

Pedro Macacchero Lago de Sá Rodrigues

**EROSÃO E ACREÇÃO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS DA ZONA
OESTE DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO: APLICAÇÃO DO
*SOFTWARE DSAS***

**Trabalho Final de Curso
(Geologia)**

UFRJ
Rio de Janeiro
2017



Pedro Macacchero Lago de Sá Rodrigues

**EROSÃO E ACREÇÃO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS DA ZONA OESTE DA
CIDADE DO RIO DE JANEIRO: APLICAÇÃO DO *SOFTWARE DSAS***

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 de Alencar Castro

Rio de Janeiro
Julho/2017

PEDRO, Macacchero Lago de Sá Rodrigues
**Erosão e Acreção de Sedimentos nas Praias da
Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro:
Aplicação do *Software DSAS*** / Pedro Macacchero
Lago de Sá Rodrigues - Rio de Janeiro: UFRJ /
IGEO 2017
x, 69 p.: il.; 30cm
Trabalho Final de Curso (Geologia) – Universidade
Federal do Rio de Janeiro, Instituto de Geociências,
Departamento de Geologia, 2017.
Orientador: João Wagner de Alencar Castro
1. Geologia. 2. Setor de Estratigrafia. I. João
Wagner de Alencar Castro da UFRJ.
II. Universidade Federal do Rio de Janeiro,
Instituto de Geociências, Departamento de
Geologia. III. Erosão e Acreção de Sedimentos
nas Praias da Zona Oeste da Cidade do Rio de
Janeiro: Aplicação do *Software DSAS*

Pedro Macacchero Lago de Sá Rodrigues

EROSÃO E ACREÇÃO DE SEDIMENTOS NAS PRAIAS DA ZONA OESTE DA
CIDADE DO RIO DE JANEIRO: APLICAÇÃO DO *SOFTWARE DSAS*

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 de Alencar Castro

Aprovada em:

Por:

Prof. Dr. João Wagner Alencar Castro (UFRJ)

Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seoane (UFRJ)

D.Sc. Júlia Varella Malta (UFRJ)

UFRJ
Rio de Janeiro
2017

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço à minha família, em especial meus pais, Sérgio de Sá Rodrigues e Rosângela Macacchero Lago de Sá Rodrigues, e meu irmão, Rafael Macacchero Lago de Sá Rodrigues, por sempre me apoiarem com muito carinho e terem sido responsáveis por moldar a pessoa que sou hoje.

Ao meu orientador, Prof. Dr. João Wagner de Alencar Castro, por todos os ensinamentos, por acreditar em mim e me guiar mesmo nos momentos mais difíceis.

Ao Laboratório de Geologia Costeira, Sedimentologia e Meio Ambiente do Museu Nacional - UFRJ (LAGECOST) pela estrutura fornecida.

Aos funcionários da Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ), em especial a Antonio Marquioni Filho, pela doação das fotos aéreas de 1976.

Ao Prof. Dr. José Carlos Sícoli Seoane e ao Prof. Dr. Paulo Márcio Leal de Menezes pelo auxílio na busca pelas fotos áreas e ortofotos usadas neste trabalho.

Às secretárias Anadja Soares e Rosi da Cruz, e ao Prof. Dr. Atlas Correa Neto pela ajuda e orientação com processos burocráticos.

Por fim, um agradecimento especial aos meus amigos Caíque Lima Cabral, Gabriel Miranda Costa, João Pedro Proença Bento, Letícia Correa de Moura e Lorena Pastana Martins pelo companheirismo e incentivo, tanto nos momentos felizes, quanto nos momentos difíceis.

Resumo

MACACCHERO LAGO DE SÁ RODRIGUES, Pedro. **Erosão e Acreção de Sedimentos nas Praias da Zona Oeste da Cidade do Rio de Janeiro: Aplicação do *Software DSAS***. 2017. x, 69 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

O presente trabalho foi realizado nas Praias do Recreio dos Bandeirantes, Reserva e Barra da Tijuca, localizadas na zona oeste da cidade do Rio de Janeiro, visando obter um maior conhecimento sobre o transporte de sedimentos na área e destacar as regiões onde há maior suscetibilidade à erosão ou acreção, através da observação de variações da linha de costa com o passar dos anos. Foram georreferenciadas três fotos aéreas e três imagens de satélite, compreendendo um período de aproximadamente 40 anos, para que estas fossem processadas no *software Digital Shoreline Analysis System (DSAS)*. Com isso, foi possível realizar os cálculos estatísticos de variação de linha de costa, que permitiram constatar uma orientação preferencial de transporte dos sedimentos de oeste para leste. Na porção oeste pode-se observar uma maior tendência à erosão com uma taxa de 0,525m/ano. As porções centrais encontram-se, em média, em uma situação mais estável com leve acreção de 0,08 e 0,16m/ano. Já a porção leste abriga os maiores valores de acreção, com uma taxa de 0,295m/ano.

Palavras-chave: Erosão costeira, Linha de costa, Geoprocessamento, *Digital Shoreline Analysis System*

Abstract

MACACCHERO LAGO DE SÁ RODRIGUES, Pedro. **Erosion and Accretion of Sediments on the Beaches of the Western Zone of Rio de Janeiro City: Application of the DSAS Software.** 2017. x, 69 f. Trabalho Final de Curso (Geologia) - Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.

This study took place in Recreio dos Bandeirantes, Reserva and Barra da Tijuca beaches, located in the western zone of the city of Rio de Janeiro, in order to obtain a better knowledge about sediment transport in the area and highlight the regions where there is a greater susceptibility to erosion or accretion, by observing variations of the coastline over the years. Three aerial photographs and three satellite images, comprising a period of approximately 40 years, were georeferenced and then processed in the Digital Shoreline Analysis System (DSAS) software. Only then it was possible to perform the statistical calculations of coastline variation, that showed a preferential orientation of sediment transport from west to east. In the western area, a greater tendency to erosion can be observed, with a rate of 0,525m/year. The central areas are, in average, in a more stable situation with slight accretion of 0,08 and 0,16m/year. The eastern area has the highest accretion values, with a rate of 0,295m/year.

Key-words: Coastal erosion, Coast line, Geoprocessing, Digital Shoreline Analysis System

Lista de figuras

Figura 1 - Localização da área de estudo no contexto da cidade do Rio de Janeiro.....	4
Figura 2 - Coluna crono-estratigráfica da planície costeira de Jacarepaguá. Fonte: Pereira <i>et al.</i> (2012), modificado de Roncarati & Neves (1976).....	12
Figura 3 - Cobertura sedimentar da Baixada de Jacarepaguá separada com relação à idade dos depósitos. Fonte: Souza Cruz & Barrocas (1976).....	13
Figura 4 - Mapa geológico da planície costeira de Jacarepaguá. Fonte: Pereira <i>et al.</i> (2012), modificado de Roncarati & Neves (1976).....	15
Figura 5 - Compartimentação geológica-geomorfológica da área de influência direta do sistema sedimentar Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. Fonte: Souza Cruz & Barrocas (1976).....	16
Figura 6 - Estágio I – 7000 a 5000 anos A.P.. Estabelecimento da primeira ilha barreira e da primeira zona lagunar. Fonte: Maia <i>et al.</i> (1984).....	17
Figura 7 - Estágio II - Regressão de 5100 a 3800 anos A.P., construção da primeira zona de progradação. Fonte: Maia <i>et al.</i> (1984).....	18
Figura 8 - Estágio III - Máximo de 3500 anos A.P.. Estabelecimento da segunda ilha barreira e da segunda laguna. Fonte: Maia <i>et al.</i> (1984).....	19
Figura 9 - Estágio IV - Regressão de 3500 anos A.P. até o presente. Construção da segunda zona de progradação. Fonte: Maia <i>et al.</i> (1984).....	20
Figura 10 - (A) Mosaico das fotos aéreas de 1976 referentes ao arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. (B) Mosaico das ortofotos de 1999 referentes ao arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. (C) Mosaico das ortofotos de 2005 referentes ao arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes.....	26
Figura 11 - Compartimentação dos segmentos de praia do arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes.....	30
Figura 12 - Imagem georreferenciada demonstrando os 20 <i>transects</i> que representam o segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes.....	31
Figura 13 - (A) Imagem georreferenciada demonstrando os 25 <i>transects</i> que representam o segmento oeste da Praia da Reserva. (B) Imagem georreferenciada demonstrando os 25 <i>transects</i> que representam o segmento leste da Praia da Reserva.....	33

Figura 14 - (A) Imagem georreferenciada demonstrando os 20 <i>transects</i> que representam o segmento oeste da Praia da Barra da Tijuca. (B) Imagem georreferenciada demonstrando os 20 <i>transects</i> que representam o segmento leste da Praia da Barra da Tijuca.....	36
Figura 15 - Imagem georreferenciada demonstrando os 12 <i>transects</i> que representam o segmento da Praia do Pepê.....	39
Figura 16 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes, compreendido entre os <i>transects</i> 8 e 12.....	42
Figura 17 - Gráfico relacionando os <i>transects</i> 1 a 20 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em <i>EPR</i> e <i>LRR</i>	43
Figura 18 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia da Reserva, compreendido entre os <i>transects</i> 35 e 39.....	44
Figura 19 - Gráfico relacionando os <i>transects</i> 21 a 70 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em <i>EPR</i> e <i>LRR</i>	45
Figura 20 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia da Barra da Tijuca, compreendido entre os <i>transects</i> 90 e 93.....	46
Figura 21 - Gráfico relacionando os <i>transects</i> 71 a 110 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em <i>EPR</i> e <i>LRR</i>	47
Figura 22 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia do Pepê, compreendido entre os <i>transects</i> 115 e 117.....	48
Figura 23 - Gráfico relacionando os <i>transects</i> 111 a 122 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em <i>EPR</i> e <i>LRR</i>	49
Figura 24 - Gráfico mostrando as áreas de erosão e acreção de sedimentos ao longo de todo o arco praiado estudado.....	50

Lista de quadros

Quadro 1 - Principais consequências relacionadas à erosão costeira.....	6
Quadro 2 - Principais indicadores de erosão costeira no Brasil.....	7
Quadro 3 - Fatores naturais e antrópicos responsáveis pela erosão costeira no Brasil.....	9
Quadro 4 - Fonte, data, escala e tipo de foto referente à área de estudo.....	25

Lista de tabelas

Tabela 1 - Tabela de dados correspondente aos 20 <i>transects</i> que representam o segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes.....	32
Tabela 2 - Tabela de dados correspondente aos 50 <i>transects</i> que representam o segmento da Praia da Reserva.....	35
Tabela 3 - Tabela de dados correspondente aos 40 <i>transects</i> que representam o segmento da Praia da Barra da Tijuca.....	38
Tabela 4 - Tabela de dados correspondente aos 12 <i>transects</i> que representam o segmento da Praia do Pepê.....	40

Sumário

Agradecimentos.....	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Lista de figuras.....	vi
Lista de quadros.....	viii
Lista de tabelas.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo geral.....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA.....	4
4. HISTÓRICO DO PROCESSO DE EROÇÃO COSTEIRA NO BRASIL.....	5
5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL.....	11
5.1. Condições geológicas e geomorfológicas.....	11
5.1.1. Condições geológicas.....	11
5.1.2. Condições geomorfológicas.....	20
5.2. Condições oceanográficas.....	21
5.2.1. Clima de ondas e deriva litorânea.....	21
5.2.2. Marés.....	22
6. MATERIAL E MÉTODO.....	24
6.1. Aquisição de dados cartográficos.....	24
6.2. Georreferenciamento.....	25
6.3. Cálculo das variações de linha de costa.....	27
7. RESULTADOS.....	30
8. DISCUSSÃO.....	41
9. CONCLUSÕES.....	51
Referências bibliográficas.....	53

1. INTRODUÇÃO

No decorrer das últimas quatro décadas, os bairros da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes foram uns dos que apresentaram maior crescimento e ocupação da cidade do Rio de Janeiro. Segundo Fernandes (2013), o processo de urbanização e zoneamento local teve início em 23 de junho de 1969, sendo o arquiteto Lúcio Costa encarregado de elaborar e apresentar o Plano Piloto. Teve como objetivo controlar a rápida expansão urbana que dominava os espaços naturais, uma vez que a área era uma das últimas disponíveis para onde a cidade poderia se expandir. A irreversível ocupação teve como intuito dar continuidade à orla da zona sul, expandindo a área residencial mais valorizada do Rio de Janeiro.

Infelizmente, esse avanço acompanhou a intensificação dos processos de erosão das praias locais. Segundo Coutinho (2007) e Sousa (2011), a principal causa deste processo erosivo é a ação de ondas de tempestade provenientes do sudoeste associada às ocupações e intervenções indevidas, como a ampliação da Avenida Lúcio Costa e a construção de uma ciclovia sobre a faixa de berma "*backshore*", que ocasionaram, em alguns locais, a ruptura do balanço sedimentar.

A erosão costeira é um processo geológico que ocorre ao longo da linha de costa, atingindo promontórios, estuários, deltas, costões rochosos, falésias e praias arenosas (Souza *et al.* 2005). Trata-se de um processo natural resultante de mecanismos decorrentes da sobrelevação do nível do mar, mudanças climáticas, dinâmica de circulação costeira e ausência de aporte sedimentar. As intervenções antrópicas aceleram ainda mais esse processo através da urbanização, construção de barragens, implantação de estruturas rígidas de engenharia transversais ou paralelas à linha de costa e retirada de areia da praia (Castro,

1996). Cerca de 20% das linhas de costa de todo planeta são formadas por praias arenosas, das quais 70% estão em processo erosivo, 20% em engordamento e 10% encontram-se em estabilidade (Bird, 1999).

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*” por avenidas e ciclovias. 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).

O escopo deste trabalho consiste em um estudo das variações de linha de costa através de ferramentas de geoprocessamento, como os *softwares Digital Shoreline Analysis System (DSAS)* e *Aeronautical Reconnaissance Coverage Geographic Information System (ArcGIS)*, com o intuito de atualizar e aprimorar os conhecimentos sobre o transporte sedimentar atuante nas praias da Barra da Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes, possibilitando o cálculo de taxas de erosão e acreção de sedimentos.

2. OBJETIVO

2.1. Objetivo geral

O presente trabalho objetiva estudar o processo de erosão e acreção de sedimentos nas praias da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro utilizando o *software DSAS*.

2.2. Objetivos específicos

- 1) Identificar áreas submetidas a processos de erosão costeira.
- 2) Identificar áreas submetidas a processos de acreção de sedimentos.
- 3) Calcular a taxa de erosão de linha de costa nos últimos 40 anos.
- 4) Verificar a viabilidade do *software* utilizado.

3. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

A área de estudo situa-se na faixa frontal à Avenida Lúcio Costa, envolvendo a Praia da Barra da Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes, entre os promontórios da Joatinga (leste) e de Sernambetiba (oeste). O arco praias se prolonga por cerca de 18km com uma faixa de areia entre 60 e 80m, podendo atingir 100m. Localiza-se entre as latitudes $23^{\circ}01'58.5''\text{S}$ e $23^{\circ}00'52.8''\text{S}$, longitudes $43^{\circ}28'14.2''\text{W}$ e $43^{\circ}17'52.8''\text{W}$ (Figura 1).

