

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO - UFRJ

PROGRAMA DE PÓS - GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA – PPGG

**JULIANA DO NASCIMENTO PENA**

Dinâmica Geomorfológica das Praias Oceânicas Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro e Impactos Associados a Ressacas do Mar: Uma Contribuição à Gestão Costeira.

Rio de Janeiro,  
Março de 2017

**JULIANA DO NASCIMENTO PENA**

Dinâmica Geomorfológica das Praias Oceânicas Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro e  
Impactos Associados a Ressacas do Mar: Uma Contribuição à Gestão Costeira

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

**Orientadora:** Flavia Moraes Lins-de-Barros

Rio de Janeiro,

Março de 2017.

**JULIANA DO NASCIMENTO PENA**

Dinâmica Geomorfológica das Praias Oceânicas Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro e  
Impactos Associados Ressacas do Mar: Uma Contribuição à Gestão Costeira

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro como requisito para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Aprovada por:

\_\_\_\_\_ - Orientadora

Flavia Moraes Lins-de-Barros

(Doutora, PPGG/UFRJ)

\_\_\_\_\_

David Canabarro Savi

(CMG (T), Marinha do Brasil)

\_\_\_\_\_

Paulo Pereira de Gusmão

(Doutor, PPGG/UFRJ)

## Agradecimentos

Agradeço à minha mãe Ana Lúcia, meu pai Antônio Roem, à minha irmã Isabela Pena e a toda família por toda a dedicação e esforço para me ensinar o que é a vida, bem como o carinho em todos os momentos.

Ao João Gama, que me acompanhou durante todo curso e esteve sempre ao meu lado, nos sorrisos e dificuldades, na operacionalização da pesquisa com sua habilidade para editar mapas e o seu “corsa”, presente em quase todos os trabalhos de campo fundamentais para dissertação.

As famílias Gama e Penido, que me deram suporte durante todas as etapas e animo para prosseguir.

Aos amigos, Hugo Alves, Priscila Linhares, Ana Clara Brun, Rafael Santos, Fernando Antunes, Rafael Gomes, Geislan Lima, Rafael Cardoso, Simone Garcia, Ana Beatriz e Valéria Cristina, amigos de universidade e de vida, incentivadores quanto meu ingresso na pesquisa geomorfológica.

À Márcia Martins, grande amiga que me apresentou a Geomorfologia Costeira, além de dar conselhos sobre a vida, e jogar conversa fora.

À Prof<sup>a</sup> Flavia Lins de Barros, por compartilhar parte da enorme bagagem de conhecimento e pelos conselhos no meu percurso acadêmico, pelo entusiasmo, investimento na pesquisa científica, pela orientação, apoio com a instrumentação da pesquisa, o aprendizado de campo, e as inúmeras sugestões para esta dissertação.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), o Banco Nacional de Dados Oceanográficos (BNDO) e ao Laboratório de Geografia Marinha da UFRJ, pelo subsídio dado durante o desenvolvimento deste estudo.

E, sobretudo, à Deus, por essa magnífica e misteriosa natureza tão apaixonante, bem como o apoio e suporte em todos os momentos da minha vida.

*“Agora nós vamos invadir sua praia...”*

***Ultraje a Rigor - Nós Vamos Invadir Sua Praia***

## Resumo

PENA, Juliana do Nascimento. **Dinâmica Geomorfológica das Praias Oceânicas Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro e Impactos Associados a Eventos Extremos: Uma Contribuição a Gestão Costeira.** 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

A zona costeira é um patrimônio nacional, sendo uma porção de território brasileiro que deve merecer atenção especial do poder público quanto à sua ocupação e ao uso de seus recursos naturais e patrimônios imateriais. Construções são pensadas visando o maior proveito desta região, principalmente no que tange à economia, assim, entre as estruturas mais reproduzidas na orla da cidade do Rio de Janeiro, encontramos os muros de proteção de calçadões, passeios, ciclovias e quiosques. Estas alterações no meio físico interferem diretamente na dinâmica dos processos sedimentares naturais das praias, assim, o equilíbrio dinâmico nunca vai ser completamente restaurado nas orlas próximas a essas intervenções, sendo necessário sempre uma manutenção precisa quando eventos mais intensos causam a destruição destes equipamentos, como observado nos acontecimentos relatados em jornais. Dessa forma, o objetivo principal desta dissertação é compreender a dinâmica geomorfológica das praias oceânicas urbanas da cidade do Rio de Janeiro a partir da incorporação da influência das intervenções antrópicas nesta dinâmica. O presente trabalho foi realizado, através de idas a campo e de notícias de jornais, um inventário das obras de engenharia costeira já realizadas nas praias oceânicas urbanas da cidade. Os trabalhos de campo também tiveram o propósito de confeccionar perfis topográficos para o acompanhamento do comportamento das praias em tempo bom e durante a passagem de frentes frias acompanhadas de fortes ondulações. Metodologias como a de Sallenger (2000), que tem como objetivo avaliar os impactos causados por eventos de alta intensidade, auxiliam na compreensão dos impactos que tais estruturas podem sofrer devido a ocorrência de eventos extremos e também o seu papel na geomorfologia da praia. Este trabalho aponta conclusões para uma efetiva gestão da costa, posto que é importante compreender a associação entre geomorfologia e os efeitos de danos e impactos nas praias e obras costeiras, dado que com tempestades mais intensas no mar, as ondas ficam mais altas e as marés meteorológicas o deixam mais elevado, causando danos a patrimônios materiais e imateriais presentes na cidade do Rio de Janeiro.

**Palavras-Chave:** Intervenção Costeira, Gestão Costeira, Geografia Marinha, Vulnerabilidade Costeira

#### Abstract

PENA, Juliana do Nascimento. **Dinâmica Geomorfológica das Praias Oceânicas Urbanas da Cidade do Rio de Janeiro e Impactos Associados à Eventos Extremos: Uma Contribuição a Gestão Costeira.** 2017. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Departamento de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

The coastal zone is a national patrimony, being a portion of Brazilian's territory that deserves special attention from the public power regarding its occupation and use of its natural resources and intangible assets. The buildings are designed for the greater benefit of the region, especially for the economy, as well as for the most reproduced works in the city of Rio de Janeiro, the walls of protection of boardwalks, walks, bike paths and kiosks. These changes in the physical environment directly interfere in the dynamics of the sedimentary processes of the beaches, just as the dynamic equilibrium will never be totally restored in the borders next to interventions, being necessary whenever a maintenance needs when the more intense events cause a destruction of the equipments. Like observed in the events reported in newspapers. Thus, the main objective of this dissertation is a geomorphological dynamics of Rio de Janeiro City's urbans ocean beaches from the incorporation of the influence of the anthropic interventions in this dynamic. For this present work was made, through fieldwork and newspaper's headline, an inventory of coastal engineering works already carried out on the urban ocean beaches of the city. The fieldworks has the same purpose of making the topographic profiles for the monitoring of the behavior of the beaches in a good time and during a passage of fronts that accompany strong undulations. Methodologies such as that of Sallenger (2000), which aims at the impacts caused by high intensity events, helps in understanding the impacts that such structures may suffer due to an occurrence of extreme events and also their role in the geomorphology of the beach. This work was concluded for an effective management of the coast, since it is important in an association between geomorphology and the effects of damages and impacts on the beaches and coastal works, since with more intense storms in the sea, as waves become higher and as Meteorological Seas or leave higher, causing material and immaterial damages in the city of Rio de Janeiro.

**Keywords:** Coastal Intervention Coastal Management, Marine Geography, Coastal Vulnerability



## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1 - PROPAGANDA E INCENTIVOS PARA A HABITAÇÃO NO BAIRRO DE SÃO CONRADO PUBLICADOS NO JORNAL O GLOBO, NA DÉCADA DE 1970.....	10
FIGURA 2 - QUIOSQUE EM POSIÇÃO AVANÇADA NA BERMA - PRAIA DO LEBLON. ....	12
FIGURA 3- MAPA DA LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO. ....	13
FIGURA 4 - FATORES CONTROLADORES DO EQUILÍBRIO DINÂMICO - ADAPTADO DE PILKEY E DIXON (1996) P.24. ....	15
FIGURA 5- FONTES E PERDAS DE SEDIMENTOS DE UMA PRAIA – FONTE: MODIFICADO DE BIRD (1993, P.49).....	16
FIGURA 6- TERMINOLOGIA DE PRAIA E ANTEPRAIA TOMANDO COMO EXEMPLO UMA PRAIA DE ESTÁGIO INTERMEDIÁRIO COM NÍTIDO DESENVOLVIMENTO DE BANCO E CAVA SUBMARINA. RETIRADO DE MUEHE, 2003 .....	17
FIGURA 7- PERFIL DE INVERNO E PERFIL DE VERÃO (KOMAR, 1976, P. 289).....	18
FIGURA 8 - EXEMPLO DA OCORRÊNCIA DO ESTÁGIO MORFODINÂMICO TERRAÇO DE BAIXA-MAR NAS PROXIMIDADES DO "QUEBRA-MAR" NA PRAIA DA BARRA DA TIJUCA NO MUNICÍPIO DO RIO DE JANEIRO. ACERVO PRÓPRIO. ....	19
FIGURA 9 - CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DOS SEIS ESTADOS DE PRAIA - FONTE SLSA (2009, APUD WRIGHT & SHORT, 1984). ....	20
FIGURA 10- EROÇÃO NA PARTE CENTRAL DA PRAIA DA BARRA E ACUMULO NO QUEBRA-MAR, EM POSIÇÃO PERPENDICULAR AO ÂNGULO DAS ONDAS - FONTE: GOOGLE EARTH. ....	21
FIGURA 11- TRANSPORTE DE SEDIMENTOS POR ONDAS DE SUDESTE. - FONTE: GOOGLE EARTH. ....	22
FIGURA 12- EROÇÃO CAUSADA PELA REFLEXÃO DAS ONDAS NO MURO (BIRD, 2008, P.214) .....	23
FIGURA 13- PERDA DE AREIA CAUSADA PELA REFLEXÃO DAS ONDAS NO MURO (BIRD, 2008, P.214).....	23
FIGURA 14 - NÍVEIS DE IMPACTO PROPOSTOS POR SALLENGER (2000). ....	28
FIGURA 15 - REPRESENTAÇÃO ESQUEMÁTICA DOS LOCAIS DE COLETA. ....	30
FIGURA 16 - EXEMPLO DA APLICAÇÃO DA MATRIZ, UNINDO OS MÉTODOS DE LEOPOLD E O MÉTODO DE LISTAS. - RETIRADO DE FARINACCIO, 2010. ....	35
FIGURA 17- MAPA PARCIAL DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO COM ÁREAS ATERRADAS SOBRE O MAR – RETIRADO DE ANDREATTA (2009, P.3).....	42

FIGURA 18 - INTERVENÇÕES ENCONTRADAS NA PRAIA DA MACUMBA .....	45
FIGURA 19 - PONTO 2 - PERFIS DA PRAIA DA MACUMBA .....	47
FIGURA 20- PONTO 3 - PRAIA DA MACUMBA.....	48
FIGURA 21- PONTO 3 -PERFIS DA PRAIA DA MACUMBA. ....	48
FIGURA 22 - MANCHETE DE JORNAL RELATANDO A PRIMEIRA OCORRÊNCIA APÓS A INAUGURAÇÃO DA OBRA. 6 DE JANEIRO DE 2005 – FONTE: ACERVO O GLOBO .....	49
FIGURA 23- PONTO 4 - PERFIS DA PRAIA DA MACUMBA.....	50
FIGURA 24 - PONTO 5 - PERFIS DA PRAIA DA MACUMBA.....	51
FIGURA 25- PONTO 6 - PERFIS DA PRAIA DA MACUMBA.....	51
FIGURA 26 - PONTO 7 - PERFIS DA PRAIA DA MACUMBA.....	52
FIGURA 27 - COMPORTAMENTO DA PRAIA EM EVENTOS EXTREMOS .....	53
FIGURA 28 - PONTO DE EROSIÃO NA PRAIA DA MACUMBA. – PONTO 4 .....	54
FIGURA 29- GRANULOMETRIA MACUMBA - PONTO 1 .....	56
FIGURA 30 - BALANÇO SEDIMENTAR DA PRAIA DA MACUMBA - MODIFICADO DE BIRD (1993) .....	57
FIGURA 31 – MAQUINÁRIO EM OPERAÇÃO NO CANAL DE SERNAMBETIBA – NA FOTOGRAFIA DA DIREITA, A SETA MOSTRA A LOCALIZAÇÃO DA DRAGAGEM. ....	57
FIGURA 32- GRANULOMETRIA MACUMBA - PONTO2.....	58
FIGURA 33- GRANULOMETRIA MACUMBA - PONTO 3.....	59
FIGURA 34- GRANULOMETRIA MACUMBA - PONTO 4.....	59
FIGURA 35- GRANULOMETRIA MACUMBA - PONTO 5.....	60
FIGURA 36- GRANULOMETRIA MACUMBA - PONTO 6.....	60
FIGURA 37 - GRANULOMETRIA MACUMBA - PONTO 7.....	61
FIGURA 38 - ESTRUTURAS ENCONTRADAS COM A OCORRÊNCIA DE OVERWASH NO PONTO 2.....	63
FIGURA 39 - MORFOLOGIA DO TÔMBOLO VERIFICADA NO DIA 29 DE JUNHO DE 2016.....	64
FIGURA 40 - EVIDÊNCIA DE OVERWASH NOS PONNTOS 2 E 4. ....	64

FIGURA 41 - LOCALIZAÇÃO DAS INTERVENÇÕES EMERSAS NO ARCO PRAIAL RECREIO - BARRA .....	69
FIGURA 42 - QUEBRA-MAR DA BARRA DA TIJUCA .....	71
FIGURA 43 - PERFIL REALIZADO POR COUTINHO (2007) PRÓXIMO AO QUEBRA MAR DA BARRA .....	72
FIGURA 44 - CONSTRUÇÃO DO SEGUNDO NÍVEL DO MURO DA PRAIA DE SÃO CONRADO - FONTE: ACERVO O GLOBO.....	73
FIGURA 45- LÍNGUA NEGRA APÓS CHUVA EM 09/10/2015. – ACERVO PRÓPRIO .....	73
FIGURA 46 - LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS TOPOGRÁFICOS E ESTRUTURAS PRESENTES NO ARCO PRAIAL.....	74
FIGURA 47 - PONTO 1 - PERFIS DA PRAIA DE SÃO CONRADO .....	76
FIGURA 48- LOCALIZAÇÃO DA PISTA DE POUSO (À ESQUERDA) - FONTE: GOOGLE EARTH - E A PRÁTICA DA ATIVIDADE (À DIREITA) NA PRAIA DE SÃO CONRADO - FONTE: GREEN NATION .....	77
FIGURA 49- PONTO 2 - PERFIS DA PRAIA DE SÃO CONRADO .....	78
FIGURA 50 - TERRAÇO DE BAIXA-MAR IDENTIFICADO NA PRAIA DE SÃO CONRADO EM 22/04/2016.....	79
FIGURA 51 - TERRAÇO DE BAIXA-MAR E LÍNGUA NEGRA NA PRAIA DE SÃO CONRADO....	79
FIGURA 52 – PONTO 3 - PERFIS DA PRAIA DE SÃO CONRADO.....	81
FIGURA 53- ESTÁGIO MORFODINÂMICO REFLETIVO. ....	81
FIGURA 54 - TENDÊNCIA MORFOLÓGICA DA PRAIA DE SÃO CONRADO.....	82
FIGURA 55 - ESTRUTURA TOMADA PELAS ONDAS NA PRAIA DE SÃO CONRADO EM 21/04/2016.....	84
FIGURA 56- REPAROS FEITOS APÓS A QUEDA DE PARTE DA ESTRUTURA NO DIA 21/04/2016.....	85
FIGURA 57 - BALANÇO SEDIMENTAR DA PRAIA DE SÃO CONRADO - MODIFICADO DE BIRD (1993).....	86
FIGURA 58 - GRANULOMETRIA - SÃO CONRADO - PONTO 1.....	87
FIGURA 59 - GRANULOMETRIA SÃO CONRADO - PONTO 2.....	87
FIGURA 60- GRANULOMETRIA - SÃO CONRADO - PONTO 3 .....	88

FIGURA 61 - DANOS CAUSADO POR RESSACA EM JUNHO DE 1999. FONTE: ACERVO O GLOBO. ....	89
FIGURA 62 - COLISÃO DE ONDAS NA ESTRUTURA PRESENTE NO PONTO 3 DA PRAIA DE SÃO CONRADO.....	91
FIGURA 63 - OBSERVAÇÃO DE PADRÃO SWASH OCORRENDO EM SÃO CONRADO. ....	92
FIGURA 64- LOCAIS DE REALIZAÇÃO DOS PERFIS E COLETA DE SEDIMENTOS.....	95
FIGURA 65- PONTO 1 (LEBLON) - PERFIS NO ARCO PRAIAL IPANEMA - ARPOADOR. ....	96
FIGURA 66- ESTRUTURA ENCONTRADA NO PONTO 1 DO ARCO PRAIAL IPANEMA – ARPOADOR.....	97
FIGURA 67- PONTO 2 - PERFIS NO ARCO PRAIAL IPANEMA - ARPOADOR.....	97
FIGURA 68- PONTO 3 - PERFIS NO ARCO PRAIAL IPANEMA - ARPOADOR.....	98
FIGURA 69- RECOMPOSIÇÃO DA VEGETAÇÃO DE ESTINGA FIXADORA DE DUNAS. ACERVO PRÓPRIO .....	98
FIGURA 70 - REPORTAGEM SOBRE A FALTA DE AREIA NO ARPOADOR, ONDE O IMPACTO DAS ONDAS SERIA SENTIDO PELOS MORADORES DOS PRÉDIOS. ....	99
FIGURA 71 - PERDA DE SEDIMENTOS DURANTE RESSACA DO DIA 21 E 22 DE ABRIL DE 2016.....	99
FIGURA 72- PONTO 4 - PERFIS NO ARCO PRAIAL IPANEMA – ARPOADOR.....	100
FIGURA 73- IMAGEM DE JUNHO DE 2009, MOSTRANDO ACÚMULO NA PARTE CENTRAL E NO ARPOADOR - FONTE: GOOGLE EARTH .....	101
FIGURA 74 - IMAGEM DE JANEIRO DE 2011 MOSTRANDO ACÚMULO DE SEDIMENTOS NO PONTO 1 (LEBLON) E PARTE CENTRAL - FONTE: GOOGLE EARTH .....	101
FIGURA 75 - TENDÊNCIA DE LINHA DE COSTA PARA O ARCO PRAIAL IPANEMA – LEBLON .....	102
FIGURA 76 - DANOS CAUSADOS POR RESSACA NO CALÇADÃO DO LEBLON - FONTE: ACERVO O GLOBO .....	103
FIGURA 77- ESTRUTURA QUE CONTROLADA A VAZÃO DO CANAL DE MARÉ JARDIM DE ALAH. ....	104
FIGURA 78- IMPACTOS DA FORTE RESSACA NA ORLA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO EM 30 DE OUTUBRO DE 2016 - FONTE: ACERVO O GLOBO.....	105
FIGURA 79- PLANTA DOS NOVOS QUIOSQUES - EM VERMELHO A ÁREA DE ESTRUTURA QUE ESTÁ NA BERMA DA PRAIA – FONTE: ORLA RIO - GRIFO NOSSO. ....	105

FIGURA 80 - GRANULOMETRIA - ARCO PRAIAL IPANEMA – ARPOADOR - PONTO 1 .....	106
FIGURA 81 - GRANULOMETRIA - ARCO PRAIAL IPANEMA – ARPOADOR - PONTO 3 .....	106
FIGURA 82 - GRANULOMETRIA - ARCO PRAIAL IPANEMA – ARPOADOR PONTO 4 .....	107
FIGURA 83 - BALANÇO SEDIMENTAR DO ARCO PRAIAL IPANEMA-LEBLON - MODIFICADO DE BIRD (1993) .....	108
FIGURA 84 - REGIME DE SWASH NO PONTO 3. ....	110
FIGURA 85 - PROJETO LÚCIO COSTA PARA A ORLA DE COPACABANA. - FONTE: ACERVO O GLOBO. ....	114
FIGURA 86- COPACABANA DURANTE AS OBRAS; FINAL DE 1960 E INÍCIO DE 1970 – FONTE: SKY SCRAPER CITY .....	115
FIGURA 87 - - BALANÇO SEDIMENTAR DA PRAIA DE COPACABANA - MODIFICADO DE BIRD (1993) .....	116
FIGURA 88 - RISCO DE QUEDA DA TORRE DE TV - FONTE: ACERVO O GLOBO. ....	117

## ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1 - CARACTERÍSTICAS DE MUROS – ADAPTADO DE: CARTER, BILL (1989).....	25
TABELA 2- SEQUÊNCIA DE PENEIRAS DE ACORDO COM AS MALHAS UTILIZADAS. ....	31
TABELA 3 - CLASSIFICAÇÃO DE SEDIMENTO - RETIRADO DE MUEHE, 1994.....	32
TABELA 4 - MODIFICADO DE SALLENGER (2000), P.894.....	38
TABELA 5 - EXTENSÃO (KM) DAS OBRAS EM CADA PRAIA ESTUDADA E INFORMAÇÕES ASSOCIADAS. - (PENA, 2015) .....	41
TABELA 6 - CONDIÇÕES DO MAR NOS CAMPOS REALIZADOS - PRAIA DA MACUMBA .....	46
TABELA 7 - VARIAÇÃO DO APORTE SEDIMENTAR NOS DIAS 21 E 22 DE MAIO, 8 E 10 DE JUNHO. – PRAIA DA MACUMBA .....	55
TABELA 8 - VARIAÇÃO DO APORTE SEDIMENTAR NOS DIAS 10, 13 E 29 DE JUNHO. – PRAIA DA MACUMBA .....	55
TABELA 9 - MATRIZ DE IMPACTO - PRAIA DA MACUMBA.....	62
TABELA 10- DADOS E RESULTADOS PARA A OBTENÇÃO DA ESCALA DE IMPACTOS DE TEMPESTADE – MACUMBA.....	66
TABELA 11- MATRIZ DE IMPACTO - ARCO BARRA DA TIJUCA- RECREIO.....	70
TABELA 12 - CONDIÇÕES DO MAR NOS CAMPOS REALIZADOS - PRAIA DE SÃO CONRADO	76
TABELA 13 - VARIAÇÃO DO APORTE SEDIMENTAR NOS DIAS 21 E 22 DE ABRIL. 08 E 10 DE JUNHO. – PRAIA DE SÃO CONRADO .....	83
TABELA 14- VARIAÇÃO DO APORTE SEDIMENTAR NOS DIAS 10, 13 E 29 DE JUNHO. - PRAIA DE SÃO CONRADO.....	83
TABELA 15 - MATRIZ DE IMPACTO - PRAIA DE SÃO CONRADO.....	90
TABELA 16 - DADOS E RESULTADOS PARA A OBTENÇÃO DA ESCALA DE IMPACTOS DE TEMPESTADE.....	93
TABELA 17 - CONDIÇÕES DE MAR NOS PERFIS REALIZADOS .....	94
TABELA 18- MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL - ARCO PRAIAL IPANEMA - LEBLON.....	109
TABELA 19 - PERÍODO, ÂNGULO DA FACE DE PRAIA, VOLUME DE SEDIMENTO E ESCALA DE IMPACTOS DE TEMPESTADE – ARCO PRAIAL IPANEMA–ARPOADOR. ....	112
TABELA 20- MATRIZ DE IMPACTO - PRAIA DE COPACABANA.....	118

## Sumário

1- INTRODUÇÃO.....	1
2 – JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS .....	4
2.1 – Justificativa .....	4
2.2 – Objetivos.....	6
2.2.1- Objetivos Específicos.....	6
3 – ÁREA DE ESTUDO .....	7
4 – DISCUSSÃO TEÓRICO – METODOLÓGICA.....	14
5 – METODOLOGIA .....	29
5.1 – Caracterização Morfossedimentar .....	29
5.2 – Eventos de Ressaca .....	33
5.3 – Principais Intervenções Costeiras e Avaliação de Impactos.....	34
5.4 – Impactos das Tempestades.....	36
6 – RESULTADOS .....	41
6.1 – Histórico de Transformações .....	41
6.2 – Praia da Macumba .....	43
ii. Eventos Extremos e Subida do Nível do Mar.....	53
iii. Granulometria e Balanço Sedimentar .....	55
iv. Matriz de Impacto Ambiental .....	61
v. Escala de Impactos de Tempestades.....	63
6.3 – Arco Praial Barra da Tijuca – Recreio dos Bandeirantes .....	68
6.3 – Praia de São Conrado.....	72

i) Análise dos Perfis Realizados.....	75
ii) O evento extremo de 21 de abril de 2016.....	83
iii) Granulometria e Balanço Sedimentar .....	86
6.4 – Arco Praial Ipanema/ Arpoador - Leblon .....	93
i) Análise dos Perfis Realizados.....	93
ii) Balanço Sedimentar e Quiosques Orla-Rio .....	103
iii) Matriz de Impacto Ambiental .....	108
iv) Escala de Impactos de Tempestade .....	110
6.4 – Praia de Copacabana .....	113
i) Matriz de Impacto Ambiental.....	117
7 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	119
8 – BIBLIOGRAFIA .....	126



## 1- INTRODUÇÃO

Atualmente observa-se intensa alteração da dinâmica natural das praias nas áreas urbanas, uma vez que a maior parte das grandes cidades se encontram na zona costeira, além disso, as residências próximas à orla são de grande valor imobiliário, já que a proximidade das moradias ao mar tem como principal fator de valorização imobiliária, a circunvizinhança com este possibilita uma área de lazer nas proximidades, além da bela paisagem que esta localidade traz consigo.

Conforme aponta Muehe (1998) a linha de costa se caracteriza por instabilidade decorrente de alterações naturais e antrópicas, que se traduzem em modificações na disponibilidade de sedimentos, no clima de ondas e na altura relativa do mar. O autor acrescenta que no caso das praias arenosas, as mudanças de forma e posição podem ter consequências econômicas indesejáveis quando resultam em destruição de patrimônio.

O estado do Rio Janeiro tem 24 dos seus 92 municípios em contato direto com o mar, sendo o mais importante deles o município do Rio de Janeiro, capital do estado e tem na sua relação com o mar, grande parte da obtenção de sua renda, vinda dos royalties pagos pela extração do petróleo, na petroquímica. Segundo Bueno (2012), encontram-se mais de 700 empresas, dentre as quais as maiores do Brasil (Shell, Esso, Ipiranga, Chevron Texaco, El Paso, Repsol YPF). A maioria mantém centros de pesquisa espalhados por todo o estado e, juntas, produzem mais de 4/5 do petróleo e dos combustíveis distribuídos nos postos de serviço do território nacional.

Enquanto que a cidade do Rio de Janeiro reúne também os principais grupos nacionais e internacionais da indústria naval e os maiores estaleiros do estado e de todo o Brasil - o qual detém grande parte da produção de navios e de equipamentos *offshore* no Brasil. De acordo com Gusmão (2010) o estado receberia um montante de investimentos de cerca de R\$300 bilhões, e grande parte deste (cerca de 46%) seria investido na zona costeira.

A especulação imobiliária faz com que exista uma grande valorização das áreas litorâneas, com isso a média do metro quadrado da zona sul carioca já é a maior do Brasil, e a zona oeste está repetindo o caminho que outrora foi feito pela zona sul. A mancha urbana carioca expandiu de forma rápida e intensa à custa de “vazios” urbanos para esta região, e da supressão de áreas de vegetação nativa. Egler e Gusmão (2014)

mostram que já em 1940, 50% da população do estado vivia na Região Metropolitana do Rio de Janeiro e na década de 80 houve uma redistribuição da população para áreas da zona oeste.

Na orla desta área de expansão da cidade merecem destaque para as praias do Recreio dos Bandeirantes e Macumba. O bairro da Barra da Tijuca começou a ser mais densamente ocupado na segunda metade da década de 1980 de forma acelerada e menos de dez anos depois as dunas e restingas do cordão litorâneo já haviam praticamente desaparecido, restando apenas as dunas frontais. A média do m<sup>2</sup> da região custa R\$6.600/m<sup>2</sup>, sendo o bairro mais caro a Barra da Tijuca onde o preço é de R\$9.512,00/m<sup>2</sup>, em seguida aparece o Recreio dos Bandeirantes com R\$7.179,00/m<sup>2</sup>.

As praias localizadas na zona Sul e Oeste do município do Rio de Janeiro são também atrações de lazer para residentes de todos estados, principalmente dos moradores habitantes nos dezenove municípios da região metropolitana do estado. Assim, o turismo confere mais do que um mero adendo à economia local, uma vez que muitos turistas nacionais e internacionais são atraídos por uma variedade de ícones culturais e paisagísticos, o que leva à criação de diversos postos de trabalho, principalmente no que diz respeito ao setor terciário, aumentando, principalmente, as atividades relacionadas ao comércio e hotelaria, e como sabemos, esse setor é marcante nos países e regiões de alto grau de desenvolvimento econômico. Graças a essa relação, em 2012, parte da cidade foi designada pela UNESCO como Patrimônio Cultural da Humanidade, com o nome "Rio de Janeiro: Paisagem Carioca entre a Montanha e o Mar", atualmente esta relação entre o mar e a cidade ganhou mais um estímulo, já que existem grandes investimentos de capital público e privado para recuperar a região do porto, tornando-a, assim, mais atraente para turistas e investidores.

É interessante para a especulação imobiliária que se crie espaços cada vez mais próximos ao mar, e sendo eles limitados, o valor do m<sup>2</sup> serão os mais altos possíveis nesta região. Para isso, casa e prédios foram construídos cada vez mais próximos ao mar, e a ausência de uma legislação adequada para a ocupação nestas áreas fez com que muitas destas construções fossem construídas a poucos metros do mar. A associação de entradas de eventos de ressaca com um curto espaço para adaptação do perfil de praia, leva periodicamente à invasão do mar nas ruas, avenidas e em alguns prédios.

Para a resolução deste problema, muros para a proteção desses espaços foram construídos. Porém outros problemas, relacionados ao transporte de sedimentos começaram a surgir. Sendo assim, o presente trabalho traz resultados que buscam contribuir de maneira significativa com a gestão das praias urbanas oceânicas da cidade do Rio de Janeiro. Para tanto é apresentado um histórico de intervenções que ocorreram na orla da cidade, bem como os impactos sofridos por estas no trecho que compreende a nossa área de estudo em eventos observados durante a confecção desta dissertação e também pretéritos.

## 2 – JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

### 2.1 – Justificativa

Apesar de mundialmente conhecidas, as praias da cidade do Rio de Janeiro, têm sido pouco abordadas em estudos voltados para o conhecimento de sua dinâmica geomorfológica. Como exemplo de trabalhos que buscam uma melhor compreensão sobre as praias oceânicas urbanas cariocas, podemos citar estudos de Vazquez (2016), Bulhões (2011, 2006), KAJI, A. *et al.* (2006), ZEE, D. M. W. *et al.* (2004).

Em parte, tal fato se deve à própria temática proposta no presente trabalho, ou seja, a grande interferência na dinâmica original por meio de obras de engenharia e outras intervenções. No entanto, o conhecimento dos processos geomorfológicos em praias urbanas é fundamental para avaliar a adequação das medidas de gestão que vem sendo realizadas, assim como para se pensar o planejamento das áreas que ainda encontram-se pouco alteradas. Pode-se afirmar que a Geomorfologia, por possuir caráter integrador, busca compreender a evolução espaço-temporal dos processos do modelado terrestre, tendo em vista escalas de atuação desses processos, antes e depois da intervenção humana (Cunha e Guerra, 2003).

Além da instabilidade e dinâmica intrínsecas da linha de costa, é preciso estar alerta à possível subida do nível do mar em longo prazo, o que agravaria a vulnerabilidade da zona costeira do município do Rio de Janeiro, caracterizada pelos riscos de erosão costeira e, principalmente, as possíveis inundações intensificadas pela ocorrência de eventos extremos como ressacas, ventos fortes e chuvas intensas (Muehe, 2011).

Programas de engenharia vêm buscando soluções para prevenção e mitigação de consequências futuras associadas aos eventos anteriormente citados, sendo a mais comum delas a instalação de muros de proteção na costa. Porém, quando feitos de maneira “errônea”, estes acabam sucumbindo à força das ondas e gerando mais prejuízos, já que o reparo destas obras tem um elevado custo. Este fato reforça a necessidade de conhecimento sobre os processos geomorfológicos, mecanismos e atores que levam à degradação, somados às medidas tomadas pelos gestores do município, configurando elementos fundamentais na composição deste estudo.

A cidade do Rio de Janeiro apresenta, em sua composição, diversos fatores antrópicos que, segundo Souza (1997) e Souza & Suguio (1996), caracterizam locais propícios a erosão costeira no Brasil, entre eles podemos citar:

- Destruição ou extinção da vegetação de praia, restinga ou manguezal;
- Diminuição da largura da praia em toda a sua extensão ou locais específicos;
- Destruição de estruturas artificiais construídas ao longo da orla da praia, do pós-praia e da face de praia.

Sousa e Castro (2011), em trabalho realizado no arco praiial da Barra da Tijuca, apontam em seus resultados que, no Rio de Janeiro, o processo de erosão costeira está relacionado com a interferência entre ondas de tempestade – sobretudo as originadas no quadrante sudoeste – e a ocupação inadequada da faixa do pós-praia (*backshore*) e da face praia (*onshore*). Cenários extremos representados por uma sobrelevação de maré meteorológica, adicionada à ocorrência de maré astronômica de sizígia somada a eventos extremos de ondas ventos como os descritos por Muehe e Neves (2008), podem acentuar ainda mais os processos de erosão da costa.

Ainda segundo estes autores, para o modelo de orla atual, em uma possível subida do nível do mar, estimada para o Rio de Janeiro, no valor de 0,82m significará impactos principalmente relacionados ao galgamento de estruturas pelas ondas. Neste sentido, Lins-de-Barros e Parente-Ribeiro (2016), através da aplicação do modelo Brunn (1962 *apud* Bird, 1993) e do inventário de atividades econômicas diretamente relacionadas à orla, apontam para as perdas econômicas diretas para o arco praiial Ipanema/Arpoador – Leblon quando associadas à subida do nível do mar e intensificadas através de fenômenos de ressaca.

Estudos, como os elaborados por Lima (2015) e Silva *et al.* (2016) que retratam o grande número de ressacas que atingiram a cidade do Rio de Janeiro, quando associados a outros, como os de Pena (2016), inventariando o grau de intervenções existentes na orla da cidade, auxiliam na prevenção de danos e perdas para futuras estruturas alocadas na costa, além de auxiliar na gestão desta região.

## 2.2 – Objetivos

O objetivo principal da presente dissertação é compreender a dinâmica geomorfológica das praias oceânicas urbanas da cidade do Rio de Janeiro a partir da incorporação da influência das intervenções antrópicas nesta dinâmica, apontando os impactos potenciais dos eventos extremos de ressaca do mar. Pretende-se com isso contribuir na avaliação da eficiência das intervenções já existentes e no melhor planejamento de novas.

### 2.2.1- Objetivos Específicos

Para se alcançar o objetivo principal, foram traçados sete objetivos específicos descritos a seguir:

- Caracterizar as praias oceânicas quanto aos aspectos morfológicos e granulométricos;
- Realizar um inventário quantitativo dos eventos de ressaca verificados através das reportagens disponibilizadas de maneira online no Acervo O Globo, analisando a série histórica de notícias sobre as ressacas nas praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro;
- Fazer uma caracterização das principais intervenções costeiras nas praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro;
- Avaliar a dinâmica das praias com diferentes intervenções, considerando as intervenções como parte da dinâmica;
- Esquematizar uma matriz ambiental atual das praias observadas, analisando os comportamentos destas com os diferentes tipos de intervenção;
- Observação dos impactos causados pelas intervenções e os impactos que estas intervenções sofrem pela praia;
- Analisar medidas de gestão tomadas pelo Poder Público quanto a estas intervenções.

### 3 – ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo engloba a orla oceânica do Município do Rio de Janeiro, no estado de mesmo nome, compreendendo as praias do Leme, Copacabana, Arpoador, Leblon, São Conrado, Barra da Tijuca, Reserva, Recreio dos Bandeirantes, Pontal e Macumba (figura 3). Conforme sugerem Muehe e Valentini (1998), a compartimentação geomorfológica do litoral sul do estado do Rio de Janeiro, pode ser feita em 5 áreas, sendo elas o Compartimento Região dos Lagos que se estende do cabo Frio (Arraial do Cabo) a Niterói, o Compartimento Baía de Guanabara (entorno da baía de Guanabara), o Compartimento de Jacarepaguá (de Ipanema à Pedra de Guaratiba), o Compartimento Baía de Sepetiba (da Pedra de Guaratiba à ilha da Marambaia e orla da baía de Sepetiba), e o Compartimento baía da Ilha Grande (da ilha da Marambaia à ponta do Juatinga).

A orientação da costa brasileira neste trecho da área de estudo é influência da atividade tectônica datada do terciário, conforme aponta Muehe (1998), que estão relacionadas às zonas de fratura oceânica responsáveis pelo alinhamento Leste-Oeste identificados entre os litorais de Cabo Frio e a baía da Ilha Grande. Este trecho do litoral é identificado por Muehe (*op. cit.*) como a Região Sudeste na compartimentação do litoral brasileiro, caracterizado pela Serra do Mar presente em sua retaguarda, e em algumas localidades esta chega até o oceano.

A orla da cidade é composta pelos compartimentos baía de Guanabara, resultado do afogamento, pela transgressão holocênica, dos baixos cursos desta rede de drenagem; o compartimento de Jacarepaguá, tipificado pela presença de cordões litorâneos e lagunas à sua retaguarda; e pelo compartimento Baía de Sepetiba (Muehe e Valentini, 1998).

Embora as praias do interior da baía de Guanabara tenham grande importância para o ciclo biológico de espécies marinhas presentes naquela região, devido ao aporte de água doce e nutrientes trazidos pelos rios, estas são em geral protegidas das ações de ondas de tempestade, apresentando efeitos erosivos pequenos e dinâmica geomorfológica própria. Por isso, tais praias foram excluídas da análise que se restringiu ao estudo das praias oceânicas do Rio de Janeiro, mais expostas à ação de ondas de tempestades sobre muros construídos na escarpa da pós-praia. O

compartimento da Baía de Sepetiba, constituído das praias de Guaratiba e Restinga da Marambaia, não foi contemplado, uma vez que apenas a primeira poderia ser visitada, já que a Restinga pertence a uma área militar sendo de difícil acesso e sem intervenções significativas. Desta forma, a área de estudo está contida nos dois primeiros compartimentos, sendo avaliadas apenas as praias oceânicas com intervenções que podem afetar a geomorfologia costeira.

Bulhões (2006), em seu trabalho de mestrado, identificou os estágios morfodinâmicos que mais ocorrem em diversas praias da cidade do Rio de Janeiro de acordo com a classificação de White & Short (1984), abrangendo toda a área de estudo da presente pesquisa, com exceção da praia da Macumba. A praia de Copacabana alternou entre os estágios Refletivo e Terraço de Baixa-Mar, enquanto que no arco praias Ipanema/Arpoador – Leblon, a praia de Ipanema variou entre os estágios Refletivo, Terraço de Baixa-Mar, Bancos Transversais e Banco e Calha Longitudinal. Já a praia do Leblon tem, predominantemente, características Refletivas e também o estágio Terraço de Baixa-Mar.

Ainda segundo este estudo, a praia de São Conrado varia majoritariamente entre os estados de Banco e Calha Longitudinal, Terraço de Baixa-Mar, Bancos Transversais. Ao passo que a praia da Barra da Tijuca apresenta também características intermediárias com o estágio Terraço de Baixa-Mar, seguido do estágio Bancos Transversais e do estágio Refletivo. Por último, a praia do Recreio dos Bandeirantes apresenta características referentes ao estágio de Terraço de Baixa-Mar, seguido do estágio Refletivo e dos estágios Bancos Transversais e Banco e Calha Longitudinal.

