

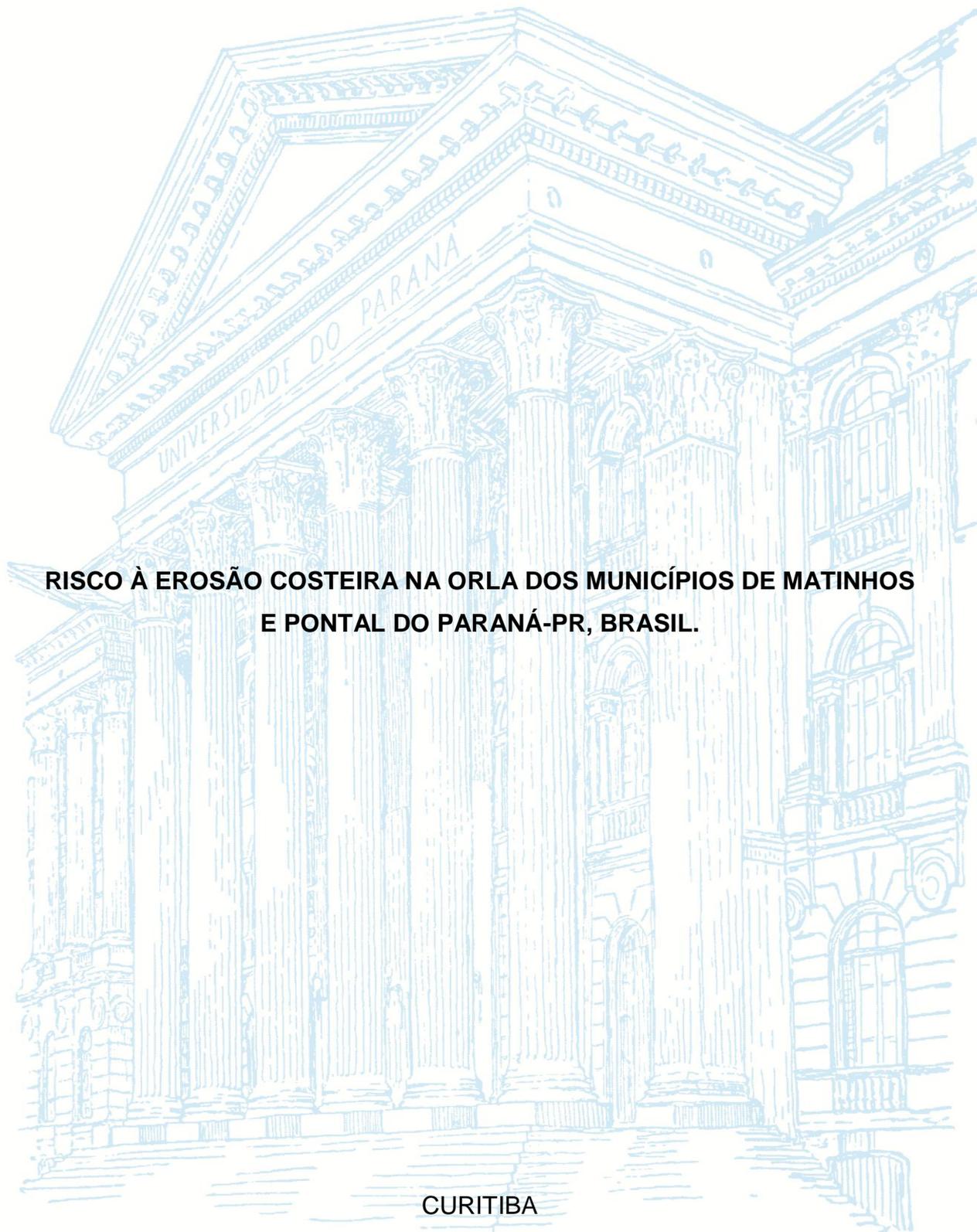
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

LÍGIA PADILHA NOVAK

**RISCO À EROÇÃO COSTEIRA NA ORLA DOS MUNICÍPIOS DE MATINHOS
E PONTAL DO PARANÁ-PR, BRASIL.**

CURITIBA

2017



LÍGIA PADILHA NOVAK

**RISCO À EROSÃO COSTEIRA NA ORLA DOS MUNICÍPIOS DE MATINHOS
E PONTAL DO PARANÁ-PR, BRASIL.**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Geografia no Curso de Pós-Graduação em Geografia, Setor de Ciências da Terra, da Universidade Federal do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Renato Lamour.