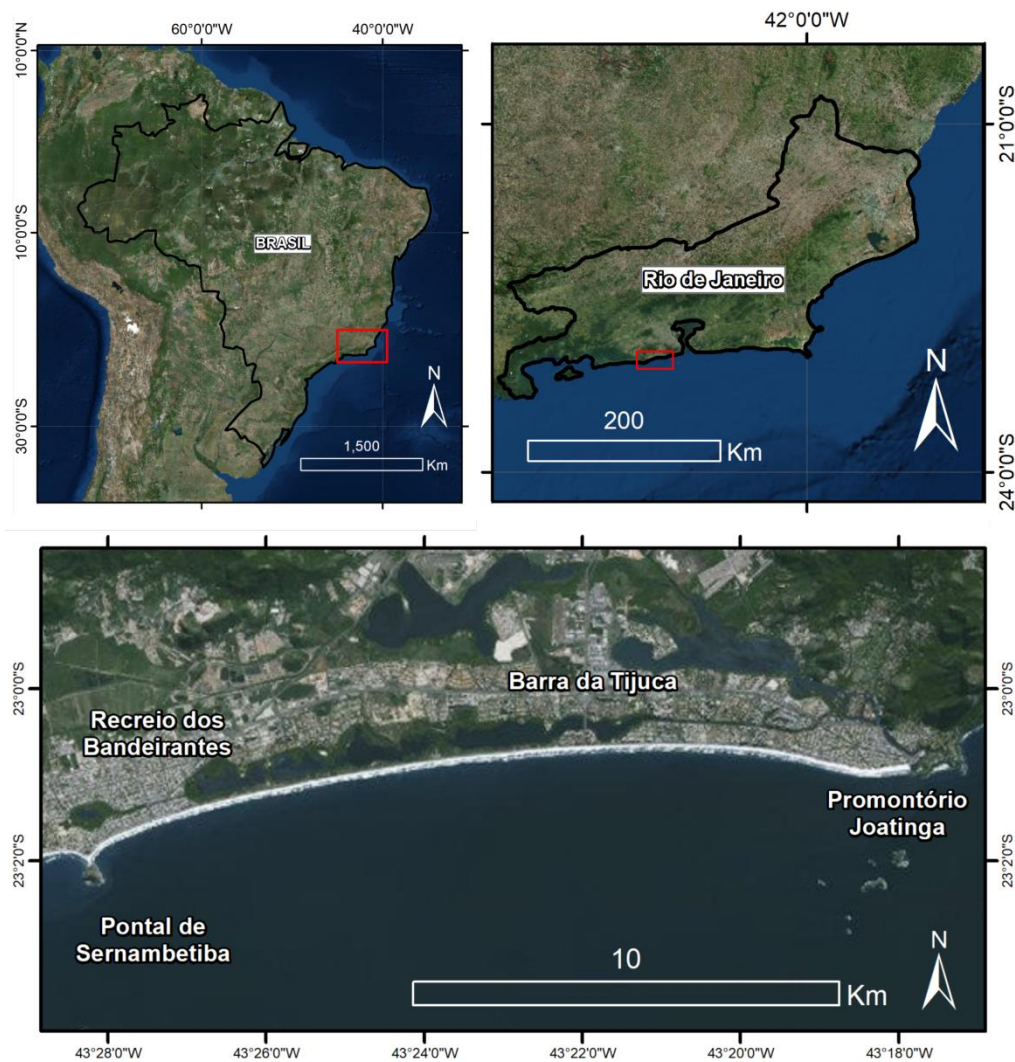


Figura 1 - Localização da área de estudo no contexto da cidade do Rio de Janeiro.

4. HISTÓRICO DO PROCESSO DE EROÇÃO COSTEIRA NO BRASIL

Segundo Souza *et al.* (2005), a erosão costeira é um processo que ocorre ao longo da linha de costa, atingindo promontórios, falésias e praias (erosão praial). Trata-se de um processo natural decorrente de balanço sedimentar negativo. A erosão costeira é um problema que aflige não só as praias como diversos outros ambientes litorâneos, podendo também prejudicar atividades antrópicas e instalações urbanas. Souza *et al.* (2005) e Souza (2009) ressaltaram as principais consequências relacionadas a esse problema, estando estas representadas no Quadro 1.

Quadro 1 - Principais consequências relacionadas à erosão costeira.

1	Redução na largura da praia e retrogradação ou recuo da linha de costa (se a área adjacente da planície costeira não for urbanizada, a tendência de longo período será de migração transversal do perfil praial rumo ao continente; se for urbanizada, pode não haver “espaço” físico para essa migração);
2	Desaparecimento da zona de pós-praia;
3	Perda e desequilíbrio de habitats naturais, como praias ou alguma de suas zonas, dunas, manguezais, florestas de “restinga” (Souza <i>et al.</i> , 2008) que bordejam as praias e costões rochosos, com alto potencial de perda de espécies que habitam esses ambientes;
4	Aumento na frequência e magnitude de inundações costeiras, causadas por ressacas (marés meteorológicas) ou eventos de marés de sizígia muito elevados;
5	Aumento da intrusão salina no aquífero costeiro e nas drenagens superficiais da planície costeira;
6	Perda de propriedades e bens públicos e privados ao longo da linha de costa;
7	Destruição de estruturas artificiais paralelas e transversais à linha de costa;
8	Perda do valor imobiliário de habitações costeiras;
9	Perda do valor paisagístico da praia e/ou da região costeira;
10	Comprometimento do potencial turístico da região costeira;
11	Prejuízos nas atividades socioeconômicas da região costeira;
12	Artificialização da linha de costa, devido à construção de obras costeiras (para proteção e/ou recuperação ou mitigação);
13	Gastos astronômicos com a recuperação de praias e reconstrução da orla marítima (incluindo propriedades públicas e privadas, equipamentos urbanos diversos e estruturas de apoio náutico, de lazer e de saneamento).

No Brasil, embora a erosão costeira venha se tornando um risco geológico crescente, chamando atenção das autoridades, principalmente a partir da década de 1980, investigações mais detalhadas sobre suas causas são relativamente recentes e ganharam impulso na década de 1990. De acordo com Souza (1997 e 2001b) e Souza & Suguio (2003), os principais indicadores de erosão costeira encontrados no Brasil estão representados no Quadro 2.

Quadro 2 - Principais indicadores de erosão costeira no Brasil.

1	Pós-praia muito estreita ou inexistente devido à inundação permanente durante as preamares de sizígia (praias urbanizadas ou não);
2	Retrogradação geral da linha de costa nas últimas décadas, com diminuição da largura da praia em toda a sua extensão, ou mais acentuadamente em determinados locais dela (praias urbanizadas ou não);
3	Erosão progressiva de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, sem o desenvolvimento de falésias ou escarpamentos em dunas e terraços marinhos (praias urbanizadas ou não);
4	Intensa erosão de depósitos marinhos e/ou eólicos pleistocênicos a atuais que bordejam as praias, provocando o desenvolvimento de falésias com alturas de até dezenas de metros (praias urbanizadas ou não);
5	Destruição de faixas frontais de vegetação de “restinga” ou de manguezal e/ou presença de raízes e troncos em posição de vida soterrados na praia, causadas pela erosão acentuada ou o soterramento da vegetação devido à retrogradação/migração da linha de costa sobre o continente;
6	Exumação e erosão de depósitos paleolagunares, turfeiras, beachrocks, depósitos marinhos holocênicos e pleistocênicos, ou embasamento sobre o estirâncio e/ou a face litorânea atuais, devido à remoção das areias praias por erosão costeira e déficit sedimentar extremamente negativo (praias urbanizadas ou não);
7	Frequente exposição de “terraços ou falésias artificiais”, apresentando pacotes de espessura até métrica de camadas sucessivas de aterro erodido e soterrado por camadas de areias praias/eólicas, no contato entre a praia e a área urbanizada;
8	Destruição de estruturas artificiais construídas sobre os depósitos marinhos ou eólicos holocênicos, a pós-praia, o estirâncio, as faces praial e litorânea, a zona de surfe/arrebentação e/ou ao largo;
9	Retomada erosiva de antigas plataformas de abrasão marinha, elevadas de 2 a 6m, formadas sobre rochas do embasamento ígneo-metamórfico pré-cambriano a mesozóico, em épocas em que o nível do mar encontrava-se acima do atual, durante o Holoceno e o final do Pleistoceno (praias urbanizadas ou não);
10	Presença de concentrações de minerais pesados em determinados trechos da praia, em associação com outros indicadores erosivos (praias urbanizadas ou não);
11	Desenvolvimento de embaiamentos formados pela presença de correntes de retorno concentradas e de zona de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea localizados em local(s) mais ou menos fixo(s) da linha de costa.

Segundo Souza *et al.* (2005), independente da escala espacial e temporal, a erosão costeira está relacionada, em geral, a uma elevação do nível do mar e/ou um balanço

sedimentar negativo do sistema praiial. Porém, estes fenômenos apresentam diversas causas e agentes, podendo ser naturais ou antrópicos. Ambos os fatores estão em constante interação no condicionamento da erosão costeira, tornando sua identificação e separação, por vezes, um trabalho muito complicado. Souza *et al.* (2005) e Souza (2009), propuseram uma lista de fatores naturais e antrópicos responsáveis pelos processos de erosão costeira no Brasil, como se pode observar no Quadro 3.

Quadro 3 - Fatores naturais e antrópicos responsáveis pela erosão costeira no Brasil.

Fatores Naturais				Fatores Antrópicos	
1	Dinâmica de circulação costeira: presença de zonas de barlamar ou centros de divergência de células de deriva litorânea em determinados locais mais ou menos fixos da linha de costa (efeito "foco estável");	7	Inversões na deriva litorânea resultante causada por fenômenos climáticos meteorológicos intensos: sistemas frontais, ciclones extratropicais e a atuação intensa do "El Niño";	14	Urbanização da orla, com destruição de dunas e/ou impermeabilização de terraços marinhos holocênicos e eventual ocupação da pós-praia;
2	Morfodinâmica praial: praias intermediárias têm maior mobilidade e suscetibilidade à erosão costeira, seguidas das reflexivas de alta energia, dissipativas de alta energia, reflexivas de baixa energia, dissipativas de baixa energia e ultradissipativas;	8	Elevações do nível relativo do mar (NRM) de curto período, devido a efeitos combinados da atuação de sistemas frontais e ciclones extratropicais, marés astronômicas de sizígia e elevações sazonais do NRM, resultando nos mesmos processos da elevação do NRM de longo período.	15	Implantação de estruturas rígidas ou flexíveis, paralelas ou transversais à linha de costa: espigões, molhes de pedra, enrocamentos, píers, quebra-mares, muros, etc., para "proteção costeira" ou contenção/mitigação de processos erosivos costeiros ou outros fins; canais de drenagem artificiais;
3	Aporte sedimentar atual naturalmente ineficiente ou ausência de fontes de areias;	9	Efeitos atuais da elevação do nível relativo do mar durante o último século, em taxas de até 30cm: forte erosão com retrogradação da linha de costa;	16	Armadilhas de sedimentos associadas à implantação de estruturas artificiais, devido à interrupção de células de deriva litorânea e formação de pequenas células.
4	Fisiografia Costeira: irregularidades na linha de costa (mudanças bruscas na orientação, promontórios rochosos e cabos inconsolidados) dispersando as correntes e sedimentos para o largo; praias que recebem maior impacto de ondas de maior energia;	10	Efeitos secundários da elevação de nível do mar de longo período como migração do perfil praial rumo ao continente;	17	Retirada de areia de praia por mineração e/ou limpeza pública, resultando em déficit sedimentar na praia e/ou praias vizinhas;
5	Presença de amplas zonas de transporte ou trânsito de sedimentos (<i>by-pass</i>), contribuindo para a não permanência dos sedimentos em certos segmentos de praia.	11	Evolução quaternária das planícies costeiras: balanço sedimentar de longo prazo negativo e dinâmica e circulação costeira;	18	Mineração de areias fluviais e desassoreamento de desembocaduras; dragagens em canais de maré e na plataforma continental: diminuição/perda das fontes de sedimentos para as praias;
6	Armadilhas de sedimentos e migração lateral: desembocaduras fluviais ou canais de maré; efeito "molhe hidráulico"; depósitos de sobrelavagem; obstáculos fora da praia (barras arenosas, ilhas, parcéis, arenitos de praia e recifes);	12	Balanço sedimentar atual negativo originado por processos naturais individuais ou combinados;	19	Conversão de terrenos naturais da planície costeira em áreas urbanas (manguezais, planícies fluviais/ e lagunares, pântanos e áreas inundadas) provocando impermeabilização dos terrenos e mudanças no padrão de drenagem costeira (perda de fontes de sedimentos);
		13	Fatores Tectônicos: subsidências e soerguimentos da planície costeira.	20	Balanço sedimentar atual negativo, decorrente de intervenções antrópicas.

Os estudos de erosão costeira podem ser efetuados por meio de métodos diretos e métodos indiretos, para a determinação de taxas ou identificação de indícios de erosão costeira, que ocorrem em intervalos de curto e/ou longo períodos. O método direto mais

utilizado no Brasil é o clássico monitoramento das praias através do levantamento de perfis topográficos (descrito por Emery, 1961), que inclui a caracterização morfológica da praia, análises sedimentológicas e a integração com dados meteorológicos e oceanográficos diretos (medições *in situ*) ou indiretos como dados de campanhas oceanográficas realizadas em outros períodos (Souza *et al.*, 2005).

No Rio de Janeiro, Muehe & Corrêa (1989), Rosman & Valentini (1989), Valentini & Neves (1989), Castro & Coutinho (2007) e Castro *et al.* (2014) realizaram estudos abordando principalmente problemas relacionados à erosão de praia e engordamentos artificiais. Outros trabalhos foram realizados no nordeste brasileiro, entre estes, Santos (1989), Amaral *et al.* (1992) e Castro *et al.* (1992). Destacam-se também, trabalhos realizados no Sul do Brasil, citando-se, Bigarella (1989), Toldo Jr *et al.* (1993), Calliari & Klein (1993) entre outros.

5. DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

5.1. Condições geológicas e geomorfológicas

5.1.1. Condições geológicas

Diversos trabalhos foram realizados na região da Baixada de Jacarepaguá visando a melhor compreensão de sua geologia, entre eles Lamego (1974), Roncarati & Neves (1976), Souza Cruz & Barrocas (1976), Cabral (1979), Martin *et al.* (1984), Souza Cruz & Barrocas (1987) e Abreu & Souza Cruz (1998). Lamego (1974) foi um dos pioneiros com seu trabalho intitulado de “Jacarepaguá - A Terra e o Homem”, abordando a formação da Baixada de Jacarepaguá, além de conceituar e caracterizar os ambientes locais como os maciços cristalinos e a planície costeira.

Roncarati & Neves (1976) conduziram um estudo sobre a evolução da planície costeira de Jacarepaguá e identificaram os ambientes deposicionais presentes, permitindo uma interpretação dos processos deposicionais da área. Além disso, eles associaram a formação dos cordões arenosos do complexo lagunar a uma série de eventos de sedimentação holocênica relacionados à evolução da própria planície. Eles também construíram uma coluna crono-estratigráfica da planície costeira de Jacarepaguá (Figura 2) compreendendo os diversos depósitos sedimentares, possivelmente correlacionáveis à Formação Barreiras.

CRONOESTRATIGRAFIA		LITOLOGIA	NOMENCLATURA INFORMAL	DESCRIÇÃO LITOLÓGICA	AMBIENTES DEPOSICIONAIS	
ÉPOCA	ANDAR					
QUATERNÁRIO	HOLOCENE	SUBATLÂNTICO	16	Talus	Argilas, areias e conglomerados	Continental e deslizamentos
			15	Areias de plataforma rasa	Areia média com conchas	Nerítico
	SUB-BOREAL	ATLÂNTICO	14	Praia atual	Areia média com conchas	Costeiro
			13	Cordões arenosos paralelos à praia	Areia média a grossa	Costeiro
			12	Cúspides na lagoa externa	Areia média a fina	Laguna
			11	Barreira externa	Areia média	Costeiro
			10	Turfa		Laguna
			9	Mangue	Argila rica em matéria orgânica	Laguna
			8	Vaza orgânica		Laguna
			7	Cúspides na lagoa interna	Areia média a fina	Laguna
BOREAL	PRE-BOREAL	6	"Washover Fan"	Areia média a fina	Laguna	
		5	Barreira interna	Areia média	Costeiro	
PLEISTOCENE		4	Cordões arenosos internos	Areia média	Costeiro	
		3	Areia de fundo de enseada	Areia argilosa com conchas	Marinho raso	
			Camadas de areias escuras	Areia argilosa escura	Continental, WET Leque aluvial de clima úmido	
			Leques aluviais	Areia bem selecionada com granulos e seixos (matriz vermelha e cinza)	Continental Leque aluvial de clima semiárido	
			Complexo Fluvial			
		2	Areias de canal	Conglomerados, areias limpas, areia argilosa cinzenta, argila carbonática	Continental fluvial	
		1	Argilas de planície de inundação			
			Sedimentos Pliocênicos Relictos	Arenito argiloso avermelhado Conglomerados com clastos do embasamento	Continental Leque aluvial de clima semiárido	
			Embasamento Cristalino	Granitos, Gnaisses e pegmatitos		
		TER-CIÁRIO	PLIO-CENO			
	PRE-CAMBRIANO					

Figura 2 - Coluna crono-estratigráfica da planície costeira de Jacarepaguá. Fonte: Pereira *et al.* (2012), modificado de Roncarati & Neves (1976)

Cabral (1979) realizou um mapeamento geológico-geotécnico envolvendo a região da planície costeira de Jacarepaguá e os maciços que a circundam, caracterizando os depósitos superficiais e subsuperficiais. Foram empregados métodos de sondagem à percussão, chegando à conclusão que o embasamento cristalino não ultrapassou 40m de profundidade na área da planície costeira.