Pinho (2003), Bulhões (2006.) e Oliveira (2015) apresentam em seus respectivos trabalhos o resultado para o clima de ondas de alguns pontos do estado do Rio de Janeiro, entre eles a cidade do Rio de Janeiro, assim, podemos observar através destes que para a presente área de estudo as ondulações mais fortes têm origem de Sul, as ondulações mais comuns entre 1.0 e 1.5 m têm gênese nas direções do quadrante SE (Su-Sudeste, Sudeste e Leste-Sudeste).

Para concluir a descrição física da área de estudo, observamos através de bibliografia que o transporte litorâneo realizado longitudinalmente, nesta porção do litoral se apresenta quase nulo, uma vez que estudos anteriores (MUEHE & CORRÊA,



1989) mostram existir um equilíbrio entre a direção leste - induzido pelas ondas de eventos de alta intensidade - e para oeste - associado às ondas de tempo bom, que são mais frequentes. Caso não houvesse este equilíbrio, poder-se-ia identificar casos de erosão e progradação devido a alteração do volume de sedimentos transportados paralelamente à linha de costa. Contudo, cada arco tem o seu transporte longitudinal com uma dinâmica própria, como o percebido no arco praiado Arpoador – Leblon (SILVA; BARROSO; SOUZA, 2016). E a amplitude de maré nas praias analisadas é de micromaré, conforme registros da tábua de maré da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) localizada no porto do Rio de Janeiro.

Tendo em vista o grande contingente populacional que exerce pressão na área de estudo, é importante ressaltar como se deu o processo de ocupação na região que engloba a área estudada, de acordo com Marafon *et al* (2011), este processo está intrinsecamente relacionado a expansão da cidade do Rio de Janeiro, nas proximidades do Morro do Castelo, localizado na região central da cidade do Rio de Janeiro, próximo ao primeiro porto da cidade. Cabe ressaltar que este morro foi removido devido a políticas de higienização da cidade, suas terras foram usadas para aterrar parte da Urca, da Lagoa Rodrigo de Freitas, do Jardim Botânico e outras áreas baixas ao redor da Baía da Guanabara.

Em 1880, a zona sul do Rio de Janeiro, mais especificamente o bairro de Botafogo, já era procurada por estrangeiros e pela alta burocracia brasileira, se tornando um bairro onde habitavam moradores da alta classe carioca, assim, somado a ideologia que associava um padrão de vida da alta sociedade à localização de suas residências à beira mar, em 1892, foi inaugurado o atual Túnel Velho que facilitava ainda mais o acesso ao bairro de Copacabana, até então classificado como “deserto arenoso, sem habitação e cujo progresso seria muito lento” (Noronha Santos, 1934, *apud* Abreu, 1987).

Com a implantação desta construção, a cidade se expandiu em direção à zona sul auxiliada pelos bondes, com o “Caminho de São Clemente”, e, entre os anos de 1930-1950, o desejo de morar na zona sul era percebido nas campanhas publicitárias presentes nos jornais. Além disso, o uso do concreto armado fez com que neste período o gabarito das construções passasse para 12 andares, fazendo com que um *boom* populacional ocorresse em Copacabana.

Já na segunda metade do século XX, a autoestrada lagoa-barra, atualmente em processo de duplicação de suas faixas, foi construída, permitindo uma rápida expansão urbana para a Zona Oeste carioca. O primeiro bairro que se beneficiou desta construção foi São Conrado, com incentivos à moradia e construção de alguns condomínios, como podemos verificar na figura 1, retirada do Acervo O Globo. A mancha urbana carioca expandiu de forma rápida e intensa à custa de “vazios” urbanos e da supressão de áreas de vegetação nativa.



Figura 1 - Propaganda e incentivos para a habitação no bairro de São Conrado publicados no jornal O Globo, na década de 1970.

A orla costeira da zona oeste é ainda área de expansão da cidade com destaque para as praias do Recreio dos Bandeirantes e Macumba. Na composição desta orla, encontram-se praias urbanas de enorme valor imobiliário e turístico. Diversas ações de gestão da orla costeira acompanharam o desenvolvimento da cidade e nortearam a ocupação urbana da faixa litorânea.

De acordo com estudos realizados pelo portal imobiliário VivaReal, no ano de 2014, a cidade do Rio de Janeiro aparece ao lado de Brasília entre as cidades com os maiores preços medianos de venda, por metro quadrado, do mercado imobiliário brasileiro: acima de R\$ 7.000/m<sup>2</sup>. O processo de artificialização do meio natural apresentado por Ferreira, Silva e Polette (2009) ocorre quando o homem transforma o espaço de acordo com as suas necessidades e disponibilidade de recursos. Na zona sul e

zona oeste carioca, a crescente especulação imobiliária fez com que avenidas e muros para os calçadões fossem criados onde outrora se localizava a berma da praia. Além disso, a artificialização também levou, na década de 1960, ao “engordamento” artificial da principal praia urbana do estado do Rio de Janeiro, a praia de Copacabana.

Além das intervenções que destinam-se à viabilização da urbanização da orla, as praias são alvo de obras de engenharia em função dos problemas associados à erosão costeira. O litoral brasileiro tem cerca de 7.408 km e, seguindo uma tendência mundial, os problemas relacionados à erosão costeira vêm se mostrando cada vez mais presentes (BIRD, 1993), principalmente em áreas próximas aos grandes centros urbanos. Com isso, construções de muros nos calçadões e quebra-mares têm sido realizadas para a proteção de casas, edifícios, comércio e instalações portuárias localizadas próximas à praia (MUEHE, 2011).

Os muros são uma das intervenções mais frequentes nas praias urbanas oceânicas do município do Rio de Janeiro, sendo um modelo de obra caracterizado como obras longitudinais aderentes, e são usados para manter a costa em posição avançada em relação a áreas vizinhas, como no caso de avenidas beira-mar, e evitar inundações durante a ocorrência de eventos meteorológicos mais intensos.

A cidade do Rio de Janeiro também conta com dois emissários submarinos, formando, assim, um sistema de recolhimento e lançamento de esgoto doméstico no mar. O primeiro do Brasil fica localizado em Ipanema, inaugurado em 1975, cujo duto possui 3,6 km de extensão da costa até seu ponto final em alto mar. Outro emissário é o localizado na Barra da Tijuca, instalado em 2006 com 5 km de extensão e capacidade de drenar em média 1.600 litros por segundo.

A capital do estado conta ainda com ciclovia em toda sua extensão, sendo o trecho mais recente inaugurado em 2016, a Ciclovia Tim Maia, que liga o Leblon a São Conrado. Contabilizando as outras ciclovias existentes na extensão da orla consideradas, temos 36,6 km. Também é possível observar quiosques que funcionam no calçadão, e os que foram modernizados nos últimos 5 anos com estruturas também na berma da praia (figura 2).



*Figura 2 - Quiosque em posição avançada na berma - Praia do Leblon.*



Figura 3- Mapa da localização da área de estudo.



#### 4 – DISCUSSÃO TEÓRICO – METODOLÓGICA

Nos documentos oficiais, a Zona Costeira Brasileira aparece como uma “área de abrangência dos efeitos naturais resultantes das interações terra-mar-ar” (BRASIL, 1988), ou seja, um sistema ambiental formado pela interação direta entre os sistemas ambientais localizados no continente, no oceano e sistemas atmosféricos. Além disso, ela é conceituada no Art.3º do decreto de número 5.300/2004 como:

*“Espaço geográfico de interação do ar, do mar e da terra, incluindo seus recursos renováveis ou não, abrangendo uma faixa marítima e uma faixa terrestre, com os seguintes limites:*

*I - faixa marítima: espaço que se estende por doze milhas náuticas, medido a partir das linhas de base, compreendendo, dessa forma, a totalidade do mar territorial;*

*II - faixa terrestre: espaço compreendido pelos limites dos Municípios que sofrem influência direta dos fenômenos ocorrentes na zona costeira.”*

As costas vêm sendo classificadas segundo diferentes tipologias desde meados do século XIX, tendo sido sugeridos na literatura diferentes critérios para classificação, tais como a atividade tectônica, processos erosivos e a origem da formação. Muehe (1998) destaca as classificações de Johnson (1949, *apud* Komar, 1976), que separou as zonas costeiras em costas de submersão, de emersão e costas neutras, a de Shepard (1942), que separa costas primárias, formadas por agentes marinhos, das costas secundárias, formadas por agentes não marinhos, e a classificação de Valentin (1952), que distinguiu costas que avançaram daquelas que retrogradaram e acrescentou os mecanismos de sua formação como elemento para a tipologia.

As praias arenosas constituem um dos ambientes mais dinâmicos da zona costeira, podendo ser definida como depósito de material sedimentar desagregado e permeável em contato direto com o mar, funcionando como área de dissipação de energia das ondas. Assim, este sistema lida com interações entre praia e ondas, correntes, marés e ventos, sendo um dos principais processos a troca de sedimentos entre as diferentes partes desse sistema, como apresentado no esquema apresentado na figura 5, modificado de Bird (1993), no qual, de maneira clara, observamos que a praia

tem o seu *input* marcado por sedimentos de diversas origens, como os originados da erosão atuante nas falésias, que, em escala mundial, corresponde a apenas 10% dos detritos terrígenos encontrados em praias, sendo os 90% restantes originados de rios e transportados por estes para o oceano. De acordo com Garrison (2010), as correntes marinhas distribuem as partículas de areia de outras de maior diâmetro ao longo da costa, enquanto que a ação das ondas carrega silte e argila para águas mais profundas, caracterizando, assim, uma das formas de ocorrência do *output*. No entanto, podem ocorrer algumas exceções, como as praias que são alimentadas de maneira artificial, como, por exemplo, a Praia de Copacabana, e outras que são dragadas.

De acordo com Pilkey e Dixon (1996), todas as praias existem em equilíbrio dinâmico, e quatro fatores são controladores de desta constância (figura 4), são eles:

1. Energia de ondas e de marés;
2. Quantidade e qualidade (característica) de sedimentos;
3. Perfil da praia e sua localização;
4. Nível da maré.

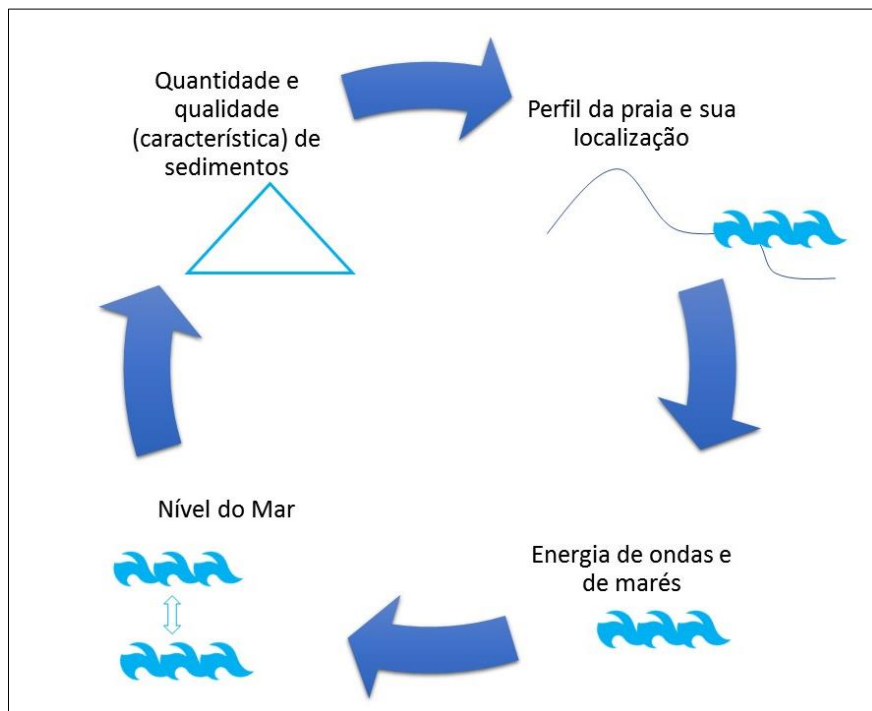


Figura 4 - Fatores controladores do equilíbrio dinâmico - Adaptado de Pilkey e Dixon (1996) p.24.

Assim, a ocorrência de alguma alteração em quaisquer destes elementos poderá acarretar em agradação ou erosão das praias. É possível afirmar que as praias constituem proteções naturais do continente às ondas que atingem o litoral, já que os sedimentos ali presentes compõem uma camada protetora na ocorrência de uma rápida erosão.

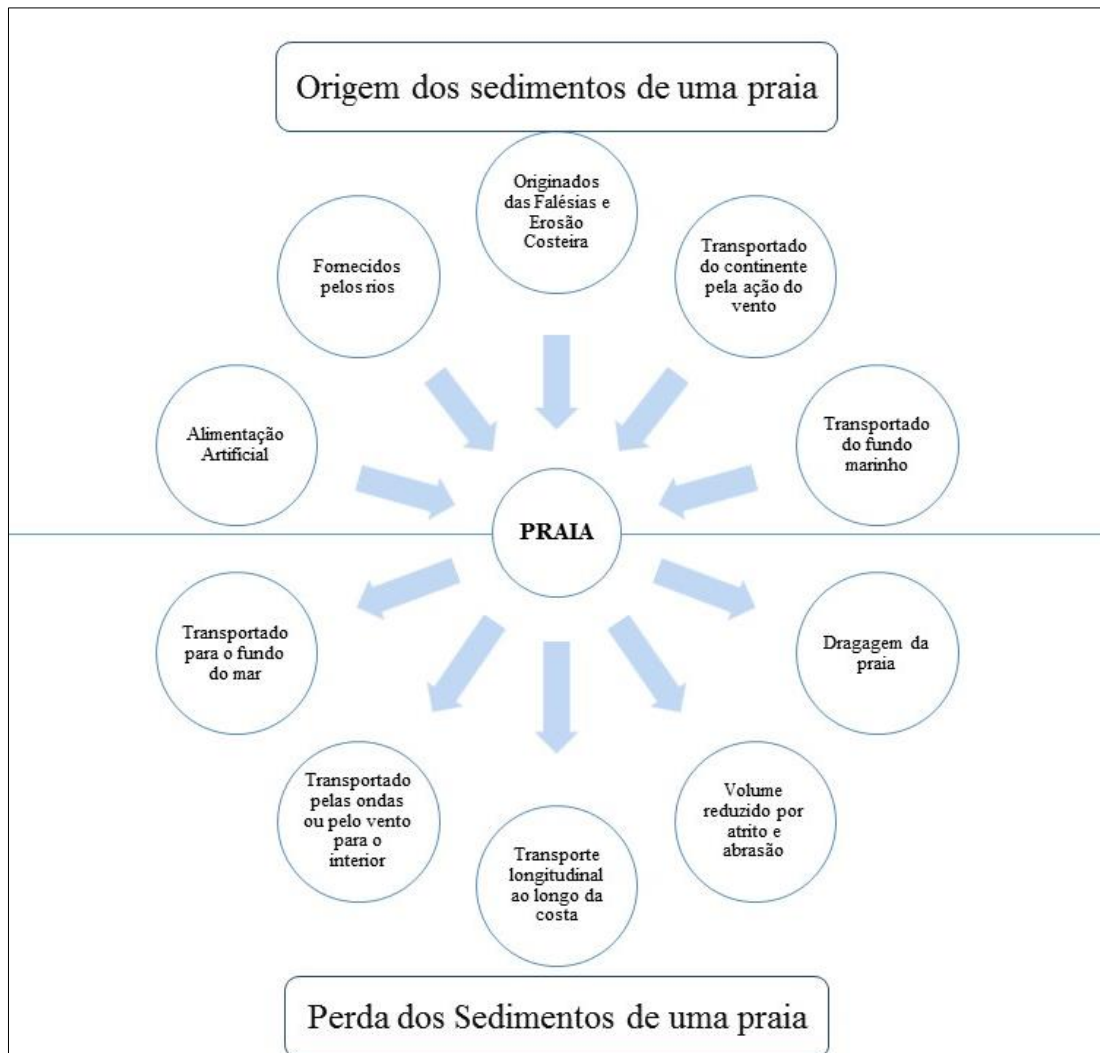


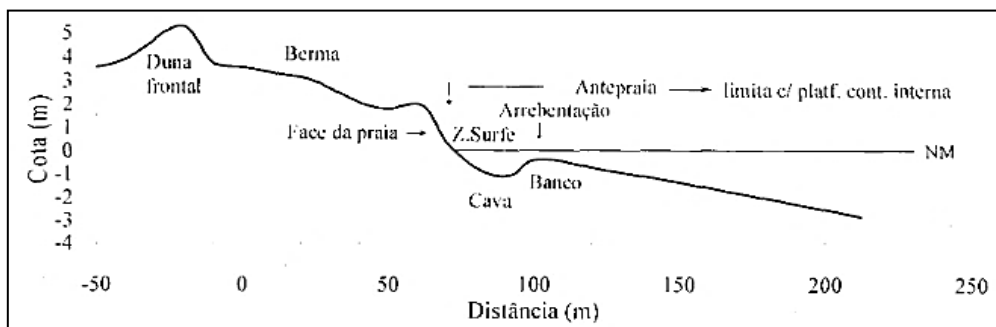
Figura 5- Fontes e perdas de sedimentos de uma praia – Fonte: modificado de Bird (1993, p.49)

Bird (2008) complementa sua caracterização indicando que, de acordo com a sua posição na costa, elas podem ser curvas como praias de bolso<sup>1</sup>, presentes em baías e enseadas, sendo abrigadas por estes locais de alguns eventos intensos, como as praias do interior da baía de Guanabara, enquanto que algumas são pouco curvas ou praticamente

<sup>1</sup> Pocket beaches.



retas, muitas destas expostas ao oceano, sendo frequentemente afetadas pelo mar agitado.



*Figura 6- Terminologia de praia e antepraia tomando como exemplo uma praia de estágio intermediário com nítido desenvolvimento de banco e cava submarina. Retirado de Muehe, 2003*

A figura 6 representa as partes que compõe o perfil de uma praia. O limite terrestre corresponde muitas vezes ao reverso das dunas frontais ou, em sua ausência, ao final da vegetação que cobre a escarpa superior da praia. Atualmente, as praias dos grandes centros urbanos têm o seu limite terrestre substituído por equipamentos públicos, muitas vezes de lazer, ou residências à beira mar. O limite marinho se estende até chamada profundidade de fechamento do perfil, caracterizada como a área que separa a zona ativa de transporte de sedimentos da área mais profunda, onde ocorre reduzida ou nula movimentação destes durante a passagem de ondas (Kraus, 1999 *apud* Wang, 2007). Esta área pode ser determinada através de medições realizadas em campo com a produção de perfis de praia em sequências temporais. O clima de ondas influencia na profundidade desta última camada, podendo se estender a profundidades de uma a duas dezenas de metros.

As modificações da morfodinâmica praial podem ser causadas pela troca bidirecional de sedimentos entre esses dois limites, através da zona de arrebentação, e estas, por sua vez, variam de acordo com o clima de ondas de águas profundas do local e grau de modificações que a zona de arrebentação sofre antes do ponto de quebra das ondas. Outras modificações podem ocorrer na praia, tendo em vista o regime ondulatório de águas profundas (Muehe, 2001).

Desta forma, o perfil de uma praia sofre modificações associadas ao transporte dos sedimentos para o mar ou para a costa na zona de surfe e na zona além da

arrebentação em condições climáticas e oceanográficas diferentes, configurando, assim, o transporte transversal que ocorre nas praias (Komar, 1976). Em uma tempestade (ressaca), ocorre erosão da praia, já que as ondas mais esbeltas tendem a transportar os sedimentos ali presentes para o mar, levando parte do estoque de areia para a zona submarina, formando bancos de areia. Estes bancos fazem com que a zona de arrebentação se localize mais longe da praia protegendo essa de uma maior erosão. Passada a tempestade e decorrido algum tempo, o banco de areia retorna à praia que volta para seu perfil de acumulação devido a ação das ondas pouco esbeltas que transportam os sedimentos de volta para a costa.

A partir desta constatação, foram diferenciados dois tipos de perfil: o perfil de verão e o perfil de inverno (figura 7). O primeiro é caracterizado por uma berma alta e não possui bancos de areia submersos. O perfil de inverno não apresenta berma, visto que o estoque de areia desta foi transportado para o mar formando bancos de areia paralelos à costa. O volume de areia de ambos os perfis é praticamente o mesmo.

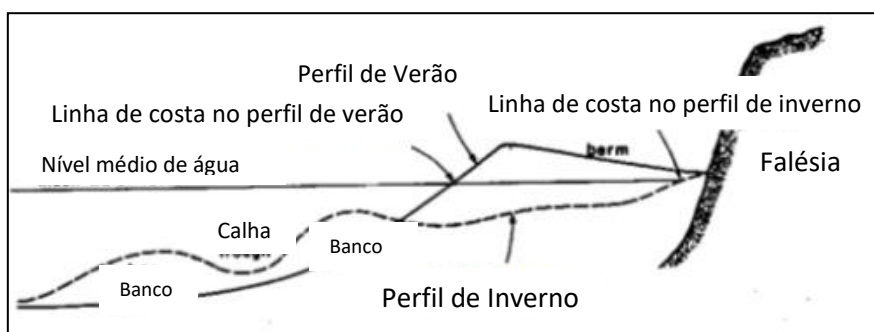


Figura 7- Perfil de Inverno e Perfil de Verão (Komar, 1976, p. 289)

Lins-de-Barros (2010) traz a discussão em torno da correta nomenclatura e entendimento dos conceitos relacionados aos diferentes perfis das praias, entre os principais autores encontram-se:

*“Johnson (1949, apud Komar,1976), que para eliminar a ideia de sazonalidade dos perfis, mudou os termos para perfil de tempestade e perfil normal. Hayes e Boothoyd (1969) usam “perfil de tempestade” e “perfil pós-tempestade”. Komar (1976) prefere os termos “perfil de tempestade” (Storm Profile) e “perfil de marulho” (Swell Profile)”. Lins-de-Barros (2010, p.37)*

Com a análise temporal de perfis de praia, pode-se avaliar o atual estado erosivo da praia e, através do cálculo da área dos perfis, é possível descobrir se houve perda ou acúmulo de sedimentos. Muehe (2013) nos lembra que o retorno às condições de perfil de tempo bom após um evento erosivo é o que confere resiliência à este sistema, ou seja, a praia volta ao estado original após alguma deformação ou impacto (Lins-de-Barros, 2010; Klein, 2003) exemplificando, assim, como as praias são eficazes como proteção de acentuada erosão,.



*Figura 8 - Exemplo da ocorrência do estágio morfodinâmico Terraço de Baixa-Mar nas proximidades do "Quebra-Mar" na praia da Barra da Tijuca no município do Rio de Janeiro. Acervo Próprio.*

O estudo da morfologia das praias resultou na classificação de diferentes tipos de perfis de praia, de acordo com a sua forma deposicional e seus processos hidrodinâmicos. A classificação mais conhecida foi elaborada por Wright e Short (1984, *apud* Muehe, 1995) que distinguiram seis estados de praia, dois extremos (dissipativo e refletivo) e quatro intermediários, os quais contêm tanto elementos refletivos como dissipativos. Como morfodinâmica intermediária, entende-se a praia que apresente uma progressiva redução da largura da calha longitudinal, em decorrência da migração do

banco submarino da zona de arrebatção em direção à praia. Enquanto que, na morfodinâmica refletiva, observamos elevados gradientes de praia e fundo marinho adjacente, reduzindo, assim, a largura da zona de surfe. Já a praia dissipativa representa o estado oposto ao refletivo, ou seja, refere-se às praias com baixo gradiente topográfico, extensa zona de surfe e sedimentos finos.

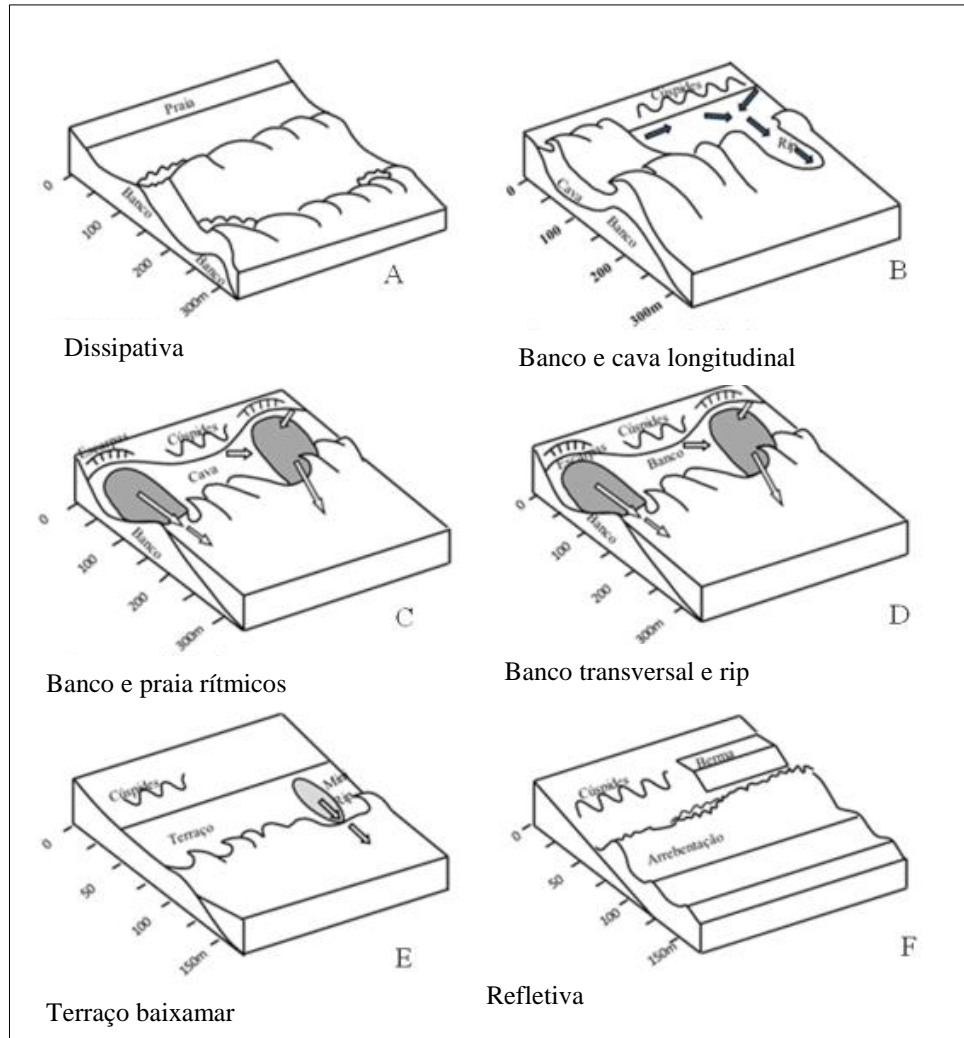


Figura 9 - Características morfológicas dos seis estados de praia - Fonte SLSA (2009, apud WRIGHT & SHORT, 1984).

É essencial que não exista confusão entre o transporte transversal e o transporte longitudinal, que auxiliam na manutenção do balanço sedimentar. O transporte longitudinal tem o seu sedimento transportado ao longo da costa, de acordo com o ângulo de incidência da onda, fazendo com que ocorra erosão em um ponto da praia e acúmulo na outra extremidade, este fluxo de erosão e acresção pode ou não ter o seu sentido alterado.

Silvester (1968, *apud* Muehe ,2013) destaca que do sul do Brasil até o Rio de Janeiro, na cidade de Cabo Frio, o deslocamento de sedimentos se dá de maneira bidirecional enquanto que entre Cabo Frio (RJ) e Pernambuco (AL) temos o transporte bimodal para norte, mas enfraquecido gradualmente devido às ondulações de sul, e, por último, no trecho que compreende a faixa que vai de Pernambuco (AL) ao Amapá (AP), o transporte acontece em direção ao norte/nordeste de maneira residual devido ao domínio dos ventos alísios de sudeste e também dependendo da orientação da linha de costa.

Bird (1993) e Komar (1976) ressaltam que intervenções como guias correntes e espigões podem afetar de maneira significativa este transporte, fazendo com que a erosão e a deposição ocorram de maneira acelerada, impedindo a manutenção do estoque de areia em alguns pontos da praia, como ocorre no quebra-mar da Barra, localizado no Rio de Janeiro (Figuras 10 e 11), sendo este o único molhe na cidade.



Figura 10- Erosão na parte central da Praia da Barra e acúmulo no quebra-mar, em posição perpendicular ao ângulo das ondas - Fonte: Google Earth.





*Figura 11- Transporte de sedimentos por ondas de sudeste. - Fonte: Google Earth.*

Para a resolução do problema causado pela proximidade das edificações, ruas, avenidas e passeios das áreas atingidas pelas ressacas, intervenções, como os muros para a proteção desses espaços públicos e privados foram construídos, porém outros problemas relacionados, sobretudo, ao transporte de sedimentos começaram a surgir. É, principalmente, sob estas circunstâncias que a orla costeira é considerada um ambiente sensível às alterações como aquelas causadas pela urbanização que quase sempre provoca diminuição do estoque sedimentar da praia e das dunas existentes, dando lugar à ciclovias, calçadões, pistas de rolamentos e moradias, sendo estas intervenções as mais afetadas durante eventos extremos.

Durante os eventos de ressaca, a remoção natural de sedimentos da berma para a construção de bancos de areia é alterada pela presença destes muros, conforme constatado por Komar (1976) e Bird (2008). As ondas que outrora atingiam a berma durante eventos de alta intensidade, agora alcançam os muros e sua energia é refletida, criando correntes que carregam os sedimentos presentes na base do muro, conforme apresentado no esquema abaixo (figuras 12 e 13). Esta capacidade de transporte é maior do que a capacidade de formação de bancos de areia na parte submarina da praia, e sem esta proteção natural da praia, o que ocorre é a queda destes muros devido a força das ondas.

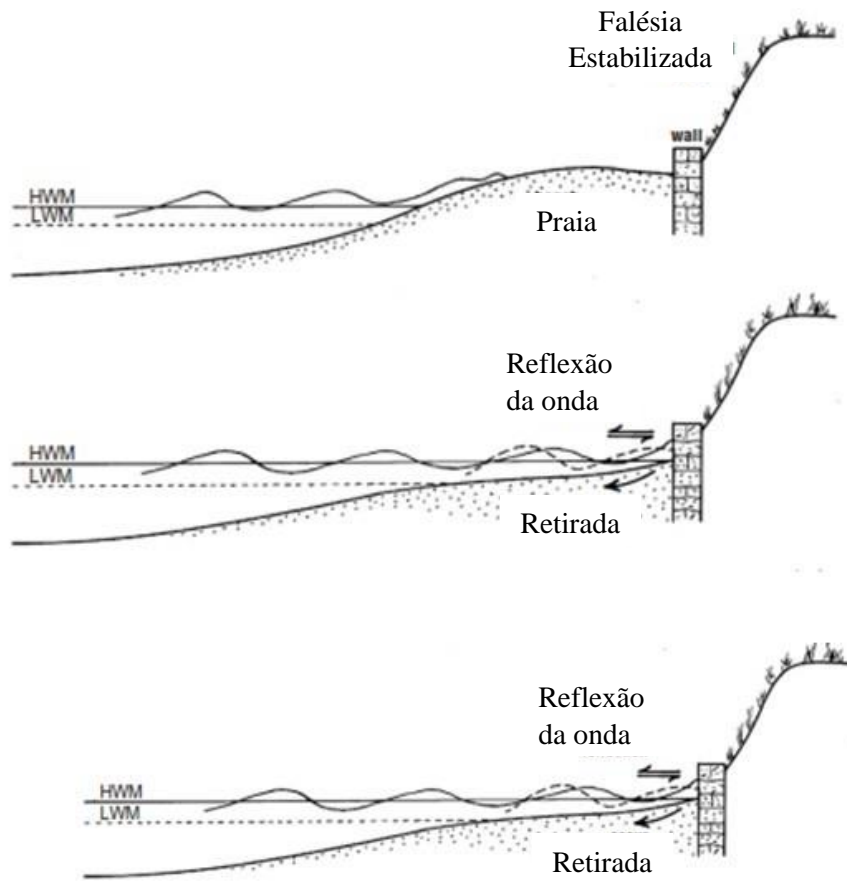


Figura 12- Erosão causada pela reflexão das ondas no muro (Bird, 2008, p.214)

Bird (2008) ressalta que a diminuição das praias é uma ocorrência observada em praias que têm muros localizados no pós-praia, uma vez que estes interrompem o fluxo e a retirada dos sedimentos, antes presentes na falésia, que alimentariam a berma.

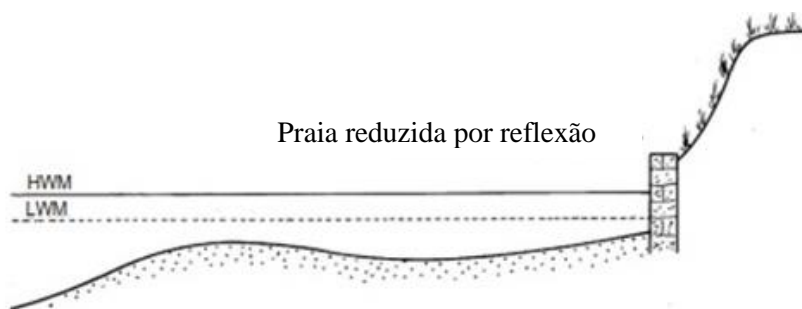


Figura 13- Perda de areia causada pela reflexão das ondas no muro (Bird, 2008, p.214)

Neste tipo de obra, algumas observações devem ser feitas, como a análise custo X benefício, os impactos ambientais, estéticos e sociais que podem ser causados, além disso, quais as mudanças que este tipo de obra poderá causar nas áreas adjacentes. Análises devem ser feitas minuciosamente, já que, se mal realizadas, podem levar a um agravamento da erosão naquele local, alterando o prisma praial e podendo provocar avarias em equipamentos de uso público e particular nas áreas adjacentes. Para garantir sua eficácia, os muros devem ser capazes de resistir a climas de ondas severos retardando o processo de erosão de praias.

Em locais onde a erosão ocorre de maneira acentuada, uma das soluções apontadas como medida de gestão é a alimentação artificial. A realização deste tipo de intervenção demanda um minucioso projeto para que os impactos negativos não se tornem alarmantes. Há de se ter uma especial atenção com a escolha dos sedimentos utilizados, visto que, com o auxílio deste tipo de recuperação, podemos amenizar os impactos de orlas urbanizadas sem um planejamento correto. Além disso, sendo feito de maneira correta, este projeto possibilita a manutenção de áreas de recreação na praia, além de atrair maiores investimentos, já que um maior número de pessoas irá em busca das atividades de lazer, podendo, inclusive, manter moradia fixa no bairro. A respeito dos sedimentos selecionados para o engordamento, Nordstrom (2008) esclarece que sedimentos mais grossos do que os da praia que será engordada podem transformar uma praia dissipativa em uma praia mais refletiva, enquanto que os sedimentos mais finos aumentam a turbidez.

As obras de defesa dos litorais são intervenções estruturais que têm a função de agir no balanço do transporte realizado pela erosão costeira, favorecendo a estabilização da linha de costa, além de protegerem áreas de habitação, sendo assim consideradas medidas de gestão costeira. Na história da gestão costeira, pode-se verificar que as obras de engenharia apareciam desde as primeiras ações como uma das soluções mais adotadas para conter a erosão ou estabilizar a linha de costa para ocupação.

Todavia, muitas obras de engenharia, como molhes de pedras, piers ou quebra-mares, podem ser responsáveis por desequilíbrios no balanço sedimentar de uma praia, uma vez que estas obras podem impedir o ajuste do perfil das praias às diferentes condições climáticas e oceanográficas. Os muros de contenção, comuns em muitas praias, são descritos como obras longitudinais empregadas para fixar o limite da praia



em costas não protegidas adequadamente de eventos intensos devido a sua orientação geográfica, e são usados como obras definitivas quando se pretende manter a costa em posição avançada com relação a áreas vizinhas, como no caso de avenidas beira-mar. Alfredini (2005) nos mostra que quase sempre o processo erosivo não será interrompido com a instalação de muros, causando o efeito contrário, ou seja, o desaparecimento da praia frontal com riscos de desestabilizar a estrutura.

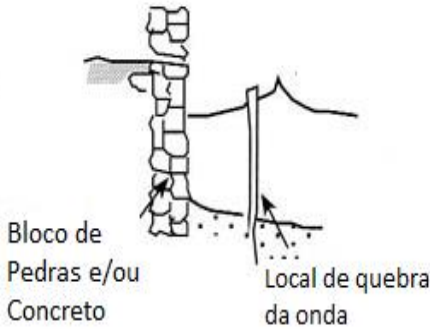

Além disso, as estruturas perpendiculares à linha de costa funcionam como uma barreira ao transporte longitudinal de sedimentos, provocando, muitas vezes, acúmulo de um lado da obra e erosão da praia no outro lado, conforme observada na figura 10. Tais obras podem ser classificadas de acordo com a sua natureza. Na literatura acadêmica, encontramos alguns autores tratando como obras de engenharia dura, mas, neste trabalho, optamos pela definição assinalada por Alfredini (2005), assim teremos estruturas:

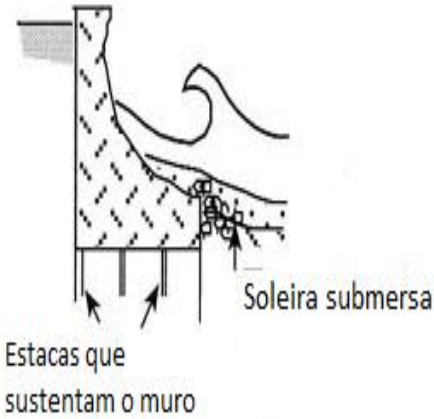

- Naturais – praias e dunas, que são linhas de defesa por sua formação natural, sendo que as obras de defesa serão tanto mais eficientes quanto mais proporcionarem essas condições.
- Artificiais – obras que envolvem materiais de engenharia civil, como concreto e alvenaria de pedra, tendo como objetivos o revestimento contra a ação erosiva, a alimentação artificial de areia nas praias, o assoreamento por obras e a sustentação de terraplenos.

Para garantir sua eficácia, os muros têm diferentes características, Carter (1989) apresenta um quadro com o desenho mais frequente destes.