CURITIBA

2017

N935r

Novak, Lígia Padilha

Risco à erosão costeira na orla dos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná-Pr, Brasil / Lígia Padilha Novak. – Curitiba, 2017.

126 f. : il. color. ; 30 cm.

Dissertação - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências da Terra, Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2017.

Orientador: Marcelo Renato Lamour.

1. Geografia. 2. Geologia marinha. 3. Erosão costeira. I. Universidade Federal do Paraná. II. Lamour, Marcelo Renato. III. Título.

CDD: 551.372



ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM GEOGRAFIA

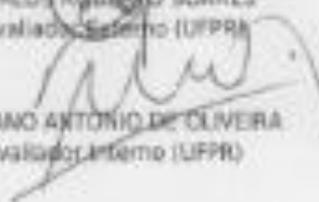
No dia vinte e cinco de Maio de dois mil e dezessete às 14:00 horas, na sala 109, Edifício João José Bigarella, Centro Politécnico - Jardim das Américas, do Setor de CIÊNCIAS DA TERRA da Universidade Federal do Paraná, foram instalados os trabalhos de arguição da mestranda **LIGIA PADILHA NOVAK** para a Defesa Pública de sua Dissertação intitulada: **"RISCO À EROSIÃO COSTEIRA NA ORLA DOS MUNICÍPIOS DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ- PR, BRASIL."** A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em GEOGRAFIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: **MARCELO RENATO LAMOUR** (UFPR), **CARLOS ROBERTO SOARES** (UFPR), **FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA** (UFPR). Dando início à sessão, a presidência passou a palavra a discente, para que a mesma expusesse seu trabalho aos presentes. Em seguida, a presidência passou a palavra a cada um dos Examinadores, para suas respectivas arguições. A aluna respondeu a cada um dos arguidores. A presidência retomou a palavra para suas considerações finais e, depois, solicitou que os presentes e a mestranda deixassem a sala. A Banca Examinadora, então, reuniu-se sigilosamente e, após a discussão de suas avaliações, decidiu-se pela Aprovação da aluna. A mestranda foi convidada a ingressar novamente na sala, bem como os demais assistentes, após o que a presidência fez a leitura do Parecer da Banca Examinadora. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, **MARCELO RENATO LAMOUR**, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos membros da Comissão Examinadora.

Observações: _____

Curitiba, 25 de Maio de 2017.


MARCELO RENATO LAMOUR
Presidente da Banca Examinadora (UFPR)


CARLOS ROBERTO SOARES
Avaliador Externo (UFPR)


FABIANO ANTONIO DE OLIVEIRA
Avaliador Interno (UFPR)

OBS: este documento é válido por 60(sessenta) dias a contar da data.

Dedico este trabalho à minha grande mestra e mãe, Sandra.

AGRADECIMENTOS

Agradeço principalmente aos meus pais pelos valores que aprendi e pelo constante incentivo, em especial minha professora e mãe pelas críticas neste início de escrita de um texto científico.

À Verônica, minha irmã querida, pelas intermináveis conversas telefônicas, sempre me apoiando e ao meu cunhado Caesar, pelos conselhos importantes de vida e também pelo importante auxílio neste trabalho. E agora, Julio meu sobrinho, pela alegria que trouxe para as nossas vidas.

Agradeço ao Professor Marcelo Lamour pelo conhecimento e incansável incentivo, contribuindo de maneira inequívoca para meu amadurecimento teórico e pessoal, neste árduo processo do aprender. E também por ter me mostrado outras possibilidades de pesquisa no campo da Oceanografia.

À Pâmela Cattani pela grande amizade. Seu apoio foi essencial nessa caminhada. A sua generosidade se estendeu não só na partilha dos seus conhecimentos como na acolhida em sua casa, repetidas vezes.

Aos professores Carlos Soares e Fabiano Oliveira por participarem deste processo tão importante para mim, pelas suas contribuições, que fortalecerão ainda mais esta pesquisa, que não finda aqui.