Martin *et al.* (1984) foram responsáveis por um modelo esquemático apoiado por datações ^{14}C em depósitos constituídos por ambientes sedimentares transicionais e marinhos rasos, envolvendo lagunas, dunas e paleopraias submetidos ao máximo transgressivo holocênico, ocorrido por volta de 5000 anos A.P. na planície costeira de Jacarepaguá, Rio de Janeiro.

Segundo Roncarati & Neves (1976) e Souza Cruz & Barrocas (1976), a estratigrafia da região da Baixada de Jacarepaguá apresenta depósitos de três idades distintas: pliocênica,

pleistocênica e holocênica, conforme a Figura 3. As idades foram inferidas pela sucessão dos eventos deposicionais e pela correlação entre os vários ambientes identificados por registros de variações do nível relativo do mar.

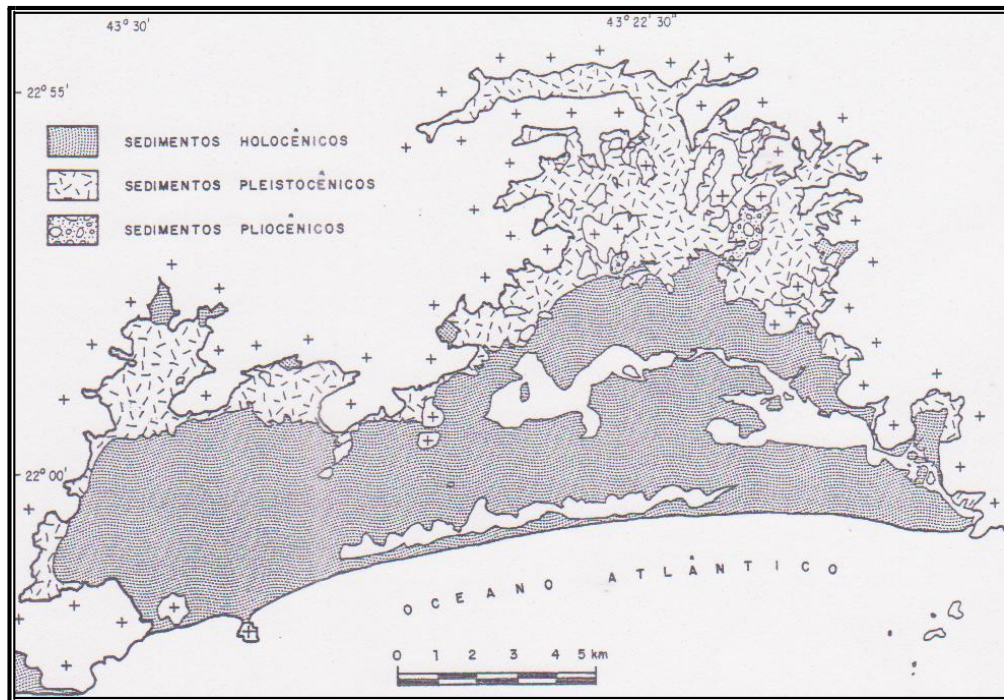


Figura 3 - Cobertura sedimentar da Baixada de Jacarepaguá separada com relação à idade dos depósitos. Fonte: Souza Cruz & Barrocas (1976).

Estes sedimentos foram amplamente estudados e com base nos trabalhos de Roncarati & Neves (1976), Souza Cruz & Barrocas (1976), Abreu & Souza Cruz (1998), Calheiros (2006) e Pereira *et al.* (2012), chegou-se às seguintes informações sobre as características e ambientes de formação destes depósitos:

- **Sedimentos pliocênicos**

Caracterizam-se por uma associação de conglomerados clastosuportados, polimíticos compostos por seixos de quartzo e fragmentos de rochas ígneas e metamórficas e camadas gradacionais de areia média à conglomerática com matriz argilosa e oxidada. Tratam-se de

depósitos de leques aluviais formados em condições de clima semiárido, preenchendo vales de uma topografia pretérita, onde os processos deposicionais predominantes foram corridas de lama, enxurradas e fluxo de detritos (Roncarati & Neves, 1976).

- **Sedimentos pleistocênicos**

Antes do início da deposição dos sedimentos pleistocênicos houve um hiato erosional associado a uma grande queda do nível do mar, durante o qual a topografia foi fortemente entalhada e os depósitos pretéritos retrabalhados. Essa nova situação permitiu a instalação de um sistema fluvial de clima úmido que depositou conglomerados e areias, além de argilas em sua planície de inundação. Em seguida, sobrepondo estes depósitos, encontram-se pacotes de areia grossa mal selecionada com matriz argilosa e oxidados depositados por processos de enxurrada e fluxo de lama oriundos de leques aluviais. A norte da área, estes pacotes gradam para areias de matriz escura, ricas em matéria orgânica, também oriundas de leques aluviais, porém, de clima mais úmido (Roncarati & Neves, 1976).

- **Sedimentos holocênicos**

Quando terminava o Pleistoceno, houve uma transgressão marinha que retrabalhou todos os sedimentos pliocênicos e pleistocênicos depositados até então. Este processo é responsável pela formação dos depósitos do ciclo holocênico, atuante até hoje. Trata-se de areias de fundo de enseada, ricas em conchas de bivalves, depositadas graças ao processo de seleção oriundo do retrabalhamento causado pelo processo transgressivo. Durante o máximo transgressivo formaram-se cordões de praia de enseada compostos por areias feldspáticas e com a presença de seixos e matacões (Roncarati & Neves, 1976).

Na Figura 4, pode-se observar melhor a dinâmica dos depósitos sedimentares que cobrem a planície costeira de Jacarepaguá através do mapa geológico da área.

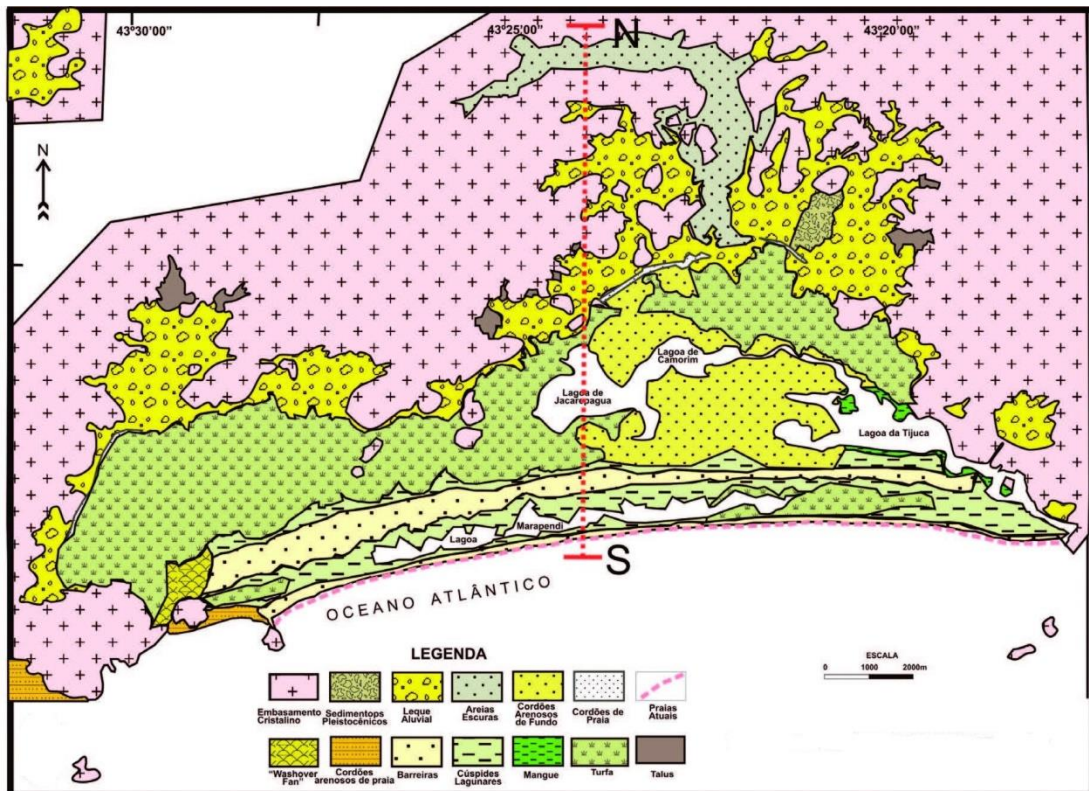


Figura 4 - Mapa geológico da planície costeira de Jacarepaguá. Fonte: Pereira *et al.* (2012), modificado de Roncarati & Neves (1976)

A Figura 5 apresenta uma compartimentação da área de influência direta da área de estudo mostrando as unidades geológicas-geomorfológicas, envolvendo a praia atual, cordão litorâneo externo, laguna externa (Marapendi), cordão litorâneo interno (Avenida das Américas), cúspides de lagoas, depósitos lagunares (lagoas da Tijuca e Comorim), praias de enseada internas (parque Olímpico) e depósitos de talus (partes altas de Jacarepaguá). As unidades de subsuperfície são constituídas por areias de fundo de enseada holocênicas e leques aluviais pleistocênicos e pliocênicos.

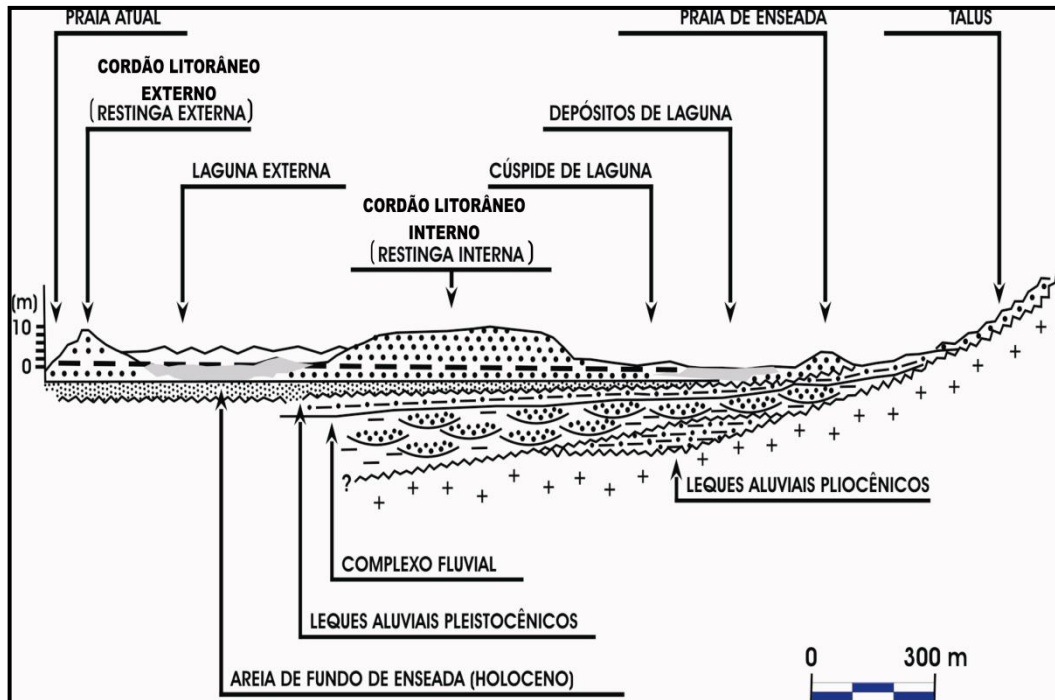


Figura 5 - Compartimentação geológica-geomorfológica da área de influência direta do sistema sedimentar Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. Fonte: Souza Cruz & Barrocas (1976).

Maia *et al.* (1984) propuseram uma evolução holocênica para a Baixada de Jacarepaguá, que consiste em quatro estágios e foi baseada em estudos realizados por Bittencourt *et al.* (1979 e 1982), Dominguez *et al.* (1981 e 1982), Martin *et al.* (1979a,b,c e 1980), Suguio & Martin (1978) e Suguio *et al.* (1982) sobre o Quaternário costeiro, desenvolvidos para os litorais baiano, paulista e fluminense. Seus dados são fundamentados por datações ^{14}C realizadas em amostras coletadas na região.

- **Estágio I**

Por volta de 17000 anos A.P., iniciou-se um processo transgressivo que atingiu seu máximo em 5100 anos A.P., alcançando cotas de 4,0 e 5,0m acima do nível do mar atual. Neste período inicial, o mar encontrava-se cerca de 120m abaixo do nível atual. Durante esse período de transgressão, houve a formação de uma ilha barreira que gerou uma ampla laguna. Conforme o nível do mar continuava a subir, houve a migração dessa ilha barreira em direção

ao continente, ocupando durante o máximo a posição onde hoje se encontra a restinga interna. Datações realizadas nos sedimentos da laguna interna indicaram que a primeira fase lagunar já estava estabelecida antes do máximo. Durante o avanço de um sistema transgressivo, ocorre a erosão ou recobrimento dos cordões de praia. Porém, aqueles formados durante os máximos ou nas regressões subsequentes tendem a se preservar (Maia *et al.*, 1984). A Figura 6 ilustra o Estágio I.

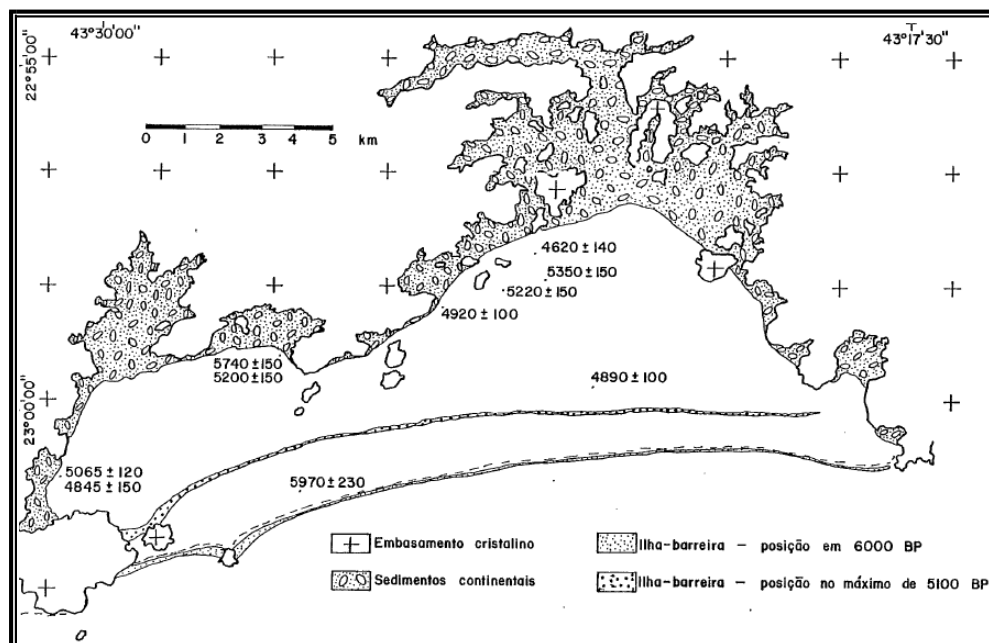


Figura 6 - Estágio I - 7000 a 5000 anos A.P.. Estabelecimento da primeira ilha barreira e da primeira zona lagunar. Fonte: Maia *et al.* (1984).

• Estágio II

Este estágio é caracterizado por uma fase regressiva, que teve início após o máximo transgressivo de 5100 anos A.P., e foi responsável pela progradação da ilha barreira e formação da restinga interna (Maia *et al.*, 1984). A Figura 7 ilustra o Estágio II.