*Tabela 1 - Características de muros – Adaptado de: Carter, Bill (1989).*

<b>Muro Vertical</b>	
Característica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São construídos em situações expostas, já que eles refletem a energia das ondas;</li> <li>• Ondas de tempestade provocam erosão no extremo da parede,</li> </ul>

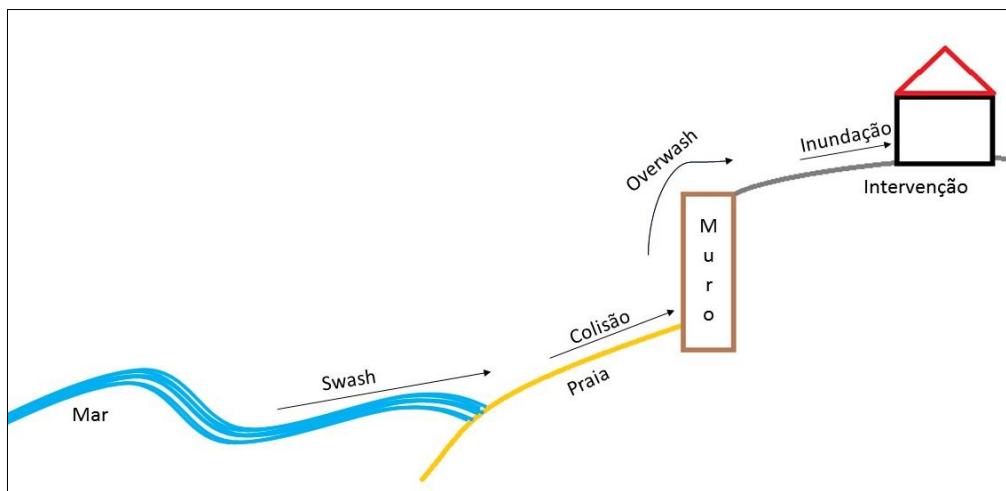
	podendo causar graves danos na parede do muro, necessitam, assim, de constante manutenção.
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Facilmente projetado e construído.</li> </ul>
Desvantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• O <i>desing</i> vertical pode ser enfraquecido por ambientes de alta energia de ondas durante um longo período de tempo.</li> </ul>
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Bloco de Pedras e/ou Concreto</p> <p>Local de quebra da onda</p> </div> <div>  </div> </div>	
<b>Muro Curvado</b>	
Características	<ul style="list-style-type: none"> <li>• São projetados para permitir que as ondas quebrem e dissipem sua energia, além de repelir as ondas de volta para o mar;</li> <li>• A curva pode também evitar a onda de transbordamento na parede e proporciona uma proteção adicional para o “pé” do muro.</li> </ul>
Vantagens	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A estrutura côncava permite uma melhor dissipação da onda;</li> <li>• A curva pode impedir ondas de</li> </ul>

	<p>ressaca, além da parede oferecer proteção extra para o “pé” do muro;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visam reorientar a maior parte da energia incidente, resultando em ondas refletidas e muita turbulência.</li> </ul>
 <p>Estacas que sustentam o muro</p> <p>Soleira submersa</p>	

Com isso, observa-se que a interferência humana muitas vezes diminui a estabilidade da linha de costa, uma vez que as praias existem em um equilíbrio ténue entre acumulação e erosão e, portanto, a atividade humana tem grande capacidade para prejudicar este equilíbrio. O desenvolvimento urbano com planejamento inadequado pode aumentar a vulnerabilidade da costa à ação das ressacas, podendo ocasionar colisão das ondas com estruturas próximas, ou mesmo a inundação destas. (Lima et al., 2015)

O impacto destas intervenções frente à eventos de alta intensidade pode ser observado através do *Swash* e do *Runup*. Este é definido pelo glossário da revista científica *Gestão Costeira Integrada*, como sendo o “nível atingido pela água na praia após a rebentação, e que, normalmente, é superior à altura da onda”, ou seja, “é a distância vertical entre o ponto mais elevado atingido pelo espraio da onda e o nível médio do mar nesse momento”. Já aquele é indicado por Lima *et al* (2015) como sendo o mínimo espraio alcançado pela onda.

Assim, segundo diferentes características e respostas das ondas durante a passagem de eventos de elevada intensidade, podem ser observados diferentes impactos, como os 4 níveis propostos por Sallenger (2000), representados na figura 14, onde o alcance do *Swash* e do *Runup* pode danificar estruturas no pós praia, podendo ocasionar perdas financeiras, sendo necessário o estudo dos processos atuais e futuros para uma melhor gestão quanto à ocupação da orla e também medidas mitigadoras para os regimes de impactos identificados. Os prefixos *HIGH* e *LOW* descrevem os máximos e mínimos valores de *Runup* e *Swash*.



*Figura 14 - Níveis de Impacto propostos por Sallenger (2000).*

Os maiores impactos podem ser observados na ocorrência de Inundação, já que o pós-praia, sejam duas ou intervenções antrópicas e demais construções posicionadas após são atingidas pelas ondas.

## 5 – METODOLOGIA

Para o desenvolvimento desta dissertação de mestrado, fez-se necessária a união de informações coletadas através de diferentes fontes, primárias e secundárias, assim como o uso de diferentes metodologias relacionadas ao estudo da dinâmica costeira. Por se tratar de um estudo que integra os aspectos geomorfológicos e morfodinâmicos das praias atrelados às intervenções antrópicas, foi importante se debruçar em vasta literatura sobre as zonas costeiras e, mais especificamente, sobre praias, visando contemplar ampla diversidade de abordagens, teorias e conceitos que foram selecionados, apropriados e adaptados na presente dissertação.

Após o estabelecimento deste embasamento teórico-metodológico, a primeira etapa realizada foi a caracterização morfossedimentar das praias, visando dar suporte ao estudo da dinâmica praial e às análises relativas às alterações provocadas pelas intervenções existentes. A segunda etapa foi a realização de um inventário de ressacas do mar, no período entre 1925 e 2016, com o intuito de avaliar a importância dos eventos extremos tanto na morfodinâmica praial, como no impacto das intervenções. A terceira etapa consistiu na caracterização das intervenções costeiras existentes nas praias oceânicas da cidade do Rio de Janeiro, tendo como base a classificação de obras de Carter (1989) e a matriz de impacto de Farinaccio (2010). A quarta etapa teve base na elaboração de uma escala de impacto de tempestade, adotando o método de Sallenger (2000), visando apresentar uma síntese dos dados anteriores a fim de se obter possíveis cenários de danos em estruturas, perda do estoque sedimentar praial e prejuízos financeiros decorrentes de ressacas. Finalmente, a quinta etapa se refere à síntese do trabalho que buscou definir áreas críticas de impactos em intervenções costeiras durante ressacas do mar na área de estudo, assim como possíveis medidas de gestão desta problemática.

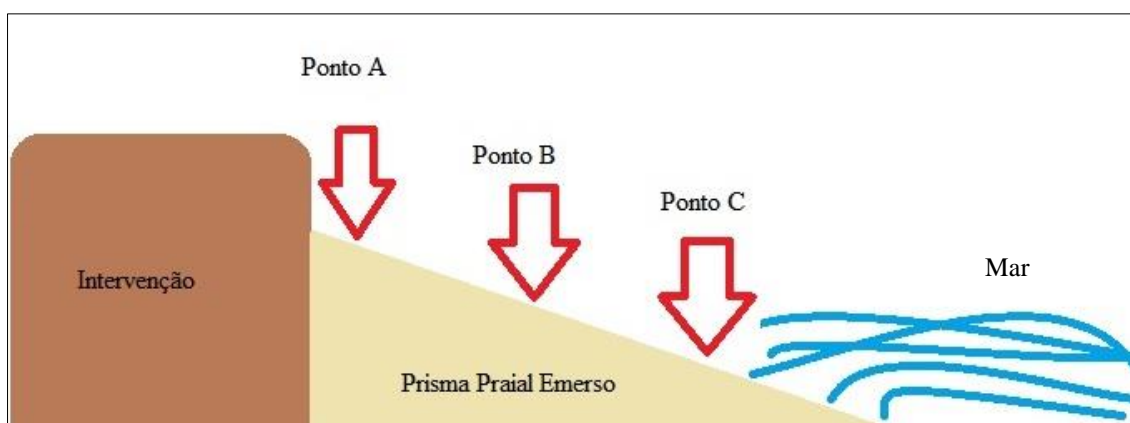
Cada uma destas etapas será descrita em maior detalhe nos itens a seguir.

### 5.1 – Caracterização Morfossedimentar

Para a realização desta primeira etapa, foram realizadas análises granulométricas e perfis de praias. As análises granulométricas foram realizadas em todas as praias da área de estudo, enquanto que, para realização de perfis de praia, foram selecionadas as

praias que apresentavam intervenções mais significativas e que demonstraram maior problemática em relação à tais intervenções, com destaque para a queda de muros.

Para tanto, foram realizados diversos trabalhos de campo com o objetivo de coletar diferentes tipos de amostras num mesmo perfil, conforme metodologia indicada por Muehe (1998). Estas foram extraídas de 3 diferentes pontos do prisma praial emerso, sendo um na face de praia, um no centro da berma e outro em local próximo à intervenção, quando existente, conforme ilustrado na figura 15, compondo assim um perfil transversal. Além disso, a coleta foi repetida a cada  $\frac{1}{4}$  do arco praial, com o objetivo de estudar a distribuição granulométrica também no sentido transversal. Identificados os locais de coleta de sedimentos, a superfície foi limpa, a fim de se retirarem eventuais matérias orgânicas e raízes, além do lixo deixado por banhistas; em seguida, foram cavados 20 centímetros e retiradas cerca de 200 gramas de amostra e estas foram devidamente identificadas com o seu ponto de referência por meio de um GPS.



*Figura 15 - Representação esquemática dos locais de coleta.*

A análise granulométrica da praia por peneiramento foi realizada no laboratório de Geomorfologia Maria Regina Mousinho do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. O sedimento coletado foi transportado para diagnóstico da granulométrica conforme método desenvolvido por Udden-Wentworth (1922, *apud* Veloso, 2001), onde, em um primeiro momento, as amostras foram lavadas e mantidas em água por um período de 24 horas. Após este procedimento, elas foram então colocadas na estufa em uma temperatura de 100°C até que estivessem completamente secas. Depois de frias, as amostras foram separadas por meio do quarteador de Jones e a quantidade desejada para a análise, cerca de 100 gramas, foi

separada. Conchas e fragmentos de conchas foram retirados à mão e a amostra foi pesada, para se ter o conhecimento do total da amostra antes do peneiramento.

Seguindo o processo indicado para análise, o peneiramento ocorreu com um conjunto de peneiras, seguindo uma sequência de intervalos de abertura em cada peneira, como indicada na tabela abaixo:

*Tabela 2- Sequência de peneiras de acordo com as malhas utilizadas.*

<b>Malha</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Diâmetro</b>		<b>Malha</b>	<b>Diâmetro</b>	<b>Diâmetro</b>
<b>USBS</b>	<b>mm</b>	<b>Φ</b>		<b>USBS</b>	<b>mm</b>	<b>Φ</b>
5	4,000	-2,0		45	0,350	1,5
6	3,360	-1,8		60	0,250	2,0
8	2,380	-1,3		80	0,177	2,5
10	2,000	-1,0		120	0,125	3,0
14	1,410	-0,5		140	0,105	3,3
18	1,000	0,0		200	0,074	3,8
25	0,710	0,5		230	0,062	4,0
35	0,500	1,0		Fundo	<0,062	>4,00

Com o conhecimento sobre o peso retido em cada peneira, utilizamos, em gabinete, os dados estatísticos desenvolvidos por Folk & Ward (1957, *apud* Veloso, 2001) para, assim, encontrarmos as características destes sedimentos: a média, mediana e moda. Estes resultados são de grande importância para a definição das áreas fonte, assim como a presença e influências de correntes no transporte dos sedimentos (Ponçano, 1986).

Para a interpretação dos dados granulométricos, foi utilizado o software gratuito SYSGRAN, desenvolvido pelo Centro de Estudos do Mar, da Universidade Federal do

Paraná. Com este programa, é possível a realização de cálculos estatísticos, como a moda, média e a mediana, além de ser capaz de classificar imediatamente os sedimentos analisados de acordo com o tamanho do grão, como sugere a classificação de Udden-Wentworth (1922, *apud* Muehe, 1993) indicada a seguir:

*Tabela 3 - Classificação de sedimento - Retirado de Muehe, 1994*

<b>Classificação</b>	<b><math>\Phi</math></b>	<b>Mm</b>
<b>Areia muito grossa</b>	-1 a 0	2 a 1
<b>Areia grossa</b>	0 a 1	1 a 0,5
<b>Areia média</b>	1 a 2	0,5 a 0,25
<b>Areia fina</b>	2 a 3	0,25 a 0,125
<b>Areia muito fina</b>	3 a 4	0,125 a 0,0625
<b>Silte</b>	4 a 8	0,0625 a 0,0039
<b>Argila</b>	>8	<0,0039

A próxima etapa para a caracterização morfossedimentar foi a confecção de perfis visando acompanhar a ocorrência de ressacas no litoral carioca e conhecer o comportamento de tais praias e das intervenções em decorrência de eventos de alta intensidade. Esta etapa foi realizada nas praias da Macumba, São Conrado, Arpoador, Ipanema e Leblon. O perfil da porção emersa da praia foi realizado com o método das balizas de Emery, confeccionadas com duas balizas de madeira com 1,3m de altura, pintadas de cores alternadas, com largura de 2cm. Neste método a diferença de altura entre dois pontos, ao longo do perfil é interpretada pelo observador que está na baliza de ré, sendo esta diferença resultado de uma linha imaginária projetada que liga o horizonte ao topo da baliza mais baixa, que pode ser tanto a baliza avante quanto a de ré. A distância entre as balizas foi obtida com uma trena.

De posse da cota (dados observados) e da distância entre as balizas, podemos traçar o perfil da praia em softwares de planilhas e gráficos, como o Excel, e uma vez



desenhado o perfil de praia, podemos calcular o volume de areia através da área destes (Muehe, 1993), para isso foi necessário encontrar uma integral definida da equação apresentada no gráfico durante o intervalo do perfil de praia representado, por último, para conseguir o volume, a área encontrada foi multiplicada distância representativa desta.

O ajuste altimétrico do perfil de praia ao nível médio do mar foi realizado a partir da determinação da altura no ponto de refluxo máximo da onda na face da praia, no momento do levantamento, e seu ajuste ao nível médio local (NM), utilizando a previsão da tábua de marés do porto mais próximo (Muehe *et al*, 2003).

Tais reconhecimentos possibilitarão um diagnóstico morfológico destas praias, além de gerar um banco de dados que possibilite comparar diferentes condições do mar com a largura das praias e a exposição dos muros.

## 5.2 – Eventos de Ressaca

Foram realizadas buscas por bibliografias em artigos científicos, e dissertações, consultados através do site de periódicos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), além de acervos históricos, com a finalidade de encontrar outros estudos que buscaram compreender os impactos causados pelas intervenções e os impactos que estas sofrem. Aqui, a principal fonte de informação encontrada foi o Acervo O Globo, que, através de consultas feitas de maneira online em seu acervo de jornais com uma base histórica demais de 20 anos, permitiu um histórico das ressacas e também das obras realizadas, através de diversas palavras-chave, sendo encontrado um grande número de matérias que se referiam a tais eventos que ocasionaram danos.

Os eventos extremos são “ocorrências que ultrapassam uma determinada duração (horas, dias, etc.) mantendo intensidade acima de um determinado valor limite” (IPCC, 2012). Oliveira (2015), tendo como base IPCC (2012), classificou como evento extremos associado à ondulações no estado do Rio de Janeiro aqueles os quais a onda tenha altura igual ou superiores a 3 metros, e duração equivalente ou maior que 12hs. No presente trabalho adotou-se o termo ressaca do mar como um tipo de evento extremo. No entanto, foi levado em consideração os danos causados por estes eventos, de forma que mesmo os eventos com características inferiores às anteriormente

mencionadas, mas que ocasionaram danos à estruturas públicas, foram consideradas como ressacas. Assim, para esta dissertação, serão consideradas ressacas aquelas que ocasionarem algum transtorno, independente da altura de onda e de sua duração.

### 5.3 – Principais Intervenções Costeiras e Avaliação de Impactos

Para este tópico, também foram realizadas idas a campo, além da utilização do *software* Google Earth para identificação, caracterização e descrição destas. Este processo foi de grande importância para que fosse possível realizar uma análise dos impactos causados pelas intervenções e o comportamento destas frentes a estas perturbações, além de indicadores, como a altitude em que se encontra o topo e a base das intervenções, que serão utilizados para analisar os impactos das tempestades.

Como uma medida para se observar de maneira mais precisa os impactos que ocorrem e auxiliar na observação das ações de gestão destas obras, foram elaboradas matrizes de impacto ambiental adaptadas com base na proposta desenvolvida por Farinaccio (2010), na qual, através de dois outros métodos já existentes, mas harmonizados pelo autor, será possível avaliar os impactos e as condicionantes dos diferentes tipos de intervenções existentes no ambiente costeiro. A opção por uma alteração da metodologia utilizada é motivada por diferentes ambientes costeiros estudados, já que o autor trabalhou com baías, estuários e praias arenosas, e este estudo limita-se as praias arenosas.

MATRIZ DO SETOR 3 - PRAIAS OCEANICAS ARENOSAS PRAIAS DO GUARUJÁ		PADRÃO DE INTERFERÊNCIA				IMPACTOS																				
		A	B	C	D	G1			G2			G3														
TIPOS DE OBRAS QUE OCORREM NO SETOR						a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	
Obras de Proteção	Muros																									
	Barreiras de rocha																									
	Molhes e entrocamentos																									
	Fagocidamento de praia- molhes e entrocamento																									
Obras de Recuperação	Espigões e gibóies																									
	Emissários (dutos emersos e enterrados)																									
	Canais de águas superficiais																									
	Aterros de litoramentos																									
Obras de infra-estrutura	Aterros de invações																									
	Palafitas																									
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)																									
	Pier ou plataforma de embarque																									
Obras de lazer e turismo	Aterros																									
	Marinhas																									
	Pier ou plataforma de pesca																									
	Molhes e entrocamentos																									

PADRÃO DE INTERFERÊNCIA		SETORES	
A: Interferência predominante em fluxos longitudinais (duna litorânea)		Setor 1 - Baía - Baía de São Vicente	
B: Interferência predominante em fluxos transversais (ocidente ocidente-afluente)		Setor 2 - Canal Estuarino - Estuário Santista-Canal do Porto de Santos	
C: Associação dos Grupos A e B		Setor 3 - Praias Oceânicas Arenosas - Praias do Guarujá	
D: Interferência nos fluxos de canais estuarinos			
<b>G1-IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA - PRAIAS</b>	a - Redução da faixa de praia b - Praias mais estreitas causadas pelo assoreamento/deposição c - Praias mais estreitas pela erosão d - Alteração da topografia da praia (perfil praia) e - Instalação de processos erosivos na praia f - Aquecimento de sedimentos junto à estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento à sotamar		l - Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc.) k - Deposição de areia em áreas e ciclovias i - Colapso de muros de proteção m - Solapamentos/recalques de aterros n - Assoreamentos o - Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuarinos p - Redução de ambientes naturais q - Redução de áreas de mangue r - Contaminação da água superficial - por efluentes s - Contaminação da água por resíduos sólidos t - Alteração do regime de fluxo da água subterrânea
<b>G2-IMPACTOS SOBRE CANAIS ESTUARINOS</b>	g - Escalamento da linha de costa por sucessivas estruturas rígidas perpendiculares à linha de costa h - Redução de áreas áreas à ocupação i - Alteração da paisagem	<b>G3-IMPACTOS ASSOCIADOS</b>	

Figura 16 - Exemplo da aplicação da matriz, unindo os métodos de Leopold e o método de listas. - Retirado de Farinaccio, 2010.

O método matricial de Leopold utilizado por Farinaccio (2010) consiste em identificar o impacto inicial de um projeto em um ambiente natural e estimar impactos diretos e indiretos, e também aqueles que podem ocorrer em médio e longo prazo. É um

método qualitativo de avaliação de impacto ambiental, consiste em uma matriz de informações na qual as colunas representam várias atividades que ocorrem durante o projeto e estão representados nas fileiras. Vários fatores ambientais são considerados e as interseções entre ambos são numerados com dois valores, um indica a magnitude (-10 a +10) e, o segundo, a importância (1 a 10) do impacto da atividade para cada fator ambiental (Farinaccio, 2010).

Já o método de listas de interação tem como proposta a elaboração de matrizes que dispõem, em um dos eixos, os fatores ambientais e, no outro, as diversas ações realizadas para a implantação de um projeto. A interseção entre elas representa os prováveis impactos diretos de cada ação, sobre cada fator ambiental.

#### 5.4 – Impactos das Tempestades

A escala de impacto das tempestades foi definida utilizando o método criado por Sallenger (2000), no qual, conhecendo os valores do *Swash*<sup>2</sup>, *Runup*<sup>3</sup> e os valores do topo e base das dunas, é possível avaliar os impactos causados durante a ocorrência de tempo bom e ruim. Os números referentes ao topo e a base das dunas são observados através de registros de campo, porém os valores referentes ao *Swash* e ao *Runup* são obtidos através de algumas equações baseadas em parâmetros oceanográficos. São elas:

$$R_{2\%} = H_0(0,83 \varepsilon_0 + 0,2) \quad (1)$$

##### *Equação 1- Os excedentes de 2% do Runup*

Onde  $R_{2\%}$  corresponde aos 2% excedentes do Runup,  $H_0$  é a altura significativa - média da terça parte das ondas com maior altura registadas durante algum tempo considerado - das ondas em águas profundas, e  $\varepsilon$  é equivalente ao número de *Iribarren*, parâmetro que afere as condições de rebentação da onda, este valor é resultado da equação:

$$\varepsilon = \beta / \left( \frac{H_0}{L_0} \right)^{1/2} \quad (2)$$

<sup>2</sup> Definido pelo glossário da revista científica *Gestão Costeira Integrada*, como sendo o “nível atingido pela água na praia após a rebentação, e que normalmente é superior à altura da onda”, ou seja, “é a distância vertical entre o ponto mais elevado atingido pelo espraiamento da onda e o nível médio do mar nesse momento”.

<sup>3</sup> Mínimo espraiamento alcançado pela onda (Lima *et al* 2015).

Sendo  $\beta$  a inclinação da face de praia – obtida através de perfis de praia realizados em trabalho de campo – em radianos e  $L_o$ , o comprimento de onda em águas profundas. A equação final para que se obtenha o valor do Runup, também chamado de  $R_{HIGH}$ , Sallenger (2000) é:

$$R_{HIGH} = R_{2\%} + \eta_{mean} \quad (3)$$

$\eta_{mean}$  é o nível médio do mar no momento do evento de alta energia, ou seja, a soma da maré astronômica e da maré meteorológica. Uma equação semelhante foi parametrizada por Stockdon et al (2006, *in* LIMA; PINHEIRO; MORAIS, 2015), porém pela facilidade de manuseio das equações anteriormente citadas e também a didática através destas.

O valor do *Swash* também é obtido através de equações matemáticas, desenvolvidas por Holman (1986, *in* Sallenger, 2000) baseadas em observações hidrográficas já utilizadas anteriormente:

$$S_{2\%} = H_o(0,85\varepsilon_o + 0,06) \quad (4)$$

Assim, a porção do prisma praiial próximo à face de praia que, permanentemente fica emerso, é dado por:

$$R_{LOW} = R_{HIGH} - S_{2\%} \quad (5)$$

Os dados oceanográficos para resolução das equações anteriormente citadas foram extraídos do *website* SURFGURU, onde as informações referentes à altura de onda significativa e período destas são obtidos por assinantes da versão PRO, que tem os dados gerados a partir da terceira geração do modelo de ondas *Wavewatch*, desenvolvido nos laboratórios do NOAA. As equações governantes do *Wavewatch III* incluem a refração e as forçantes dos campos de onda, devido às variações temporais e espaciais da profundidade média da água e as correntes médias (correntes de marés, meteorológicas, etc.).

Para a informação correspondente ao comprimento da onda, este foi alcançado com base na equação:

$$L = T^2 \cdot 1,56 \quad (6)$$

Possível de ser aplicada, já que o período de uma onda se mantém igual mesmo quando esta sofre modificações em águas intermediárias ou rasa (MUEHE, 1996), assim, embora os ondógrafos ou modelos forneçam resultados de períodos para águas profundas, estes podem ser utilizados para aquisição do comprimento de onda.

Tabela 4 - Modificado de Sallenger (2000), p.894

Nível do Impacto	Alcance de $\frac{R_{HIGH}}{D_{HIGH}}$ e $\frac{R_{LOW}}{D_{HIGH}}$		Regime e Previsões para as Mudanças na Praia
1	$\frac{R_{HIGH}}{D_{HIGH}} = 0$  até  $\frac{D_{LOW}}{D_{HIGH}}$	Regime Swash	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Runup</i> é confinado à encosta da praia;</li> <li>• Durante tempestades, a encosta erode e a areia é transportada para o <i>offshore</i>;</li> <li>• Após as tempestades, a areia é transportada gradualmente <i>onshore</i>, durante semanas ou meses. Conseqüentemente, a areia erodida é substituída e há uma pequena mudança líquida na praia.</li> </ul>
2	$\frac{R_{HIGH}}{D_{HIGH}} = \frac{D_{LOW}}{D_{HIGH}}$  até 1	Regime de Colisão	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Runup</i> colide com a base de uma duna frontal <sup>4</sup>(se a duna frontal não estiver presente observe a nota abaixo<sup>5</sup>);</li> <li>• A força da colisão faz com que a areia seja erodida da duna e seja transportada <i>offshore</i> (e/ou <i>longshore</i>);</li> </ul>

<sup>4</sup> Traduzido de FOREDUNE

<sup>5</sup> No modelo de Sallenger (2000), se nenhuma duna,  $D_{LOW} = D_{HIGH}$ , estiver presente e não haverá impacto de Nível 2 de Impacto 2. Assim, uma praia sem dunas experimentará primeiro o "regime *swash*" seguido em seqüência pelos regimes "*overwash*" e "inundação".

---

			<ul style="list-style-type: none"> <li>• A areia erodida da duna não está pronta para retornar para a duna, conseqüentemente, há uma erosão líquida.</li> </ul>
3	e	Regime <i>Overwash</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Runup</i> excede a elevação da "primeira linha de defesa", ou do cume da duna ou, se a duna não estiver presente, a crista da berma;</li> <li>• Areia é transportada de fonte terrestre (dezenas a centenas de metros), contribuindo para a migração líquida da barreira terrestre da praia (exemplo: há uma erosão nas encostas da praia e deposição terrestre das dunas).</li> </ul>
4	e	Regime de Inundação	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elevação da base do movimento <i>swash</i>, <math>R_{LOW}</math>, excede a elevação da "primeira linha de defesa", <math>D_{HIGH}</math>, conseqüentemente toda a praia e o sistema de dunas tornam-se subaquáticos;</li> <li>• Observações limitadas sugerem que o grande transporte líquido <i>onshore</i> acontece com a migração terrestre de corpos de areia na ordem de 1 km.</li> </ul>

---

### 5.5 Sínteses e definição de áreas críticas para gestão

Por último, um compêndio dos resultados encontrados auxiliou na definição de áreas críticas para gestão, tendo em vista o grau de urbanização em que as praias urbanas oceânicas da cidade do Rio de Janeiro se encontram e um evento extremo como o ocorrido no dia 21 de abril de 2016. Para isto, os danos ocorridos noticiados nos jornais e também os observados *in loco* foram primordiais.



## 6 – RESULTADOS

### 6.1 – Histórico de Transformações

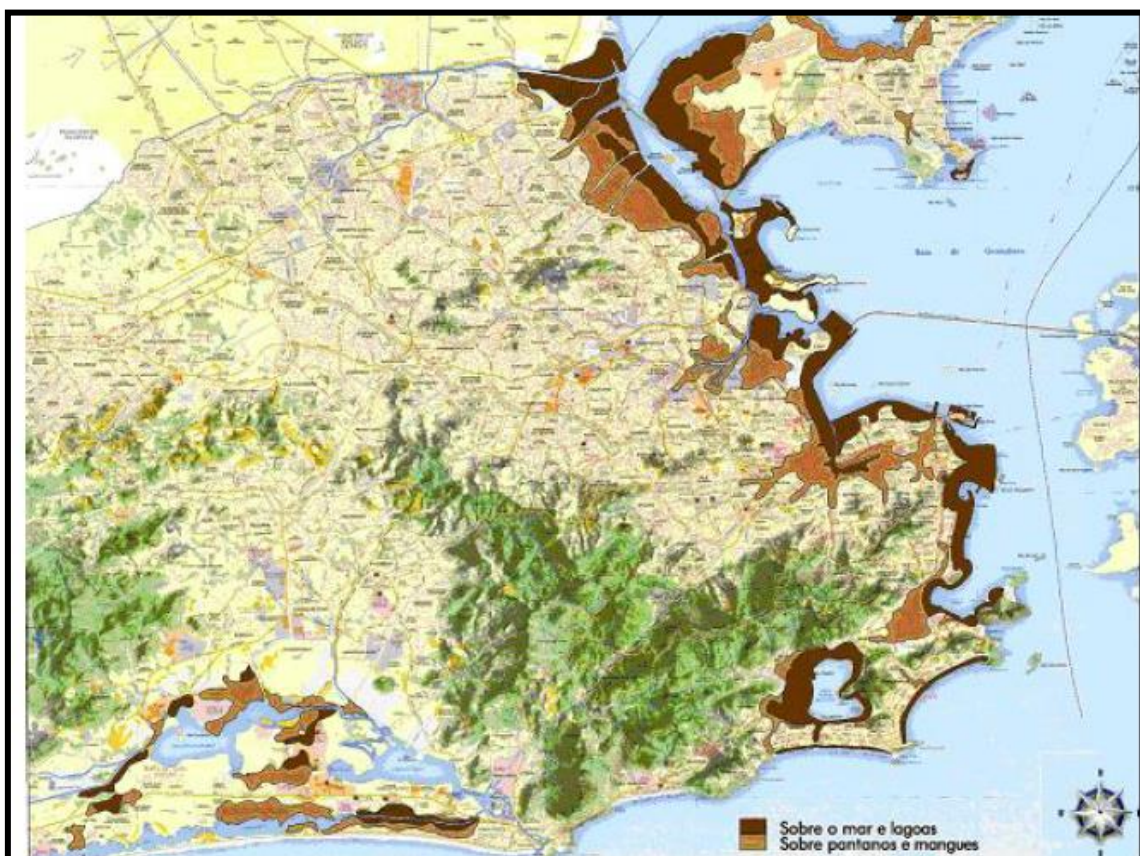
Os resultados do inventário das obras na cidade do Rio de Janeiro demonstraram a existência de três principais tipos de intervenções realizadas nas praias cariocas entre 1970 e o presente: alimentação artificial de praia, muros longitudinais e plantio de restingas. Na área de estudo do presente trabalho, foram calculados 19,56km de muros e 19,48km de restinga, onde a maior parte está na região da zona oeste (Tabela 5). Apenas um molhe foi encontrado na Barra da Tijuca e também contamos a presença de 2 canais retificados, sendo um deles o canal do Jardim de Alah e o outro o canal Visconde de Albuquerque, ambos desaguando no arco praial Ipanema (Arpoador) – Leblon.

*Tabela 5 - Extensão (KM) das Obras em Cada Praia Estudada e Informações Associadas. - (Pena, 2015)*

<b>Local</b>	<b>Extensão total da praia</b>	<b>Extensão da Vegetação de Restinga</b>	<b>Extensão do Muro</b>	<b>Molhes</b>
<b>Praia da Macumba</b>	2,49 Km	0,47 Km	2,13 Km	0
<b>Arco Praial Barra – Pontal</b>	18 Km	14,75 Km	11,39 Km	0,20 Km
<b>Praia de São Conrado</b>	2 Km	0	2 Km	0
<b>Arco Praial Ipanema-Arpoador</b>	3,86Km	1,21	3,86 Km	0

A pesquisa histórica apontou que as intervenções mais antigas datam do Brasil colonial, na até então Praia do Peixe, localizada onde hoje encontra-se a Praça XV. No início do século XX, a linha de costa foi novamente modificada, agora na gestão de Pereira Passos, prefeito da cidade, com aterro marítimo com o objetivo de criar uma central portuária, sendo este o primeiro aterro com grandes dimensões. Como uma das etapas desta obra, houve a demolição do Morro do Senado para a construção da

Gamboa, primeiro cais do porto moderno. Além disso, o aterro também possibilitou a construção da antiga Avenida Central, atual Rio Branco (Abreu 1987).



*Figura 17- Mapa parcial da Cidade do Rio de Janeiro com áreas aterradas sobre o mar  
– Retirado de Andreatta (2009, p.3)*

No século XX, é realizada a alimentação artificial da praia de Copacabana, considerada a obra de defesa mais famosa e bem-sucedida do Brasil, planejada e executada no final da década de 1960 e início de 1970. Cerca de 6 milhões de m<sup>3</sup> de areia foram bombeados do estirâncio da praia de Botafogo e despejados na praia, além do engordamento da praia, esta obra possibilitou a duplicação da Avenida Atlântica.

Nas praias de Ipanema e Leblon, os muros foram construídos em 1971 com a construção do píer que daria suporte operacional à construção do emissário submarino de Ipanema. Segundo o jornal O Globo, em 1992, uma draga despejou 200 mil metros cúbicos de areia na praia, mas um ano depois ela voltou a encolher. Em 2002, foram retirados 3mil metros cúbicos de areia do Canal do Jardim de Alah e despejados na Praia do Arpoador, o que já tinha sido realizado outras vezes (Rosman e Valentini, 1989). Esta A dinâmica de transporte sedimentar longitudinal é fundamental para

compreensão deste arco praiial e está associada às direções de entradas de ondulações: ora de sudeste, transportando os sedimentos do Arpoador para o Leblon, ora de sudoeste levando as areias no sentido oposto, fazendo com que a base do muro fique exposta (Rosman e Valentini, 1989; Muehe, e Neves, 2008). O engordamento adia o desaparecimento de uma das extremidades do arco praiial, mas não é solução definitiva pois segundo Rosman e Valentini (*op. cit.*) vem sendo observado constante déficit sedimentar neste arco-praiial o que para os autores está associado à construção do muro, ao grande volume de sedimentos retirados por dragagens e ao transporte offshore durante ressacas pois este representa apenas saída dos sedimentos. A variabilidade do perfil transversal da praia levanta uma questão: como distinguir entre uma tendência erosiva, uma tendência de recuo contínuo da linha de costa e uma mobilidade morfodinâmica?

Em 2001, foram construídos muros de contenção na praia da Macumba, na zona oeste da cidade, como parte do Projeto Eco Orla. A obra foi orçada em R\$ 13 milhões, possui 1,4km de extensão, visando a melhoria e ordenação dos aspectos paisagísticos e de infraestrutura de lazer. Nesta praia os resultados do inventário de danos pelo jornal O Globo tiveram como destaque a ocorrência de um evento em 6 de setembro de 2006, quando uma ressaca com ondas de 2,5 a 3,5m, que invadiram a ciclovia e parte de ruas na zona sul, além de fazer com que surgisse um buraco no calçadão da Praia da Macumba, afetando os muros desta praia. Este foi um dos efeitos de ressaca observados na pesquisa.

Em Copacabana, a alimentação artificial é vista como um sucesso pois a praia manteve largura adequada à segurança das estruturas urbanas após a realização desta obra. No entanto, as notícias de jornais registram efeitos de ressacas à invasão de areia nas pistas de carro e alguns danos em quiosques foram registrados nas notícias de jornal. Os efeitos da intervenção em Copacabana sobre a morfodinâmica praiial ainda não foram totalmente estudados.

## 6.2 – Praia da Macumba

A praia da Macumba é limitada a leste pelo Pontal, o mesmo que limita uma das extremidades do arco praiial Recreio–Barra, uma feição geomorfológica conhecida como tómbolo que se configura por uma faixa de areias e seixos fazendo a conexão

entre o continente e uma pequena ilha. Este tómbolo tende a ficar submerso em períodos de ressaca ou preamar. À oeste da praia da Macumba, temos a saída do canal de Sernambetiba. No centro deste arco praial, é identificada outra feição, se trata da Pedra de Itapuã. A mesma está incluída entre os bens naturais que marcaram os primeiros tombamentos do antigo Estado da Guanabara, atual cidade do Rio de Janeiro, devido sua importância histórica como marco natural que assinala o desembarque dos franceses, em 1710, sob o comando de Jean François Duclerc numa tentativa de conquistar a cidade.

#### i. Análise dos Perfis Realizados

Dentre as praias que compõem a área de estudo, esta é a que está localizada na extremidade oeste. A praia apresenta muros em grande parte de sua extensão e, embora sejam os mais recentes dentre todas as praias estudadas, já tiveram danos significativos associados à ressacas diversas vezes. Toda a extensão deste muro é caracterizada, de acordo com o trabalho de Carter (1989), como vertical e, portanto, apresentam eficiência em refletir as ondas que ali colidem, aumentando ainda mais sua capacidade de erosão.

Os pontos de coleta para granulometria, bem como os locais indicados para a confecção dos perfis topográficos, podem ser observados na figura 18, a localização deste foi pensada para um melhor acompanhamento do comportamento do arco praial.

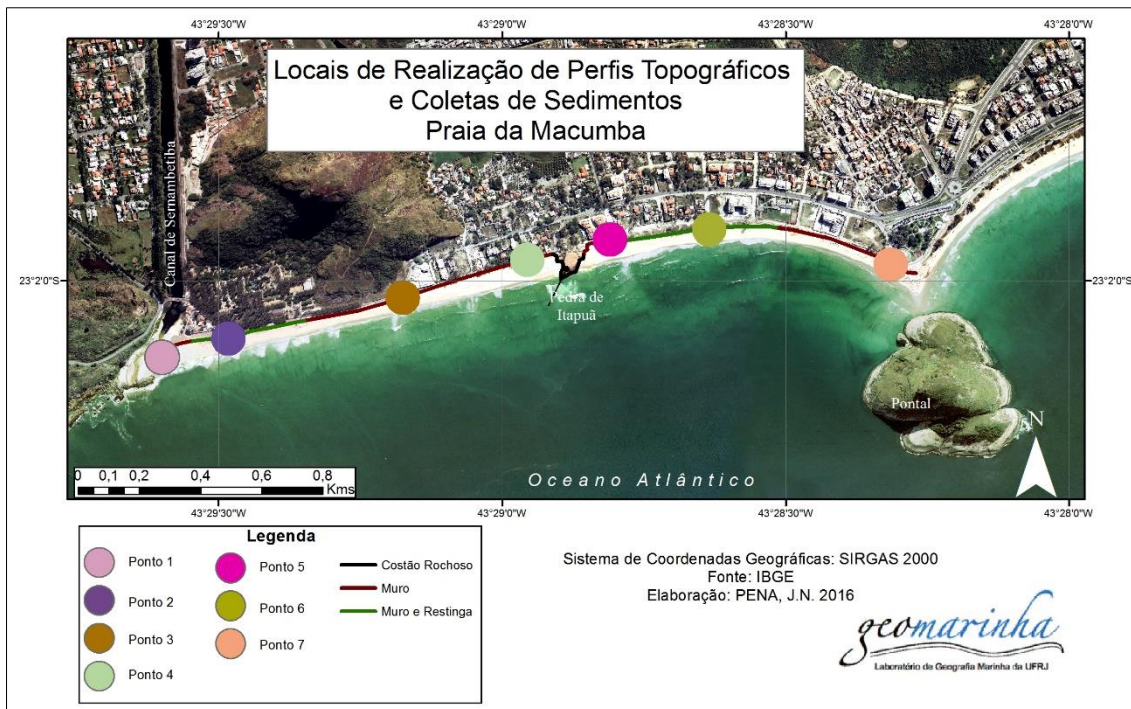






Figura 18 - Intervenções encontradas na praia da Macumba

Foram selecionados três pontos de coleta para realização de análises granulométricas ao longo de 7 perfis – face de praia, berma e próximo a intervenção -, porém, apenas 6 para monitoramento da topografia através do levantamento de perfis de praia. O ponto 1 não foi um local de realização de perfis, tendo em vista que este está localizado próximo a foz do canal de Sernambetiba, conseqüentemente, em virtude das variações no estoque sedimentar, os campos seriam impossibilitados devido à ausência temporária de sedimentos ocasionada por fatores como baixa vazão e elevadas taxas de *outputs*, no entanto, este foi de extrema importância para a caracterização granulométrica da região estudada. Em todo o caso, acredita-se que o levantamento topográfico do ponto 2 foi satisfatório para representar todo o trecho oeste da praia.

Os dados abaixo (tabela 6) auxiliam na interpretação de todos os perfis realizados na praia da Macumba.