E às pessoas que surgem para nos fortalecer, Mariana Andreotti pela força e constante apoio nesse percurso da vida, à Paula Nolli pelo convívio e aventuras de bicicleta no estilo pontalense.

Para uma consciência ampliada, não há retorno.
Sandra Novak

RESUMO

A zona costeira é um dos ambientes de maior vulnerabilidade física e socioeconômica, em função do acelerado processo de urbanização somado à dinâmica física do litoral. As questões e impactos relacionados à erosão são recorrentes nas zonas costeiras, revelando a importância de estudos sobre o risco e vulnerabilidade nos dias atuais. O planejamento relativo às interferências sobre a paisagem recebe grande importância, sendo que o conhecimento a cerca da geomorfologia pode colaborar de forma decisiva na análise de ambientes costeiros, proporcionando ferramentas que auxiliem na identificação, delimitação e avaliação do risco e vulnerabilidade da orla aos diferentes processos. O litoral do Paraná, mais especificamente os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná vem enfrentando diversos problemas relacionados à intensificação dos processos erosivos em suas praias desde a década de 1980. Contudo, o conhecimento científico disponível sobre este fenômeno não é frequentemente incorporado nas políticas de planejamento territorial, o que resulta em desperdício de recursos públicos com obras de proteção costeiras ineficientes e que acabam acelerando a erosão ao invés de conter este fenômeno. Esta pesquisa tem por objetivo determinar o risco à erosão costeira no litoral do Paraná a partir de indicadores em diferentes escalas espaço-temporais. Os dados foram integrados pela técnica de álgebra de mapas que consiste na atribuição de pesos a cada uma das variáveis analisadas, conforme a sua relação negativa (1) ou positiva (2) com o risco gerado pela erosão costeira. A metodologia aplicada nesta pesquisa classificou aproximadamente 80% do município de Matinhos com alto risco à erosão, enquanto, Pontal do Paraná apresentou duas áreas com alto risco. As áreas mais críticas identificadas em Matinhos se referem aos locais em que foram realizadas obras de proteção costeira e onde a largura da restinga é menor que 45 m. A abordagem metodológica de risco costeiro apresentada na presente dissertação contribuiu para nortear os estudos voltados para esta temática, e que futuramente possam ser utilizados para tomada de decisão por parte dos gestores públicos no planejamento da zona costeira do Paraná.

Palavras-chave: Balanço sedimentar. Linha de costa. Indicadores de erosão costeira.

ABSTRACT

The coastal zone is one of the most physically and socioeconomically vulnerable environments, due to the accelerated urbanization process coupled with the physical dynamics of the coast. Issues and impacts related to erosion are recurrent in coastal zones, revealing the importance of studies on risk and vulnerability in the present day. Planning concerning interference on the landscape is of great importance, and knowledge about geomorphology can contribute decisively to the analysis of coastal environments, providing tools that help in the identification, delimitation and assessment of the risk and vulnerability of the border to the different processes. The Paraná coast, more specifically, the municipalities of Matinhos and Pontal do Paraná have been facing various problems related to the intensification of erosion processes in their beaches since the 1980s. However, the available scientific knowledge about this phenomenon is often not incorporated in the policies of territorial planning, which results in waste of public resources with inefficient coastal protection works and that end up accelerating erosion instead of containing this phenomenon. This research aims to determine the risk to coastal erosion in the coast of Paraná from indicators at different spatio-temporal scales. The data were integrated by the map algebra technique, which consists in assigning weights to each of the analyzed variables, according to their negative (1) or positive (2) relation with the risk generated by coastal erosion. The methodology applied in this research classified approximately 80% of the municipality of Matinhos with high risk to erosion, while Pontal do Paraná presented two areas with high risk. The most critical areas identified in Matinhos refer to places where coastal protection works were carried out and where the width of the sandbank is less than 45 m. The methodological approach of coastal risk presented in this tesis contributed to help the studies focused on this area, and that in the future can be used for decision making by public managers in the planning of the coastal zone of Paraná.