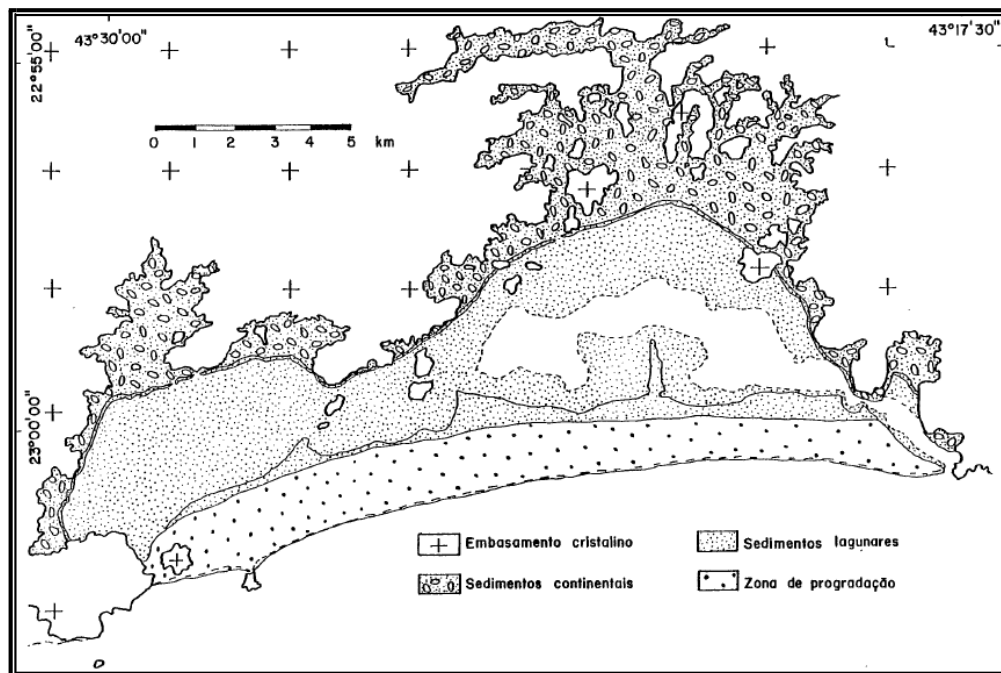


Figura 7 - Estágio II - Regressão de 5100 a 3800 anos A.P., construção da primeira zona de progradação. Fonte: Maia *et al.* (1984).

• Estágio III

Já em 3800 anos A.P., houve uma nova transgressão, que atingiu seu máximo em 3500 anos A.P.. Este processo acarretou na erosão da restinga interna, com a formação de leques de arrombamento a oeste, onde a atuação de ondas de tempestade e o efeito das marés eram muito intensos. Durante esse evento transgressivo formou-se uma nova ilha barreira, isolando uma porção do mar e formando uma nova laguna menor do que a primeira (Maia *et al.*, 1984).

A Figura 8 ilustra o Estágio III.

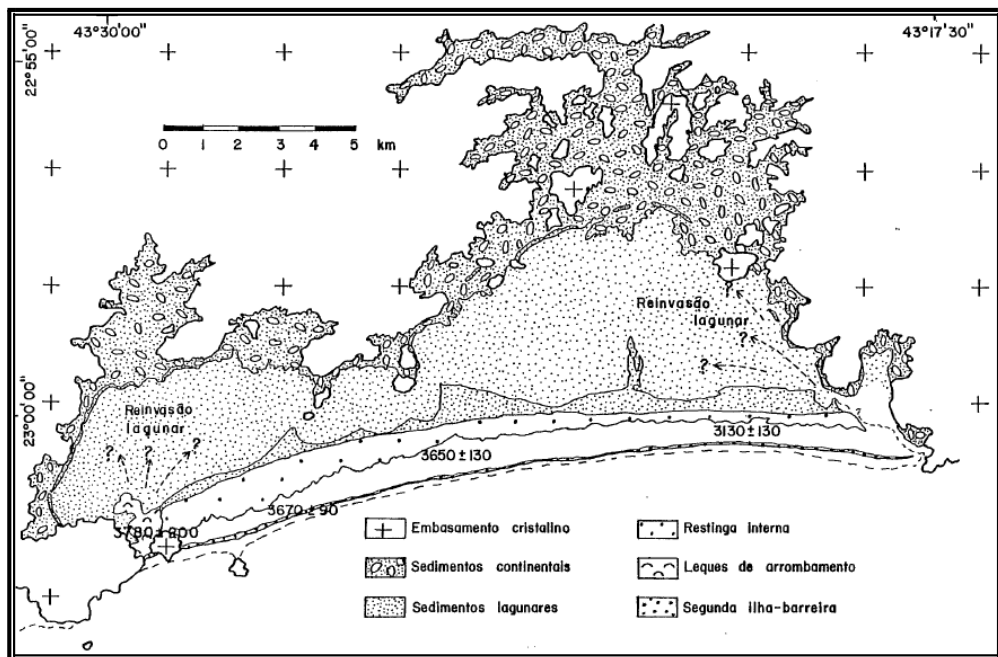


Figura 8 - Estágio III - Máximo de 3500 anos A.P.. Estabelecimento da segunda ilha-barreira e da segunda laguna. Fonte: Maia *et al.* (1984).

• Estágio IV

Em seguida, houve uma repetição do Estágio II, com o gradual rebaixamento do nível do mar até o nível atual, levando ao processo de progradação da segunda ilha-barreira e formando uma nova restinga chamada de restinga externa (Maia *et al.*, 1984). A Figura 9 ilustra o Estágio IV.

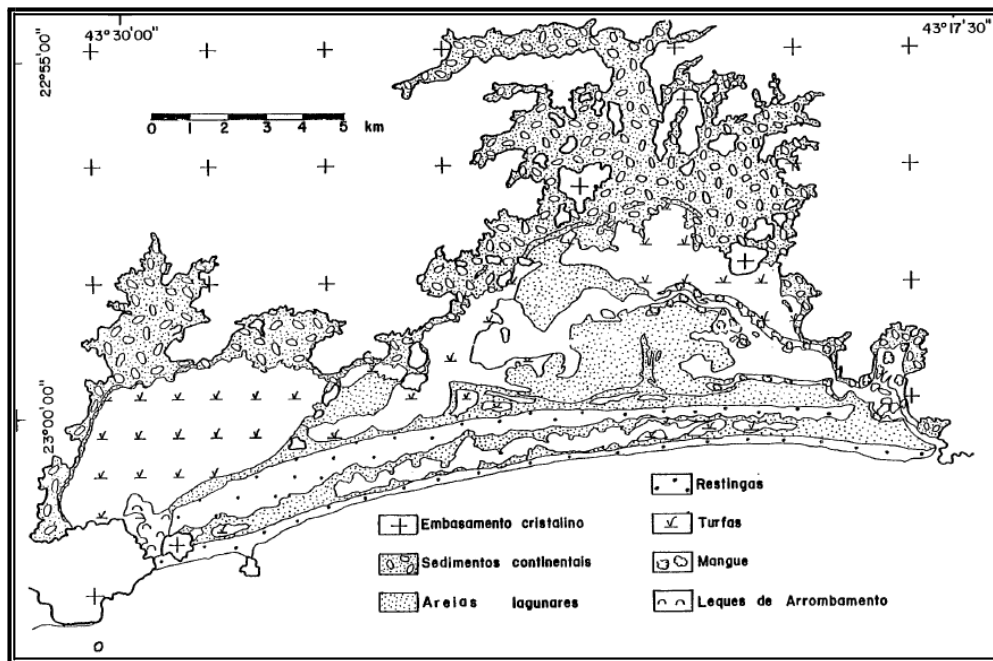


Figura 9 - Estágio IV - Regressão de 3500 anos A.P. até o presente. Construção da segunda zona de progradação. Fonte: Maia *et al.* (1984).

5.1.2. Condições Geomorfológicas

A área de estudo pertence à planície costeira de Jacarepaguá. Segundo Roncarati & Neves (1976) e Maia *et al.* (1984), a porção emersa da mesma pode ser dividida em quatro províncias distintas. A primeira consiste em uma região montanhosa, dominada pelas formações rochosas do embasamento cristalino que envolve a planície. Ela atinge cotas de até 1025m e limita-se a leste pelo Maciço da Tijuca e a oeste pelo Maciço da Pedra Branca.

Em seguida, há uma região de transição, denominada clinoplano periférico, separando a porção montanhosa das planícies paludais. Entende-se que os sedimentos dessa província são provenientes da coalescência de leques aluviais e inclinam-se em direção ao centro da baixada de Jacarepaguá, representando altitudes entre 3,0 e 14m.

A terceira trata-se das planícies paludais. Estas são compostas por depósitos sedimentares marinhos e lagunares. É feita uma divisão desta província em duas partes. A

primeira apresenta maior extensão, situa-se entre o clinoplano periférico e a restinga interna. As lagoas de Jacarepaguá, Camorim e Tijuca estão inseridas nesse contexto. A segunda compreende a área entre as duas restingas e contém a lagoa de Marapendi. Ambas as restingas são barreiras alongadas de composição arenosa, sendo a interna mais larga atingindo 11m e a externa chegando a 6,0m. A barreira interna apresenta-se mais elevada, com altitudes entre 6,0 e 9,0m enquanto a externa encontra-se por volta de 3,0 ou 4,0m acima do nível do mar.

5.2. Condições oceanográficas

5.2.1. Clima de ondas e deriva litorânea

A linha de costa sofre forte influência de fatores oceanográficos, tanto no sentido de erosão quanto no de acreção de sedimentos. As principais forçantes são constituídas por ondas, correntes de deriva litorânea e marés. Segundo Sousa (2011), a maioria das ondas oceânicas é formada 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 um dos processos mais atuantes na seleção e na distribuição dos sedimentos ao longo da linha costeira.

De acordo com Coutinho (2007), é possível considerar dois principais climas de ondas no arco praial da Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. Durante o período de verão, em que as condições climáticas e as condições de mar são menos energéticas, sobressai a chegada de ondas no quadrante S/SE. Esta condição energética menor pode ser explicada através da presença da Alta Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) mais próxima do continente, o que dificulta a presença de ressacas, provocadas pelo ciclone no setor leste da frente fria. Com a

diminuição da passagem desse fenômeno advectivo, o litoral tem a circulação de brisa como principal condição meteorológica. Durante o período de inverno, as ondulações são, de fato, bem mais energéticas e predomina o ataque de ondas pelo quadrante S/SO. Este ângulo de ataque está associado às ressacas, comuns nos períodos de maior incidência de frentes frias.

O arco praial da área de estudo apresenta orientação leste-oeste. Encontra-se submetido à ação de ondas de tempestade provenientes do quadrante sudoeste e ondas de tempo bom provenientes de sudeste, principalmente. As correntes de deriva decorrentes da ação de ondas de tempestade remobilizam os sedimentos em direção leste, acumulando-os nas praias do limite leste da Barra da Tijuca, como a Praia do Pepê (região do guia corrente da Joatinga). As correntes provenientes de ondas de sudeste remobilizam os sedimentos em direção à praia do Recreio dos Bandeirantes (oeste da área). Esta remobilização de material sedimentar é de extrema relevância no transporte sedimentar costeiro e, conseqüentemente, para o trabalho em questão, pois carrega os sedimentos paralelamente à linha de costa.

5.2.2. Marés

O arco praial em questão está sujeito a dois tipos distintos de regimes de maré, sendo estes o meteorológico e o astronômico. As marés astronômicas constituem 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 48min) 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).

Define-se maré meteorológica como sendo a diferença entre a maré observada e a maré astronômica (Pugh, 1987). Duas causas provocam a maré meteorológica: as variações da pressão atmosférica e a troca de *momentum* entre o campo de vento e a superfície do mar. Em geral, os efeitos devidos unicamente à ação da pressão atmosférica são inferiores a 10% do efeito total observado, sendo o restante devido exclusivamente à tensão de cisalhamento do vento na superfície do oceano. A maré meteorológica é, portanto, responsável pelo aumento ou diminuição do nível do mar em relação às marés astronômicas observadas num dado local. Este fenômeno pode implicar em intrusão de água do mar em locais onde isso normalmente não ocorre, causando as grandes inundações; ou então, pode acarretar níveis extremamente baixos, impedindo a navegação nos canais de acesso a portos. É importante enfatizar que ambas as situações apresentam impactos do ponto de vista ecológico nas áreas costeiras (Camargo *et al.* 2002). A área em estudo é caracterizada por amplitudes de marés astronômicas de até 1,3m (micromaré) e as marés meteorológicas oscilam em torno de 0,8m (Zee, 1996).

6. MATERIAL E MÉTODO

As principais técnicas empregadas foram análises de dados cartográficos e de geoprocessamento, combinadas, em todas as fases do trabalho, a uma pesquisa bibliográfica envolvendo o tema erosão e acreção de sedimentos na linha de costa. Para o estudo do recuo de linha de praia, utilizou-se o *software DSAS* em conjunto com a plataforma *ArcGIS*, explicados a seguir.

6.1. Aquisição de dados cartográficos

Esse foi o estágio inicial do trabalho e tratou da aquisição de ortofotos, fotos aéreas e imagens de satélite envolvendo a área estudada. Foi necessário buscar este material em diversas fontes, visando montar um acervo com fotos e imagens de diferentes datas, objetivando definir uma variação temporal das linhas de costa. O Quadro 4 apresenta datas e escalas do material fornecido pela Fundação Centro Estadual de Estatísticas, Pesquisas e Formação de Servidores Públicos do Rio de Janeiro (CEPERJ) - 1976, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) - 1999, do Instituto Pereira Passos (IPP) - 2005 e do *Google Earth* - 2009, 2012 e 2016.

Quadro 4 - Fonte, data, escala e tipo de foto referente à área de estudo.

Fonte	Data	Escala	Tipo
CEPERJ (FUNDREM)	1976	1:8000	Foto aérea
IPP (Base digitalizada)	1999	1:10000	Ortofoto
IBGE (RJ25)	2005	1:25000	Ortofoto
<i>Google Earth - Digital Globe</i>	17/09/2009	1:10000	Imagem de Satélite
<i>Google Earth - Digital Globe</i>	08/09/2012	1:10000	Imagem de Satélite
<i>Google Earth - Digital Globe</i>	14/05/2016	1:10000	Imagem de Satélite

6.2. Georreferenciamento

Consistiu no georreferenciamento da base cartográfica, obtida através do *software ArcGIS* versão 10.3. Trata-se de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), desenvolvido pelo *Environmental Systems Research Institute (ESRI)*. Este *software* permite a criação, edição e utilização de mapas e também o manuseio de dados geográficos em um sistema de banco de dados. É possível tratar dados e informações e associá-los a conteúdo geográfico para incontáveis aplicações. O *software* funciona mediante a aquisição de licenças. Há uma série crescente de licenças em relação ao número de funcionalidades liberadas, sendo esta: *ArcReader, ArcGIS for Desktop Basic, ArcGIS for Desktop Standard, ArcGIS for Desktop Advanced*. Para o trabalho em questão, foi utilizada a licença *ArcGIS for Desktop Standard*. O *ArcGIS* consiste na união de vários componentes, sendo os principais: *ArcMap, ArcCatalog e ArcToolbox*. Além disso, apresenta diversas extensões que aprimoram suas funcionalidades.

Inicialmente foram elaborados os respectivos mosaicos, conforme a Figura 10, com as fotos aéreas e ortofotos correspondentes aos anos de 1976, 1999 e 2005, complementados por imagens de satélite *Google Earth*, referentes aos anos de 2009, 2012 e 2016.