Tabela 6 - Condições do mar nos campos realizados - Praia da Macumba

Data	Direção da Onda	Altura da Onda	Maré Observada	
30/mar		S	1,1m	2,18m
21/abr		S	2,3m	2,45m
22/abr		S	1,9m	2,46m
08/jun		S	1,9m	2,49m
10/jun		S	2,8m	2,58m
13/jun		S	2,9m	2,48
29/jun		LSE	1,7m	2,08m

A figura 19 ilustra as alterações na morfologia do ponto 2. Nota-se variação da largura da praia entre os perfis de março e abril e os realizados em junho. Enquanto os primeiros demonstraram praia com mais 50 metros de largura, os perfis subsequentes apresentavam-se erodidos, com menos de 30 metros de largura. No entanto, o último perfil realizado, em 29 de junho, já demonstra uma tendência de recuperação da praia.

Acredita-se que a direção da ondulação precedente tenha influenciado significativamente esta mudança na reação da praia observada nos diferentes dias de levantamento. No mês de junho de 2016, houve predominância de ondulações de Sul entre os dias 1º e 23, o que pode ter causado progressivamente a perda do estoque sedimentar, uma vez que a praia está diretamente exposta a este quadrante. Em outras idas à campo, o evento foi precedido por ondulações de Leste, que tendem a ser menos intensas e que atingem a praia obliquamente, justificando um efeito menor dos eventos de ressaca observados nos dias 30/03, 21 e 22/04.

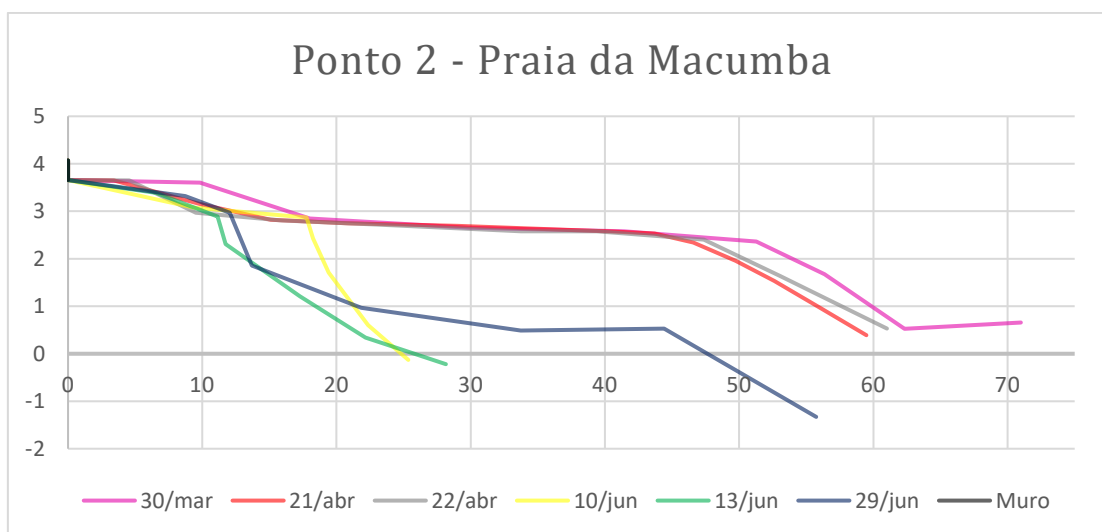


Figura 19 - Ponto 2 - Perfis da Praia da Macumba

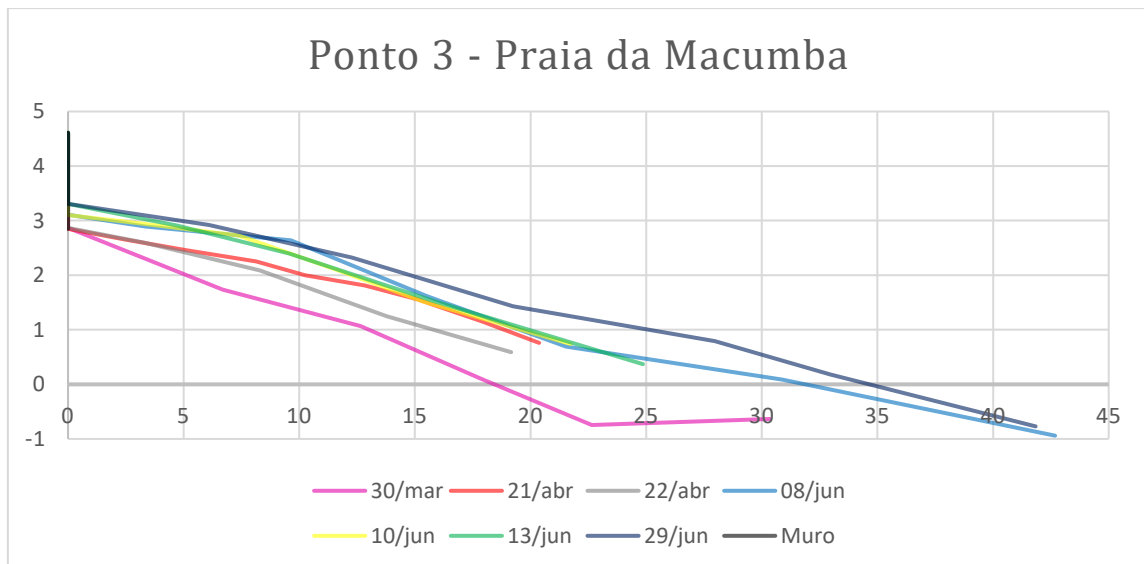
O próximo ponto (figuras 20 e 21) é um perfil curto e com muita variação, tendo sido constatado através de observações *in situ* e pelos perfis, que a base do muro sempre fica vulnerável na presença de ondulações do quadrante Sul. Algumas notícias retratam danos aos quiosques próximos, que são potencializados pela arquitetura, em formato de ondas, do calçadão, porém estes não são tão significativos quanto a outros observados em outro ponto estudado.





*Figura 20- Ponto 3 - Praia da Macumba*

Os perfis realizados demonstram que este ponto reagiu de maneira inversa ao anterior, apresentando diminuição nos eventos de março a abril e aumento de largura e volume em junho, o que pode sugerir que o canto oeste fornece, por transporte lateral, sedimentos para este trecho.



*Figura 21- Ponto 3 -Perfis da Praia da Macumba.*

À oeste da pedra de Itapuã, o perfil 4 (figura23) representa uma particularidade no arco estudado, pois os eventos com ondulações sul provocam uma maior retirada de



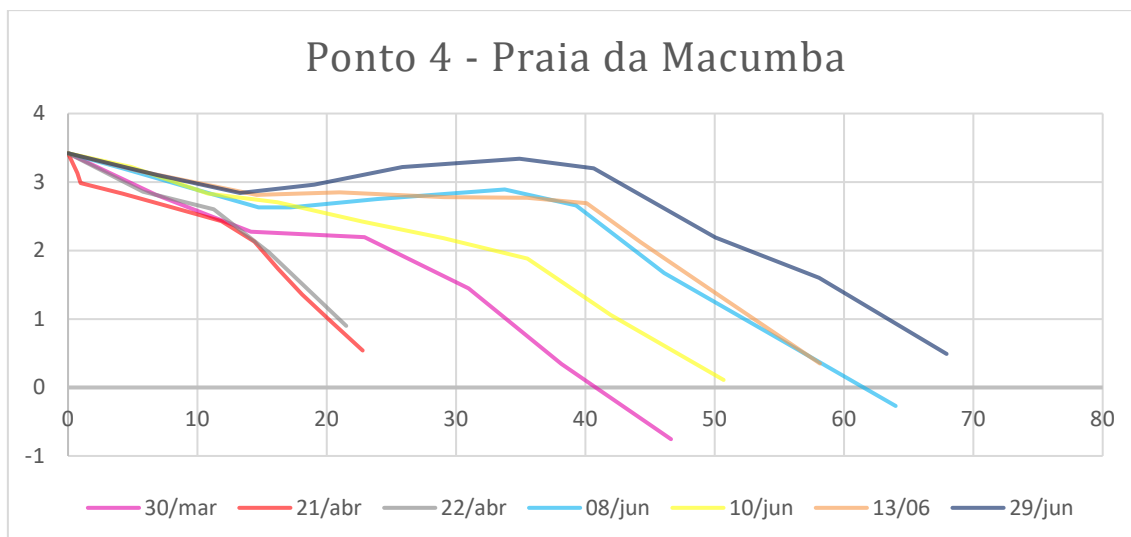
sedimentos e este local se torna muito estreito. Este ponto se encontra imediatamente à oeste da Pedra de Itapuã, o que deve ter efeito de acumulação durante os eventos de sudeste.

No local, alguns danos já foram verificados, inclusive em uma ressaca que ocorreu 15 dias depois da inauguração Projeto Eco Orla, onde os muros de contenção projetados não suportaram a força das ondas de leste. O muro que sustenta o calçadão e a ciclovia foram construídos em forma similar à de ondas, se observado através de vista aérea, justamente onde a arquitetura é similar a crista da onda, estão instalados os quiosques. Sendo essa parte do muro a mais próxima da arrebentação, ela é a primeira a sofrer danos com as fortes ondas, aumentando ainda mais os custos de reparo. Para reparo deste dano, foi gasto uma quantia de R\$120.000,00 (GLOBO COMUNICAÇÕES, 2013).

O projeto Eco-Orla visava a urbanização de praias outrora degradadas, com a construção de ciclovias e calçadões, além da instalação de chuveiros e plantio de mudas para a manutenção da restinga da região. Segundo a agência Brasil, a prefeitura investiu R\$ 5,581 milhões em um trecho de quatro quilômetros



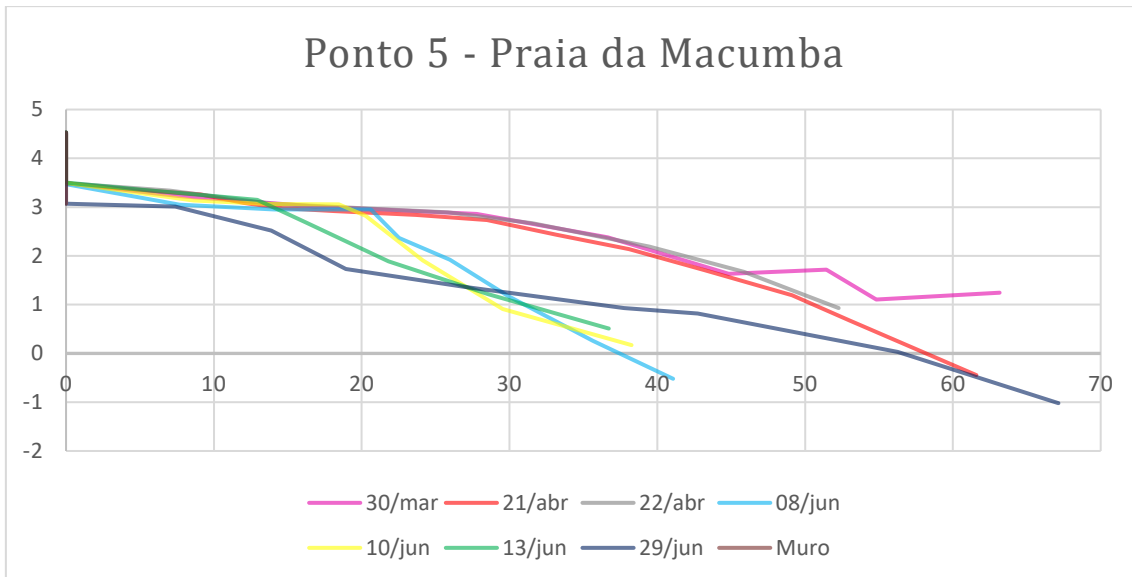
Figura 22 - Manchete de jornal relatando a primeira ocorrência após a inauguração da obra. 6 de janeiro de 2005 – Fonte: Acervo O Globo



*Figura 23- Ponto 4 - Perfis da Praia da Macumba.*

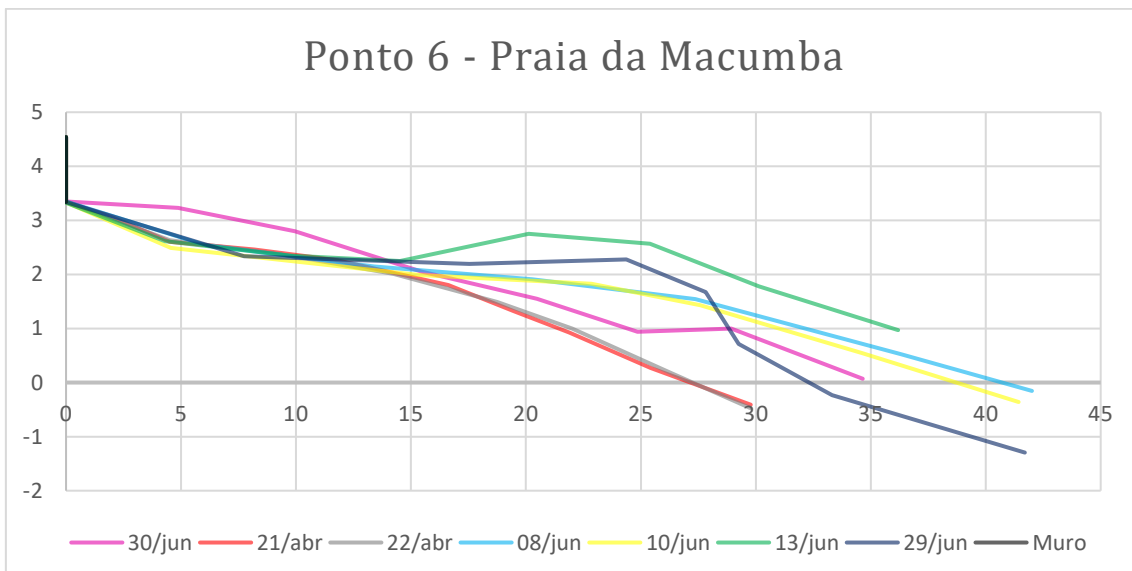
Uma das possíveis causas apontadas para os constantes problemas neste local, é a dragagem do canal de Sernametiba, por mais de 30 anos, impedindo a dinâmica de transporte sedimentar longitudinal nesta região. A erosão nesse ponto da orla é frequente e, em 03 de julho de 2008, uma reportagem mostrava a 5ª avaria sofrida pelo calçadão. Por outro lado, o acúmulo observado principalmente no mês de junho parece indicar retenção de sedimentos trazidos lateralmente do canto oeste e sustentado pela Pedra de Itapuã.

O ponto 5 (figura 24), que fica a leste da pedra de Itapuã, apresenta características opostas ao ponto anterior, por conseguinte, a entrada de eventos com ondulações de sul não representa impactos significativos para esta porção. Ademais, cerca dos primeiros 7 metros da praia conta com vegetação fixadora de dunas limitada por uma pequena cerca que impede o acesso aos banhistas, sendo o acesso ao mar feito por caminho demarcado entre os intervalos designados pelo gestor público.



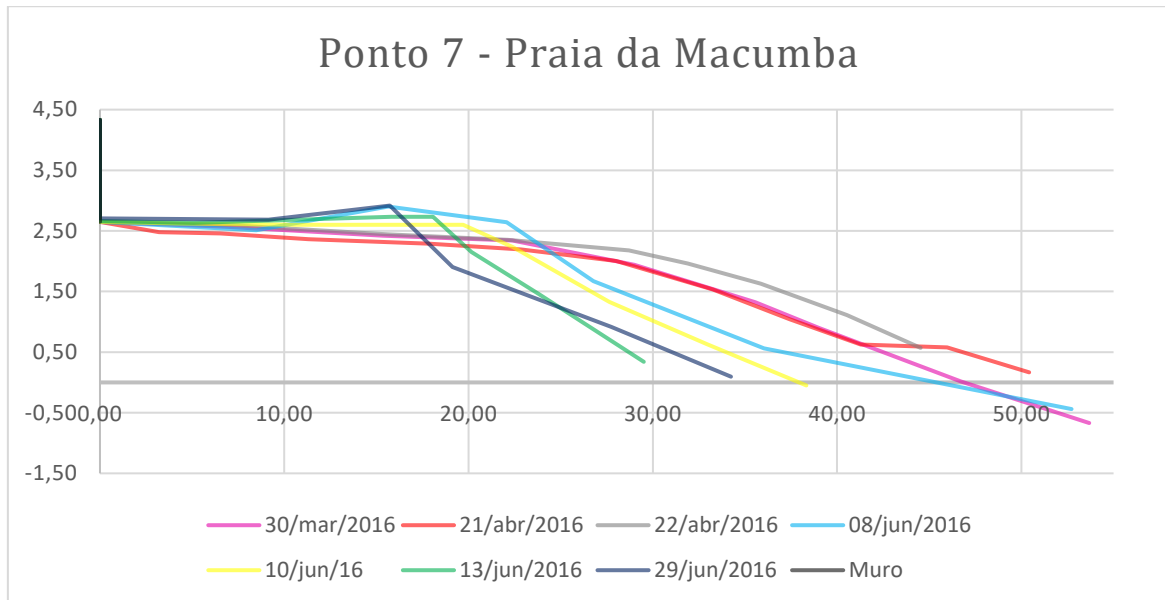
*Figura 24 - Ponto 5 - Perfis da Praia da Macumba.*

Já o ponto 6 (figura 25), tem maior variação de sedimento na crista da berma e características que definem o seu estágio morfodinâmico como dissipativo. Este apresenta, por exemplo, uma zona de surfe muito desenvolvida, devido a incidência de ondas de elevada energia. Com tal característica, estas são menos susceptíveis aos processos erosivos, pois as ondas têm muito mais espaço para dissipar sua energia. Neste local, é frequente a prática do surfe e eventos relacionados a este esporte.



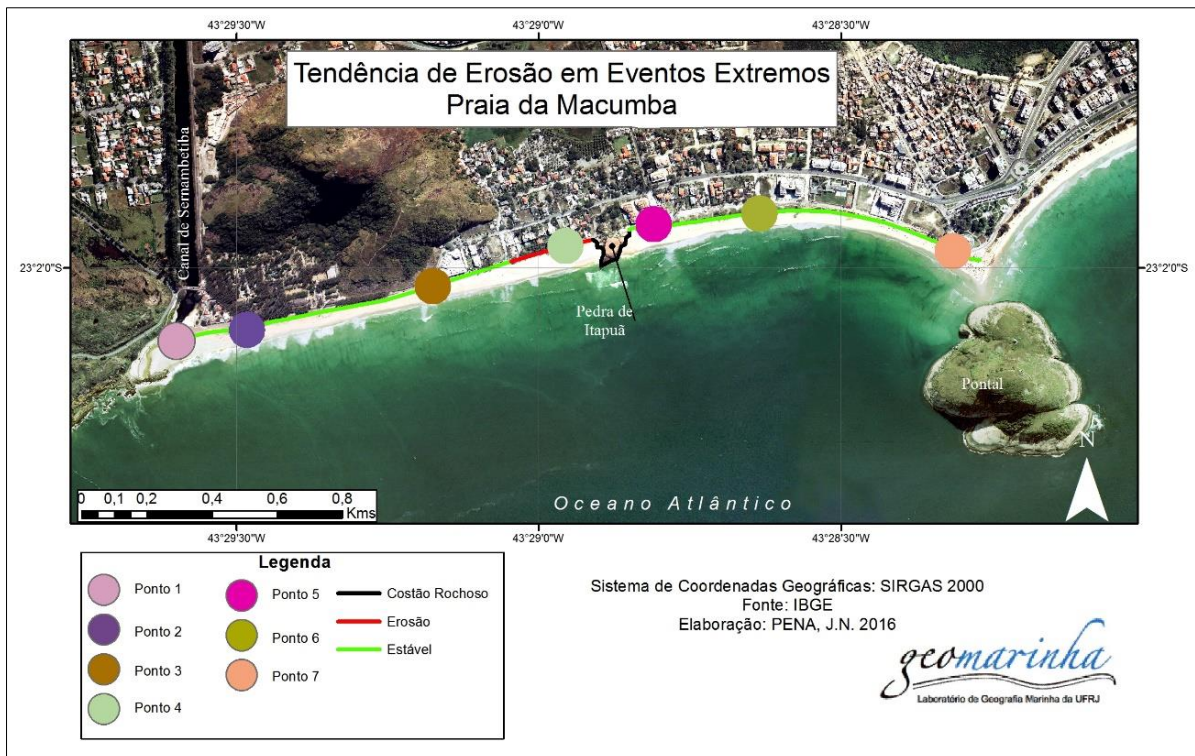
*Figura 25- Ponto 6 - Perfis da Praia da Macumba.*

A localização do ponto 7 (figura 26) faz com que este seja protegido pelo tómbolo, porém, em algumas condições de mar, como as encontradas no dia 13 de junho, a ligação entre o continente e o acidente geográfico pode ser interrompida, transparecendo assim que existe um ajuste mútuo entre hidrografia e forças hidrodinâmicas envolvendo diretamente o transporte de sedimentos.



*Figura 26 - Ponto 7 - Perfis da Praia da Macumba.*

A síntese do comportamento da praia pode ser observada no mapa a seguir, onde, após todos os campos realizados, houve um entendimento que a porção à oeste da praia da Macumba é mais vulnerável a eventos de ressaca do que outros locais do arco. Isto é possível se comprovar observando as notícias que divulgam os danos ocorridos neste, junto a isso, este mesmo local não passa por reparos desde que uma ressaca destruiu o muro e parte da ciclovia, o que auxilia a corroborar a ideia de que, sabendo da resposta aos eventos hidrodinâmicos, a prefeitura não faz novos reparos no calçadão.



*Figura 27 - Comportamento da praia em Eventos Extremos*

ii. Eventos Extremos e Subida do Nível do Mar

A síntese do IPCC (2012) indica que o risco de eventos extremos aumenta com o aumento da temperatura média global nos cenários de mudanças climáticas, sendo assim, irão ocorrer uma variabilidade maior do que a conhecida atualmente de eventos contrastantes em intensidade. O ponto de estudo 4 na praia da Macumba deixa claro como um novo nível eustático do mar pode causar danos ainda maiores às estruturas que se encontram perto da área de atuação deste. Se hoje, a ação de ondas de um determinado quadrante somadas a eventos de maré meteorológica são capazes de ocasionar avarias, se o nível de base for elevado e eventos extremos se tornarem mais frequentes, mais edificações e outras construções serão atingidas. Atualmente, de acordo com Muehe e Neves (2008), a ocorrência de variações associadas a eventos climáticos causa variações meteorológicas que podem alcançar 90 cm na cidade do Rio de Janeiro.



*Figura 28 - Ponto de erosão na praia da Macumba. – Ponto 4*

Por conseguinte, esse panorama futuro sugere fortemente um planejamento e uma adequação das infraestruturas, principalmente aquelas associadas aos recursos hídricos, posto que, em baías e desembocadura de rios, ondas poderão atingir pontos localizados mais a montante do que os atuais, provocando reversões e podendo alterar a hidrodinâmica destes, além disso, o valor do metro quadrado mais caro da cidade do Rio de Janeiro e alguns importantes espaços públicos estão localizados a poucos metros da linha de costa, assim, estes seriam os primeiros atingidos por eventos de tal magnitude. O aumento à exposição da costa à erosão e a intensificação dos eventos de inundação impactam as atividades e infraestruturas litorâneas, provocando danos à saúde pública e a economia nessas regiões.

Caso a característica de erosão seja confirmada no ponto 4, sem que nenhuma medida por parte dos gestores seja tomada, é possível que a mesma passe a ter comportamento semelhante ao pontal, uma vez que as estruturas presentes em sua retaguarda poderão ser erodidas. Embora, em alguns momentos, o pontal tenha parte do seu aporte sedimentar reprimido, tal comportamento é característico para os perfis de tempo ruim, assim, quando passadas tais condições, o tombolo volta a servir de proteção para esta parte da praia, fazendo com que existe um acúmulo de sedimentos neste ponto. Isto é possível de ser observado nas tabelas 2 e 3, uma vez que a perda de



sedimentos, no ponto 7, tenha sido continua entre os dias 8 e 13 de junho, no dia 29 a variação sedimentar passa a ser positiva.

*Tabela 7 - Variação do aporte sedimentar nos dias 21 e 22 de maio, 8 e 10 de junho. – Praia da Macumba*

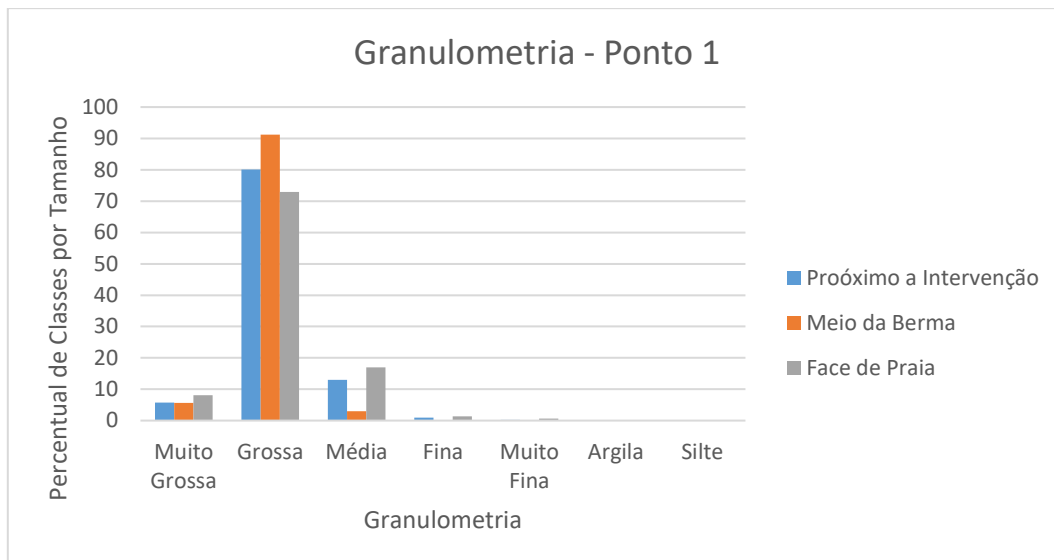
	21/abr	22/abr	Variação m <sup>3</sup>	08/jun	10/jun	Variação m <sup>3</sup>
Ponto 2	84573.16	83566.27	-1006.89	X	X	X
Ponto 3	20026.16	17323.87	-2702.29	22026.24	22683.46	657.21
Ponto 4	12529.05	13071.50	542.46	35142.98	17492.19	-17650.79
Ponto 5	49947.85	50649.31	701.45	32703.07	32705.60	2.53
Ponto 6	22748.02	23165.78	417.76	32539.25	30943.46	-1595.79
Ponto 7	29376.10	31486.77	2110.67	28928.61	25007.29	-3921.32

*Tabela 8 - Variação do aporte sedimentar nos dias 10, 13 e 29 de junho. – Praia da Macumba*

	10/jun	13/jun	Variação m <sup>3</sup>	13/jun	29/jun	Variação m <sup>3</sup>
Ponto 2	50031.48	29391.09	-20640.38	29391.09	36445.94	7054.85
Ponto 3	22683.46	23791.43	1107.97	23791.43	30071.75	6280.32
Ponto 4	17492.19	35032.28	17540.09	35032.28	44778.57	9746.29
Ponto 5	32705.60	30649.14	-2056.46	30649.14	28350.14	-2299.00
Ponto 6	30943.46	37639.92	6696.46	37639.92	32112.40	-5527.52
Ponto 7	25007.29	23063.08	-1944.20	23063.08	23127.72	64.64

### iii. Granulometria e Balanço Sedimentar

Para o balanço sedimentar da praia da Macumba, foram feitos 7 perfis com 3 locais de coleta em cada perfil. Os resultados para os 4 primeiros pontos mostram uma grande concentração de areia grossa que vai perdendo tamanho até os menores resultados encontrados no ponto 7.



*Figura 29- Granulometria Macumba - Ponto 1*

O primeiro ponto para coleta fica próximo ao canal de Sernambetiba, o predomínio é de areia grossa, com pouca fração de areia fina e quase existem frações de areia muito fina, silte e argila. Os sedimentos que ali chegam passam por um retrabalhamento antrópico, uma vez que, durante eventos de elevada intensidade, que expõe o enrocamento ali presente, acontece uma remobilização com o auxílio de uma draga, visando a manutenção da estrutura, para que essa não se desprenda do cordão litorâneo.



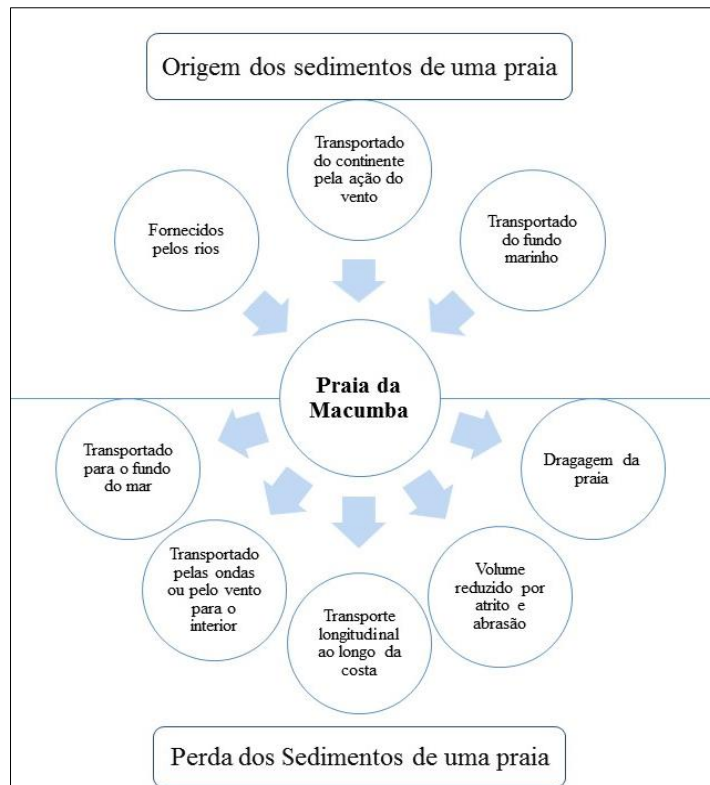


Figura 30 - Balanço sedimentar da Praia da Macumba - Modificado de Bird (1993)

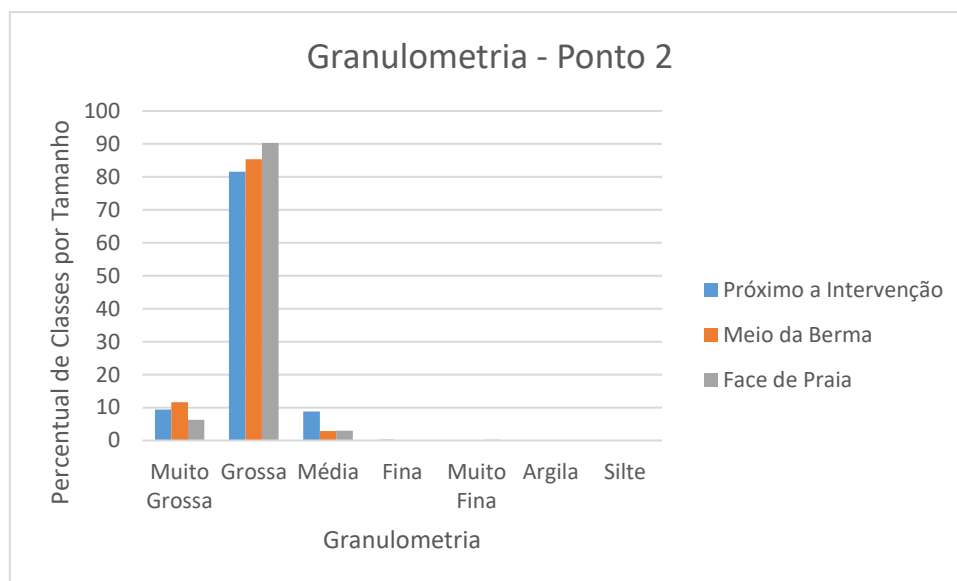
A praia tem os seus sedimentos originados de materiais fornecidos pelo canal de Sernambetiba, transportado do continente pela ação do vento e também remobilizado do fundo marinho, assim, quaisquer alterações neste, ou uma taxa maior de output de sedimentos irá ocasionar estresse no balanço sedimentar deste arco praial.



Figura 31 – Maquinário em operação no Canal de Sernambetiba – Na fotografia da

*direita, a seta mostra a localização da dragagem.*

Já no ponto 2, as frações de areia fina e muito fina começam a ser contabilizadas como parte da granulometria, uma vez que estas já aparecem em quantidades maiores que no ponto anterior. Esta característica acontece principalmente próximo a intervenção, onde a vegetação fixadora de dunas auxilia neste processo, porém, ainda assim, a porção de areia grossa apresenta quantidades significativas.



*Figura 32- Granulometria Macumba - Ponto2.*

O ponto 3, por apresentar um curto perfil transversal, tem maior quantidade de sedimentos grosseiros em todos os 3 pontos de coleta, em relação aos anteriores. Como a intervenção fica mais próxima ao refluxo máximo, não existem diferenças significativas entre a granulometria dos locais de coleta neste trecho, uma vez que ação de ondas e marés pode ocorrer em toda a sua extensão.

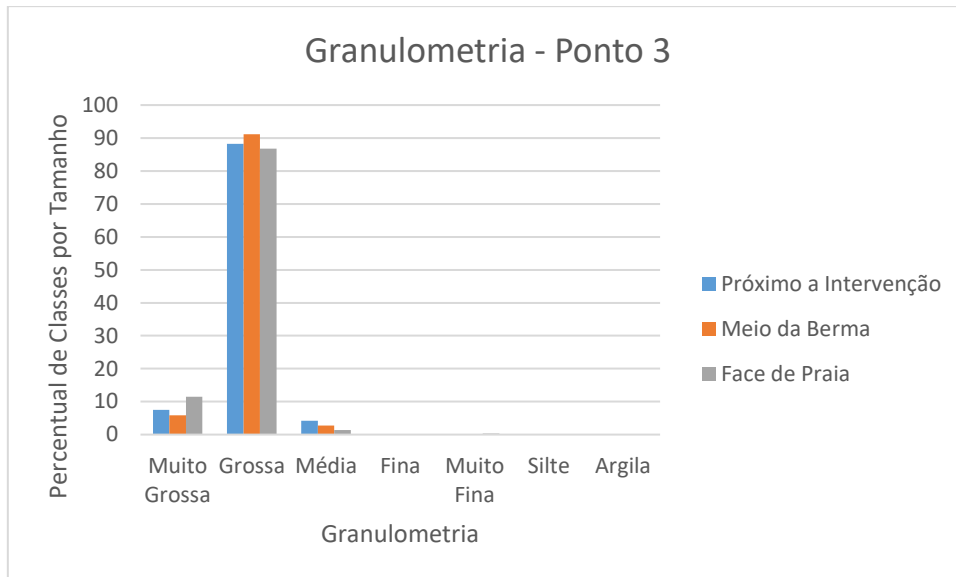


Figura 33- Granulometria Macumba - Ponto 3.

Uma granulometria mais grosseira é encontrada em todo o perfil 4, inclusive próxima a intervenção, a qual, por estar situado mais distante do local de espriamento das ondas deveria ser composto por sedimentos de características um pouco mais fina. Este é o local onde ocorre a queda recorrente do muro e o mesmo encontra-se sem reparos desde o último evento, assim, a granulometria pode dar indícios de que houve um reajuste do transporte de sedimentos neste ponto.

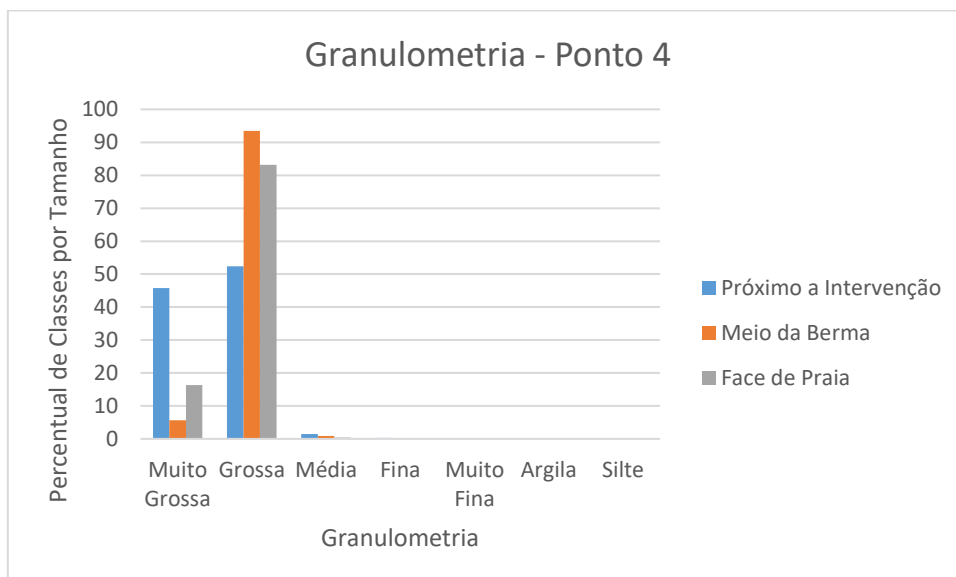


Figura 34- Granulometria Macumba - Ponto 4.

A pedra de Itapuã atua de maneira significativa na seleção de sedimentos tanto a oeste (ponto 4) quando a leste (ponto 5). Enquanto naquele, este processo ocorre

devido a célula hidrodinâmica que intensifica a ação erosiva das ondas em eventos de Sul e na disposição dos sedimentos ali depositados, neste, a ação de ondas já com uma menor força erosiva, é possível o acúmulo de grãos médios e finos

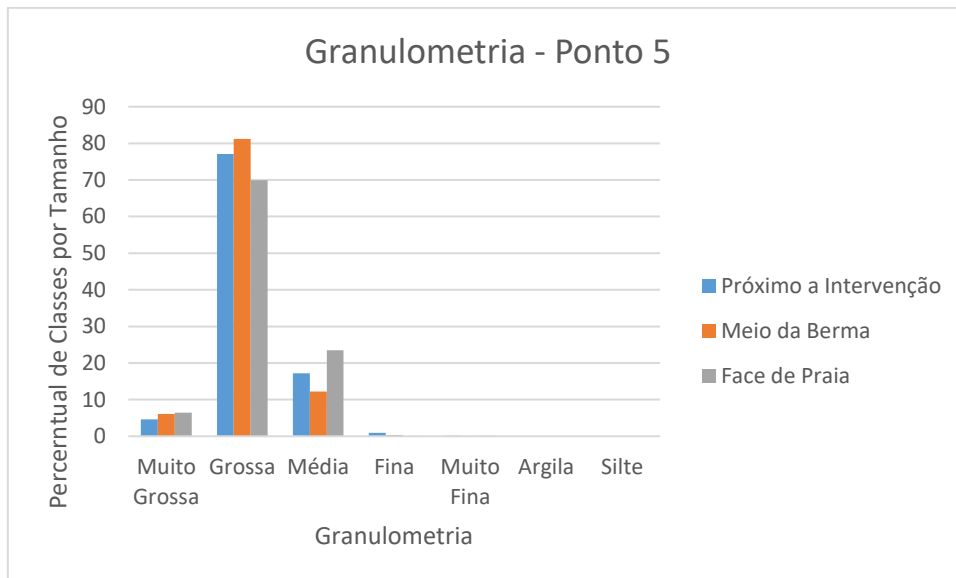


Figura 35- Granulometria Macumba - Ponto 5.

No ponto 6, existe uma melhor seleção de sedimentos, com variação entre os 3 pontos de coleta, e presença de areia fina e muito fina próxima a intervenção. Assim como no ponto 2, este local também conta com vegetação fixadora de dunas, o que ajuda a manter sedimentos mais leves fixo nesta porção da praia.

