12
25	07/04/1976	43,26
25	07/04/2004	23,66
26	07/04/1976	41,09
26	07/04/2004	23,34
27	07/04/1976	46,31
27	07/04/2004	25,94
28	07/04/1976	41,14
28	07/04/2004	33,81
29	07/04/1976	46,21
29	07/04/2004	28,09
30	07/04/1976	53,72
30	07/04/2004	30,71
31	07/04/1976	50,15
31	07/04/2004	31,29
32	07/04/1976	59,36
32	07/04/2004	29,37
33	07/04/1976	66,38
33	07/04/2004	26,87
34	07/04/1976	65,46
34	07/04/2004	25,85
35	07/04/1976	54,75
35	07/04/2004	20,31
36	07/04/1976	43,13
36	07/04/2004	22,63
37	07/04/1976	26,00
37	07/04/2004	20,44
38	07/04/1976	23,24
38	07/04/2004	18,98
39	07/04/1976	19,21
39	07/04/2004	20,81
40	07/04/1976	17,70
40	07/04/2004	16,52

Transect	Shoreline	Distância em Relação à Baseline
41	07/04/1976	26,01
41	07/04/2004	21,34
42	07/04/1976	24,31
42	07/04/2004	26,17
43	07/04/1976	30,61
43	07/04/2004	31,31
44	07/04/1976	26,86
44	07/04/2004	27,15
45	07/04/1976	17,12
45	07/04/2004	27,02
46	07/04/1976	9,24
46	07/04/2004	29,57
47	07/04/1976	12,86
47	07/04/2004	36,99
48	07/04/1976	11,09
48	07/04/2004	38,36
49	07/04/1976	16,66
49	07/04/2004	35,79
50	07/04/1976	27,82
50	07/04/2004	43,15
51	07/04/1976	32,48
51	07/04/2004	28,44
52	07/04/1976	34,75
52	07/04/2004	46,00
53	07/04/1976	34,54
53	07/04/2004	44,65
54	07/04/1976	30,66
54	07/04/2004	42,73
55	07/04/1976	43,49
55	07/04/2004	40,32
56	07/04/1976	39,71
56	07/04/2004	32,11
57	07/04/1976	43,59
57	07/04/2004	35,59
58	07/04/1976	35,93
58	07/04/2004	43,92
59	07/04/1976	12,07
59	07/04/2004	35,71
60	07/04/1976	26,28
60	07/04/2004	36,02
61	07/04/1976	30,97
61	07/04/2004	37,47