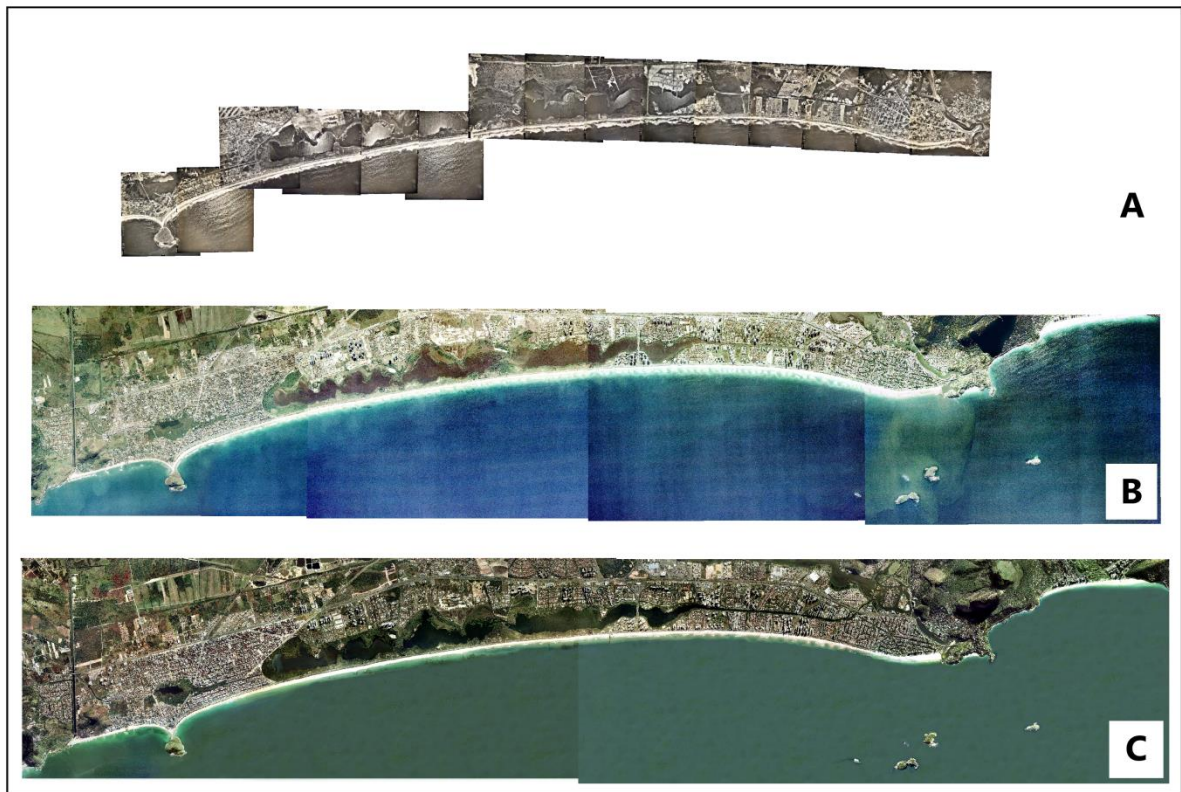


Figura 10 - (A) Mosaico das fotos aéreas de 1976 referentes ao arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. (B) Mosaico das ortofotos de 1999 referentes ao arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes. (C) Mosaico das ortofotos de 2005 referentes ao arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes.

Também foi utilizado o *software* de criação e tratamento de imagens *Adobe Photoshop*, especificamente para a confecção do mosaico de 1976, o que pode introduzir um pequeno erro adicional. O sistema de coordenadas adotado foi o *World Geodetic System (WGS) 1984* com projeção *Universal Transverse Mercator (UTM)*, zona 23S. O georreferenciamento foi realizado através do uso da técnica de Pontos de Controle, utilizando-se o mosaico de 2005 como base por apresentar a melhor resolução, sendo assim, mais confiável. Esta técnica faz uso de feições morfológicas ou estruturas urbanas presentes na área de trabalho para marcar as coordenadas. Essas feições foram escolhidas como pontos imutáveis com o passar do tempo. Foram estes, promontórios, pontais, cruzamentos de ruas e avenidas, entre outras feições marcantes espalhadas homogeneamente pela área. Foram utilizados cerca de seis pontos de controle para o georreferenciamento de cada foto ou imagem.

6.3. Cálculo das variações de linha de costa

Nessa etapa de trabalho foi utilizado o *software DSAS* versão 4.3 (Thieler *et al.*, 2009). Este *software* de acesso gratuito opera como uma extensão do *ArcGIS*. Foi desenvolvido no começo dos anos 90 pelo *United States Geological Survey (USGS)*. O modo de funcionamento do *DSAS* baseia-se na análise estatística da taxa de variação de múltiplas posições de linhas de costa em diferentes datas. Para tanto, requer uma base cartográfica de diferentes períodos, georreferenciada em um mesmo sistema de coordenadas que permita realizar o cálculo de taxa de avanço ou recuo de linha de praia em metros. Além disso, é necessário que a base cartográfica apresente definição razoável, a ponto de permitir a delimitação confiável das linhas de costa. Um exemplo de sistema de coordenadas métrico muito utilizado é o *UTM*.

Primeiramente, foi necessário estabelecer dois parâmetros. O primeiro consistiu em definir uma linha de base denominada pelo *software* como *baseline*. Essa linha foi identificada nas fotos aéreas e imagens através da porção externa (próxima a linha d'água) da Avenida Lúcio Costa. Tal escolha deve-se ao fato de essa linha de arruamento ser uma estrutura imutável pelo tempo e paralela à linha de praia. O outro parâmetro estabelecido foi a linha de vegetação que define o limite da preamar máxima na região estudada. Apesar de as linhas de costa apresentarem limites muito variáveis, principalmente em praias submetidas à ação de ondas de tempestade (ressacas), como é o caso da área de estudo, escolheu-se a linha de vegetação por esta ser mais permanente ao longo do ano. Além disso, no limite da área de estudo, ela encontra-se sob proteção. Sendo assim, o limite escolhido é razoavelmente confiável para a determinação das linhas de costa.

Com a *baseline* já criada e as linhas de costa traçadas para todas as fotos aéreas e imagens foi possível seguir para o próximo passo: a geração dos *transects*. Estes são uma

série de linhas geradas em orientação ortogonal a partir da *baseline*, obedecendo um regime de parâmetros definidos previamente. Estes parâmetros são divididos em três procedimentos. O primeiro define a organização e como serão gerados os transects, permitindo determinar o comprimento, o espaçamento e, caso desejado, a direção a partir da qual eles serão gerados. O tamanho escolhido foi de 100m, o espaçamento de 150m e a direção de oeste para leste. Além disso, também foi estabelecido se a *baseline* encontrava-se *onshore* ou *offshore*. No caso desse trabalho definiu-se a *baseline onshore*. O segundo procedimento refere-se aos cálculos estatísticos que serão realizados utilizando os *transects*. Neste ponto, é necessário que tenha-se definido uma data para cada linha de costa e que imponha-se um valor de incerteza que será aplicado pelo programa para minimizar erros. As datas das linhas de costa são as respectivas de cada foto aérea e imagem, presentes no Quadro 4. O valor de incerteza padrão utilizado foi de 5,0m, exceto para a foto aérea de 1976, para qual foi aplicado o valor de 10m, devido à baixa resolução da mesma. Finalmente, o terceiro procedimento consiste no preenchimento de uma ficha referente aos metadados, visando preservar a integridade e a origem dos dados que estão prestes a ser gerados.

Após o estabelecimento dos parâmetros, foi gerado um total de 122 *transects*, permitindo, assim, a realização dos cálculos estatísticos de variação de linha de costa. O DSAS apresenta uma série de diferentes métodos de cálculos estatísticos. Neste trabalho foram utilizados dois deles: o *End Point Rate (EPR)*, e o *Linear Regression Rate (LRR)*.

O *EPR* é calculado através da divisão da distância entre a linha de costa mais recente e a mais antiga, levando em consideração o tempo decorrido, que pode ser observado através da seguinte equação:

$$EPR = \frac{\text{Distância entre a } \textit{shoreline} \text{ mais recente e a mais antiga (m)}}{\text{Tempo entre a } \textit{shoreline} \text{ mais recente e a mais antiga (anos)}}$$

Este método desconsidera, portanto, todas as outras linhas de costa encontradas entre a mais antiga e a mais recente.

O *LRR* faz uso do conceito estatístico da regressão linear ajustado pelo método dos mínimos quadrados. A regressão linear é uma equação que visa estimar um valor condicional, levando em conta os valores de outras variáveis, enquanto o método dos mínimos quadrados é uma técnica de otimização matemática. Funciona, basicamente, como se os dados fossem plotados em um gráfico, onde o eixo y representa a distância da *baseline* para a linha de costa em metros e o eixo x corresponde ao ano da linha de costa, sendo, então, traçada uma reta utilizando os valores médios otimizados desses dados. A inclinação da reta resultante é o *LRR*. Enquanto o *EPR* funciona apenas com duas linhas de costa, o *LRR*, apesar de ser mais complexo, possui a vantagem de incluir todas as linhas de costa disponíveis.

7. RESULTADOS

O arco praial estudado foi compartimentado em quatro segmentos bem distintos: Praia do Recreio dos Bandeirantes, Praia da Reserva, Praia da Barra da Tijuca e Praia do Pepê. A Figura 11 mostra o posicionamento de desses segmentos no contexto da área.



Figura 11 - Compartimentação dos segmentos de praia do arco praial Barra da Tijuca - Recreio dos Bandeirantes.

Os dados gerados através dos cálculos estatísticos conduzidos pelo *DSAS* são apresentados em formato de tabelas, onde os valores de coloração vermelha representam erosão e os de coloração verde acreção.

A Figura 12 compreende os *transects* 1 a 20, representando o segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes.

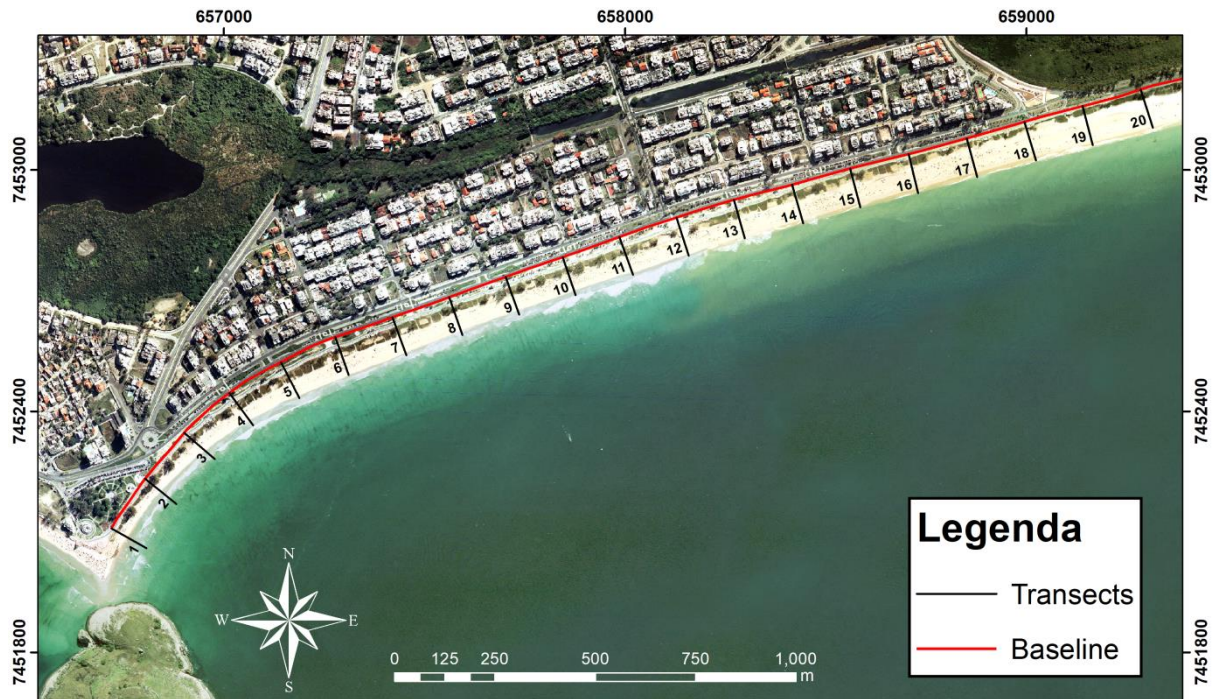


Figura 12 - Imagem georreferenciada demonstrando os 20 *transects* que representam o segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes.

Como pode ser observado na Tabela 1, este segmento costeiro do arco praiial encontra-se em processo de erosão. A taxa de erosão é de 0,525m/ano, conforme a média dos valores obtidos pelos dois métodos utilizados.

Tabela 1 - Tabela de dados correspondente aos 20 *transects* que representam o segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes.

<i>Transects</i>	<i>EPR</i> (m/ano)	<i>LRR</i> (m/ano)
1	-0,46	-0,49
2	-0,64	-0,69
3	-0,97	-1,00
4	-0,74	-0,77
5	-0,73	-0,81
6	-0,66	-0,73
7	-0,43	-0,49
8	-0,50	-0,58
9	-0,35	-0,44
10	-0,47	-0,51
11	-0,45	-0,52
12	-0,38	-0,41
13	-0,40	-0,43
14	-0,33	-0,40
15	-0,55	-0,55
16	-0,25	-0,35
17	-0,30	-0,37
18	-0,55	-0,58
19	-0,38	-0,43
20	-0,36	-0,50
Média	-0,50	-0,55

A Figura 13 compreende os *transects* 21 a 70, representando o segmento da Praia da Reserva.

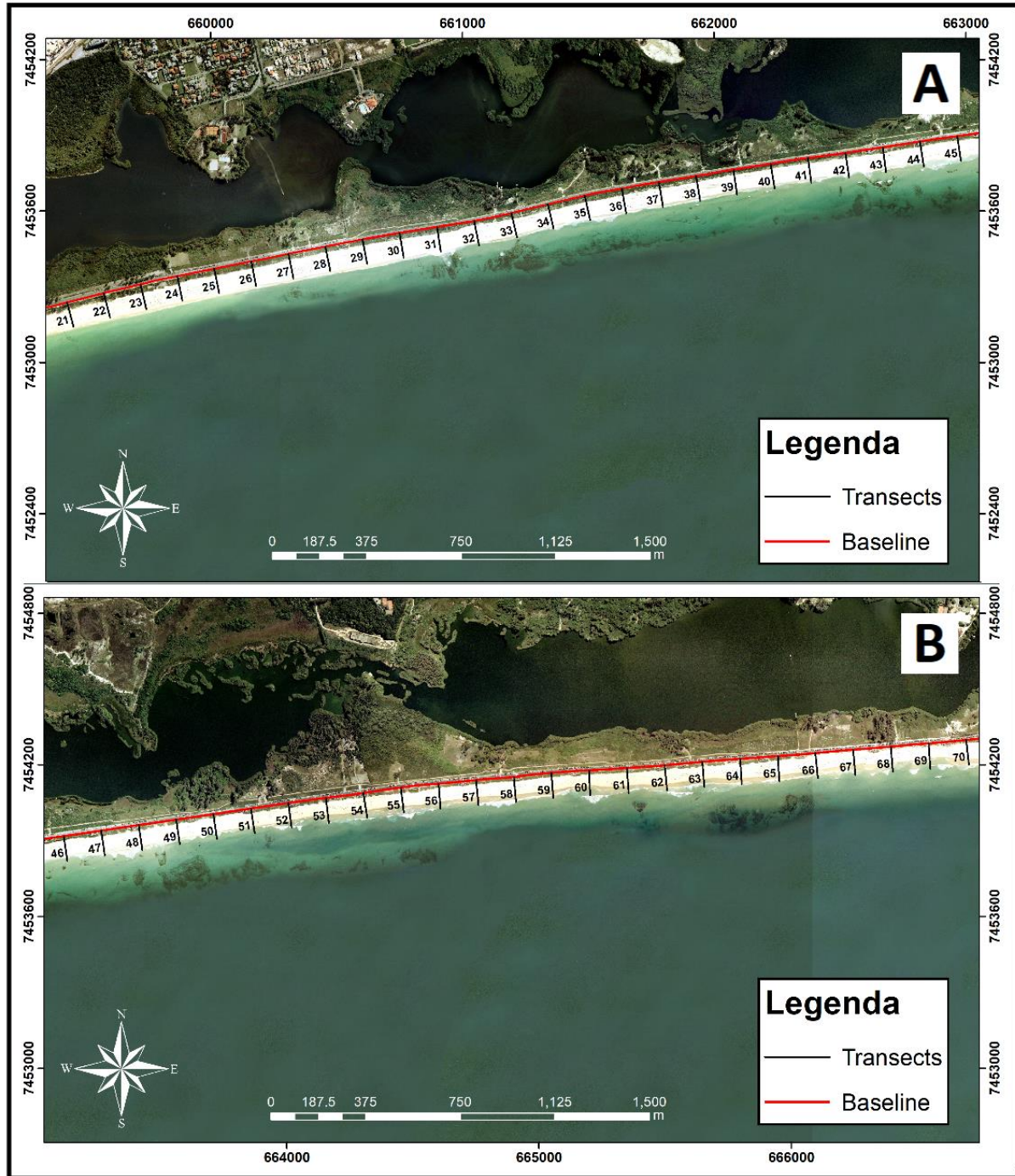


Figura 13 - (A) Imagem georreferenciada demonstrando os 25 *transects* que representam o segmento oeste da Praia da Reserva. (B) Imagem georreferenciada demonstrando os 25 *transects* que representam o segmento leste da Praia da Reserva.

Como pode ser observado na Tabela 2, este segmento costeiro do arco praiial encontra-se em um balanço sedimentar relativamente estável, com uma leve tendência ao processo de acreção

de sedimentos. A taxa de acreção é de 0,08m/ano, conforme a média dos valores obtidos pelos dois métodos utilizados.