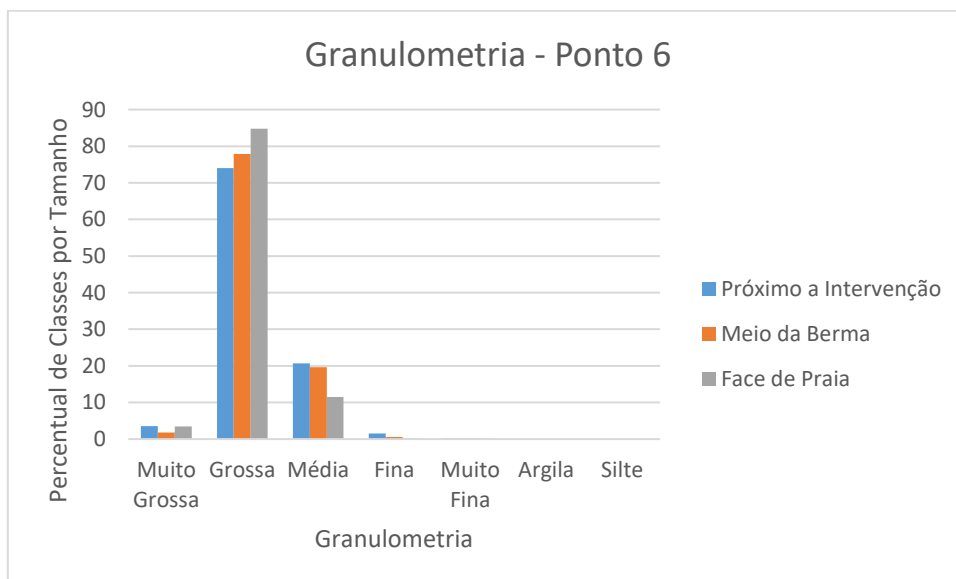


Figura 36- Granulometria Macumba - Ponto 6.

O ponto 7 possui predomínio de granulometria grossa, estas são mais difícil de serem transportadas pelas ondas e correntes e tem seu maior percentual na face de praia, local de maior atuação destas constantes. Aqui, a areia fina tem a maior representação de todo o arco, elas são mais significativas na face de praia e também próxima a intervenção.

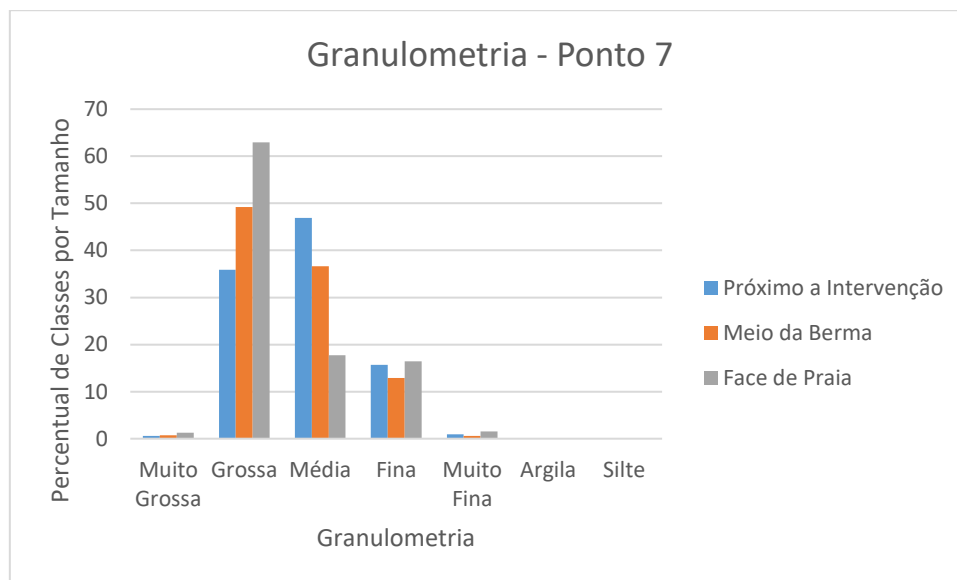


Figura 37 - Granulometria Macumba - Ponto 7.

#### iv. Matriz de Impacto Ambiental

Os impactos mais salientes são os relacionados com a dragagem do canal, que com a eventual retirada de sedimentos diminui o aporte sedimentar do arco, colaborando com o aumento da erosão, até mesmo em outros pontos do arco praial, e também a construção do muro para a sustentação da ciclovia, calçadão e quiosques no perfil ativo e arquitetura em formato de ondas que facilita os danos para tais estruturas, além de interferir nos fluxos longitudinais e transversais.

Desta maneira podem ser observadas mudanças na topografia da praia e impactos associados ao turismo, uma vez que todos os investimentos para a valorização do m<sup>2</sup> e geração de empregos podem ter sido em vão devido as perdas ocasionadas pela erosão neste arco praial.

Tabela 9 - Matriz de Impacto - Praia da Macumba

Macumba		Padrão de Interferência				Impactos																
						IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA - PRAIAS						IMPACTOS DO TURISMO			IMPACTOS DO TURISMO							
						Redução da faixa de praia.	Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/deposição	Praias mais estreitas pela erosão	alteração da topografia da praia (perfil praial)	Intalação de processos erosivos na praia.	Aprisionamento de sedimento junto à estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar.	valorização do m².	aumentou as possibilidades de emprego.	alteração da paisagem.	Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc)	Deposição de areia em avenidas e ciclovias	Colapso de muros de proteção.	Solapamentos / recalques de aterro.	Assoreamentos	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuários	Redução de ambientes naturais.	Redução de áreas de mangue.
Interferência Predominante em Fluxos Longitudinais (deriva litorânea)	Interferência Predominante em Fluxos Transversais (movimento onshore-offshore).	Associação dos Grupos A e B.	Interferência nos fluxos de canais e maré.																			
Obras de Proteção	Muros																					
	Barreira de Rochas																					
	Molhes e enrocamentos																					
Obras de Recuperação	Engordamento de praia																					
	Espigões e Gabiões																					
Obras de Infraestruturas	Emissários (dutos emersos e enterrados)																					
	Canais de águas superficiais																					
	Dragagem																					
	Palafitas																					
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)																					
	Pier ou plataforma de embarque																					
Obras de lazer e turismo	Aterros																					
	Marinas																					
	Pier ou plataforma de pesca																					
	Molhes e enrocamentos																					

v. Escala de Impactos de Tempestades

A ocupação desordenada pode influenciar substancialmente no balanço sedimentar de uma praia, porém o planejamento de uso e ocupação do solo, quando mal feito, tem efeito semelhante, com tal característica, os calçadões e quiosques construídos ocupam regiões importantes para a dinâmica destas áreas, ocasionando processos erosivos no litoral (Pinheiro et al, 2006), facilitando a ocorrência de impactos associados ao *overwash*, como aqueles observados em outras praias e também na praia da Macumba, nesta os efeitos ocasionados por este tipo de impacto são descritos a seguir.

No Ponto 2, nas datas em que o *overwash* foi detectado, este foi relacionado com a ocorrência de resíduos sólidos que se encontravam encobertos pela berma, entre eles, podemos identificar raízes da vegetação fixadora de dunas que ficaram exposta, manilha de concreto para saneamento público e arenitos de praia. A observação desta estrutura geológica é um bom indicador para a comprovação de flutuação do nível do mar.



*Figura 38 - Estruturas encontradas com a ocorrência de Overwash no ponto 2.*

Para os pontos 5, 6 e 7, alguns valores de colisão o *overwash* foram incoerentes com o que verificado em campo. Próximo ao Pontal, os valores de colisão não coincidiram com o que verificado no perfil, mas houve ruptura da faixa de areia do



tômbolo, isto se sucedeu entre dias 21 de abril e 29 de junho. Também foi constatada marcas de arrasto próxima a vegetação fixadora de dunas nos dias de colisão do ponto 6.



Figura 39 - Morfologia do Tômbolo verificada no dia 29 de junho de 2016.

Para os perfis 2, 3 e 4, os resultados se mostraram fiéis ao observado *in situ*, com colisão na vegetação e marcas de ondulação na areia e grande presença de sedimentos no calçadão no ponto 4, sendo necessária remoção dos detritos por parte da companhia de limpeza urbana do Rio de Janeiro. A presença de arenito de praia no primeiro perfil do arco atua como uma barreira natural para maiores erosões, uma vez que, antes de chegar nos quiosques e no passeio, a onda quebra quando tem sem seu desenvolvimento alterado.



Figura 40 - Evidência de Overwash nos pontos 2 e 4.

O quadro seguinte (tabela 10) seguinte traz todos os valores e resultados



utilizados.

Tabela 10- Dados e Resultados para a obtenção da Escala de Impactos de Tempestade – Macumba.

	Período (s)	Impactos de Tempestade											
		Ângulo de Inclinação da fase de Praia ( $\beta$ )							Sallenger (2000)				
		P2	P3	P4	P5	P6	P7	P2	P3	P4	P5	P6	P7
30/03/16	8,9	0,03	0,236	0,144	0,044	0,094	0,088	<i>Swash</i>	Colisão	<i>Overwash</i>	<i>Swash</i>	<i>Swash</i>	Colisão
21/04/16	13,9	0,17	0,156	0,16	0,132	0,155	0,075	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	Colisão
22/04/16	13	0,126	0,138	0,164	0,139	0,166	0,111	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	Colisão
08/06/16	10,5	X	0,029	0,111	0,168	0,114	0,052	X	<i>Swash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	Colisão	Colisão
10/06/16	12,4	0,28	0,1208	0,106	0,082	0,124	0,126	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	Colisão	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>

13/06/16	12,2	0,134	0,1216	0,112	0,1	0,136	0,182	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>	<i>Overwash</i>
29/06/16	9,3	0,049	0,112	0,114	0,063	0,238	0,131	<i>Swash</i>	Colisão	<i>Overwash</i>	<i>Swash</i>	<i>Overwash</i>	Colisão

Quanto às diferenças encontradas nos pontos 5 e 7, é presumível que aconteça como consequência de feições presentes na praia, uma vez que a equação não considera refrações de onda ocasionadas por estas.

### 6.3 – Arco Praial Barra da Tijuca – Recreio dos Bandeirantes

O arco praial que abrange as praias da Barra, Reserva e Recreio sofreu grandes transformações, e a principal delas foi o aterro das dunas para a construção de prédios, casas e avenidas. Na tentativa de se manter o pouco deste ecossistema, que permanece com pouca alteração, se comparada ao seu entorno, a praia da Reserva abriga uma quantidade significativa da vegetação de restinga, ela tem a sua importância devido a sua função fixadora de dunas através da fixação de sedimentos, evitando a dispersão destes pelo vento. Neste ponto do arco praial, ela ganha importância extra já que nesta praia observamos a parte mais fina do cordão litorâneo que abriga uma lagoa a sua retaguarda.

#### i. Matriz de Impacto Ambiental

Este arco praial fica delimitado pelo tombolo do Pontal na extremidade oeste e, na extremidade, leste temos o quebra-mar da Barra, uma intervenção construída com o objetivo de se evitar que o complexo lagunar daquela região tenha a sua saída para o mar obstruída por sedimentos carregados pelo transporte longitudinal. A intervenção mais recente, mas que não está visível a olho nu, é o emissário submarino da Barra da Tijuca que foi inaugurado em 2006, possui 5 km de extensão e drena em média 1.600 litros por segundo. O emissário é um tubo que transporta efluentes do local onde ele é recolhido para um local de descarte.

Levantamentos topográficos feitos por Bulhões (2006) na zona de surfe, utilizando a estrutura fixa do píer de apoio à instalação do emissário submarino da Barra da Tijuca, mostram a variabilidade do fundo arenoso nesta área que está diretamente sujeita a ação das ondas e de correntes por elas induzidas, apontando uma topografia variável de bancos e calhas.

Coutinho (2007) realizou estudo identificando os principais setores deste arco que são atingidos por problemas relacionados à erosão ou mesmo assoreamento. Este trabalho foi feito tendo como base o aporte de sedimentos e também a variação sazonal

dos perfis de praia confeccionado pelo autor. No período das observações, o píer para a construção do emissário atuou como modificador do transporte de sedimentos, alterando o comportamento daquela região. Nogueira *et al.* (2005) concluíram que a instalação do píer do emissário submarino vem funcionando como uma barreira deposicional de sedimentos carregados pelas correntes de deriva litorânea.

O mapa (figura 41) a seguir representa a localização das intervenções deste arco praiar.

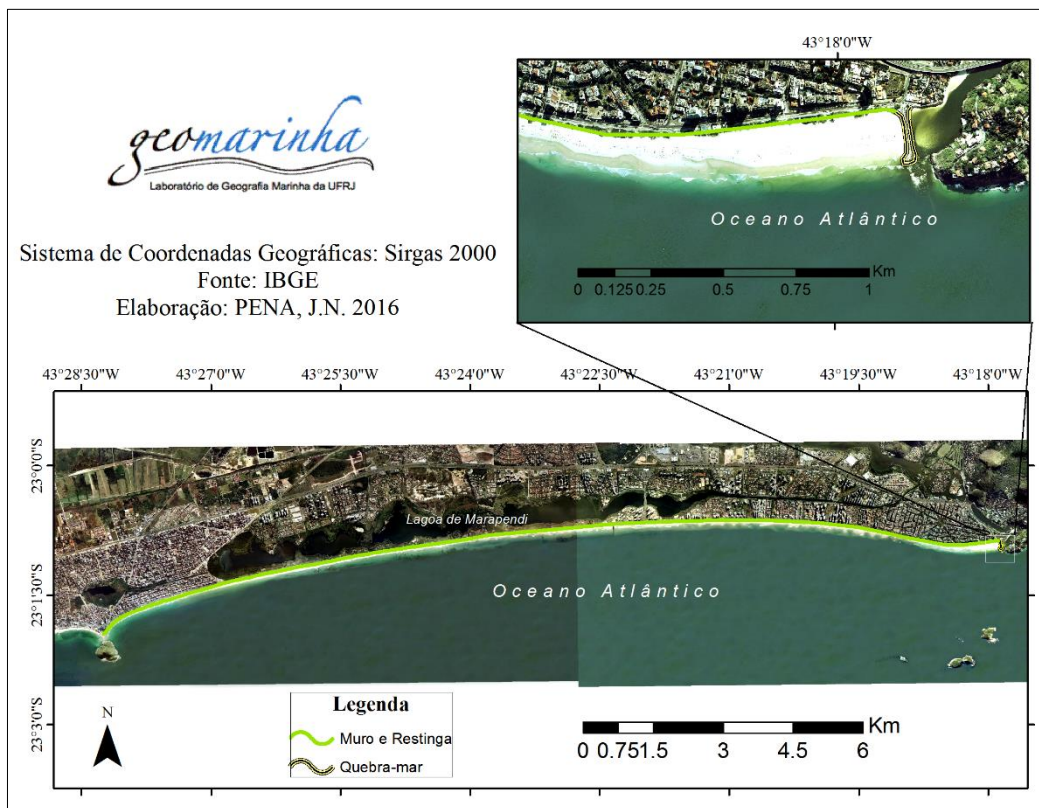


Figura 41 - Localização das intervenções emersas no arco praiar Recreio - Barra

Tabela 11- Matriz de Impacto - Arco Barra da Tijuca- Recreio.

Arco Praial Barra da Tijuca - Recreio		Padrão de Interferência				Impactos																								
Tipos de Obras que Ocorreream no setor		Interferência Predominante em Fluxos Longitudinais (derivada litorânea)	Interferência Predominante em Fluxos Transversais (movimento onshore-offshore).	Associação dos Grupos A e B.	Interferência nos fluxos de canais e maré.	IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA - PRAIAS					IMPACTOS DO TURISMO			IMPACTOS DO TURISMO																
						Redução da faixa de praia.	Praias mais extensas causadas pelo assoreamento e/ deposição	Praias mais estreitas pela erosão	alteração da topografia da praia (perfil praiial)	Instalação de processos erosivos na praia.	Aprisionamento de sedimento junto à estutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar.	valorização do m².	aumentou as possibilidades de emprego.	alteração da paisagem.	Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc)	Deposição de areia em avenidas e ciclovias	Colapso de muros de proteção.	Solapamentos / recalques de aterro.	Assoreamentos	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuários	Redução de ambientes naturais.	Redução de áreas de mangue.	Contaminação de água superficial por efluente	Contaminação de água por resíduos sólidos						
Obras de Proteção	Muros																													
	Barreira de Rochas																													
	Molhes e enrocamentos																													
Obras de Recuperação	Engordamento de praia																													
	Espigões e Gabiões																													
Obras de Infraestruturas	Emissários (dutos emersos e enterrados)																													
	Canais de águas superficiais																													
	Dragagem																													
	Palafitas																													
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)																													
	Pier ou plataforma de embarque																													

Em local próximo a saída da lagoa da Tijuca, uma estrutura mantém a saída da principal ligação do complexo lagunar de Jacarepaguá sempre aberta, garantindo assim a troca de águas no interior da lagoa, e a manutenção desta. Contudo, como mencionado na discussão teórico-metodológica e indicado na matriz de impacto ambiental (tabela 8), tal estrutura, assim como o píer para a construção do emissário, atua funcionando como uma barreira física para o transporte natural dos sedimentos.



*Figura 42 - Quebra-mar da Barra da Tijuca*

Coutinho (2007) realizou perfis topográficos para observação do comportamento de alguns trechos deste arco praial, e, próximo a esta estrutura, o balanço sedimentar mostrou-se positivo, o que nos leva a supor uma dinâmica sedimentar no arco praial caracterizada por um deslocamento de sedimentos de oeste (Recreio dos Bandeirantes) para leste (Barra da Tijuca), do inverno para o verão.

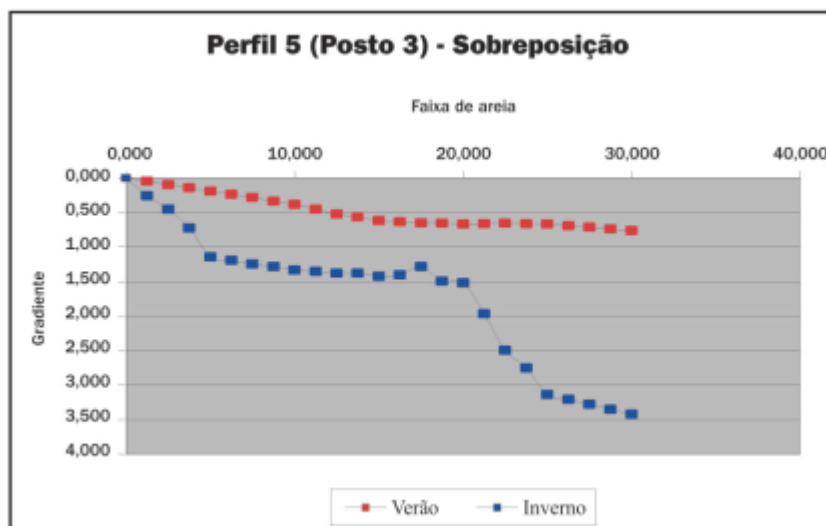


Figura 43 - Perfil realizado por Coutinho (2007) próximo ao quebra mar da Barra

Além disso, Muehe (1984) através de observações feitas por mergulho constatou afloramentos de arenito de praia durante períodos de baixa-mar. Este tem significativa importância no alinhamento das ondas deste local, já que, diferente do quebra-mar, também funciona como uma barreira, porém atuando diretamente nas ondulações e por conseguinte na morfodinâmica ali encontrada.

### 6.3 – Praia de São Conrado

Esta é a última praia da zona Sul em direção à zona Oeste, e toda ela é composta por muros limitando, de maneira rígida, o pós-praia, além de, em alguns pontos, ocuparem a berma de tempestade. O principal papel desta contenção é sustentar o calçadão, ciclovia e quiosques também servem como proteção para a tubulação de esgoto (figura 44). Uma parte do arco praiial tem a sua berma reservada à pista de pouso para os praticantes de voo livre e parapente que decolam da Pedra Bonita, o que faz com que estes se tornem os principais frequentadores desta praia.





OBRA DE despoluição da Praia de São Conrado: o programa, que estava parado por falta de recursos, vai ser retomado

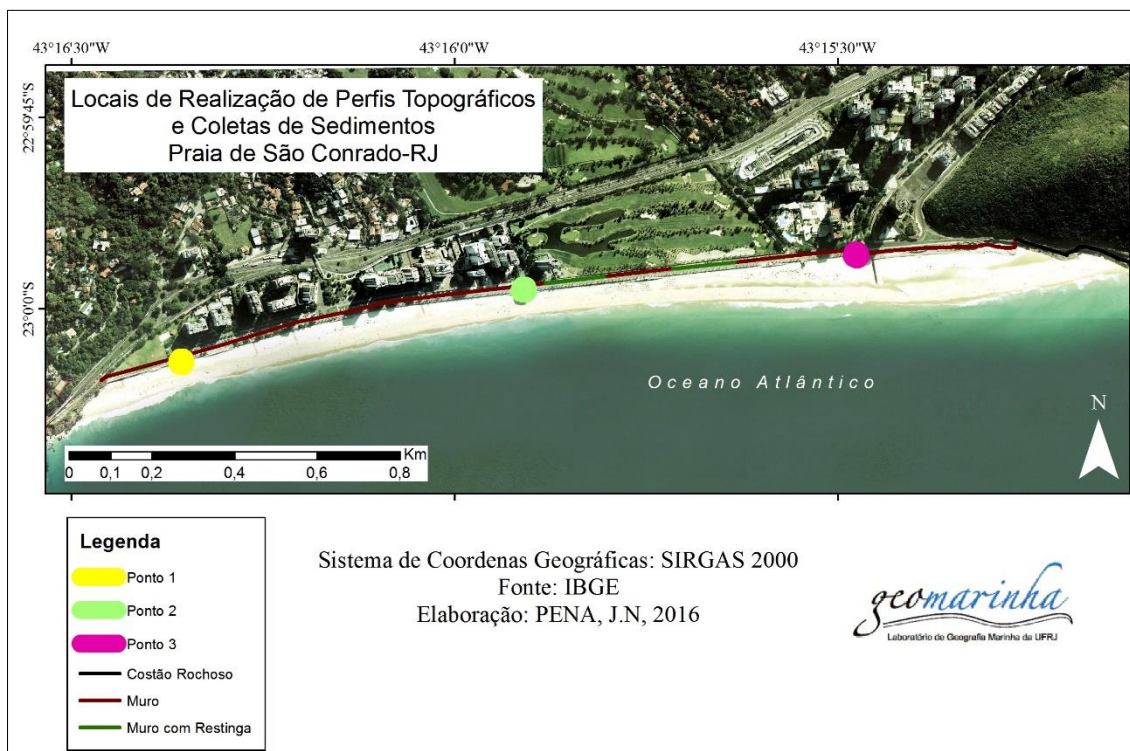
*Figura 44 - Construção do segundo nível do muro da praia de São Conrado - Fonte: Acervo O Globo.*

As águas são impróprias para banho e é comum o aparecimento de línguas negras nessa região, principalmente após fortes chuvas, já que grande parte do esgoto dos bairros de São Conrado, Rocinha - maior favela do país, contando com cerca de 70 mil habitantes - e o Vidigal são despejados no mar, com ligações que são, em grande maioria, clandestinas. É possível encontrar reportagens desde o final da década de 80 retratando esse acontecimento, a imagem abaixo foi capturada no dia seguinte as chuvas do dia 09/10/2015, onde foram registrados 9,8 mm de chuva, em um período acumulado de 96 horas (4 dias), de acordo com dados da estação Vidigal, da Prefeitura do Rio de Janeiro.



*Figura 45- Língua negra após chuva em 09/10/2015. – Acervo Próprio*

Com idas a campo, observamos que na extremidade leste do arco, a intervenção é caracterizada como sendo um muro constituído por dois níveis, o primeiro deles maior em sua extensão - abrangendo os 2 km de praia - altitude e, mais afastado do mar, onde estão localizados os quiosques, ciclovias e o passeio. Através de reportagens, constatamos que esta construção na região data de 1991, com o projeto Rio - Orla, junto com a praia de São Conrado, o trecho deste projeto também contemplou a praia da Barra da Tijuca.



*Figura 46 - Localização dos perfis topográficos e estruturas presentes no arco praial.*

A figura 45 representa a localização dos muros construídos, bem como os locais escolhidos para o plantio de coqueiros e vegetação fixadora de dunas para embelezamento da paisagem e também a possibilidade de sombras para os banhistas e frequentadores do calçadão, já em 1992 São Conrado recebe quiosques. O segundo nível do muro serve, principalmente, como proteção para a tubulação do esgoto, e este encontra-se presente apenas nesta parcela do arco. Durante um evento extremo ocorrido no dia 21 de abril de 2016, ambas as estruturas foram afetadas neste trecho.

Antes da instalação destas estruturas de urbanização e proteção, o único relato em relação a ressacas ocorreu em junho de 1985, a reportagem trata de uma ressaca que ocasionou danos a estrutura do emissário submarino de Ipanema, e por isso a praia de

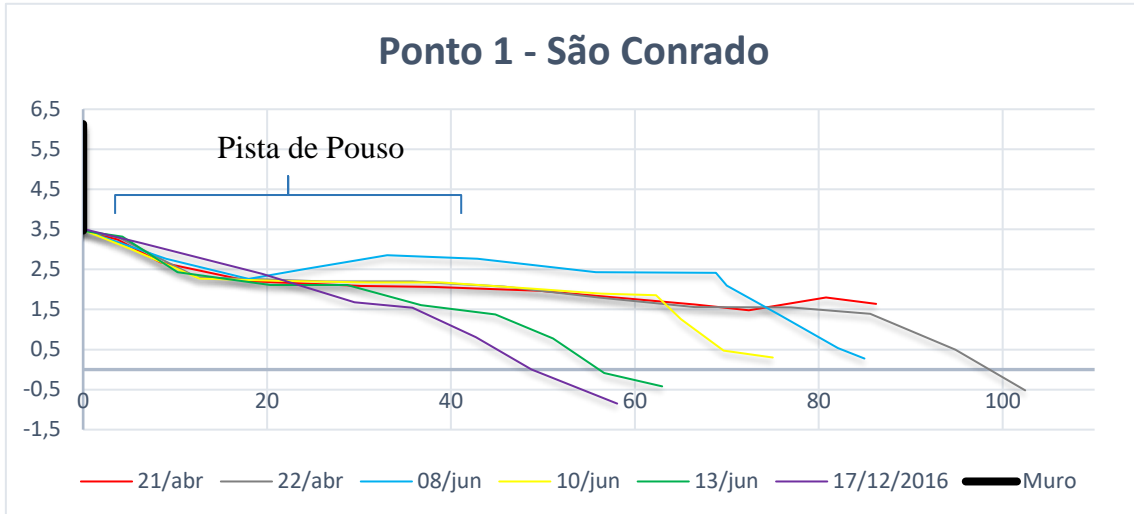
São Conrado estaria imprópria para banho devido ao esgoto que foi despejado no mar, próximo à costa e que poderia ser levado a São Conrado através de correntes litorâneas.

Após a instalação destes muros, começaram a aparecer notícias sobre danos causados pelas ressacas. Não é possível fazer uma ligação direta entre eles através dos jornais, já que nas reportagens não constam nenhum dado técnico. As ressacas noticiadas têm a característica de ondas de sul e que chegam ao litoral com cerca de 4 metros de altura. A intensidade das ondas é tamanha que manchetes relatam duas pessoas foram encontradas mortas, em eventos anteriores ao do dia 21 de abril de 2016, estas se encontravam próximas ao mar quando uma das altas ondas durante a ressaca as levou. Um número muito superior de reportagens se tratavam da poluição e da língua negra encontrada na berma da praia.

É provável que o baixo número de notícias, quando comparada a outras praias, se deva ao fato que se tratam de intervenções recentes, sendo assim os prejuízos financeiros são relativamente poucos se comparados a outros locais e ao intervalo de tempo que este está instalado. Soma-se a isto, o pouco significado que estas intervenções têm se comparadas a crescente poluição das águas desta praia.



#### i) Análise dos Perfis Realizados


O primeiro ponto fica localizado no fragmento leste da praia de São Conrado, aqui foram realizados 6 perfis com a finalidade de observar o comportamento desta parte da praia em relação aos eventos ressacas acompanhados durante o presente estudo.



*Figura 47 - Ponto 1 - Perfis da praia de São Conrado*

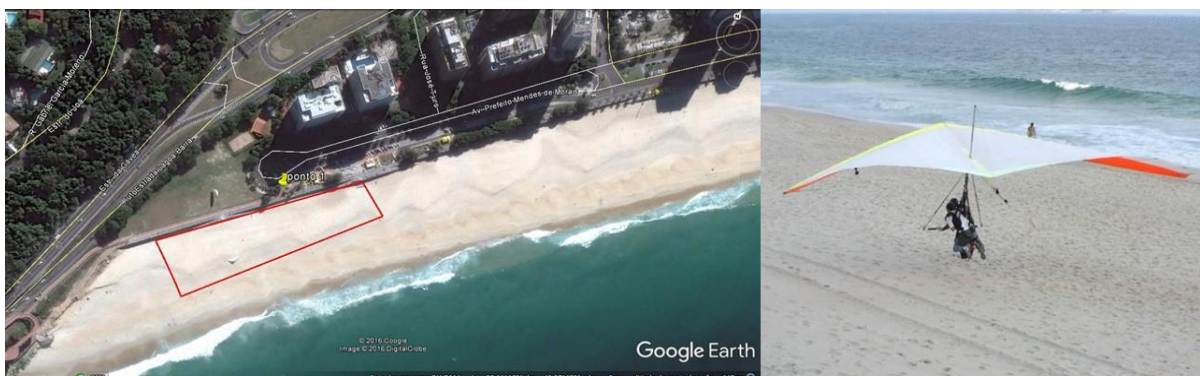
*Tabela 12 - Condições do mar nos campos realizados - Praia de São Conrado*

<b>Data</b>	<b>Direção da Onda</b>	<b>Altura da Onda</b>	<b>Maré Observada</b>
21/abr		S	2,3m
22/abr		S	1,9m
08/jun		S	1,9m
10/jun		S	2,8m
13/jun		S	2,9m

29/jun		<b>LSE</b>	1,7m	2,08m
--------	---	------------	------	-------

A variação morfológica neste ponto é bem vista pelos praticantes de voo livre, assim, cerca dos primeiros 40 metros da faixa da berma é utilizada para pouso de praticante de voo livre, totalizando uma área de 7.973m<sup>2</sup>, sendo o Clube de São Conrado de Voo Livre, responsável pela coordenação e uso da pista de pouso, conforme consta no estatuto da instituição:

*“Art 2º – O Clube tem por objetivo e finalidade congregar pilotos de voo livre; ministrar cursos de voo; normatizar e controlar a operação logística do sítio de voo da Pedra Bonita em São Conrado e respectiva área de pouso, assim como, também, qualquer outro sítio de voo e respectiva área de pouso que venha a estar sob sua responsabilidade...” Clube São Conrado de Vôo Livre (2015).*



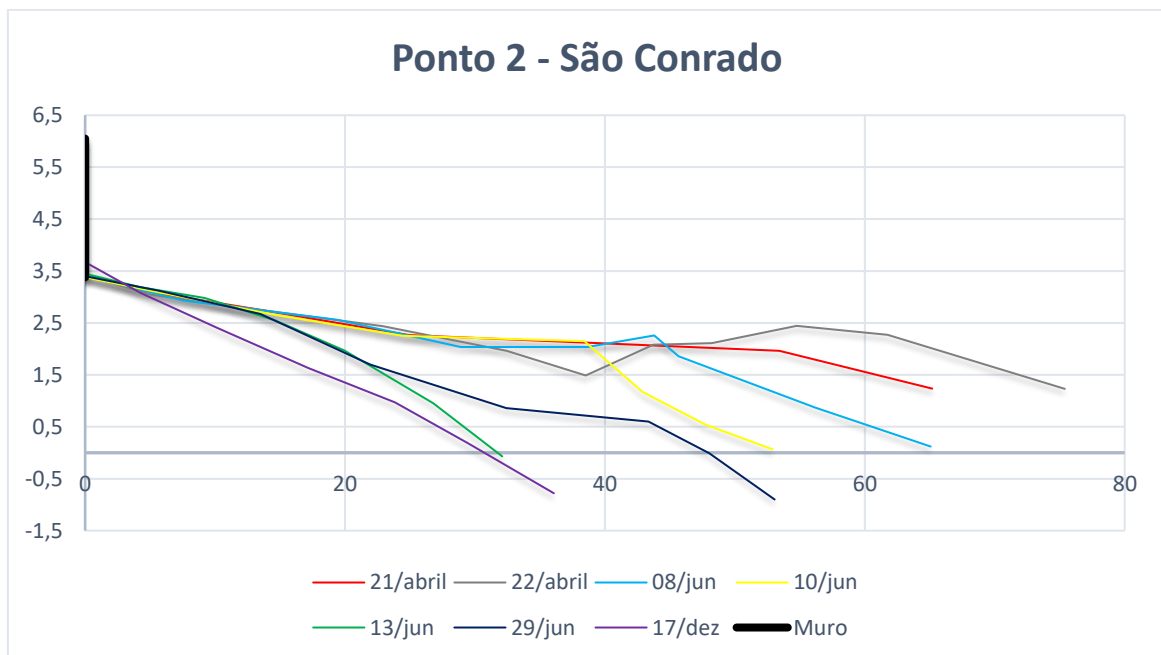
*Figura 48- Localização da pista de pouso (à esquerda) - Fonte: Google Earth - e a prática da atividade (à direita) na praia de São Conrado - Fonte: Green Nation*

Por ser considerado o local de nascimento do voo livre no Brasil, nos dias de boas condições meteorológicas, o tráfego aéreo é muito intenso e pode haver filas na decolagem e na estrada de acesso a rampa. A visível variação na faixa de areia tem, no grande estoque de sedimento, o contrapeso necessário para a instalação e manutenção da pista de pouso, além disso, sua proximidade com a pedra da Gávea, atua como um eficiente anteparo contra ondulações de Sul, diminuindo, assim, a retirada de sedimentos em eventos que tenham a maioria das ondas com essas características.

Para esta localidade, houve um acréscimo no volume de sedimentos presente na praia, um de 8329,62m<sup>3</sup> no evento ocorrido entre os dias 21 e 22 de abril, enquanto que, durante o mês de julho, a praia teve perda de sedimentos nos dias 10, 13, sendo 3529,4m<sup>3</sup> e 27803,28m<sup>3</sup>, uma perda acumulada de 63097,57m<sup>3</sup>

Sucessões de eventos com características semelhantes podem dificultar a resiliência desta praia, como observado durante os eventos que aconteceram na campanha de perfis do mês de junho de 2016, nos quais a predominância da direção de ondas foi de Sul-Sudoeste, seguidas por ondulações com orientação Leste-Sudeste, que mantiveram o perfil com características de tempo ruim.

Ao mesmo tempo, o perfil 2, que fica localizado no centro do arco, dentre os realizados, é o que mais apresentou estabilidade durante o período de estudo, apesar da variação ocasionada por eventos mais intensos que outros.



*Figura 49- Ponto 2 - Perfis da praia de São Conrado*

Aqui, foram realizados 7 perfis e constatamos uma maior ocorrência do estágio morfodinâmico terraço de baixa mar após a ocorrência de fortes ondulações, este é caracterizado por ser uma formação intermediária, discriminado pelo menor nível de energia, face de praia relativamente íngreme, a qual é conectada a um terraço plano ou a um banco de areia durante um nível de baixa mar.





*Figura 50 - Terraço de Baixa-Mar identificado na praia de São Conrado em 22/04/2016.*

A figura 50 ilustra a formação durante o evento de 21 de abril, quando, durante uma baixa-mar em maré de sizígia, o terraço é totalmente exposto, podendo apresentar um relevo de bancos e calhas dispostos paralelamente à praia, e, durante a preamar, as ondas ultrapassam o terraço sem rompe-lo (CALLIARI, 2003). Quando somada a línguas negras, a “piscina” (figura 51) formada pelo terraço de baixa-mar pode ser prejudicial à saúde dos banhistas, levando os gestores públicos a terem maiores gastos e a perda de fundos gerados pelos frequentadores deste local.



*Figura 51 - Terraço de baixa-mar e língua negra na praia de São Conrado.*

Assim como no ponto 1, os perfis apresentaram menor variação em com eventos da direção Sul, porém, quando observada a resposta dada ao evento do dia 29 de junho,

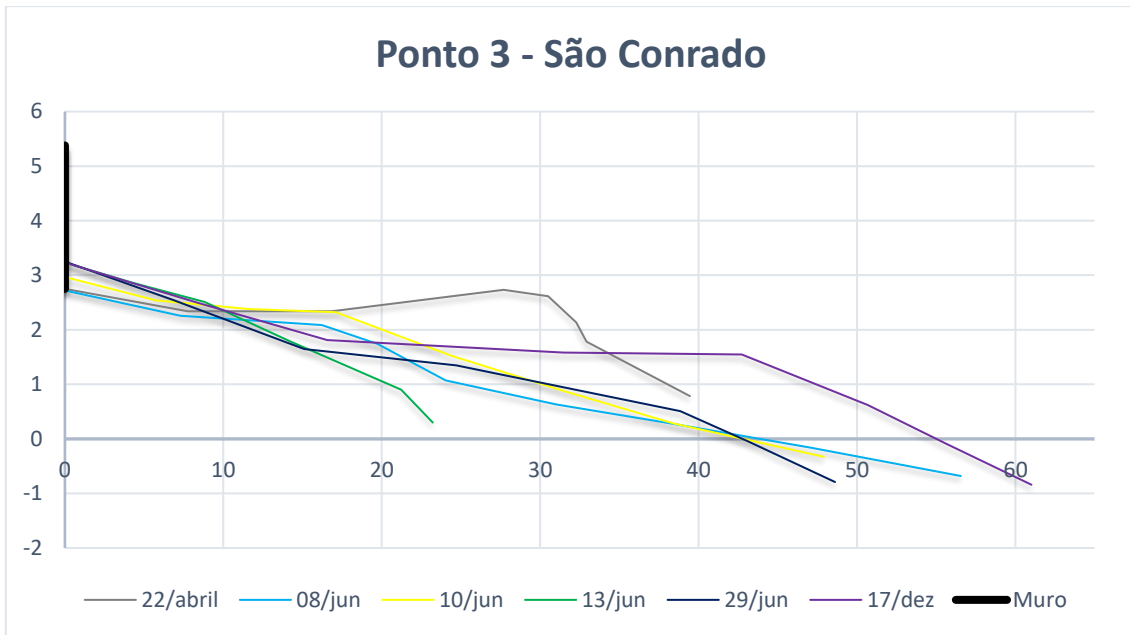
atentamos por uma pequena acumulação na base do muro, além de um drástico encurtamento, resultando na perda de um significativo volume de sedimentos.

Houve um acúmulo de sedimentos entre os eventos do dia 21 e 22 de abril, cerca de 22122,99 m<sup>3</sup>, mesmo com as intensas ondas neste ponto, no mês de junho, a variação no estoque sedimentar foi negativa. A praia de São Conrado perdeu, neste ponto, 22870,54 entre os dias 8 e 10, e, poucos dias depois, a perda foi de 37336,57 entre os dias 10 e 13, devido a continuação da passagem de uma frente fria que somou, significativamente, a maré meteorológica e a maré astronômica, além de trazer oscilações elevadas para a costa. No final do mês, entretanto, houve novamente um retorno deste sedimento para a berma da praia, 8952,13m<sup>3</sup> de areia a mais no dia 29 do que no dia 13.

Por último, o ponto 3 está localizado na porção leste do arco praial, e, através dos perfis realizados, é possível identificar a grande variação na dinâmica praial, principalmente com os dados referentes ao dia 21 e 22 de abril de 2016, quando parte da ciclovia Tim Maia, em São Conrado, na Avenida Niemeyer, Zona Sul do Rio desabou devido ao impacto de uma onda. O fenômeno meteorológico que trouxe à costa ondas com certa de 2,3 metros foi intensificado pela maré astronômica de sizígia, que acontece quando a lua cheia fica alinhada com a Terra, ocasionando um alto coeficiente de maré, no valor de 83.

Neste ponto, foram realizados 6 levantamentos, porém o perfil não foi possível de ser realizado na data do infortúnio, devido às altas ondas, curta faixa de praia e também devido à interdição de parte da berma para a atuação do corpo de bombeiro, uma vez que no ocorrido dois homens morreram por conta do desabamento da estrutura atingida pelas fortes ondas e seus corpos foram resgatados no mar.





*Figura 52 – Ponto 3 - Perfis da praia de São Conrado*

Neste arco, este foi o perfil com maior variação e visíveis danos a estruturas localizadas no pós praia, já que as mesmas se encontram localizadas instaladas na berma de tempestade, ou seja, no perfil ativo desta extremidade. Neste ponto, quando o estoque sedimentar da berma ainda se encontra presente, observamos uma propensão ao estágio Refletivo, uma vez que o tipo de arrebentação predominante é a mergulhante, como resultado obtemos a formação de cúspides bem pronunciadas na face de praia.

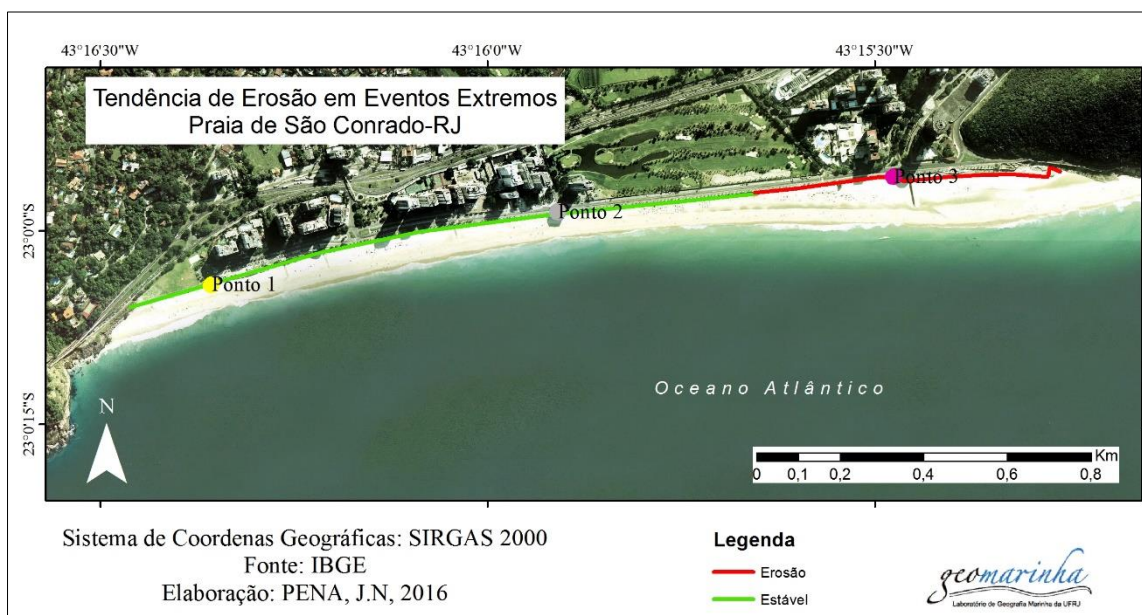


*Figura 53- Estágio Morfodinâmico Refletivo.*

Esta extensão, embora tenha sido a mais afetada durante o acontecimento de abril, demonstra desenvolver uma eficiente resiliência, sendo capaz de recompor parte

do material perdido em poucos dias. Tendo em vista que, mesmo que não fosse possível realizar o perfil de praia do dia 21 de abril por diversas razões, no dia seguinte, já havia 65.752, 26m<sup>3</sup> de sedimento. Esta característica também é possível de ser observada nos eventos entre 10 e 13 de junho, quando a praia perdeu 15.301,63m<sup>3</sup> para a porção submersa e, no dia 29 de junho, cerca de 10.008,62m<sup>3</sup> retornaram para a o prisma emerso.

Desta forma, o mapa a seguir (figura 54) representa a tendência para o comportamento morfológico da praia em grande parte dos eventos de ressaca observados durante os perfis realizados, que são, sobretudo, caracterizados por ondulações de direção Sul.



*Figura 54 - Tendência morfológica da Praia de São Conrado.*

Os pontos 1 e 2 representam uma parcela da praia que tende a ficar estável por períodos maiores de tempo e resistem mais a ressacas se comparadas com os perfis do ponto 3. Os primeiros encontram-se mais protegidos a eventos de Sudoeste, principalmente devido a sua proximidade com a pedra da Gávea, todavia são afetados de maneira maior quando ondulações de Sudeste, Sul-Sudeste e Leste-Sudeste ocorrem, estas condições foram observadas entre os dias 18 a 30 de julho de 2016. Enquanto que o último tem reação contrária a acontecimentos de Sudeste, Sul-Sudeste e Leste-Sudeste. Porém quando observada a entrada de ondas do quadrante Sul, é notório que todos o arco praiial é afetado de alguma forma.

A residência dos 3 pontos também é possível de ser analisada através da variação sedimentar do mesmo local em diferentes datas, e isto é apresentado nas tabelas a seguir (Tabelas 13 e 14), na qual o ponto 3 tem a maior perda de seu volume e o ponto 2 aparenta se recuperar de maneira mais fácil.

*Tabela 13 - Variação do aporte sedimentar nos dias 21 e 22 de abril. 08 e 10 de junho. – Praia de São Conrado*

	21/abr	22/abr	Varição	08/jun	10/jun	Varição
Ponto1	119708.95	128038.56	8329.62	142952.64	107658.36	-35294.28
Ponto 2	113663.78	135786.77	22122.99	117247.07	94376.53	-22870.54
Ponto 3	X	65752.26	X	39967.42	46759.78	6792.35

*Tabela 14- Variação do aporte sedimentar nos dias 10, 13 e 29 de junho. - Praia de São Conrado.*

	10/jun	13/jun	Varição	13/jun	29/jun	Varição
Ponto1	107658.36	79855.07	-27803.29	79855.07	X	X
Ponto 2	94376.53	57040.07	-37336.47	57040.07	65992.20	8952.13
Ponto 3	46759.78	31458.15	-15301.63	31458.15	41466.77	10008.62

ii) O evento extremo de 21 de abril de 2016

Em uma quinta-feira, 21 de abril de 2016, a cidade do Rio de Janeiro foi atingida por ondas com certa de 2,3 metros. Como mencionado anteriormente, esse evento foi intensificado pela maré astronômica de sizígia, resultando em um elevado coeficiente de maré, no valor de 83.

A Ciclovía Tim Maia foi inaugurada em 17 de janeiro com o custo de R\$ 44 milhões, de acordo com notícias divulgadas pelo grupo Globo de comunicação, a Concremat, consultora de engenharia realizou a obra em consórcio com a Concrejato, além de assinar um contrato com a prefeitura no valor de R\$ 12 milhões para gerenciar sete obras olímpicas. Conforme relatado pela Globo Comunicação e Participações S.A.

(2017) em variados meios de comunicação, “a obra da ciclovia teve um acréscimo de R\$ 8 milhões ao contrato original, passando de R\$35,8 para R\$ 44,7 milhões. ”

No dia 21, parte da ciclovia se despreendeu os pilares que a sustentavam devido ao impacto de uma onda, dessa forma, a estrutura, que era solta e permanecia apenas apoiada nas vigas de sustentação devido ao seu peso, como uma usual passarela de pedestre, girou no sentido da pista da avenida Niemayer e caiu, deixando 2 óbitos e alguns feridos. A estrutura de 25 toneladas que tombou foi projetada para resistir a um impacto de 0,5 toneladas por metro quadrado. Pelas especificações do projeto, para resistir a uma onda com força de três toneladas por metro quadrado, com margem de segurança, o trecho teria que ter uma resistência de mais de seis toneladas por metro quadrado, ou 12 vezes mais forte do que era (GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES, 2016b).

Em local vizinho ao ponto para perfis número 3, foi possível constatar as altas ondas quebrando nas estruturas da praia de São Conrado, nesta data não foi possível realizar as medições para obtenção da morfologia da praia, como apontado anteriormente. Entretanto, no dia seguinte, tal mensuração foi possível de ser realizada, e como característica deste local, observamos que cerca de 0,65752 km<sup>3</sup> de sedimento já havia retornado ao seu local.



*Figura 55 - Estrutura tomada pelas ondas na praia de São Conrado em 21/04/2016*

Após o ocorrido, a ciclovia passou a contar com semáforos, como os usados nos cruzamentos de trânsito, para alertar os usuários sobre as condições da via. Em caso de ressaca no mar, chuva forte ou ventos acima de 90 km/h, a luz ficará vermelha, indicando que o acesso à pista estará proibido. Além disso, segundo notícias de jornais, para evitar novo acidente, a solução adotada foi a reconstrução de três pilares, ancorados na rocha, seguindo as análises da Coppe e do Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH).

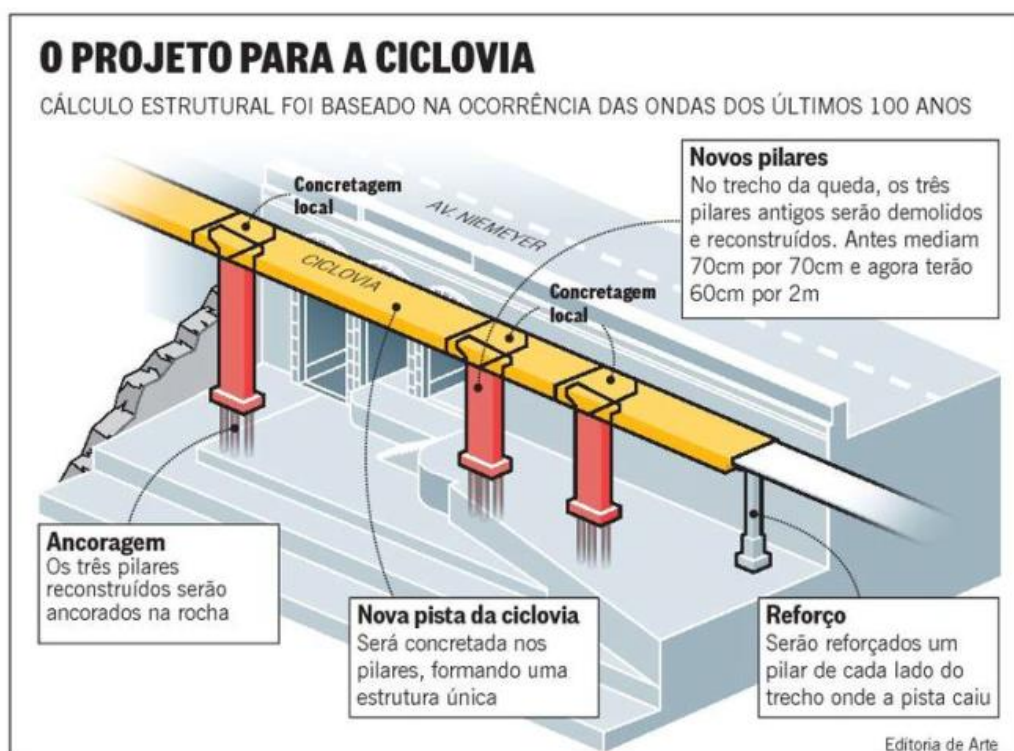


Figura 56- Reparos feitos após a queda de parte da estrutura no dia 21/04/2016.

A reconstrução do trecho, bem como o desenvolvimento do projeto de recuperação, ficaram a cargo do consórcio responsável pela construção da ciclovia. Domênico Accetta, diretor do INPH, em entrevistas ao *website* G1.com, disse que o instituto simulou a energia da onda da tempestade que se formou no Rio Grande do Sul e causou reflexos no Rio em 21 de abril, data da tragédia. Segundo ele, as ondas estavam com três metros e com duração de 17 segundos no dia.

*"No dia do acidente, no nosso conceito, no nosso ponto de vista técnico temos uma força de baixo pra cima de três toneladas por*



iii) Granulometria e Balanço Sedimentar

Neste arco praial, o balanço sedimentar não conta com retiradas antrópicas do sedimento ou alimentação artificial, porém, como pode ser visto no perfil 1, um trecho da berma é mantido com gradiente suave para o pouso de praticantes de voo livre. Sendo assim, modificando o esquema desenvolvido por Bird (1993) temos um menor número de *inputs*. Como em todas as praias da cidade do Rio de Janeiro, são poucos os rios que desaguam nelas, e os que ali estão presentes tem aporte sedimentar pouco significativo para a manutenção destas.

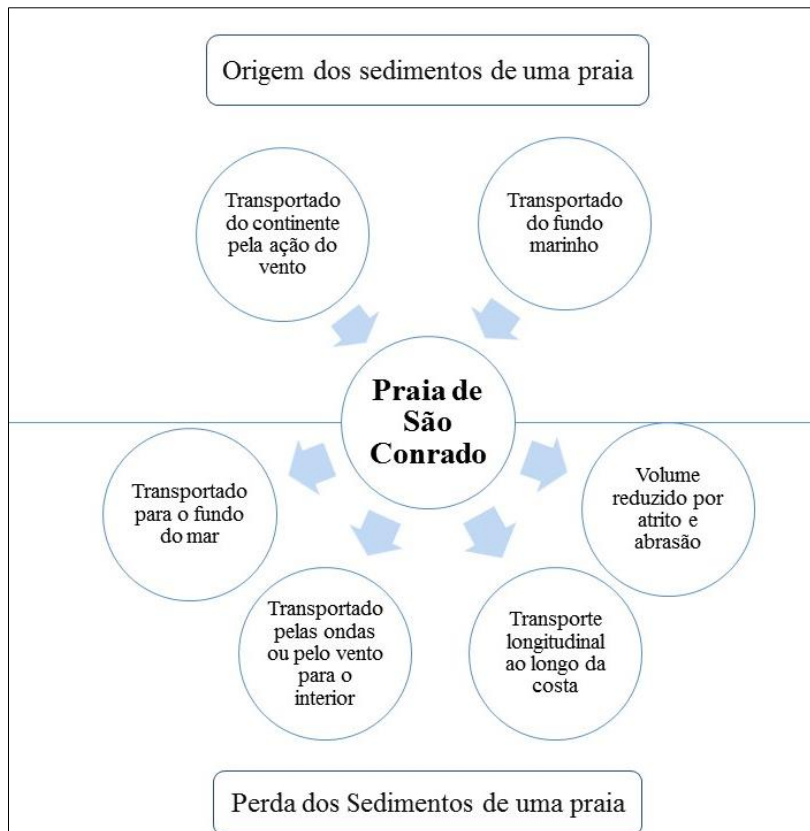
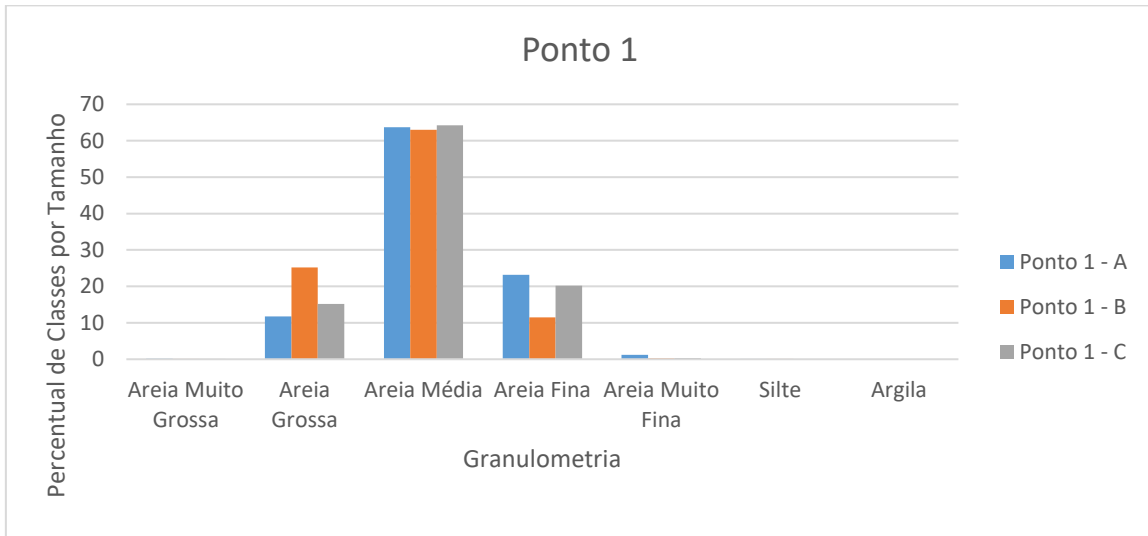


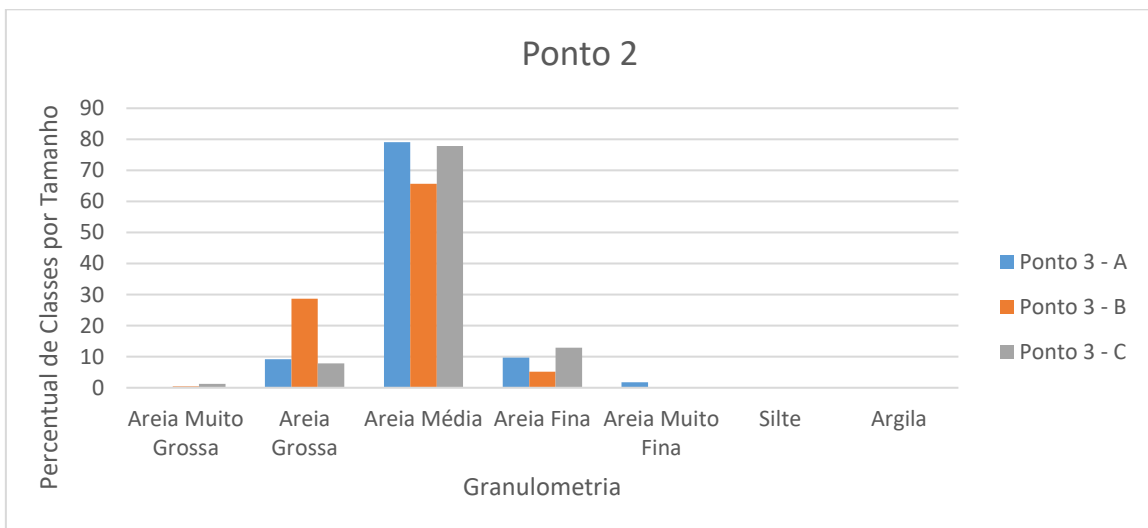
Figura 57 - Balanço sedimentar da Praia de São Conrado - Modificado de Bird (1993)

O resultado obtido através da granulometria demonstra que nesta praia encontramos a granulometria de areia média como predominante, os quantitativos de areia fina e também, os de areia grossa variam conforme o tamanho da berma nos pontos estudados. No ponto 1 (figura 58), a areia grossa encontra-se em maior quantidade nos pontos 1 – B e 1 – C, onde este constitui a face de praia, enquanto

aquele tem como característica ser a berma de tempestade.



*Figura 58 - Granulometria - São Conrado - Ponto 1*



*Figura 59 - Granulometria São Conrado - Ponto 2*

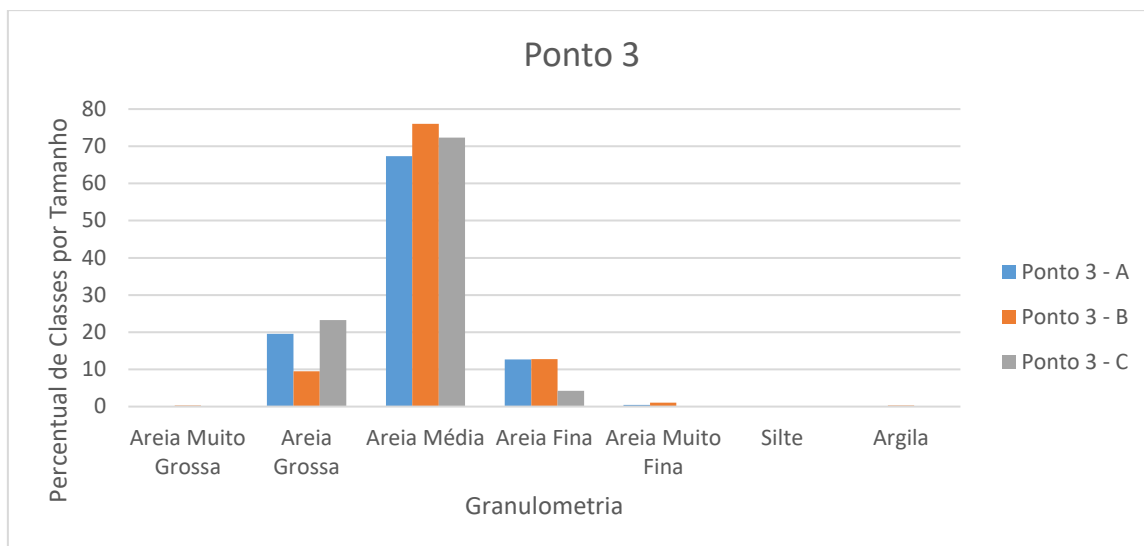


Figura 60- Granulometria - São Conrado - Ponto 3

Embora os pontos 2 e 3 também sejam predominantemente tipificados pela areia média, eles também apresentam elevados valores de areia grossa, devido à variedade morfológica no ponto 3, as frações de areia grossa são consideráveis mesmo no ponto A, o mais próximo da intervenção. O mesmo pode ser dito para o ponto 2, que, durante o estágio morfodinâmico de terrado de baixa-mar, se comporta como uma praia refletiva durante a preamar, que tende a acontecer onde prevalecem praias fortemente compartimentadas e na presença de areia grossas.

#### iv. Matriz de Impacto

Tendo como base a matriz de impacto, podemos observar que a estrutura presente na praia de São Conrado influencia, de maneira negativa, no comportamento da praia. Entre os impactos observados através desta metodologia, podemos apontar a interferência predominante em fluxos transversais (movimento *onshore-offshore*), a exemplo dos casos estudados por Bird (2008), o estoque sedimentar presente no pós praia foi substituído pela calçada, ciclovia e quiosques, e, em alguns locais, estes são atingidos pelas fortes ondas devido sua proximidade com a berma de tempestade.

Podendo ocasionar impactos relacionados a redução da faixa de praia, além de uma provável degradação desta como forma de resposta ao estreitamento e da presumível deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc), tendo em vista que, com a erosão, as estruturas que sustentam e protegem estes equipamentos podem entrar em colapso devido ao ataque direto das ondas, agora mais comum, em



consequência do encurtamento da faixa de praia, e, assim, gerando mais custos aos gestores público para a manutenção e reparo de avarias, como aqueles verificados no dia 21 de abril de 2016 e também em 2 de junho de 1999.

11 O GLOBO Quarta-feira, 2 de junho de 1999

**RIO**

# Um dia de espetáculo e prejuízo

Ressaca aumenta, destrói calçadão, arrasta quiosques e derruba orelhões e postes

Alba Valéria Mendonça e Dimmi Amora

A ressaca que até então era apenas um espetáculo para o carioca começou a deixar um rastro de destruição provocado pela força das ondas, que ontem à tarde atingiram quatro metros de altura. De madrugada, o mar derrubou um trecho de 80 metros do calçadão de São Conrado, em frente ao Hotel Intercontinental. A água levou parte da areia que sustentava o muro, provocando o desabamento do calçadão, arrastou dois postes de luz, dois orelhões e quase derrubou um quiosque no mar. O Mirante do Leblon teve tábuas do piso arrancadas pela força das ondas. A água também invadiu a Avenida Sílvio de Noronha, atrás do Aeroporto Santos Dumont. Na Praia da Macumba, o mar arrastou um trailer e destruiu parcialmente outro. Por causa do risco de acidentes, a Defesa Civil interditou quatro trailers entre a área da Reserva Biológica, no Recreio dos Bandeirantes, e a Macumba. Quatorze barcos ficaram à deriva em Guaratiba. Três deles desapareceram no mar. Dois pescadores que estavam desde sábado na ilha das Palmas, em frente a Grumari, tiveram de ser resgatados de helicóptero. A ressaca também pode ter arrastado dois outros pescadores no Chapéu dos Pescadores, na Avenida Niemeyer.

As três últimas ressacas que atingiram o litoral carioca deixaram um prejuízo de pelo menos R\$ 4 milhões. Para recuperar a faixa de areia da Praia do Arpoador, a Prefeitura terá de gastar cerca de R\$ 3 milhões. O prefeito Luiz Paulo Conde acredita que serão necessários mais R\$ 500 mil para a restauração do calçadão de São Conrado. Já foram iniciadas as obras de recuperação do Posto Otto, estimadas em R\$ 230 mil, e a reconstrução de uma rampa em frente ao Hotel Nacional, em São Conrado, que custará R\$ 210 mil — ambos destruídos pela ressaca do mês passado. A Prefeitura também terá de repor árvores plantadas na orla que foram parcialmente destruídas.

**DESTRUIÇÃO E LAZER NA ORLA**



**TOMBANDO À BEIRA-MAR:** o quiosque em São Conrado quase foi arrastado pelas ondas que chegaram a atingir quatro metros de altura durante a madrugada. Ele foi içado por bombeiros com ajuda de um guindaste e um trator. O mar destruiu 80 metros do calçadão e deixou rachaduras em mais 300 metros. A área está interditada.

Domingos Peixoto

Figura 61 - Danos causado por ressaca em junho de 1999. Fonte: Acervo O Globo.

Tabela 15 - Matriz de Impacto - Praia de São Conrado

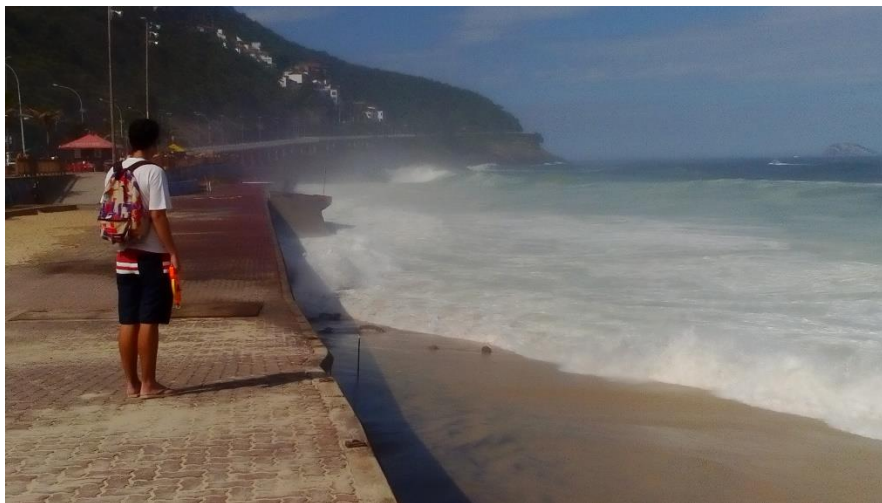
São Conrado		Padrão de Interferência				Impactos																				
Tipos de Obras que Ocorream no setor		Interferência Predominante em Fluxos Longitudinais (deriva litorânea)	Interferência Predominante em Fluxos Transversais (movimento onshore-offshore).	Associação dos Grupos A e B.	Interferência nos fluxos de canais e maré.	IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA - PRAIAS					IMPACTOS DO TURISMO			IMPACTOS DO TURISMO												
						Redução da faixa de praia.	Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/deposição	Praias mais estreitas pela erosão	alteração da topografia da praia (perfil praiial)	Instalação de processos erosivos na praia.	Aprisionamento de sedimento junto à estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar.	valorização do m².	aumentou as possibilidades de emprego.	alteração da paisagem.	Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc)	Deposição de areia em avenidas e ciclovias	Colapso de muros de proteção.	Solapamentos / recalques de aterro.	Assoreamentos	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuários	Redução de ambientes naturais.	Redução de áreas de mangue.	Contaminação de água superficial por efluente	Contaminação de água por resíduos sólidos		
Obras de Proteção	Muros																									
	Barreira de Rochas																									
	Molhes e enrocamentos																									
Obras de Recuperação	Engordamento de praia																									
	Espigões e Gabiões																									
Obras de Infraestruturas	Emissários (dutos emersos e enterrados)																									
	Canais de águas superficiais																									
	Dragagem																									
	Palafitas																									
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)																									
	Pier ou plataforma de embarque																									
Obras de lazer e turismo	Aterros																									
	Marinas																									
	Pier ou plataforma de pesca																									
	Molhes e enrocamentos																									

#### v. Escala de Impactos de Tempestade

A metodologia de Sallenger (2000) também foi aplicada para a praia de São Conrado, mas alguns dos resultados obtidos foram diferentes dos observados em campo, a tabela 6 apresenta todos os valores e seus respectivos resultados.

Como nos outros arcos estudados, aqui, o valor de  $D_{HIGH}$ , e os referentes a  $D_{LOW}$  foram obtidos através de perfis topográficos realizados ao longo dos campos. Assim, o primeiro valor corresponde ao topo da intervenção, sendo sempre uma quantidade fixa, e o segundo tem grandeza variada, já que o montante presente na base destas estruturas pode variar.

Os impactos mais significantes observados foram os de nível 3, ou seja, impactos característicos do Regime *Overwash*, porém houve uma grande quantidade de Regime de Colisão e de Regime de *Swash*, este acontecendo principalmente no ponto 1, onde o estoque sedimentar da berma é maior que em outros pontos. O modelo para a definição de uma escala de impacto teve êxito quanto aos resultados de colisão no ponto 3.

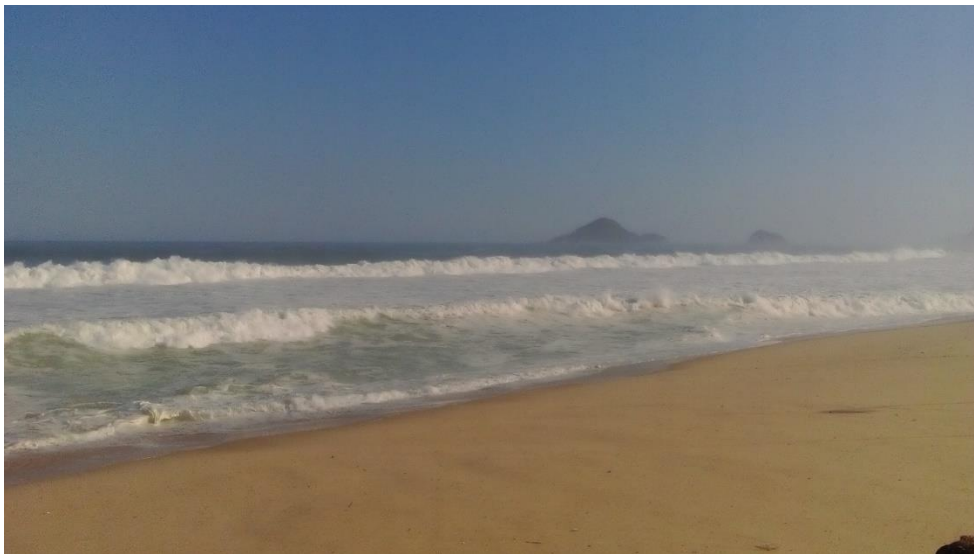


*Figura 62 - Colisão de ondas na estrutura presente no ponto 3 da praia de São Conrado*

Em decorrência dos produtos obtidos com a escala de impacto, percebe-se que o terceiro ponto é o mais vulnerável, pois o mesmo apresenta múltiplos valores de colisão e de *overwash*, tal fato se deve não só a sua localização, que faz com que este seja mais exposto a maior parte dos eventos de ressaca, mas também devido a estrutura localizada em posição avançada na berma, fazendo com que as ondas sejam refletidas

na estrutura e ganhem mais força para a retirada de sedimentos, deixando assim a própria estrutura mais susceptível a danos.

Durante os trabalhos de campo, foram constatadas diferenças em relação aos impactos previstos pela escala de Sallenger, o local em questão foi o Ponto 1. Embora o perfil em questão tenha sofrido significativa mudança em seu traçado transversal, não houve colisão como assinalada pela hierarquização de perturbações, percebemos a ocorrência de *swash*.



*Figura 63 - Observação de padrão Swash ocorrendo em São Conrado.*

Esta diferença encontrada entre o real e o determinado pela amostra de Sallenger acontece, especialmente, nos locais onde existe a presença de algum acidente geográfico, ou outra estrutura, que atua diretamente na convergência de ondas para um determinado local, aumentando a erosão ou mesmo protegendo alguns pontos do arco praiial.

Tabela 16 - Dados e Resultados para a obtenção da Escala de Impactos de Tempestade.

	Período (s)	Ângulo de Inclinação da fase de Praia ( $\beta$ )			Impactos de Tempestade, Sallenger (2000)		
		Ponto 1	Ponto2	Ponto3	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3
21/04/16	13,9	0,0268	0,059	X	Swash	Swash	X
22/04/16	13	0,04875	0,07	0,121	Swash	Swash	Colisão
08/06/16	10,5	0,0675	0,088	0,053	Swash	Colisão	Colisão
10/06/16	12,4	0,034	0,118	0,067	Swash	Colisão	Colisão
13/06/16	12,2	0,0805	0,164	0,3	Colisão	Overwash	Overwash
29/06/16	9,3	X	0,053	0,127	X	Swash	Colisão

#### 6.4 – Arco Praial Ipanema/ Arpoador - Leblon





Também localizado na zona Sul, este arco praial é composto pelas praias do Arpoador, Leblon e Ipanema. O muro que atualmente sustenta o calçadão foi construído com o propósito inicial de sustentar o maquinário e a estrutura do emissário submarino de Ipanema, fazendo com que as dunas outrora existentes ali fossem aterradas.

##### i) Análise dos Perfis Realizados

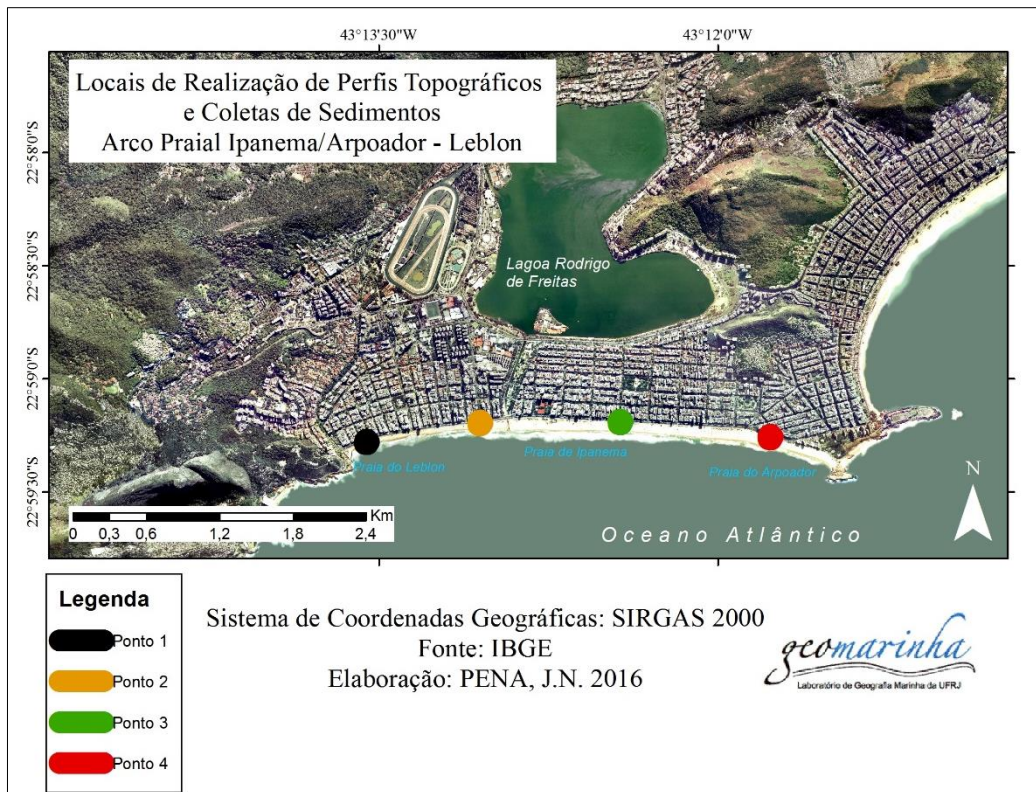
Foram realizados 13 perfis em toda a extensão do arco praial, em 4 diferentes pontos de monitoramento, sendo 2 localizados a leste do canal do Jardim de Alah e 2 a oeste deste. Esta espacialização permitiu a constatação da dinâmica anteriormente

estuda por Rosman e Valentini (1989), Silva, Barroso e Souza (2016). A tabela 1 tem como objetivo auxiliar na interpretação dos perfis topográficos confeccionados.

*Tabela 17 - Condições de mar nos perfis realizados*

	<b>Direção da onda</b>	<b>Altura da onda</b>	<b>Maré Observada</b>
<i>23/mar</i>		S	1,2m
<i>21/abr</i>		S	2,3m
<i>22/abr</i>		S	1,9m
<i>06/out</i>		<b>LSE</b>	1,7m

O mapa a seguir traz a correta localização dos perfis realizados, bem como os locais de coleta de sedimento para granulometria.



*Figura 64- Locais de Realização dos Perfis e Coleta de Sedimentos.*

No ponto 1, o mais extremo a oeste do arco praial, o muro é formado por escadas, atuando como um muro curvado, se diferenciando dos verticais comumente encontrados nas praias. Assim, além da função de barrear a praia, este serve para facilitar o acesso dos banhistas à faixa de areia. Este ponto e o ponto 4 são os mais dinâmicos em termos de variação da largura da praia e do seu estoque sedimentar.



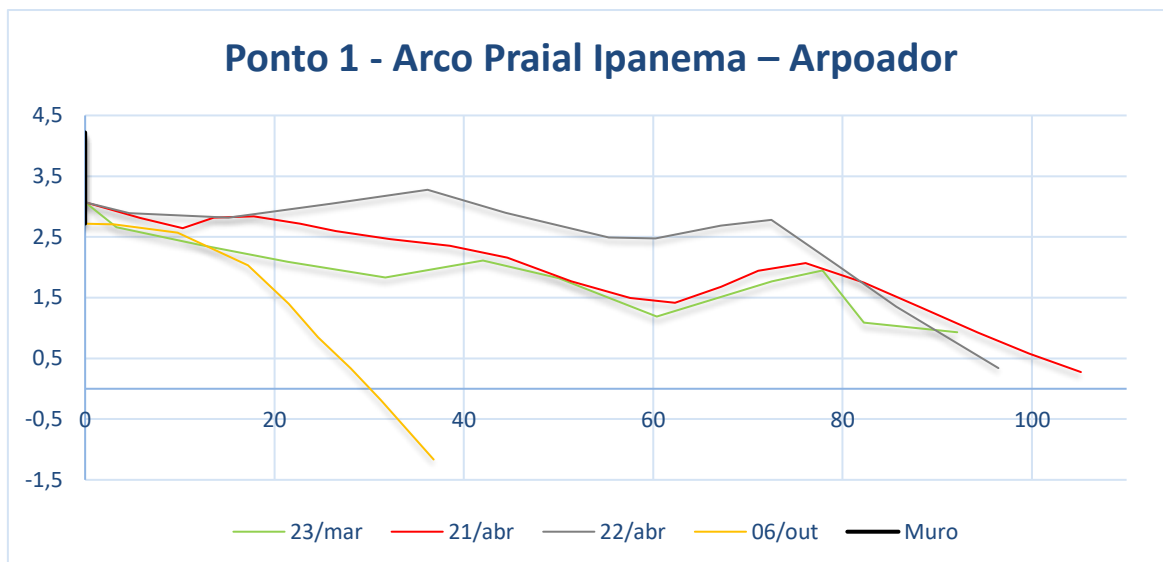


Figura 65- Ponto 1 (Leblon) - Perfis no Arco Praia Ipanema - Arpoador.