Tabela 2 - Tabela de dados correspondente aos 50 *transects* que representam o segmento da Praia da Reserva.

<i>Transects</i>	<i>EPR</i> (m/ano)	<i>LRR</i> (m/ano)
21	-0,24	-0,33
22	-0,26	-0,35
23	-0,25	-0,35
24	-0,05	-0,03
25	0,10	0,06
26	-0,03	-0,05
27	-0,12	-0,18
28	-0,16	-0,19
29	-0,34	-0,36
30	-0,33	-0,34
31	-0,37	-0,43
32	-0,26	-0,32
33	0,09	0,09
34	0,06	0,05
35	0,24	0,21
36	0,09	0,08
37	0,32	0,27
38	0,40	0,34
39	0,23	0,18
40	0,55	0,52
41	0,11	0,05
42	-0,20	-0,23
43	-0,22	-0,23
44	-0,09	-0,06
45	-0,09	-0,16
46	-0,22	-0,26
47	-0,20	-0,24
48	-0,12	-0,20
49	0,25	0,23
50	0,26	0,22
51	0,23	0,16
52	0,46	0,43
53	0,25	0,22
54	0,29	0,28
55	0,28	0,22
56	0,43	0,37
57	0,53	0,47
58	0,42	0,38
59	0,41	0,32
60	0,54	0,45
61	0,42	0,32
62	0,22	0,14
63	0,20	0,09
64	0,15	0,07
65	0,24	0,16
66	0,22	0,15
67	0,22	0,10
68	0,12	0,01
69	0,23	0,11
70	0,33	0,16
Média	0,11	0,05

A Figura 14 compreende os *transects* 71 a 110, representando o segmento da Praia da Barra da Tijuca.

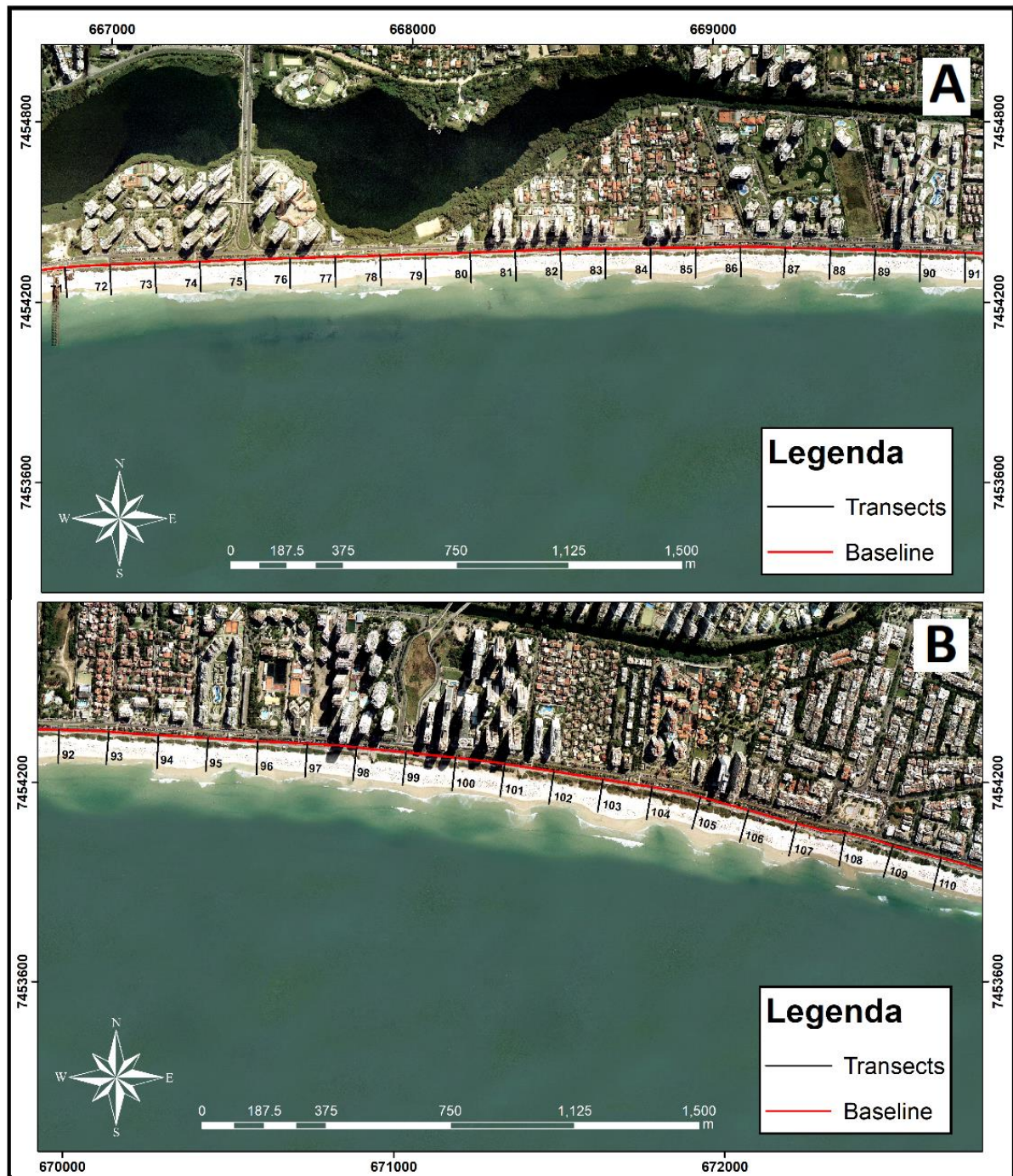


Figura 14 - (A) Imagem georreferenciada demonstrando os 20 *transects* que representam o segmento oeste da Praia da Barra da Tijuca. (B) Imagem georreferenciada demonstrando os 20 *transects* que representam o segmento leste da Praia da Barra da Tijuca.

Como pode ser observado na Tabela 3, este segmento costeiro do arco praial estudado apresenta uma moderada tendência ao processo de acreção de sedimentos. A taxa de acreção é de 0,16m/ano, conforme a média dos valores obtidos pelos dois métodos utilizados.

Tabela 3 - Tabela de dados correspondente aos 40 *transects* que representam o segmento da Praia da Barra da Tijuca.

<i>Transects</i>	<i>EPR</i> (m/ano)	<i>LRR</i> (m/ano)
71	0,30	0,08
72	0,47	0,38
73	0,40	0,31
74	0,42	0,36
75	0,37	0,37
76	0,55	0,49
77	0,76	0,67
78	0,59	0,56
79	0,64	0,58
80	0,50	0,51
81	0,57	0,54
82	0,16	0,13
83	0,37	0,28
84	0,23	0,10
85	0,20	0,13
86	-0,14	-0,18
87	0,07	0,00
88	0,00	-0,06
89	0,17	0,11
90	0,16	0,13
91	0,30	0,26
92	0,05	-0,04
93	0,20	0,11
94	0,11	0,08
95	0,40	0,37
96	0,17	0,11
97	0,28	0,23
98	0,16	0,14
99	0,06	0,02
100	-0,17	-0,25
101	-0,41	-0,46
102	-0,09	-0,11
103	-0,23	-0,30
104	-0,07	-0,11
105	-0,06	-0,05
106	-0,20	-0,19
107	0,16	0,15
108	-0,05	-0,12
109	0,04	0,03
110	-0,03	-0,06
Média	0,19	0,13

A Figura 15 compreende os *transects* 111 a 122, representando o segmento da Praia do Pepê.



Figura 15 - Imagem georreferenciada demonstrando os 12 *transects* que representam o segmento da Praia do Pepê.

Como pode ser observado na Tabela 4, este segmento costeiro do arco praiado estudado encontra-se em processo de acreção de sedimentos. A taxa de acreção é de 0,295m/ano, conforme a media dos valores obtidos pelos dois métodos utilizados.

Tabela 4 - Tabela de dados correspondente aos 12 *transects* que representam o segmento da Praia do Pepê.

<i>Transects</i>	<i>EPR</i> (m/ano)	<i>LRR</i> (m/ano)
111	-0,14	-0,20
112	-0,29	-0,15
113	-0,33	-0,28
114	-0,32	-0,24
115	0,34	0,29
116	0,65	0,60
117	0,57	0,52
118	0,46	0,40
119	0,70	0,56
120	0,47	0,44
121	0,69	0,70
122	0,81	0,89
Média	0,30	0,29

8. DISCUSSÃO

Com base nos resultados obtidos através da aplicação do *software DSAS* para as fotos e imagens do período de 1976 a 2016, notou-se uma clara orientação do transporte sedimentar de oeste para leste. A ação da corrente de deriva litorânea, gerada pelas ondas de tempestade provenientes do sudoeste durante o inverno, predomina sobre as ondas de tempo bom, provenientes do sudeste durante o verão. Sendo assim, o inverno é o período de maior remobilização de sedimentos. Estas informações corroboram dados de trabalhos anteriormente realizados na área por Coutinho (2007), que utilizou *Differential Global Positioning System (DGPS)*, e Sousa (2011), que também utilizou *DSAS*.

A Figura 16 apresenta um trecho em detalhe do segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes, localizado próximo à Avenida Glaucio Gil.

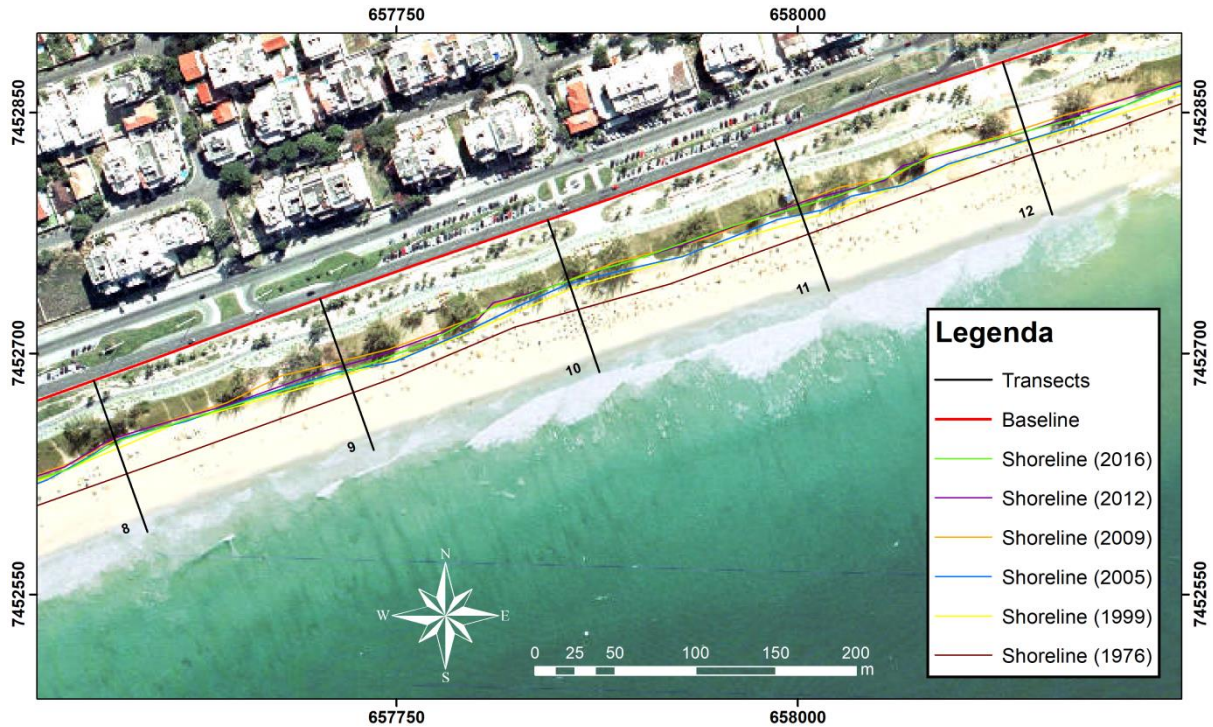


Figura 16 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia do Recreio dos Bandeirantes, compreendido entre os *transects* 8 e 12.

Pode-se observar um grande recuo da linha de costa. Este processo é denotado pela posição muito avançada da *shoreline* de 1976 em relação às outras mais recentes. Esta feição é um indício da alta tendência erosiva presente neste segmento do arco praiial, refletida pelas altas taxas de erosão, obtidas pelos cálculos realizados com o *software DSAS*. A Figura 17 apresenta um gráfico gerado a partir dos dados da Tabela 1, onde os valores positivos representam as taxas de acreção de sedimentos e os valores negativos as taxas de erosão.

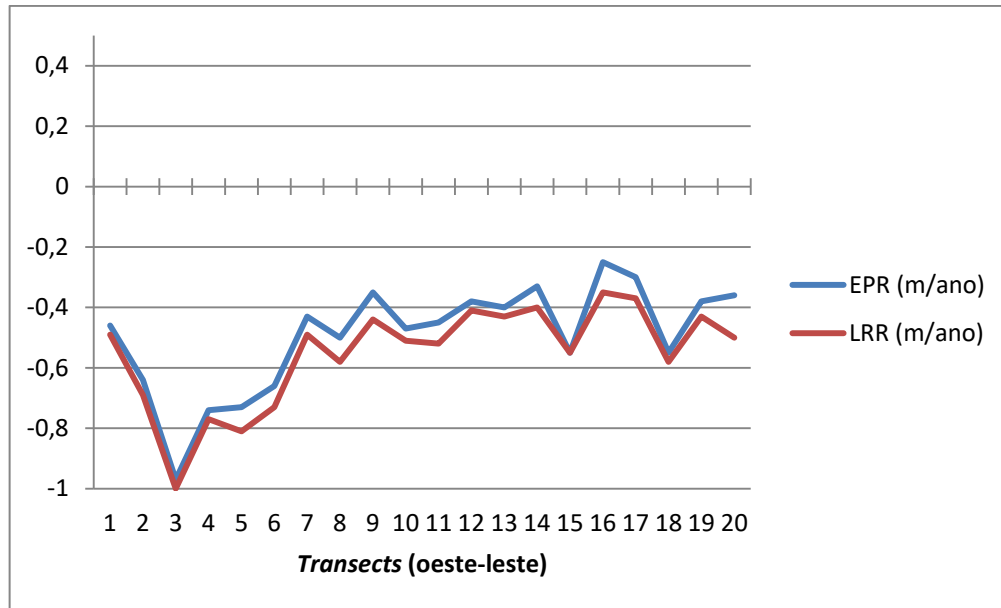


Figura 17 - Gráfico relacionando os *transects* 1 a 20 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em *EPR* e *LRR*.

A forte tendência erosiva fica evidente, visto que todos os valores encontram-se abaixo de $-0,2\text{m/ano}$, muitos deles ultrapassando $-0,5\text{m/ano}$.

No trabalho realizado por Sousa (2011), este segmento apresentou uma taxa de erosão, em média, de $0,2\text{m/ano}$. Houve, portanto, um aumento de $0,325\text{m/ano}$, indicando a intensificação dos processos erosivos.

A Figura 18 apresenta um trecho em detalhe do segmento da Praia da Reserva, localizado na altura da Avenida Luís Aranha.