O primeiro levantamento topográfico ocorreu no dia 23/03, quando a praia apresentava característica de perfil de tempo bom, ou seja, acúmulo de sedimentos na berma da praia e aproximadamente 100 metros de largura entre o muro e o refluxo máximo. Nesta data, as condições do mar eram de ondas na direção Sul, com altura de 0,9 m e maré observada era de 2,45m. Os dois outros levantamentos subsequentes foram realizados nos dias 21 e 22 de abril com o intuito de acompanhar um evento de ressaca do mar identificado nesta data. Mesmo com as grandes variações de aporte sedimentar em outras praias neste dia, houve um aumento de 28.338,67m<sup>3</sup> de areia neste ponto, resultando numa praia com extenso perfil transversal. Nestes dias, a praia apresentava características de estágio morfodinâmico dissipativo, com uma zona de surfe muito desenvolvida, ocasionada pela incidência de ondas de alta energia. As correntes de retorno nesta ocasião estavam nítidas, já que a energia do evento foi transformada em *set-up* para a ocorrência destas.

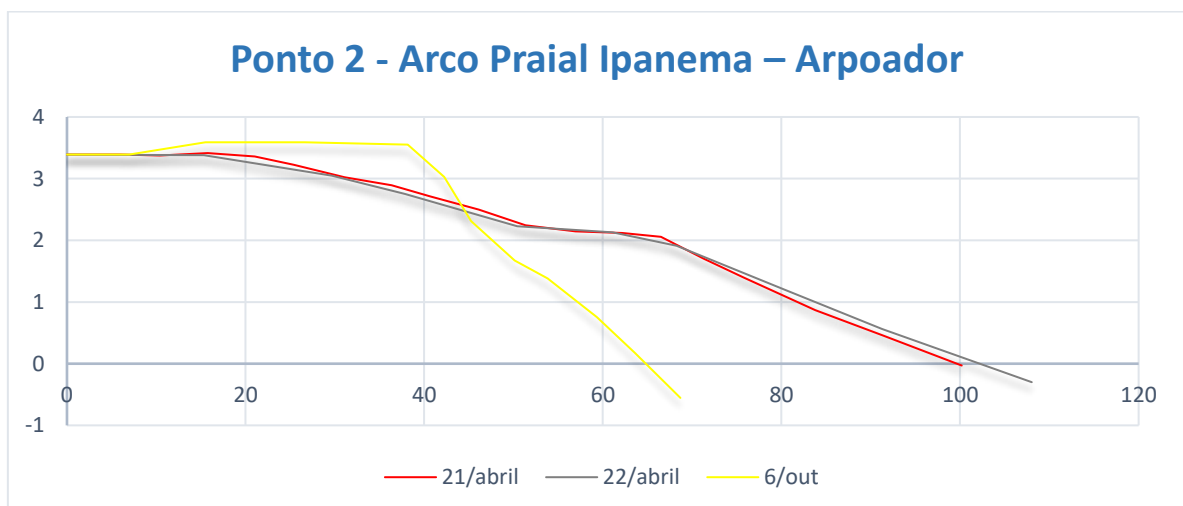
No dia 6 de outubro de 2016, o perfil foi o mais curto para este ponto, cerca de 30 metros, onde as condições de mar eram diferentes das observadas em outros campos. Esta configuração da praia foi resultado de ondas na direção Leste-Sudeste (LSE), e o transporte de sedimentos foi realizado nesta mesma direção, resultando assim no menor volume de sedimentos encontrados, 31.683,06m<sup>3</sup>.





*Figura 66- Estrutura encontrada no ponto 1 do Arco Praial Ipanema – Arpoador*

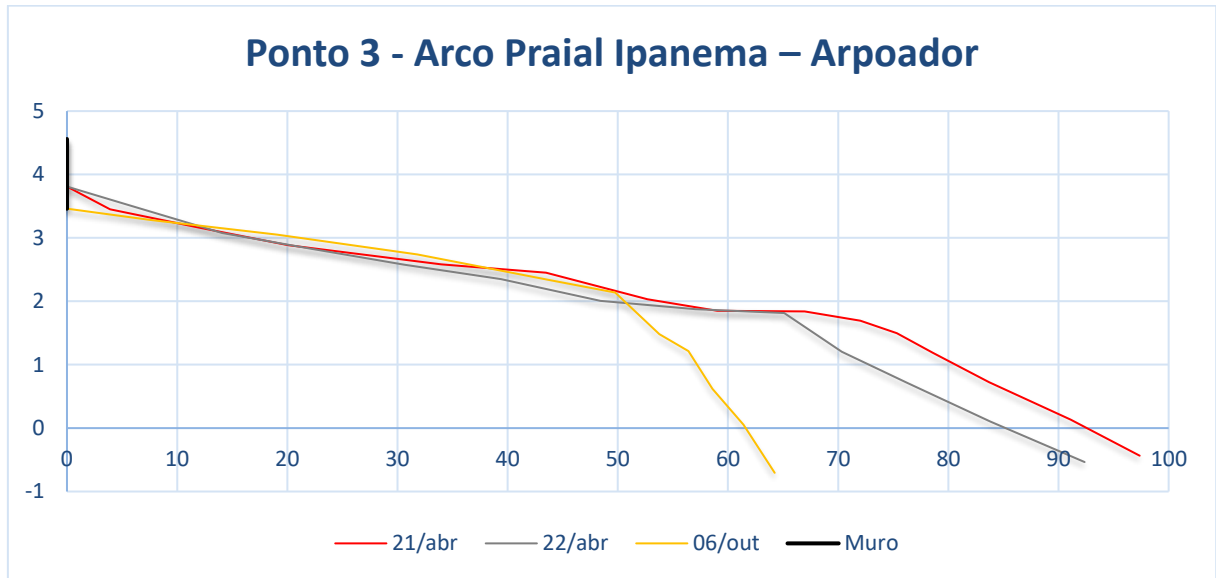
Os pontos 2 e 3 ficam próximo ao canal de maré da Lagoa Rodrigo de Freitas, e têm sua morfologia alterada não só por fatores naturais, como também antrópicos, tendo em vista as dragagens realizadas no canal. Não é possível estimar o quanto de sedimento é dragado do canal e levado para a berma da praia, assim, não é possível saber se a pequena variação de volume entre os dias 21 e 22 aconteceu em decorrência das condições de mar ou se são resultado de alimentação artificial. Os valores de perda de areia são de 15118,73m<sup>3</sup> e 38092,82m<sup>3</sup> respectivamente.



*Figura 67- Ponto 2 - Perfis no Arco Praial Ipanema - Arpoador.*

Ambos os pontos reagiram de maneira diferente em 6 de outubro, isso é

possível de ser observado quando o aporte sedimenta é 1003481,71m<sup>3</sup> maior no ponto 3 se comparado ao ponto 2 na mesma data, já indicando uma tendência para acúmulo em direção ao Arpoador com ondas Leste-Sudeste.



*Figura 68- Ponto 3 - Perfis no Arco Praia Ipanema - Arpoador*

Próximo aos pontos 2 e 3 também encontramos um plantio de vegetação, que faz parte de uma parceria público privada entre a prefeitura da cidade do Rio de Janeiro e empresas relacionadas a roupas, calçado e outros produtos associados a praia, assim, estas ficam associadas a recomposição da vegetação de estinga fixadora de dunas. Alguns destes canteiros apresentam estágio desenvolvido, avançado sobre o calçadão.



*Figura 69- Recomposição da vegetação de estinga fixadora de dunas. Acervo Próprio*

O último ponto, próximo a Pedra do Arpoador e ao parque Garota de Ipanema, foi o que, dentre todos os outros do arco, apresentou a maior alternância no estoque sedimentar. Tal variação faz com que muitas das reportagens mais alarmistas sobre a elevação do nível do mar sejam feitas baseadas neste trecho do arco praial (figura 70).



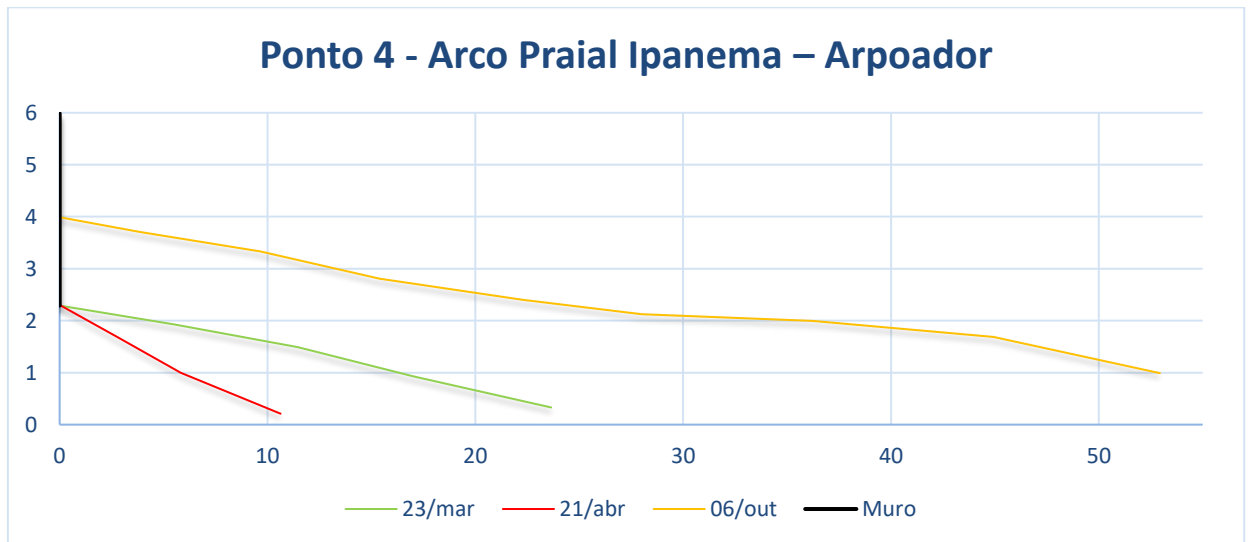
*Figura 70 - Reportagem sobre a falta de areia no Arpoador, onde o impacto das ondas seria sentido pelos moradores dos prédios.*

As condições encontradas em campo no dia 23 de março demonstravam que apenas 37.663,92m<sup>3</sup> dos sedimentos estavam presentes na faixa da berma, em um prisma praiial emerso medindo 23,65m, dessemelhante ao que foi detectado no dia 6 de outubro com volume de 130.655,5m<sup>3</sup>, em um perfil de 52,94m.



*Figura 71 - Perda de sedimentos durante ressaca do dia 21 e 22 de abril de 2016.*

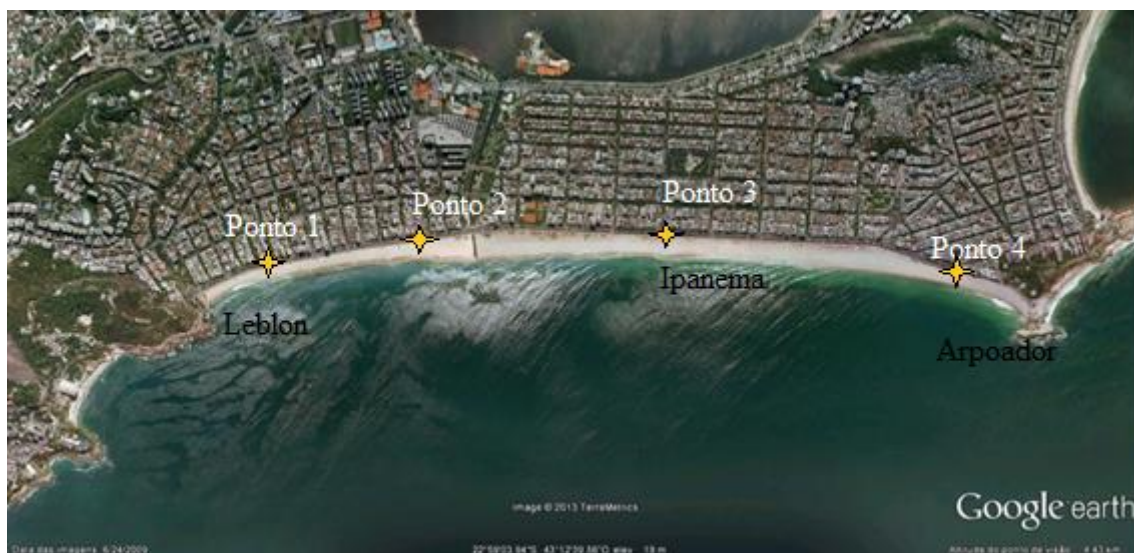
Em comparação entre os campos realizados nos dias 21 e 22, foi possível observar a rápida transformação deste ponto da praia, quando os 13.945,39m<sup>3</sup> de volume que encontramos no primeiro dia foi levado pelas fortes ondulações resultando na exposição de todo o muro e também o enrocamento que protege a base deste, como mostrado na figura 7, por este motivo não foi possível confeccionar o perfil topográfico neste dia.



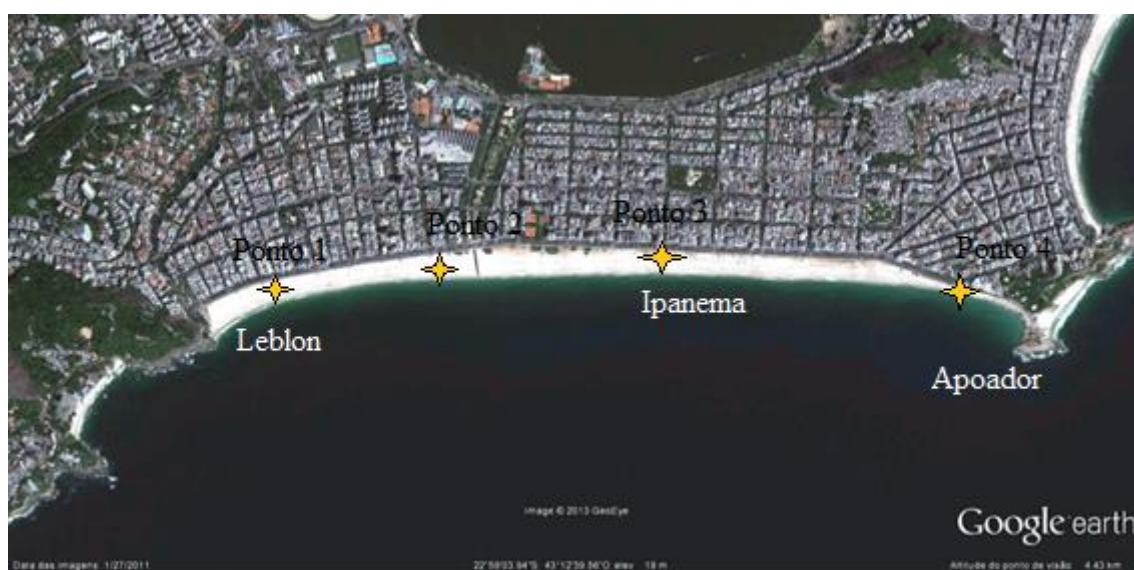
*Figura 72- Ponto 4 - Perfis no Arco Praial Ipanema – Arpoador*

A realização dos perfis de praia em diferentes condições de mar revelou, claramente, a variação de direção do transporte transversal de sedimentos do arco praial Ipanema-Leblon, conforme já havia sido estudado por Rosman e Valentini (1998). As ondas de sudeste provocam o transporte de sedimentos do Arpoador e de Ipanema, em direção ao Leblon, enquanto que as ondas de sudoeste provocam o sentido contrário, assim, ao longo de um período de vários meses, as duas direções de transporte se equivalem e o arco praial se manteria equilibrado (Muehe, 2013), porém as próprias notícias já relatam, que devido à dragagem quase constante do canal de Alah, um déficit sedimentar passa ocorrer na praia, fazendo com que cada vez mais ela se torne estreita. Através da comparação de imagens de satélite em datas diferentes, nota-se claramente esta variação na largura da praia como mostra as figuras abaixo.





*Figura 73- Imagem de junho de 2009, mostrando acúmulo na parte central e no Arpoador - Fonte: Google Earth*



*Figura 74 - Imagem de janeiro de 2011 mostrando acúmulo de sedimentos no ponto 1 (Leblon) e parte central - Fonte: Google Earth*

Este transporte longitudinal é observado de forma mais clara quando analisados os pontos 1 e 4. A mudança de direção das ondas faz com que o acúmulo ocorra em uma parte da praia e o outro lado passe por uma perda temporária de sedimentos. Nos dias 23 de março, 21 e 22 de abril, a direção das ondas era na direção Sul, enquanto que, no dia 6 de outubro, as mesmas se encontravam no sentido Leste -Sudeste.

Desta forma, com os perfis realizados, observamos que existe uma tendência

de equilíbrio deste arco praiar, pois mesmo que os eventos de sul sejam os de maior duração, as ondulações de leste têm impacto substancialmente maior no transporte de sedimentos. Contudo, com a contínua remoção de sedimentos e a instalação de estruturas na berma ocupando o volume dos detritos, a faixa de praia está se tornando cada vez menor e, em breve, caso se confirme a subida do nível do mar e aumento dos eventos extremos, os processos que ocorrem com o nível do mar atual passarão a afetar significativamente toda a orla.

Trabalho como os de Lins-de-Barro e Parente-Ribeiro (2016) e Silva, Barroso e Souza (2016) utilizando o modelo de Brunn (1962) estimam que, para uma subida do nível do mar de 0,82 m, a linha de costa recuará cerca de 37 metros da atual, ocupando o que hoje compreende os quiosques e a Avenida Vieira Souto, chegando até a portaria dos prédios ali presentes.



*Figura 75 - Tendência de Linha de Costa para o arco praiar Ipanema – Leblon*

Embora o arco praiar tenha comportamento estável, é importante lembrar que, em determinadas regiões, a retirada de sedimentos devido ao transporte longitudinal, somado a um evento de ressaca de alta intensidade, pode ocasionar danos durante estes eventos, tendo em vista o baixo aporte sedimentar que estará presente. Em 30 de outubro de 2016, ondas com 3,2m na direção sul resultaram em avarias para o calçadão,

haja vista que, anteriormente, correntes causadas por ondulações na direção Leste-sudeste deslocaram grande quantidade de areia para o outro extremo do arco.

## Calçadão da orla do Leblon vai precisar de reparos

Ressaca danificou piso em pedra portuguesa em frente a quiosque. Trecho foi interditado pela prefeitura



**Limpeza.** Retirada da areia mobilizou 240 garis na orla desde sábado; a maior parte foi recolocada nas praias, mas 10 toneladas com lixo foram removidas

*Figura 76 - Danos causados por ressaca no calçadão do Leblon - Fonte: Acervo O Globo*

### ii) Balanço Sedimentar e Quiosques Orla-Rio

Neste arco praial, as alterações antrópicas são profundas, uma vez que o canal de maré do Jardim de Alah, ligação da lagoa Rodrigo de Freitas, passa por constantes dragagens, desde a porção mais próxima a lagoa até mesmo aquela próxima ao mar. O maquinário para tal tipo de procedimento não é retirado da berma da praia e a abertura do canal também foi modificada pelo homem, sendo, desde 1922, alterada por uma estrutura de concreto e o fluxo de água entre o mar e a lagoa controlada por uma armação de aço.





*Figura 77- Estrutura que controlada a vazão do canal de maré Jardim de Alah.*

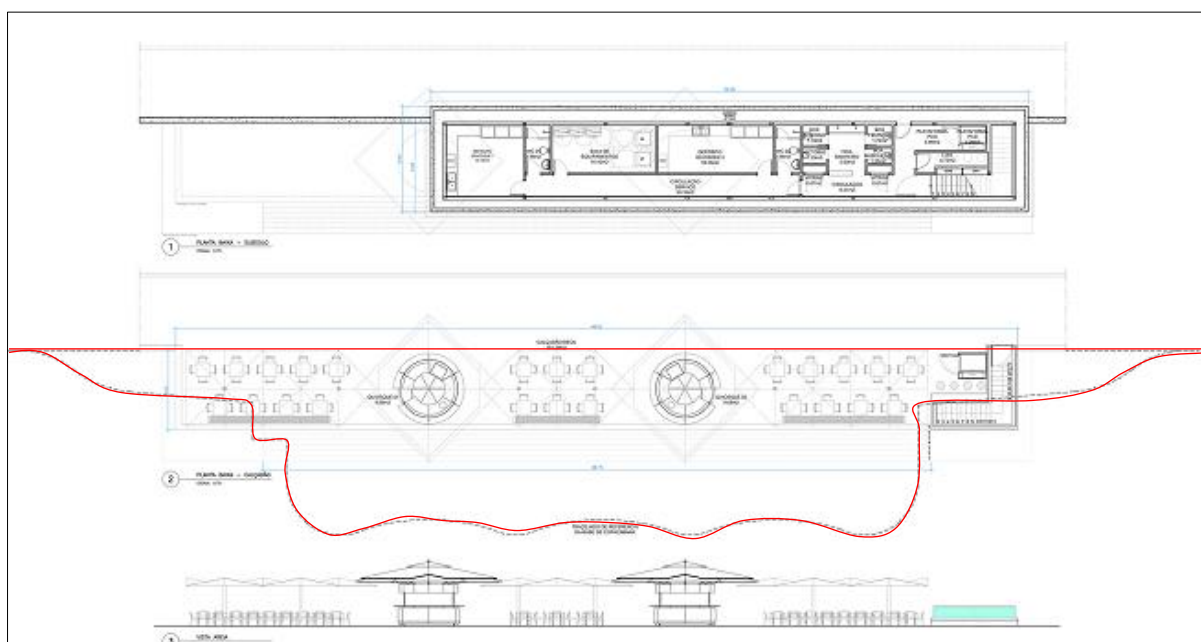
Além disso, atualmente os quiosques presentes neste arco praial ocupam posição avançada na berma e os quiosques duplos contam com espaço subterrâneo (figura 79), onde ficam localizados os banheiros. Com a movimentação longitudinal dos sedimentos, deixando parte da praia menor transversalmente, estes ficam mais vulneráveis a eventos de ressaca e também a uma futura subida do nível do mar, quando os processos, que ocorrem na atual linha de costa, passarão a acontecer em local mais elevado, como o ocorrido no dia 30 de outubro de 2016, com ondas de sul e a maior maré observada medindo 2,85m.





*Figura 78- Impactos da forte ressaca na orla da cidade do Rio de Janeiro em 30 de outubro de 2016 - Fonte: Acervo O Globo.*

A estrutura é fixa, impossibilitando a retirada da estrutura, ou parte dela, durante um evento extremo, assim, o gestor tem o custo para a reconstrução e limpeza dos escombros da antiga. Segundo o site da Orla- Rio, a concessionária encarregada pela administração dos quiosques até 2030 presta os seguintes serviços aos quiosqueiros sem taxa extra: elétrica, hidráulica, pintura, marcenaria, vidraçaria, refrigeração e laminação. Segundo informações do jornal O Globo, o aluguel de um quiosque pode variar entre R\$ 800 a R\$ 2,5 mil, com alterações em baixa e alta temporada. (GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES S.A, 2013)



*Figura 79- Planta dos novos quiosques - Em vermelho a área de estrutura que está na berma da praia – Fonte: Orla Rio - grifo nosso.*

Os gráficos abaixo (figuras 80, 81 e 82) representam a granulometria no arco

praial estudado, entretanto não foi realizada coleta no ponto 2, uma vez que este é localizado próximo ao local onde a prefeitura da cidade do Rio de Janeiro remove o sedimento de maneira artificial, sendo assim, uma eventual amostra neste ponto resultaria em dados duvidosos sobre a característica granulométrica desta região.

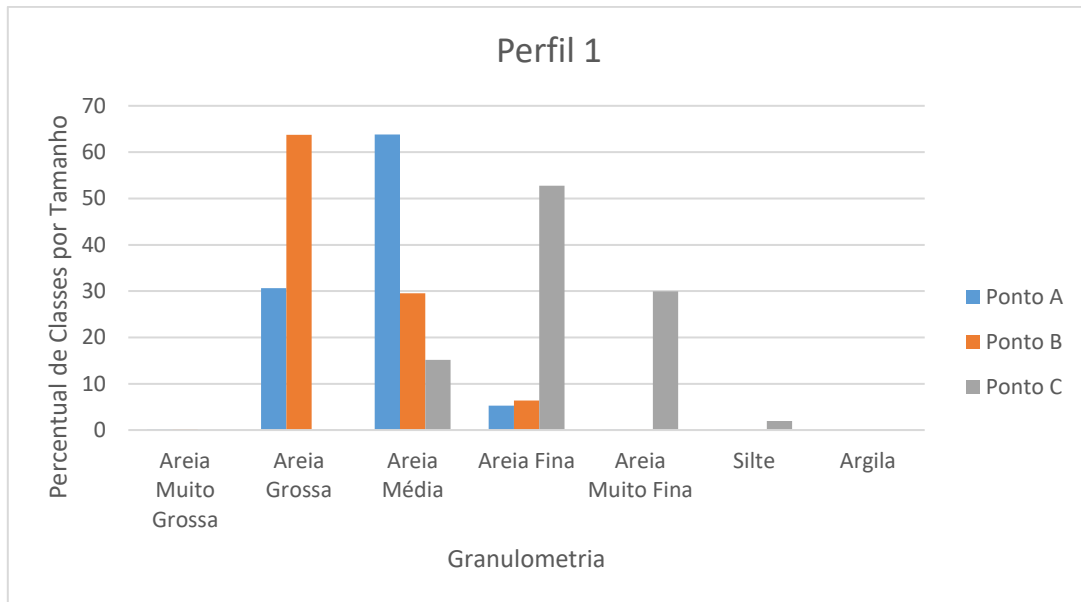


Figura 80 - Granulometria - Arco Praial Ipanema – Arpoador - Ponto 1

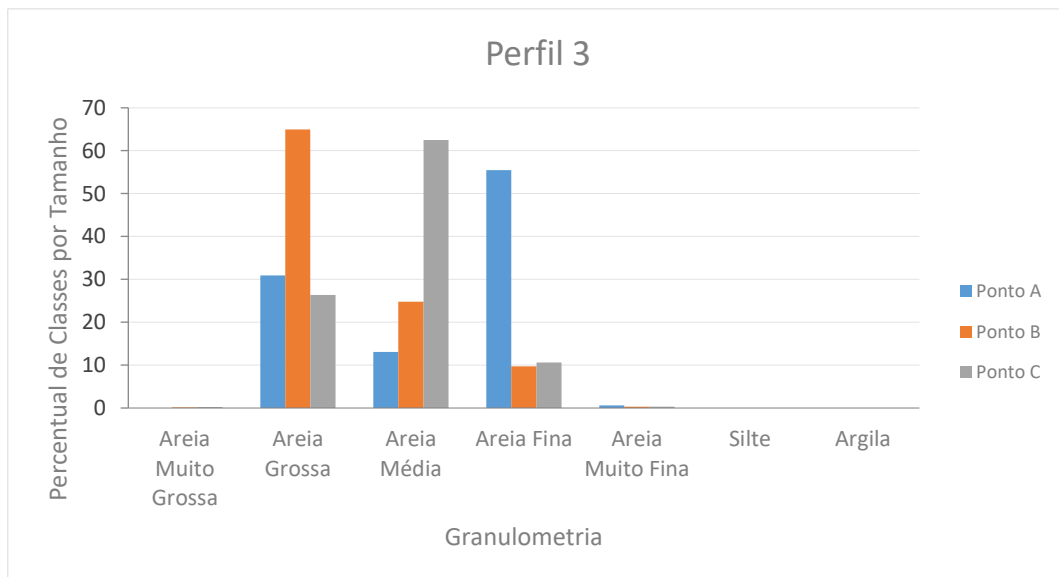
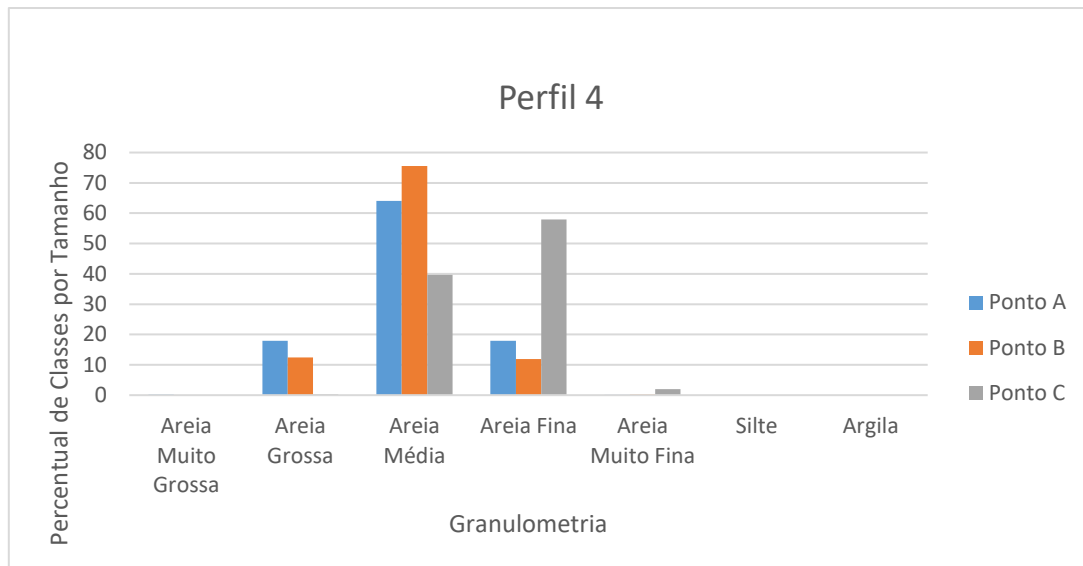


Figura 81 - Granulometria - Arco Praial Ipanema – Arpoador - Ponto 3



*Figura 82 - Granulometria - Arco Praial Ipanema – Arpoador Ponto 4*

É de extrema importância o conhecimento sobre a característica dos sedimentos para este estudo, uma vez que a classificação por tamanho de grão é uma função da quantidade de energia daquele ambiente, com isso, os sedimentos bem classificados estão presentes em ambientes onde ocorre pouca variação de energia (GARRISON, 2010). Estes sedimentos que compõem as praias podem ser de diversas origens, matéria orgânica, ou inorgânica, que se acumulou e não houve consolidação entre estes grãos, assim, podemos classifica-los de acordo com a sua fonte ou pelo seu tamanho.

O maior espaço entre os grãos auxilia na percolação da água, dissipando com mais facilidade a energia da onda, deste modo, a mesma tem mais capacidade de transporte de sedimentos no momento de espraiamento do que no refluxo, pelo mesmo motivo, encontramos os sedimentos mais grosseiros em maior quantidade em locais próximo ao espraiamento. Analisado de modo geral, apenas o ponto 3 apresenta melhor distribuição granulométrica transversalmente, tendo em vista sua localização central no arco, as elevadas taxas de areia grossa, mesmo no ponto A, podem ser justificadas pela presença de vegetação fixadora, enquanto que os perfis 1 e 4 apresentam pouca variação.

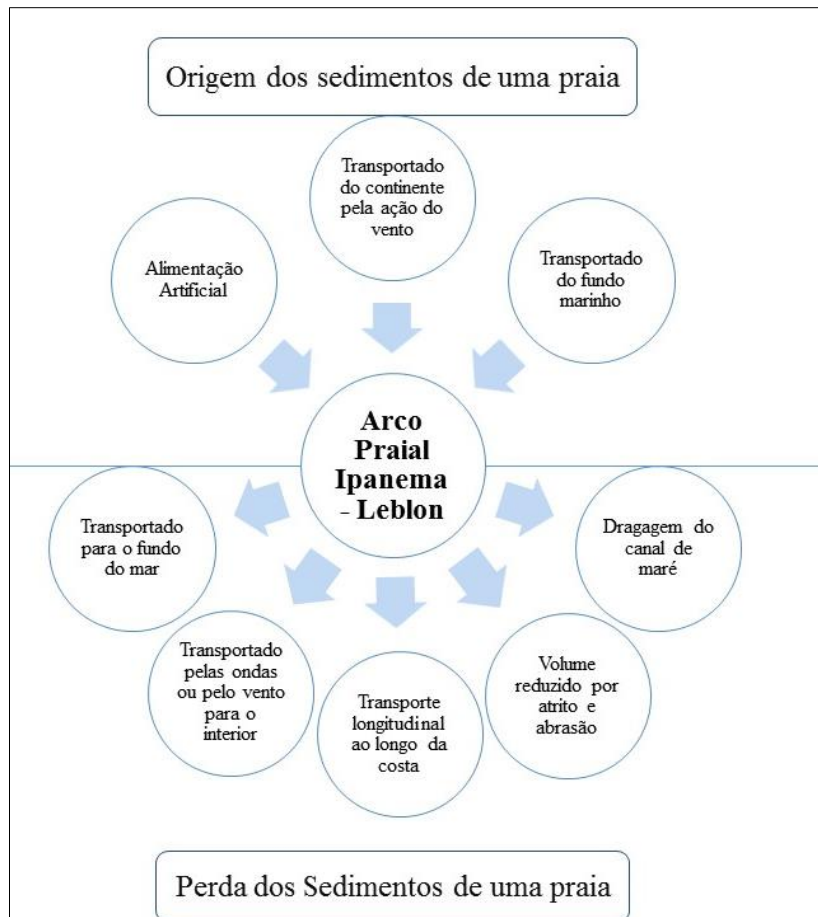


Figura 83 - Balanço sedimentar do Arco Praial Ipanema-Leblon - Modificado de Bird (1993)

A figura 83 retrata de maneira lúdica as origens e perdas de sedimentos encontradas no arco praial em questão.

### iii) Matriz de Impacto Ambiental

Os impactos encontrados aqui são similares a outras praias que igualmente possuem muros à sua retaguarda, ou seja, a interferência direta de tais estrutura no transporte longitudinal e transversal. Soma-se a este a alimentação artificial sofrida por estas praias (ANDREATTA, 2009) e a dragagem do canal do jardim de Alah. Estes têm como consequência a redução da faixa de praia alterando a paisagem, reduzindo os ambientes naturais, a topografia e proporcionando uma maior erosão durante os eventos de ressaca. Em alguns episódios, a perda de sedimentos que ficam aprisionados nas vias públicas, e também quiosques, é relatada. Todavia, a construção do calçadão e dos quiosques trouxe novos usos para a praia, em horários além daqueles comuns, valorizando o m<sup>2</sup> da região e aumentando a possibilidade de empregos.

Tabela 18- Matriz de impacto ambiental - Arco praial Ipanema - Leblon

Arco Praial Ipanema - Leblon		Padrão de Interferência				Impactos																				
Tipos de Obras que Ocorrerem no setor		Interferência Predominante em Fluxos Longitudinais (derivada litorânea)	Interferência Predominante em Fluxos Transversais (movimento onshore-offshore).	Associação dos Grupos A e B.	Interferência nos fluxos de canais e maré.	IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA - PRAIAS					IMPACTOS DO TURISMO			IMPACTOS DO TURISMO												
						Redução da faixa de praia.	Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/deposição	Praias mais estreitas pela erosão	alteração da topografia da praia (perfil praial)	Instalação de processos erosivos na praia.	Aprisionamento de sedimento junto à estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar.	valorização do m².	aumentou as possibilidades de emprego.	alteração da paisagem.	Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc)	Deposição de areia em avenidas e ciclovias	Colapso de muros de proteção.	Solapamentos / recalques de aterro.	Assoreamentos	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuários	Redução de ambientes naturais.	Redução de áreas de mangue.	Contaminação de água superficial por efluente	Contaminação de água por resíduos sólidos		
Obras de Proteção	Muros																									
	Barreira de Rochas																									
	Molhes e enrocamentos																									
Obras de Recuperação	Engordamento de praia																									
	Espigões e Gabiões																									
Obras de Infraestruturas	Emissários (dutos emersos e enterrados)																									
	Canais de águas superficiais																									
	Dragagem																									
	Palafitas																									
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)																									
	Pier ou plataforma de embarque																									
Obras de lazer e turismo	Aterros																									
	Marinas																									
	Pier ou plataforma de pesca																									
	Molhes e enrocamentos																									

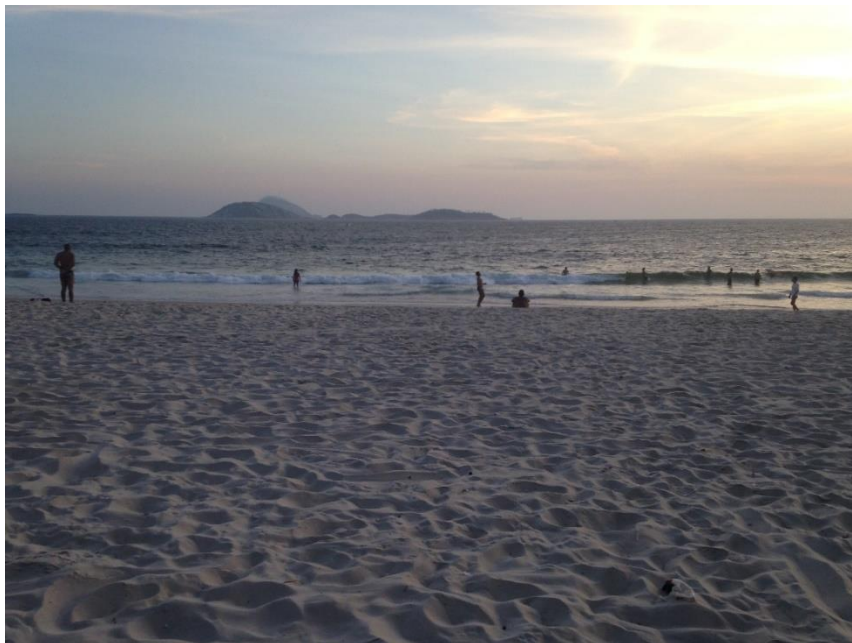
#### iv) Escala de Impactos de Tempestade

Neste arco praial, a escala de impactos de Sallenger (2000) possui alguns erros na sua resposta aos impactos sofridos pelo ponto 1, onde os efeitos do transporte longitudinal, juntamente com o ponto 4, são percebidos de maneira mais acentuada.

No dia 23 de março, o ponto 4 não coincide com o observado em campo. Embora a faixa de areia encontrada seja curta, o regime de ondulações ali caracteriza o espraiamento apenas como um *swash*, e não como o regime de colisão indicado pelo modelo, porém o mesmo concedeu resultados satisfatórios ao ponto 1.

Nos dias 21 e 22 de abril de 2016, embora a faixa de areia tenha desaparecido momentaneamente do Arpoador, no lado extremo do arco praial, as características que configuram um *swash* eram facilmente observadas, ainda que o modelo apontasse a ocorrência de colisão, porém os pontos 2 e 3 condizem com o visto *in loco*. Não foi possível obter o resultado do ponto 4, devido a não confecção do perfil.

Por último, na campanha do dia 6 de outubro, apenas o resultado referente ao *swash* encontrado no ponto 4 foi coerente ao encontrado, a foto abaixo mostra o ponto 3 que teve resposta às ondulações semelhantes àsquelas encontradas no ponto anteriormente citado, mas identificado de maneira errônea pela equação, como colisão.



*Figura 84 - Regime de swash no ponto 3.*

Algumas das informações necessárias para a escala de impacto de tempestade estão presentes na tabela 3, o valor do período da onda foi necessário para calcular o comprimento da mesma e o ângulo de inclinação da face de praia é uma informação resultante dos perfis topográficos realizados. Além disso os

Tabela 19 - Período, Ângulo da face de praia, Volume de sedimento e Escala de Impactos de Tempestade – Arco Praial Ipanema–Arpoador.