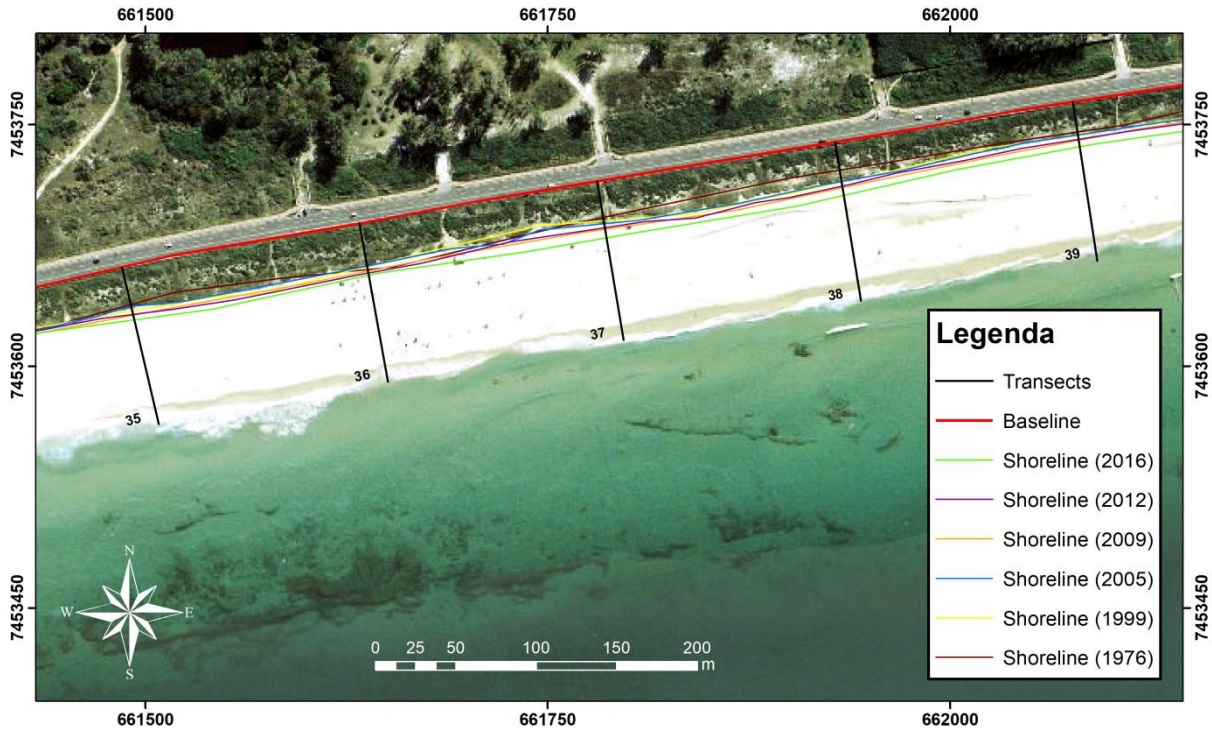


Figura 18 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia da Reserva, compreendido entre os *transects* 35 e 39.

Pode-se observar um pequeno avanço da linha de costa. Este processo é denotado pela posição da *shoreline* mais recente de 2016, que encontra-se levemente mais avançada que as demais *shorelines*. Esta feição reflete a tênue tendência à acreção de sedimentos presente neste segmento. Neste trecho é iniciada a transição de uma condição de erosão anterior para uma nova condição de deposição. A Figura 19 apresenta um gráfico gerado a partir dos dados da Tabela 2, onde os valores positivos representam as taxas de acreção de sedimentos e os valores negativos as taxas de erosão.

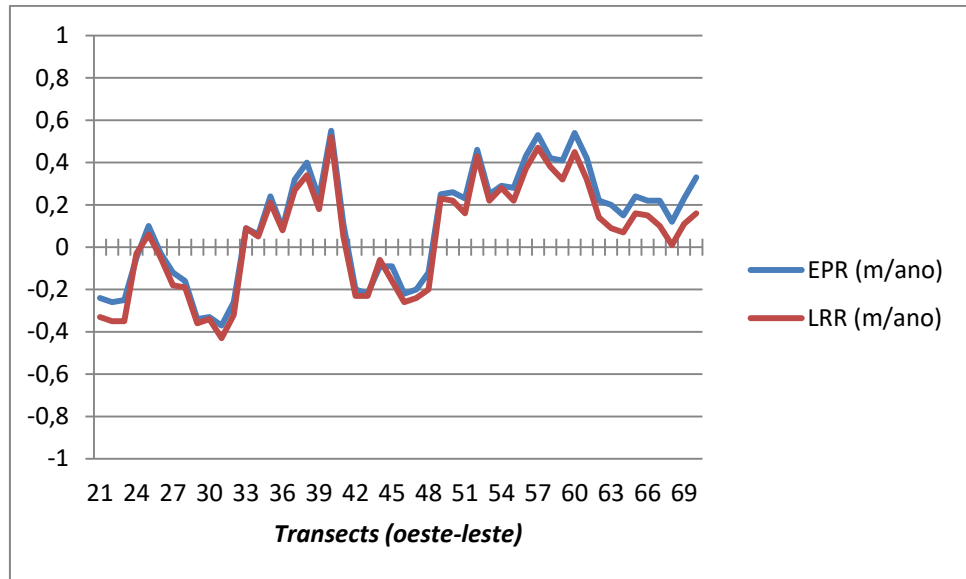


Figura 19 - Gráfico relacionando os *transects* 21 a 70 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em *EPR* e *LRR*.

O gráfico deixa evidente que há um gradual aumento dos valores. As taxas variam de valores erosivos por volta de -0,4m/ano, presentes no segmento oeste, até valores de acreção por volta de 0,5m/ano, no segmento leste.

Realizando uma comparação dos dados de Sousa (2011) com os deste trabalho, nota-se que houve uma grande mudança. Os dados obtidos por Sousa (2011) para a Praia da Reserva indicam uma alta tendência erosiva, refletida por uma taxa de erosão de, em média, 0,5m/ano. Este valor está muito distante da taxa de acreção de sedimentos de 0,08m/ano encontrada neste trabalho, indicando que os processos erosivos atuantes no segmento da Praia da Reserva estão regredindo.

A Figura 20 apresenta um trecho em detalhe do segmento da Praia da Barra da Tijuca, localizado próximo à Avenida Peregrino Junior.

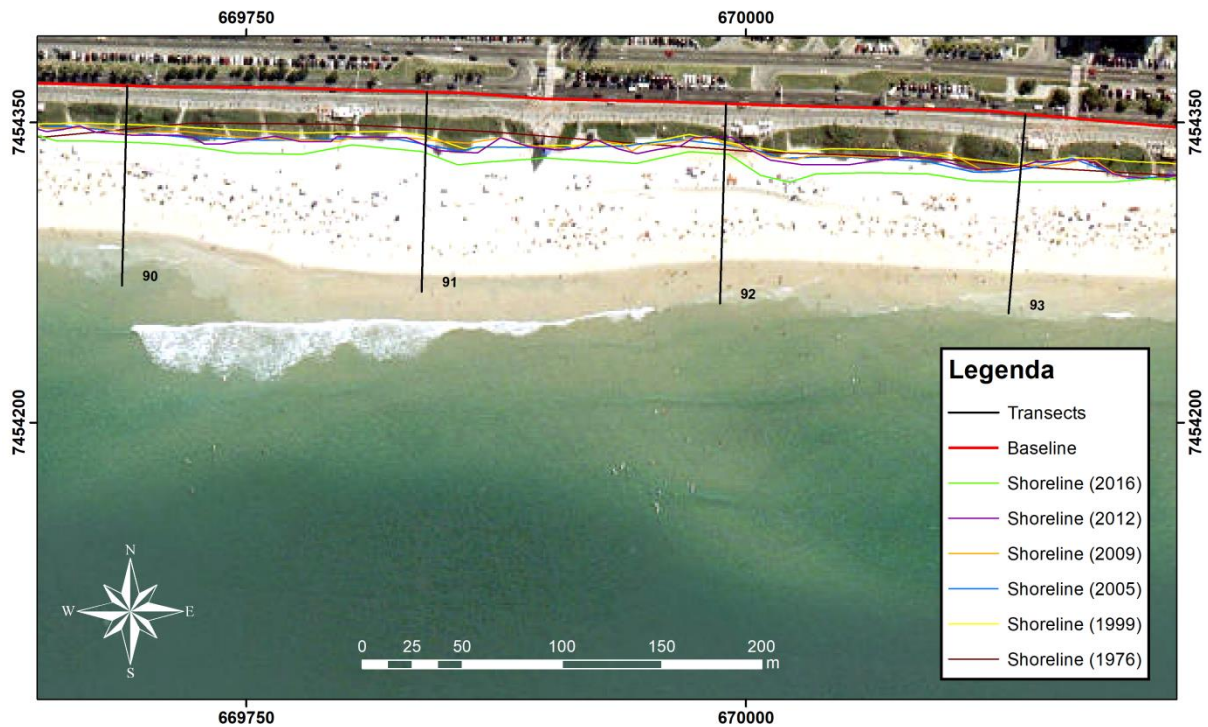


Figura 20 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia da Barra da Tijuca, compreendido entre os *transects* 90 e 93.

Pode-se observar um moderado avanço da linha de costa. Este processo é denotado pela posição da *shoreline* mais recente de 2016, que encontra-se razoavelmente mais avançada que as demais *shorelines*. Esta feição é um indício da tendência à acreção de sedimentos presente neste segmento do arco praial. A Figura 21 apresenta um gráfico gerado a partir dos dados da Tabela 3, onde os valores positivos representam as taxas de acreção de sedimentos e os valores negativos as taxas de erosão.

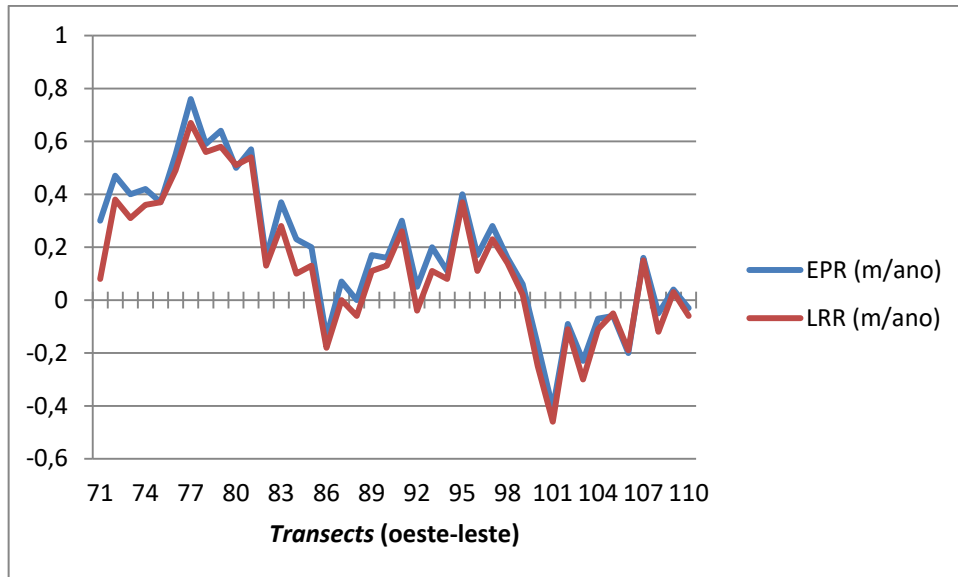


Figura 21 - Gráfico relacionando os *transects* 71 a 110 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em *EPR* e *LRR*.

O gráfico mostra que entre o *transect* 71, localizado no emissário submarino da Barra da Tijuca (próximo à Avenida Ayrton Senna), e o *transect* 110, localizado próximo à Avenida Érico Veríssimo, houve uma redução das taxas de acreção, levando a um processo de estabilização do balanço sedimentar. Neste segmento, a praia é controlada pela alteração do perfil anual de inverno e verão, ou seja, em ondas de tempestade é erosional e em ondas de tempo bom é deposicional. Dados obtidos por Coutinho (2007) e Sousa (2011) também identificaram este processo de estabilidade.

A Figura 22 apresenta um trecho em detalhe do segmento da Praia do Pepê, localizado próximo à Avenida Olegário Maciel.

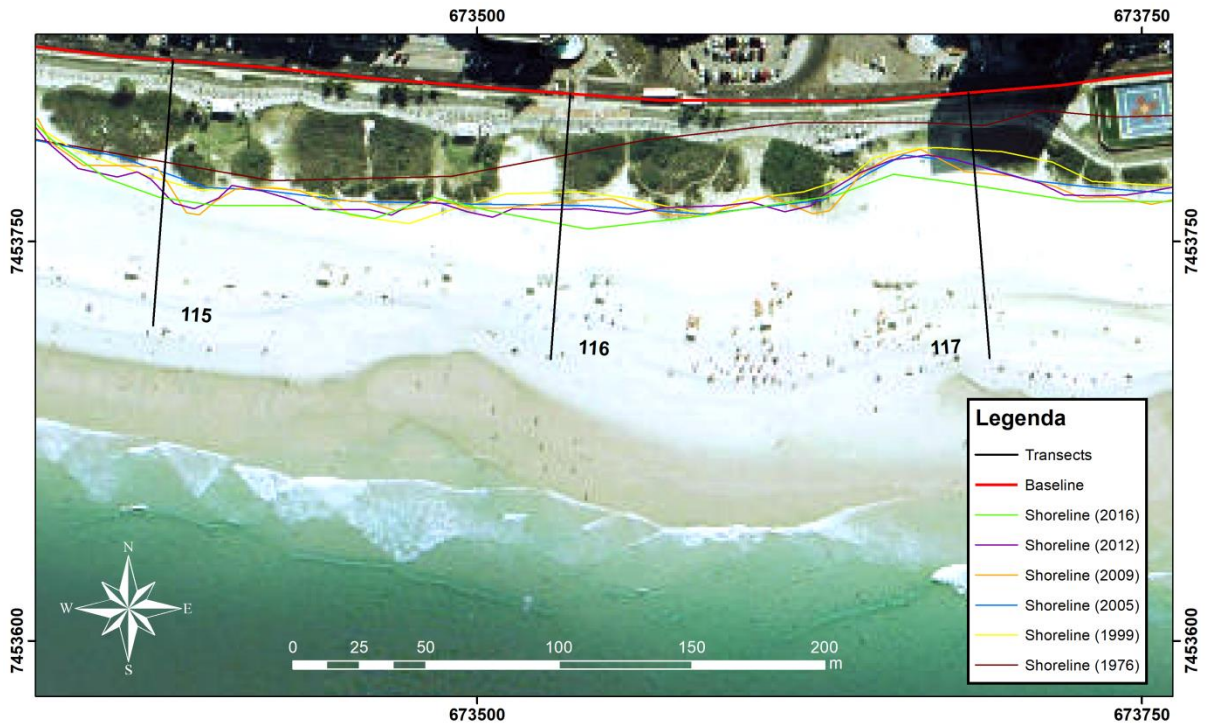


Figura 22 - Imagem georreferenciada destacando um trecho do segmento da Praia do Pepê, compreendido entre os *transects* 115 e 117.

Pode-se observar um grande avanço da linha de costa. Este processo é denotado pela posição da *shoreline* mais antiga de 1976, que encontra-se muito recuada em relação às outras mais recentes. Esta feição é um indício da alta tendência à acreção de sedimentos presente neste segmento do arco praial. A Figura 23 apresenta um gráfico gerado a partir dos dados da Tabela 4, onde os valores positivos representam as taxas de acreção de sedimentos e os valores negativos as taxas de erosão.

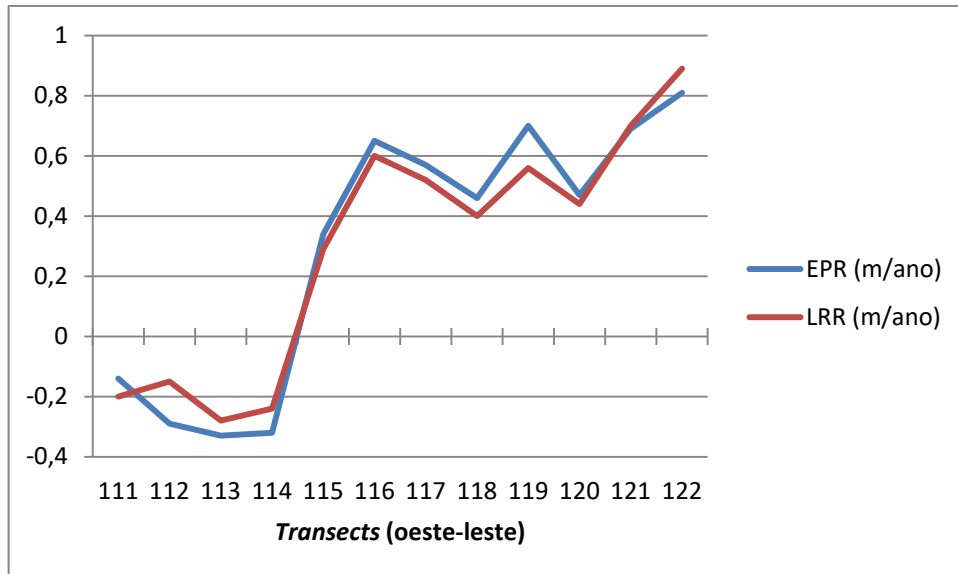


Figura 23 - Gráfico relacionando os *transects* 111 a 122 e suas respectivas taxas de erosão e acreção de sedimentos, medidas em *EPR* e *LRR*.

Através do gráfico, fica claro que há um aumento brusco nas taxas de acreção de sedimentos que atingem valores de cerca de 0,8m/ano no extremo leste deste segmento praiial. Isto está relacionado à construção de um espigão, conhecido como Quebra-mar da Barra, que retém os sedimentos com o intuito de preservar a desembocadura do canal da Joatinga. Esta ocorrência também foi observada por Coutinho (2007) e Sousa (2011). Os valores encontrados por Sousa (2011) para o trecho do extremo leste da área são próximos dos observados neste trabalho.

A Figura 24 apresenta um gráfico onde pode-se observar uma linha de tendência em relação ao processo de erosão e acreção de sedimentos na totalidade da área de estudo.

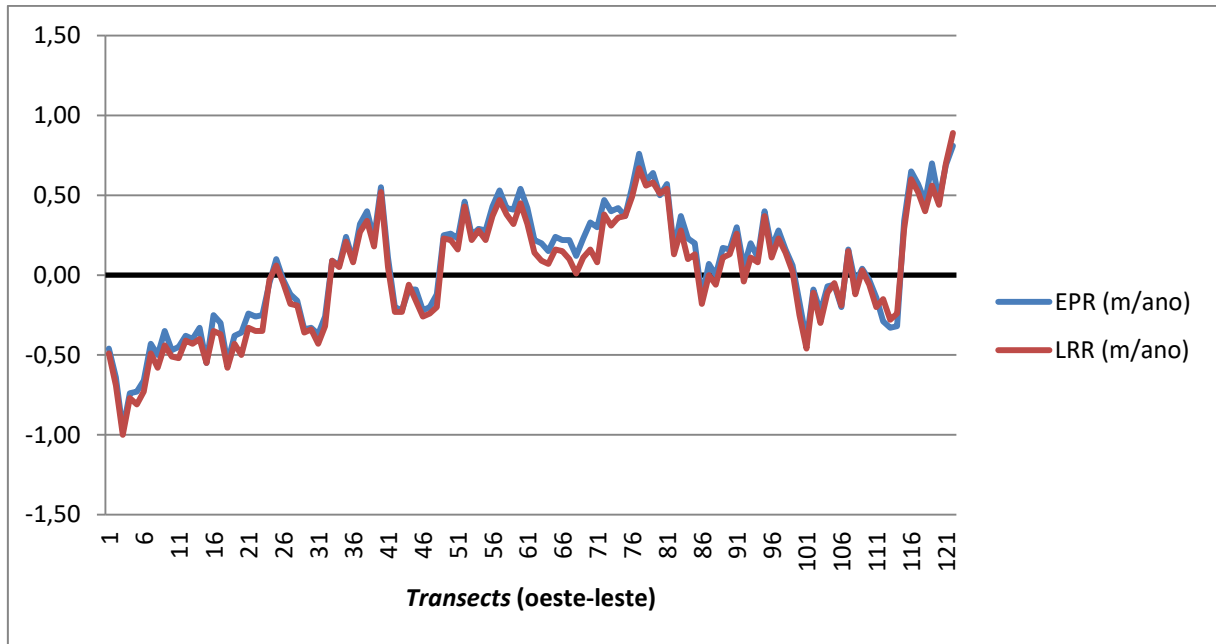


Figura 24 - Gráfico mostrando as áreas de erosão e acreção de sedimentos ao longo de todo o arco praiial estudado.

Verificou-se que a maioria das áreas submetidas a erosão costeira encontram-se no segmento oeste, principalmente entre o Pontal de Sernambetiba e a Praia da Reserva. A área de maior acreção de sedimentos encontra-se no segmento leste, principalmente na Praia do Pepê, onde encontra-se o Píer da Barra da Tijuca. O processo de erosão nas praias do segmento oeste foi responsável pelos índices médios de acreção de 0,08, 0,16 e 0,295m/ano nas praias centrais e do leste do arco praiial estudado. Estes resultados corroboram constatações feitas por Coutinho (2007) e Sousa (2011) na praias do Pepê e em outros segmentos entre a Avenida Ayrton Senna e Olegário Maciel.

9. CONCLUSÕES

Conforme a análise de dados envolvendo fotografias aéreas e imagens de satélite de diferentes épocas no período de 40 anos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

- 1) Foi constatada uma orientação preferencial da remobilização de sedimentos de oeste para leste. Esta constatação está de acordo com a direção da corrente de deriva litorânea, resultante da ação de ondas mais energética provenientes de sudoeste (*swell*), associadas a frentes frias.
- 2) Verificou-se deposição de sedimentos no segmento leste, correspondente à área do Pier da Barra da Tijuca até a Praia do Pepê. Tal fato, deve-se à ação da corrente de deriva litorânea, impulsionada por ondas de alta energia provenientes de sudoeste e à presença do Quebra-mar da Barra. A capacidade de transporte de sedimento é maior em relação ao sentido contrário.
- 3) Constatou-se que o trecho de praia entre o pontal de Sernambetida e a Praia da Reserva apresenta características erosivas com recuo de linha de costa, em média, de 0,525m/ano, perfazendo um total de 21m durante o período estudado de 40 anos.
- 4) O *software DSAS* mostrou-se eficiente no processo de monitoramento de praias em períodos de curto e médio prazo. Fornecendo resultados significativos através de métodos indiretos, esta ferramenta provou-se bastante eficaz e prática em programas de monitoramento envolvendo fotografias aéreas e imagens de satélites.
- 5) O arco praial como um todo apresenta uma pequena taxa média de acreção de 0,02m/ano, representando uma situação de estabilidade. Isto indica que há um certo

equilíbrio entre as forças de sedimentação atuantes na área durante as diferentes épocas do ano, levando a um balanço sedimentar equilibrado.

Com isso, os resultados alcançados visam subsidiar e fornecer informações no intuito de colaborar com programas de monitoramento de erosão costeira nas praias da zona oeste da cidade do Rio de Janeiro. Considera-se este estudo como um ponto inicial para a explicação do processo de erosão e deposição induzido pela ação de ondas e de deriva litorânea. São necessários, portanto, trabalhos de detalhe que possam esboçar com mais segurança a complexidade dos fatores abordados na pesquisa.

Referências bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro. 2002. 10 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS E TÉCNICAS. NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro. 2002. 12 p.
- ABREU, C.J., SOUZA CRUZ, C.E.. 1998, Roteiro de Campo da Baixada de Jacarepaguá, RJ. Petrobrás - Cenpes, 10p.
- AMARAL, R.F.; FARIAS, V.; ASSIS, H.M.B. 1992. Observações preliminares sobre impactos ambientais na linha de costa, exemplos da costa pernambucana. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37. ANAIS*, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia, **1(27)**
- BIGARELLA, J.J. 1989. Alguns casos de problemas ambientais no litoral do Paraná. *Econtro Nacional de Estudos do Meio Ambiente, 2 ANAIS*. UFSC, Florianópolis, **3**, 151-184
- BIRD, E.C.F. 1999. *Beach Management*. New York: John Wiley & Sons, 292 p.
- 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"*. São Paulo (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.
- CABRAL, S. 1979. Mapeamento geológico-geotécnico da baixada de Jacarepaguá e maciços circunvizinhos. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia Universidade Federal do Rio de Janeiro. 212p. Rio de Janeiro.
- 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. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 110p.
- CALLIARI, L.J. & KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. *Pesquisas*, Porto Alegre, **20(1)**, 48-56.
- CAMARGO, R.; HARARI, J.; BISCARO, T.S.; BIAZETO, B. 2002. Avaliação das Previsões de Maré Meteorológica Realizadas com o Princeton Ocean Model no Laboratório Master/IAG/USP. *In: XII Congresso Brasileiro de Meteorologia*, Foz de Iguaçu-PR, p. 2022-2028.

CASTRO, J.W.A. 1996. O processo erosivo das praias da costa oeste do Ceará e suas conseqüências para o desenvolvimento urbano e empreendimentos turísticos. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, Salvador. Simpósios... Salvador. Sociedade Brasileira de Geologia. 39(4)*, 426 – 429p.

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.

CASTRO, J.W.A.; COUTINHO N.M. 2007. Erosão e deposição de sedimentos nas praias da Barra da Tijuca e Recreio dos Bandeirantes - Rio de Janeiro. *Congresso Abequa 2007 Belém. 35-38p.*

CASTRO, J.W.A., SUGUIO, K., SEOANE, J.C.S., CUNHA, A.M., DIAS, F.F., 2014. *Sea-level fluctuations and coastal evolution in the state of Rio de Janeiro, Southeastern Brazil. An. Acad. Bras. Cienc. 86*, 671–683.

CASTRO, J.W.A.; TENA, F.P.; MEIRELES, A.J.A.; GURGEL JR., J.B. 1992. A influência dos processos litorâneos na identificação de áreas de risco costeiro nas praias da margem oeste do rio Ceará. *In: Congresso Brasileiro de Geologia, 37. ANAIS, São Paulo, Sociedade Brasileira de Geologia. 1*, 106-108p

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, Rio de Janeiro - RJ. 489p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DOMINGUEZ, J.M.L.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; MARTIN, L. 1981. Esquema evolutivo da sedimentação quaternária nas feições deltáicas dos rios São Francisco (SE/AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). *In: Rev. Bras. Geoc., 11(4)*: 227 - 237.

DOMINGUEZ, J.M.L.; MARTIN, L. e BITTENCOURT, A.C.S.P. (1982). Evolução paleogeográfica do delta do rio Jequitinhonha durante o Quaternário: influência das variações do nível do mar. *In: SUGUIO, K. et al. (Eds). ATAS do IV Simpósio do Quaternário no Brasil, Rio de Janeiro (RJ): 69 - 92.*

EMERY, K.O. 1961. *A simple method of measuring beach profiles. Limnology and Oceanography, 6(1), 90-93p.*

FERNANDES, T. 2013. Barra da Tijuca (RJ), Plano Piloto, Legislação e Realidade: o processo de urbanização, ocupação e suas conseqüências ambientais. *Revista VITAS - Visões Transdisciplinares sobre Ambiente e Sociedade*

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em: <www.ibge.gov.br/home>. Acesso em: 11/09/2016.

IPP - INSTITUTO PEREIRA PASSOS. Disponível em: <www.portalgeo.rio.rj.gov.br>. Acesso em: 11/09/2016.

LAMEGO, A. R. A. 1974. Jacarepaguá - A Terra e o Homem. Rio de Janeiro: Ed. do Autor. 50 p.

MAIA, M.C.A.C.; MARTIN, L. ; FLEXOR, J. & AZEVEDO, A.E.G.. 1984. Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). *Congresso Brasileiro de Geologia, 33., Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia*, p. 105-118.

MARTIN, L.; FLEXOR, J.M.; VILAS BOAS, G.S.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; GUIMARAES, M.M.M. 1979a. *Courbe de variation du niveau relatif de la mer au cours des 7.000 dernières années sur un secteur homonène du littoral brésilien (nord de Salvador - Bahia)*, In: SUGUIO, K. et al. (Eds.), *Proceedings of the "1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary"*, São Paulo (SP): 264 - 274.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. 1979b. *Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ)*. In: SUGUIO, K. et al. (Eds.), *Proceedings of the "1978 International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary"*, São Paulo (SP): 296 - 331.

MARTIN., L.; SUGUIO, K. e FLEXOR, J.M. 1979c. *Précautions sur l'utilisation des datations par le radiocarbone pour la reconstruction des anciens niveaux marins (Additif et correctif à: "Le Quaternaire marin du littoral brésilien entre Cananéia (SP) et Barra de Guaratiba (RJ)"*, In: SUGUIO, K. et al. (Eds.), *Proceedings of the "1978 International Symposium of Coastal Evolution in the Quaternary"*, São Paulo (SP): 332 - 342.

MARTIN, L.: SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M.; BITTENCOURT, A.C.S.P.; VILAS BOAS, G.S. 1980. *Le Quaternaire marin brésilien (littoral Pauliste, sud-fluminense et bahianais)*. *Cah. O.R.S.T.O.M., sér.Géol.*, **11(1)**: 55-124.

MARTIN, L.; MAIA, M.C.A.C.; FLEXOR, J.M. & AZEVEDO, A.E.G. 1984. Evolução holocênica da planície costeira de Jacarepaguá (RJ). *Congresso Brasileiro de Geologia, 33, Rio de Janeiro. Anais ... Rio de Janeiro, SBG*, p. 105-118.

MUEHE, D. & CORRÊA, C.H.T. 1989. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos na restinga da Maçamba, RJ. *Revista Brasileira de Geociências*, São Paulo, **19(3)**, 387.392.189.

PEREIRA, E.; BRAGA, P.M.C.; MENDES, C.T. & BERGAMASCHI, S.. 2012. Sedimentação Quaternária na Planície Costeira de Jacarepaguá e Guaratiba (Estado do Rio de Janeiro). Departamento de Estratigrafia e Paleontologia da Faculdade de Geologia da UERJ. [UERJGEO]20120322 BSePetiba.indb p. 63-82.

PUGH, D.T. 1987. *Tides, Surges and Mean Sea Level*. John Wiley & Sons. Chichester, U.K. 472 p.

RONCARATI, H. & NEVES, L.E. 1976. Projeto Jacarepaguá: estudo geológico preliminar dos sedimentos recentes superficiais da baixada de Jacarepaguá - município do Rio de Janeiro, RJ. Rio de Janeiro: CENPES/ Petrobrás. 89 p.

ROSMAN, P.C.C. & VALENTINI, E. 1989. *Recent erosion in the stable Ipanema-Leblon beach in Rio de Janeiro. Coastlines of Brazil. New York: ASCE Edits. 278-291p.*

SOUSA, R.S. 2011. Erosão Costeira nas praias da Barra da Tijuca, Reserva e Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro. Departamento de Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Trabalho Final de Curso, 75p.

SILVA, C. G.; PATCHINEELAM, S.M.; NETO, J. A. B & PONZI, V.R.A. 2004. Ambientes de sedimentação costeira e processo morfodinâmicos atuantes na linha de costa. *In: NETO, J.A.B.; PONZI, V.R.A.; & SICHEL, S.E. (ORG). Introdução à Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, p 175-218.*

SANTOS, J.H.S. 1989. Introdução ao estudo geomorfológico e sedimentológico da praia da Ponta da Areia, São Luís, Maranhão. 63p. Tese de Conclusão de Curso. Bacharel em geografia. Universidade Federal do Maranhão.

SOUZA, C.R.G. 1997. As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-graduação em Geologia, Universidade de São Paulo, **2**, 174p.

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

SOUZA, C. R. G.; SUGUIO, K.; OLIVEIRA, P.E.; SANTOS, A.M. 2005. Quaternário do Brasil - Ribeirão Preto: Holos, Editora, 382p.: il.; 28

SOUZA, C.R de G. 2009. - A Erosão nas Praias do Estado de São Paulo: Causas, Consequências, Indicadores de Monitoramento e Risco. *In: V.L.R. Bononi & N.A. Santos Júnior (orgs.). "Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: A Síntese de Um Ano de Conhecimento Científico Acumulado". Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. (ISBN 978-85-7523-025-1).*

SOUZA, C.R de G., HIRUMA, S.T., SALLUN, A.E.M., RIBEIRO, R.R. & AZEVEDO SOBRINHO, J.M. 2008. "Restinga" - Conceitos e Empregos do Termo no Brasil e Implicações na Legislação Ambiental. Instituto Geológico, Secretaria de Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 104p., São Paulo, Brasil (ISBN 978-85-87235-04-6). <http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/livros/restinga.pdf>

SOUZA, C.R de G. & SUGUIO, K. 2003. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo Plan for Coastal Management. *Journal Coastal Research, SI35:530-547.*

SOUZA CRUZ, C. E. & BARROCAS, S.L.S. 1976. Sedimentação quaternária na baixada de Jacarepaguá, litoral do Rio de Janeiro. Roteiro de excursão. CENPES/ Petrobrás, Rio de Janeiro, 11 p.

SOUZA CRUZ, C.E., BARROCAS, S.L.S.. 1987. Sedimentação Quaternária na Baixada de Jacarepaguá - Roteiro de Excursão. *In* X Congresso Brasileiro de Paleontologia, SBP, Rio de Janeiro, p. 1076-1085.

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., and 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. *current version 4.3*

TOLDO JR, E.E.; DILLENBURG, S.R.; ALMEIDA, L.E.S.B., TABAJARA, L.L.; MARTINS, R.R. & CUNHA, L.O.B.P. 1993. Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, RS. *Pesquisas*, Porto Alegre, **20(L)**, 27-32p.

VALENTINI, E. & NEVES, C.F. 1989. *The coastline of Rio de Janeiro from a coastal engineering point of view. In: Coastlines of Brazil. New York: ASCE Edit.* 30-44p.

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.