	Período (s)	Condição Morfológica (Volume de Sedimentos)				Ângulo de Inclinação da face de Praia ( $\beta$ )				Impactos de Tempestade, Sallenger (2000)			
		Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4	Ponto 1	Ponto 2	Ponto 3	Ponto 4
23/03/16	8,9	106.911,75 m <sup>3</sup>	X	X	37.663,92 m <sup>3</sup>	0,01	X	X	0,103	Swash	X	X	Colisão
21/04/16	13,9	123.936,68 m <sup>3</sup>	153.825,74 m <sup>3</sup>	289.500,54 m <sup>3</sup>	13.945,39 m <sup>3</sup>	0,096	0,053	0,08	0,2	Colisão	Swash	Swash	Overwash
22/04/16	13	152.275,35 m <sup>3</sup>	1.388.707,0 m <sup>3</sup>	251.407,72 m <sup>3</sup>	X	0,066	0,054	0,086	X	Colisão	Swash	Swash	X
06/10/16	8,5	31.683,06 m <sup>3</sup>	1.241.140,18 m <sup>3</sup>	237.658,47 m <sup>3</sup>	130.655,50 m <sup>3</sup>	0,14	0,125	0,185	0,088	Colisão	Overwash	Colisão	Swash



#### 6.4 – Praia de Copacabana

A Praia de Copacabana, localizada na Zona Sul da cidade do Rio de Janeiro, passou por uma grande transformação através de uma obra de engordamento no final da década de 60. Este tipo de obra envolve a necessidade de um estudo detalhado para que se conheça todas as características e dinâmicas da praia que será modificada e da área fonte de sedimentos. Tal obra foi realizada em função dos efeitos negativos das ressacas que atingiam esta praia e da necessidade de crescimento do bairro.

Através de busca no Acervo o Globo, para o período entre 1925 e 2016, com as palavras chaves “Praia de Copacabana” e “Ressaca Praia de Copacabana”, encontramos 132 notícias sobre a praia de Copacabana, dentre estas, a grande maioria mostrava a ocorrência e os efeitos de ressacas, mas outras retratavam a discussão sobre o projeto de duplicação da Avenida Atlântica e o engordamento da faixa de praia. Em notícia do dia 26 de maio de 1939, o jornal já mostrava a possibilidade de se alargar a praia para que a Avenida Atlântica fosse protegida das fortes ressacas.

Dados extraídos através de informações contidas no site “Acervo O Globo” deixam claro a distribuição das ressacas ao longo dos anos. A primeira reportagem encontrada possui data de 1925, quando ondas provenientes de uma ressaca destruíram 5 metros da então Avenida Atlântica, ainda composta por pistas simples e que com estes eventos de tempestade teve o seu trânsito temporariamente interditado trazendo transtornos locais. Tais acontecimentos não colaboravam com a urbanização deste bairro que, naquela época, devido ao grande glamour que era viver próximo a praia, via um número cada vez maior de pessoas interessadas em habitá-lo.

Algumas reportagens mostravam preocupação das autoridades e da população local com eventos de grande intensidade, já que na ocorrência deles o mar alastrava-se na Avenida Atlântica, até então não duplicada, entrando também nos prédios localizados em frente à praia.

Dentre as notícias contabilizadas em um recorte temporal específico, que vai de 1961 a meados de 1971, as manchetes sobre a praia de Copacabana se limitavam a discutir os possíveis projetos para a urbanização da orla, além de uma probabilidade que esta fosse paralisada por falta de recursos. Em um outro recorte, no final de 1999 até os dias atuais, cresceram as notícias relacionadas a poluição na praia, principalmente

porquê no final do séc. XX um dos dutos que transportavam o esgoto do emissário submarino de Ipanema se rompeu, lançando grande quantidade de dejetos no mar e estes eram carregados através das correntes para as praias mais próximas.

De 1925 a 1968, foram registradas 34 reportagens evidenciando ressacas e seus impactos sobre a orla de Copacabana, até que, em 14 de novembro de 1968, o jornal O Globo traz a notícia de que secretário de obra da época, Raimundo de Paula, autorizou o alargamento da Praia de Copacabana em 80 metros, esta intervenção teria início em 1969. O projeto do arquiteto Lúcio Costa previa a implantação de passarelas sobre a Avenida Atlântica que seria duplicada, além de contar com um canteiro central, porém a construção das passarelas não se concretizou e foi posto em prática um projeto mais simples e econômico, que podemos presenciar atualmente. Fotos com a obra em andamento e com o projeto idealizado por Lúcio Costa podem ser encontradas em jornais, bem como nas figuras 85 e 86.



*Figura 85 - Projeto Lúcio Costa para a orla de Copacabana. - Fonte: Acervo O Globo.*



*Figura 86- Copacabana durante as obras; final de 1960 e início de 1970 – Fonte: Sky Scaper City*

A escolha de sedimentos não compatíveis pode fazer com que exista uma acelerada erosão da praia que foi recentemente engordada, ocasionando grandes prejuízos financeiros. Dessa forma, a área fonte de sedimentos para Copacabana foi a enseada de Botafogo, local com os sedimentos semelhantes ao de Copacabana, para que o transporte fosse realizado, uma draga fica encarregada de armazenar a areia e transporta-la para um local próximo.

Máquinas de terraplanagem se encarregavam de modelar a praia conforme o perfil planejado, alterando significativamente o balanço sedimentar deste arco, como observado na figura 87. No caso carioca, a criação de um perfil suave, que permite o uso da praia para recreação em outros horários além do diurno, atua como uma ação para a compensação financeira.

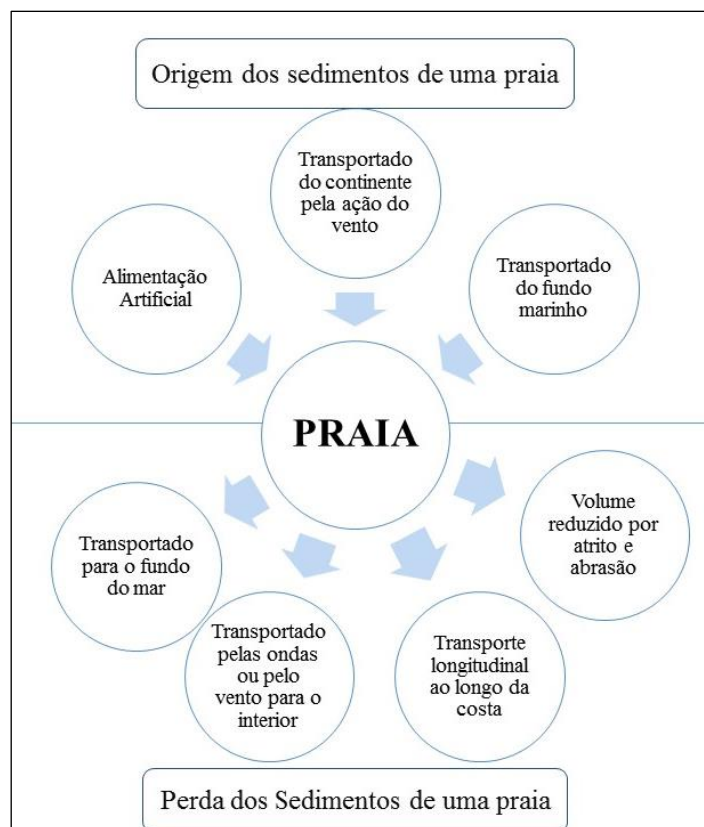


Figura 87 - - Balanço sedimentar da Praia de Copacabana - Modificado de Bird (1993)

Vera-cruz (1972) desenvolveu seu trabalho baseado em sua participação na pesquisa e desenvolvimento desta obra, assim, ele relata que a Superintendência de Urbanização e Saneamento (SURSAN) em parceria com o Laboratório Nacional de Engenharia Civil de Lisboa – Portugal foram responsáveis pelo progresso dos estudos e feitura da obra. Foram feitos estudos para compreensão de processos físicos, morfologia praias e sedimentológico, como ondas, perfis topográficos, areia e ventos. Um modelo para compreensão dos impactos causados era constituído por 3 estágios:

- I. Reprodução do equilíbrio longitudinal;
- II. Reprodução dos efeitos da erosão causada por ressacas, e;
- III. Condições normais que se esperam para a recuperação da praia no pós-ressaca.

Este modelo, que teve o segundo item como o melhor dos resultados esperados, possibilitou uma obra de gestão considerada satisfatória, pois mesmo após 45 anos da conclusão desta obra, pouco se percebeu da remoção natural deste sedimento que foi

deslocado, é importante perceber que existe uma remoção, porém num ritmo lento, sendo necessária uma manutenção desta obra num futuro não muito distante.

### i) Matriz de Impacto Ambiental

De maneira distinta aos impactos anteriormente sofridos na praia de Copacabana durante o acontecimento de ressacas, a alimentação artificial proporcionou um uso da praia em maiores dimensões. Atualmente, a mesma funciona como área de lazer não só no período matutino, mas práticas esportivas e eventos culturais são realizados no horário noturno, o que valorizou de maneira significativa o valor do m<sup>2</sup> naquela região.

Não se pode afirmar que perfis de tempestade acentuados e até mesmo impactos nos quiosques deixarão de acontecer. Copacabana passa por condições severas de ondulação e marés meteorológicas, e esta responde a tais condições de estresse, assim como acontece com praias não modificadas. Como o que aconteceu durante os Jogos Olímpicos Rio 2016 (figura 88), onde a estrutura oficial com os estúdios, montada na berma da praia de Copacabana, próximo ao ponto 5 ficou sob risco de queda devido a resposta da praia frente a uma maré de 2,45m e ondas de 0,6m na direção sul-sudoeste (SSO).



Figura 88 - Risco de queda da Torre de TV - Fonte: Acervo O Globo.

Tabela 20- Matriz de Impacto - Praia de Copacabana

Copacabana		Padrão de Interferência				Impactos																		
Tipos de Obras que Ocorreream no setor		Interferência Predominante em Fluxos Longitudinais (derivada litorânea)	Interferência Predominante em Fluxos Transversais (movimento onshore-offshore).	Associação dos Grupos A e B.	Interferência nos fluxos de canais e maré.	IMPACTOS SOBRE A FAIXA DE AREIA - PRAIAS						IMPACTOS DO TURISMO			IMPACTOS DO TURISMO									
						Redução da faixa de praia.	Praias mais extensas causadas pelo assoreamento/ deposição	Praias mais estreitas pela erosão	alteração da topografia da praia (perfil praial)	Intalação de processos erosivos na praia.	Aprisionamento de sedimento junto à estrutura rígida de orientação impedindo seu movimento a sotamar.	valorização do m².	aumentou as possibilidades de emprego.	alteração da paisagem.	Deposição de areia em equipamentos públicos (praças, quiosques, etc)	Deposição de areia em avenidas e ciclovias	Colapso de muros de proteção.	Solapamentos / recalques de aterro.	Assoreamentos	Instalação de processos erosivos nas margens dos canais estuários	Redução de ambientes naturais.	Redução de áreas de mangue.	Contaminação de água superficial por efluente	Contaminação de água por resíduos sólidos
Obras de Proteção	Muros																							
	Barreira de Rochas																							
	Molhes e enrocamentos																							
Obras de Recuperação	Engordamento de praia																							
	Espigões e Gabiões																							
Obras de Infraestruturas	Emissários (dutos emersos e enterrados)																							
	Canais de águas superficiais																							
	Dragagem																							
	Palafitas																							
	Aterros de passagem (ruas, avenidas, estradas)																							
	Pier ou plataforma de embarque																							
Obras de lazer e turismo	Aterros																							
	Marinas																							
	Pier ou plataforma de pesca																							
	Molhes e enrocamentos																							

## 7 – CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como observado através das notícias encontradas no Acervo O globo, bem como nos trabalhos de Coutinho (2007), Oliveira (2015), Pena e Lins-de-Barros (2015), Pena (2016) e Silva, Linhares e Barroso (2016), as praias urbanas da cidade do Rio de Janeiro têm impactos significativos nas estruturas localizadas no pós-praia devido à ocorrência de eventos de ressaca associados a fatores como a presença de estruturas em posição avançada na berma. Na tentativa de identificar as áreas críticas para a gestão na cidade do Rio de Janeiro, um apanhado das características favoráveis a tais dados foi feito através de dados, como os comportamentos observados in loco e através de perfis topográficos, além de dados hidrodinâmicos referentes a altura e direção de onda durante a ressaca e em dias anteriores a estes, ademais também foram considerados os valores da maré observada e notícias de jornais.

De modo geral, os meios de comunicação trazem os problemas globais relacionados ao meio ambiente, por meio de uma maneira bastante alarmista. Igualmente, Mendonça (1993) chama atenção ao fato de que em muitas destas notícias não há distinção entre os acontecimentos relacionados à degradação ambiental e os processos naturais, junta-se a esta observação, a análise de que somente quando tais “catástrofes” atingem ou ameaçam áreas de importância econômica, estas adquirem certa importância para a sociedade.

A tabela a seguir apresenta alguns parâmetros que indicam possíveis danos nas praias observadas.

Condições Favoráveis a Erosão							
Local			Tipos de Intervenções Presentes	Direção da Onda	Largura (Volume) Precedente	Altura de Onda	Alguns Impactos Observados
Arco Praial Ipanema/ Arpoador – Leblon	Leblon	Pt1	Muros Curvados	Sudoeste	✓	✓	Avarias em quiosques, imóveis, calçadas e vias públicas.
		Pt2	X	Sul	✓	✓	
	Ipanema	Pt3	Muros Verticais	Sul	✓	✓	
	Arpoador	Pt4	Muros Verticais	Sudeste	✓	✓	
Praia de São Conrado		Pt1	Muros Verticais	Leste Sudeste	X	✓	Avarias em quiosques, calçadas e vias públicas.
		Pt2		Sul Sudeste	✓	✓	
		Pt3		Sul Sudoeste	✓	✓	



Praia da Macumba	Pt2	Muro Vertical e Vegetação Fixadora de Dunas	Leste-Sudeste seguido de ondulações de Sul	X	✓	Avarias em quiosques, calçadões e vias públicas.
	Pt3	Muro Vertical	Sul	✓	✓	
	Pt4	X	Sul-Sudoeste	✓	✓	
	Pt5	Muro Vertical e Vegetação Fixadora de Dunas	Leste-Sudeste seguido de ondulações de Sul	✓	✓	
	Pt6	Muro Vertical e Vegetação Fixadora de Dunas	Sul	✓	✓	
	Pt7	Muro Vertical	Sul Sudeste	✓	✓	

As praias, como parte integrante do Geossistema, reagem de acordo com eventuais perturbações, assim, os valores descritos equivalem às condições observadas, não significando que eventos diferentes aos observados não resultem em impactos a estas.

Para a praia da Macumba, como se trata de um local de acesso mais restrito, se comparado a outras praias e com a urbanização mais recente, são poucas as notícias voltadas para aquela região, que tem nos seus frequentadores um número considerável de surfistas, assim, as observações de campo foram fonte essencial para coleta de dados. Ao todo, nos jornais, são 19 notícias e 2 delas relatam valores investidos na quantia de R\$11.340.000,00 para obras e reparos, sendo R\$10.000.000,00 na urbanização da orla através do projeto Eco Orla. As análises feitas retratam um quadro onde a altura de onda e a direção desta são fatores significativos em quaisquer dos pontos analisados, tendo em vista que este é um arco praiial exposto. O ponto 2 e o ponto 4 se diferenciam dos demais, já que este sofre com a refração de ondas devido a presença da pedra de Itapuã, que converge ondulações para este local, que, além disso, sofre com um baixo aporte sedimentar, enquanto que o primeiro é protegido da maior parte das ondulações em razão da presença do enrocamento no canal de Sernambetiba e de apresentar o maior volume de areia de todo o arco, sendo uma proteção a mais para este trecho.

Na praia de São Conrado, foram encontradas 28 notícias, e entre elas 7 continham o valor estimado para a restaurar todos os danos provocados, que, juntos, somam R\$5.918.000,00, como, por exemplo, a reportagem do dia 2 de junho de 1999, em que um quiosque e o calçadão desta praia foram danificados pelo ataque direto de ondas durante uma ressaca, de acordo com as notícias encontradas no Acervo O Globo, foram necessários R\$ 212 mil para a reconstrução apenas deste sinistro, outros valores foram gastos para a recuperação de danos semelhantes em diferentes datas. Arco Praial Ipanema/Arpoador – Leblon. O ponto 1 aparenta não ser tão vulnerável quanto os outros, principalmente, pela quantidade de areia neste ponto, este volume é alterado em longos períodos de ondulações do quadrante Leste e Sudeste, ao passo que os pontos 2 e 3 deste arco sofrem com a pouca presença de sedimento, principalmente o último, onde o calção se encontra em posição mais avançada na berma ativa, amplificando a capacidade erosiva da onda.

As dificuldades para gestão neste arco praiial são relacionadas à balneabilidade da praia, que, na maior parte do ano, encontra-se imprópria para banho, além disto,

próximo ao ponto 3 existem encanamentos de esgoto que, se danificados durante a ocorrência de alguma ressaca, podem contribuir com o aumento de poluentes nesta praia. A ciclovia Tim Maia representa outro desafio, visto que fortes ondas podem afetar a estrutura e ocasionar acidentes como o dia 21 de abril de 2016. Apenas a instalação de um semáforo acionado em resposta ao mal tempo e ondas altas não é suficiente, tendo em vista que outros fatores podem levar ao galgamento da onda, como, por exemplo, a altura da maré de sizígia.

Com o objetivo de compreender a totalidade dos fatos relacionados do arco praial Arpoador - Leblon, foram realizadas três diferentes pesquisas com uma expressão usada como palavra-chave para cada trecho deste. A primeira pesquisa teve como base as palavras-chave “ressaca na praia do Arpoador”, foram encontrados 65 itens relevantes para esta pesquisa, contudo a maior parte do noticiário desta praia trata da prática do surfe, inclusive com a menção de alguns campeonatos realizados nesta praia, além da prática comum entre parte dos banhistas de aplaudir o pôr do Sol. Oitenta notícias foram encontradas com as palavras-chave “ressaca praia de Ipanema” que realmente tratavam das ressacas e os efeitos causados por elas, e, algumas destas, trazem relato sobre o assoreamento do canal de Alah ocasionado pelo transporte longitudinal que ocorre neste arco praial. Quando este sedimento é retirado do arco praial de maneira antrópica, o balanço sedimentar passa a sofrer com o déficit, aumentando a ocorrência de erosão na praia, especialmente quando o transporte é precedido das ressacas associadas aos quadrantes Sul e Sudeste.

Para o Leblon, foram 129 notícias com as palavras-chave “ressaca praia do Leblon”, outras muitas destas também relavam a prática de surfe durante a época de ressaca, as notícias citam “ondas perfeitas” para a prática do esporte, um número bem menor cita a perda de areia para o mar, e também possíveis soluções para este acontecimento, mas, mesmo em menor número, é possível perceber que a movimentação de sedimentos para outros pontos da praia e até mesmo a sua ida para o mar é frequentemente noticiada. Aqui, as ondulações de sudoeste resultam em maior erosão para a praia.

Os objetivos específicos foram importantes não só para o desenvolvimento desta dissertação, cooperando para a contribuição dos complexos processos litorâneos, mas também para a geração de novas questões e para o levantamento de importantes

demandas de pesquisa. Ressalta-se o entendimento de que muitos dos problemas noticiados e observados são devido à falta de planejamento e gestão dos órgãos competentes e planejamentos urbanos destas áreas, tal fato ocorre, principalmente, devido à pressão imobiliária em virtude da valorização destas áreas. Em uma análise minuciosa através das reportagens, fica constatado que poucos especialistas são ouvidos para um maior esclarecimento das causas de determinados acontecimentos e mesmo dos possíveis impactos que determinado empreendimento possa ocasionar.

Uma melhor compreensão dos processos atuais e pretéritos e o conhecimento das taxas de recuo da linha de costa são fundamentais para o estabelecimento de estratégias, visando mitigação de risco e uma correta gestão da faixa litorânea, assim como para melhorar os níveis de segurança na utilização dos recursos da zona costeira. Constatou-se aqui que a sobre-elevação devido à intensidade de ondas resultou em eventos de alta energia que são os responsáveis por pelos regimes de colisão e *overwash* encontrados durante os campos realizados. A maior frequência de eventos extremos dificultará a recuperação destas praias, ocasionando maiores episódios de danos a estruturas presentes em sua retaguarda e despesas devido a necessidade de recuperação ou remanejamento destas, chegando a inviabilizar áreas de moradia.

Por intermédio deste estudo, constatamos que em praias com urbanização leve, como o caso da Praia da Macumba, será mais econômico retroceder as benfeitorias públicas do que engordar as praias. Embora exista a presença de um arenito de praia (*beach rock*) em um dos pontos deste arco praial, que influencia em um perfil escarpado durante eventos de ressaca, este auxilia na proteção apenas deste ponto, sendo crucial pensar em medidas para todo o arco.

Para praias como as do arco praial Ipanema/Arpoador - Leblon com transportes longitudinais intensos e orla vigorosamente urbanizada, estruturas móveis seriam ideais para a substituição dos quiosques e estruturas fixas, além de sua remoção do perfil ativo da berma. Outrossim, os sedimentos remobilizados do canal de maré do Jardim de Alah devem ter como destino o arco praial adjacente, evitando, assim, um balanço sedimentar negativo que terá como resultado um maior impacto das ondas nas estruturas existentes na orla, uma vez que este sedimento deixa de compor o banco de areia formado durante o perfil de tempestade, o mesmo se aplica ao que acontece a oeste da pedra de Itapuã na praia da Macumba.

De modo geral, conclui-se que modelos, como o desenvolvido por Sallenger (2000), são relevantes para a gestão costeira e para a avaliação local da vulnerabilidade costeira, já que atuam de maneira direta com os impactos observados. Porém há a necessidade de inclusão de alguns fatores, como a direção de onda e a exposição de cada trecho do arco praiado analisado, que pode resultar em dados mais confiáveis para análise de impactos ambientais que um arco praiado poderá sofrer. Indicadores como estes, amparados à mapeamentos auxiliam na compreensão dos fatores envolvidos na vulnerabilidade, identificando os pontos críticos sujeitos a diferentes impactos.

Os dados obtidos para *runnup* retrataram a realidade observada em campo, principalmente nos locais onde não há presença de acidentes geográficos que projetam a praia de algumas direções de ondulações. Programas que envolvam os usuários da praia podem auxiliar na obtenção de dados confiáveis para calibragem de tais modelos, tendo como exemplo o projeto Sentinelas dos Mares coordenado pelo professor doutor Eloi Melo Filho, que, entre os anos de 1990 a 1993, utilizou de observações feitas por surfistas para caracterizar correntes litorâneas e fundarem estudos sobre o transporte de areias na praia do Leblon, demonstrando a possibilidade de se aplicar os resultados encontrados na definição de recomendações para a tomada de decisões, subsidiando a elaboração de zoneamentos e políticas e o direcionamento de investimentos, fornecendo assim instrumentos para a gestão costeira.

## 8 – BIBLIOGRAFIA

- ABREU, **Maurício de Almeida**. **A Evolução Urbana do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: IPP, 1987.
- ANDREATTA V., CHIAVARI M. P.; REGO M. **O Rio de Janeiro e a sua orla: história, projetos e identidade carioca**. Rio de Janeiro: SMU/Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro, 2009.
- ALFREDINI, Paolo. **Obras e gestão de portos e costas**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.
- BIRD, Eric F. C. **Coastal geomorphology : an introduction**. Chichester: John Wiley & Sons, 2008.
- BIRD, Eric F. C. **Submerging coasts: the effects of a rising sea level on coastal environments**. Chichester: John Wiley & Sons, 1993.
- BRASIL. **Lei Federal nº7611 de 16 de maio de 1988**. Institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e dá outras providências.
- BUENO, Júlio César Carmo. **Pólos de Desenvolvimento do Estado do Rio de Janeiro**. Instituto Nacional de Altos Estudos (INAE), Estudos e Pesquisas, 2012.
- BULHÕES, Eduardo Manoel Rosa. **Condições Morfodinâmicas Associadas a Riscos aos Banhistas. Contribuição à Segurança nas Praias Oceânicas da Cidade do Rio de Janeiro, RJ**. 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.
- BULHÕES, Eduardo. **SIMULAÇÕES DE ONDAS OCEÂNICAS EXTREMAS PARA A CIDADE DO RIO DE JANEIRO, BRASIL**. Xiii Congresso da Associação Brasileira D e Estudos do Quaternário Abequa. Armação dos Búzios, p. 1-5. nov. 2011.
- CALLIARI, Lauro Júlio et al. **Morfodinâmica praias: uma breve revisão**. 2003. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bjoce/v51nunico/07.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2015.
- CARTER, Bill (1989). **Coastal environments: an introduction to the physical,**

- ecological, and cultural systems of coastlines.** Boston: Academic Press. p. 50.
- CARVALHO, J. B.; KLEIN, A. H. F. & ARAÚJO, M. (2009). **Vulnerabilidade da Zona Costeira Brasileira às Mudanças Climáticas.** Fundação Coppetec PENO-11896, Relatório Final, 537 pp.
- CLUBE SÃO CONRADO DE VÔO LIVRE (Município). Estatuto Social nº 1, de 07 de abril de 2015. **Consolidação do Estatuto Social do Clube São Conrado de Voo Livre.** 1. ed. n. 1. Disponível em: <<http://www.cscvl.com.br/regulamentos/estatuto.asp>>. Acesso em: 17 jan. 2017.
- COUTINHO, Nelson Meirim. **Erosão e Deposição de Sedimentos no Arco de Praia da Barra da Tijuca/ Recreio dos Bandeirantes, Rio de Janeiro - RJ.** 2007. 99 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.
- CUNHA, S. B. e GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **A Questão Ambiental: diferentes abordagens.** Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003
- EGLER, CLAUDIO A. G. ; GUSMÃO, PAULO P. **Gestão costeira e adaptação às mudanças climáticas: o caso da Região Metropolitana do Rio de Janeiro, Brasil.** Revista da Gestão Costeira Integrada, v. 14, p. 65-80, 2014.
- FARINACCIO, Alessandro. Valiação de Impactos Ambientais no Meio Físico decorrentes de Obras de Engenharia Costeira - Uma Proposta Metodológica. **Revista da Gestão Costeira Integrada**, São Paulo, v. 4, n. 10, p.419-434, jun. 2010.
- FERREIRA, J. C.;SILVA, L. H. M. M.;POLETTE, M. . **O PROCESSO DE ARTIFICIALIZAÇÃO DO TERRITÓRIO LITORAL- Exemplos do Litoral Catarinense (Brasil): Balneário Camboriu e Jurêê Internacional (Florianópolis).** . 3 Congresso de Gestão e Conservação da Natureza . 2009
- GARRISON, Ton. **Fundamentos da Oceanografia.** São Paulo: Cenage Learning. 2010
- GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES (Ed.). **Paes diz que vai reconstruir**

**ciclovía Tim Maia com 'alerta de riscos'**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/05/paes-diz-que-vai-reconstruir-ciclovía-tim-maia-co>>. Acesso em: 19 jan. 2017

GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES S.A (Ed.). **TCM já havia apontado falhas em ciclovía que desabou no Rio**. 2016. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2016/04/tcm-ja-havia-apontado-falhas-em-ciclovía-que-teve>>. Acesso em: 18 jan. 2017

GLOBO COMUNICAÇÃO E PARTICIPAÇÕES S.A (Ed.). **Orla Rio aumenta preços de aluguel de quiosques das praias cariocas**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/noticia/2013/09/orla-rio-aumenta-precos-de-aluguel-de-quiocques-das-praias-cariocas.html>>. Acesso em: 23 jan. 201

GREEN NATION (Org.). **Praias do Rio de Janeiro**. Disponível em: <<http://www.greennation.com.br/dica/praias-do-rio-de-janeiro/4703>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

GUSMAO, P. P. **APROPRIAÇÃO E ORDENAMENTO TERRITORIAL NA ZONA COSTEIRA NO ESTADO DO RIO DE JANEIRO: GRANDES CORPORações OU AS POLÍTICAS PÚBLICAS?**. Revista Brasileira de Estudos Urbanos e Regionais (ANPUR), v. 12, p. 23-37, 2010.

IPCC - **Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation**. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. 582p. Cambridge University Press. [https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX\\_Full\\_Report.pdf](https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/SREX_Full_Report.pdf). 2012

KAJI, A. ; LOPES, I. T. P. ; RECH, Mônia ; SPERLE, M. . **Estudo da Dinâmica Sedimentar da Praia da Macumba, RJ**.. In: III Simpósio Brasileiro de Oceanografia, 2006, São Paulo. anais do III Simpósio Brasileiro de Oceanografia. São Paulo: IO-USP, 2006. v. 1.

KLEIN, R.J.T. **Coastal Vulnerability, Resilience and Adaptation to climate change: an interdisciplinary perspective**. Cumulative Dissertation, p.40. 2003.



Disponível em: <http://www.pik-potsdam.de/~richardk/part1.pdf>. Acessado em maio / 15.

KOMAR, P. **Beach Processes and Sedimentation**. New Jersey: Prentice Hall, INC. 1976. 429p.

LIMA, Renan Silva de; PINHEIRO, Lidriana de Souza; MORAIS, Jáder Onofre de. **Vulnerabilidade das Dunas Frontais aos Regimes de Espriamento, Colisão e Overwash na Praia de Caponga - Cascavel, Ceará**. In: PAULA, Davis Pereira de; DIAS, João Alveirinho. *Ressacas do Mar: Temporais e Gestão Costeira*. Fortaleza: Premium, 2015. p. 393-415.

LINS-DE-BARROS, Flavia; PARENTE-RIBEIRO, Leticia. How much is a beach worth: economic use and vulnerability to coastal erosion – the case of Ipanema and Arpoador beaches, Rio de Janeiro (Brazil). **Latin American Symposium On Climate Change Adaption**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p.1-13, nov. 2016.

LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. **Contribuição Metodológica para Análise Local da Vulnerabilidade Costeira e Riscos Associados: estudo de caso da Região dos Lagos, Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro, 2010. Tese (Doutorado em Geografia). Programa de Pós-Graduação em Geografia, Rio de Janeiro, 2010.

MARAFON, Gláucio José *et al...* [organizadores]. **Geografia do Estado do Rio de Janeiro: da compreensão do passado aos desafios os do presente**. Rio de Janeiro: Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ. 2011

MCLAREN, Patrick, **An Interpretation of Trends in Grain Size Measures**. Sidney: Journal of Sedimentary Petrology, 1981.

MENDONÇA, Francisco de Assis, **Geografia e Meio Ambiente**. São Paulo: Contexto, 1993

MUEHE, DIETER. **Erosão costeira, mudança do clima e vulnerabilidade**. In: Antonio José Teixeira Guerra; Maria do Carmo Oliveira Jorge. (Org.). *Processos erosivos e recuperação de áreas degradadas*. 1ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013, v. , p. 160-189.

- MUEHE, Dieter. Erosão Costeira - Tendência ou Eventos Extremos? O Litoral entre Rio de Janeiro e Cabo Frio, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, [s.l.], p.315-325, set. 2011. Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos (APRH). <http://dx.doi.org/10.5894/rgci282>.
- MUEHE, D.; LIMA, C.F. & LINS-DE-BARROS, F.M. (2006). RIO DE JANEIRO. IN: MUEHE, D. (org.) **Erosão e pro-graduação do litoral brasileiro**. Brasília: MMA. 265-296 p. 265-296.
- MUEHE, D.. **Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla costeira para fins de gerenciamento**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Uberlândia - MG, v. 2, n.1, p. 35-44, 2001.
- MUEHE, D.; VALENTINI, Enise . **O Litoral do Estado do Rio de Janeiro - Uma Caracterização Físico-Ambiental**. Rio de Janeiro: Fundação de Estudos do Mar, 1998. v. 1. 93p
- MUEHE, D.. **O Litoral Brasileiro e Sua Compartimentação**. In: Sandra Baptista da Cunha; Antonio José Teixeira Guerra. (Org.). Geomorfologia do Brasil. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., 1998, v. , p. 273-349.
- MUEHE, D.. **Geomorfologia Costeira**. In: Sandra Baptista da Cunha; Antônio José Teixeira Guerra. (Org.). Geomorfologia - Exercícios, Técnicas e Aplicação. 1ed.Rio de Janeiro: Bertrand Brasil S.A., 1996, v. , p. 191-238.
- MUEHE, D.. **Geomorfologia Costeira**. In: Antônio José Teixeira Guerra; Sandra Baptista da Cunha. (Org.). Geomorfologia - uma atualização de bases e conceitos. 2aed.Rio de Janeiro: Editora Bertrand Brasil S.A., 1995, v. , p. 253-308.
- MUEHE, Dieter; NEVES, Claudio Freitas. Vulnerabilidades físicas da orla. In: GUSMÃO, Paulo Pereira; CARMO, Paula Serrano do; VIANA, Sérgio Besserman (Ed.). **Rio Próximos 100 anos: O aquecimento global e a cidade**. Rio de Janeiro: Imprinta Express Gráfica e Editora Ltda, 2008. p. 59-79.
- MUEHE, D. & CORRÊA, C.H.T. Dinâmica de praia e transporte de sedimentos ao longo da restinga da Maçambaba. **Revista Brasileira de Geociências**, v.19,

n.3, p.387-392, 1989.

MUEHE, D. Evidências de recuo de cordões litorâneos em direção ao continente no litoral do Rio de Janeiro. In: Simpósio sobre Restingas Brasileiras. 1984. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: UFF, 1984. p.75-92.

NORDSTROM, Karl F. **Recuperação de Praias e Dunas**. São Paulo: Oficina dos textos, 2008

OLIVEIRA, Leonardo Azevedo Klumb. **Variabilidade Interanual do Clima de Ondas e Tempestades e Seus Impactos Sobre a Morfodinâmica de Praias do Litoral do Sudeste do Estado do Rio de Janeiro**. 2015. 105 f. Tese (Doutorado) - Curso de Geografia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2015.

PENA, Juliana do Nascimento; LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. Gestão de Praias Urbanas e Efeitos dos Eventos de Ressaca: Estudo de Caso das Praias Urbanas Oceânicas da cidade do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 11., 2015, Presidente Prudente. **Anais...** . Presidente Prudente: Anpege, 2015. p. 1 - 1113.

PENA, Juliana do Nascimento; LINS-DE-BARROS, Flavia Moraes. GESTÃO DE PRAIAS URBANAS E IMPACTOS DAS INTERVENÇÕES COSTEIRAS NA ORLA OCEÂNICA DA CIDADE DO RIO DE JANEIRO. In: GESTÃO INTEGRADA DE ÁREAS LITORAIS, 2., 2016, Florianópolis. **Gestão Integrada de Áreas Litorais**. Florianópolis: Gial, 2016. p. 401 - 402. Disponível em: <[http://www.congressogial.com/theme/img/ANAIS\\_DOS\\_RESUMOS\\_GIAL\\_2016.pdf](http://www.congressogial.com/theme/img/ANAIS_DOS_RESUMOS_GIAL_2016.pdf)>. Acesso em: 20 jun. 2016.

PILKEY, O.H., DIXON, K.L., 1996. **The Corps and de shore**. Island Press, Washington D.C., 272 pp.

PINHO, Uggo Ferreira de. **Caracterização dos Estados de Mar na Baía de Campos**. 2003. 137 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Oceânica, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2003.

PINHEIRO, L. L. S.; MORAIS, J. O.; MEDEIROS., C.; PITMBEIRA, E.S. The gabions

for the protection of Caponga Beach, Ceará/Brazil: Hazard and Management. **Journal of Coastal Research**, Itajaí, 39, p.848-851, 2006.

PONÇANO, Waldir Lopes. Sobre a Interpretação Ambiental de Parâmetros Estatísticos Granulométricos: Exemplos de Sedimentos Quaternários da Costa Brasileira. Uberlândia: Revista Brasileira de Geociências, 1986.

ROSMAN, P.C.C. e VALENTINI, E. (1989) Recent Erosion in Rio de Janeiro. NEVES, C. (Ed.) *Coastlines of Brazil*. p.278-292, 1989

ROSMAN, P. C. C.; NEVES, C. F; MUEHE, D. & VALENTINI, E. M. S. (2007). **Estudo de Vulnerabilidades no Litoral do Estado do Rio de Janeiro devido às Mudanças Climáticas**. Fundação Coppetec PENO-9501, Relatório Final, 98 pp.

SALLENGER, Asbury H.. Storm Impact for Barrier Islands. **Journal Of Coastal Research**, Wst Palm Beach, Florida, v. 3, n. 16, p.890-895, jun. 2000.

SILVA, Priscila Linhares da; BARROSO, Camila da Silva; SOUZA, Leonardo Teixeira Amaral de. VULNERABILIDADE A EVENTOS DE RESSACA NO ARCO PRAIAL ARPOADOR-LEBLON. **Xxxviii Jornada Giulio Massarani de Iniciação Científica, Tecnológica, Artística e Cultural**. Rio de Janeiro, p. 1-1. out. 2016. Disponível em: <<http://www.jic.ccmn.ufrj.br/2016/resumos/resumos-igeo-geografia/>>. Acesso em: 20 dez. 2016.

SOUZA C.R. de G. 1997. **As Células de Deriva Litorânea e a Erosão nas Praias do Estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Instituto de Geociências-USP. 2 volumes.

SOUZA, C.R de 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): 459-474.

SOUZA, C.R. DE G. & SUGUIO, K. 1996. **Coastal erosion and beach morphodynamics along the State of São Paulo (SE Brazil)**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 68 (3): 405-424.

- SOUSA, Rafael Santos de; CASTRO, João Wagner Alencar. EROSÃO COSTEIRA NO ARCO PRAIAL BARRA DA TIJUCA - RECREIO DO S BANDEIRANTES, ZONA OESTE DO RIO DE JANEIRO: IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS DE RETROGRADAÇÃO E PROGRADAÇÃO DA LINHA DE COSTA. In: XIII CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO ABEQUA, 2011, Armação de Búzios. **Anais do Congresso da ABEQUA 2011**. Armação dos Búzios: Abequa, 2011. p. 1 - 7. Disponível em: <[http://www.abequa.org.br/trabalhos/ABEQUA\\_2011-RAFAEL.pdf](http://www.abequa.org.br/trabalhos/ABEQUA_2011-RAFAEL.pdf)>.
- SOUZA, Marcelo Lopes de. **Os Conceitos Fundamentais da Pesquisa Sócio-Espacial**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2013.
- VAZQUEZ, Leticia Valente. **Efeitos das Ressacas na Morfodinâmica da Praia da Macumba, RJ**. 2016. 1 f. TCC (Graduação) - Curso de Oceanografia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2016.
- VELOSO, Jacyra das Flores. **Considerações Sobre a Análise Granulométrica de Sedimentos Praiais**. 2001. 122 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Oceânica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2001.
- VERA-CRUZ, Daniel. ARTIFICIAL NOURISHMENT OF COPACABANA BEACH. **Coastal Engineering Proceedings**, Vancouver, n. 13, p.1451-1463. 1972.
- WANG, P.; DAVIS Jr., R.. **Depth of Closure and The Equilibrium Beach Profile - A Case Study From Sand Key, West-Central Florida**. Revista Mercator, América do Norte, 614 11 2007.
- WRIGHT, L. D., SHORT, A. D. Morphodynamic Variability of Surf Zones and Beaches: A Synthesis. Marine Geology, Elsevier Science Publishers, Amsterdam, v. 56, p. 93-118, 1984.
- ZEE, D. M. W. ; SABINO, Carla Muniz ; MARINS, Carlos Frederico ; FLÔR, K. ; OSTRITZ, F. ; CARIONI, D. H. . **A erosão de praia associada a ressacas e as decorrentes áreas de risco: o caso da praia da Macumba, Rio de Janeiro, Brasil**. In: III Simpósio sobre Oceanografia-IOUSP, 2004, São Paulo. Anais do III Simpósio sobre Oceanografia, 2004.