Key-words: Sedimentar balance. Coastline. Indicators of Coastal Erosion.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO COM A INDICAÇÃO DOS PRINCIPAIS BALNEÁRIOS DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ, OS ACESSOS TERRESTRES E AS LINHAS BATIMÉTRICAS, VARIANDO DE -5 A -10 M DE PROFUNDIDADE	21
FIGURA 2 – NOMENCLATURA DOS SUBAMBIENTES DE UMA PRAIA E OS SEUS LIMITES EM UM PERFIL HIPOTÉTICO (MODIFICADO ANGULO, 1996)	28
FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO DAS FEIÇÕES GEOMORFOLÓGICAS ENCONTRADAS EM UMA PRAIA (FONTE: A AUTORA, 2016).....	29
FIGURA 4 – REPRESENTAÇÃO EM PERFIL DOS 6 ESTÁGIOS MORFODINÂMICOS POR WRIGHT; SHORT,1984 (ADAPTADO SHORT; WOODROFFE, 2009).	31
FIGURA 5 – DIFERENTES FONTES DE SEDIMENTOS ENCONTRADAS EM UM AMBIENTE PRAIAL (SOUZA, 2009)	32
FIGURA 6 – ENROCAMENTOS DESTRUÍDOS PELA AÇÃO DO MAR NA PRAIA DE MATINHOS-PR, EXEMPLO DE FALTA DE MANUTENÇÃO PERÍODICA DE OBRAS COSTEIRAS (FONTE: A AUTORA, 2016)	44
FIGURA 7 – EXEMPLO DE QUEBRA-MARES DESTACADOS NA ILHA DE PRESQUE (PENSILVÂNIA-EUA, FONTE: GOOGLE EARTH, 2016)	45
FIGURA 8 – FORMAÇÃO DE UM TÔMBOLO EM UMA PRAIA (FONTE: APRH, 2016).....	45
FIGURA 9 – FLUXOGRAMA DOS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS ADOTADOS NA PESQUISA.....	47
FIGURA 10 – LINHA DE BASE E TRANSECTOS PERPENDICULARES GERADOS PELO DSAS PARA CÁLCULO DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA. AS LINHAS COLORIDAS REPRESENTAM AS LINHAS DE COSTAS DOS DIFERENTES ANOS (MODIFICADO THIELLER <i>et al.</i> 2009).	52
FIGURA 11 – REPRESENTAÇÃO DA APLICAÇÃO DO MÉTODO EPR ENTRE DUAS LINHAS DE COSTA (MODIFICADO THIELLER <i>et al.</i> 2009).....	52
FIGURA 12 – CLASSIFICAÇÃO DA COSTA PARANAENSE COM BASE NA DINÂMICA COSTEIRA (MODIFICADO ANGULO; ARAÚJO, 1996)	53
FIGURA 13 – LOCALIZAÇÃO DOS PERFIS PRAIAIS	54
FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DO PERFIL E PONTOS DE AMOSTRAGEM....	56

FIGURA 15 – TAXA ANUAL DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE 1953 A 1980. A: AVANÇO; R:RECUO;ES:ESTÁVEL.....	59
FIGURA 16 – TAXA ANUAL DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE 1980 A 1996. A: AVANÇO; R:RECUO;ES:ESTÁVEL.....	59
FIGURA 17 – TAXA ANUAL DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE 1996 A 2003. A: AVANÇO; R:RECUO;ES:ESTÁVEL.....	60
FIGURA 18 – TAXA ANUAL DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE 2003 A 2016. A: AVANÇO; R:RECUO;ES:ESTÁVEL.....	60
FIGURA 19 – TAXA ANUAL DA VARIAÇÃO DA LINHA DE COSTA DE 1980 A 2016. A: AVANÇO; R: RECUO; ES: ESTÁVEL; CF: CLASSIFICAÇÃO FINAL.	61
FIGURA 20 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL DS1 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	63
FIGURA 21 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL DS2 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	65
FIGURA 22 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL DS3 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	68
FIGURA 23 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL DS4 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	70
FIGURA 24 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL DS5 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	72
FIGURA 25 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL OC1 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	75
FIGURA 26 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL OC2 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	77
FIGURA 27 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL OC3 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	79
FIGURA 28 – REPRESENTAÇÃO TOPOGRÁFICA DO PERFIL OC4 COM AS RESPECTIVAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS MESES ANALISADOS.....	81

FIGURA 29 – MAPAS COM A LOCALIZAÇÃO DOS SANGRADOUROS NATURAIS, ANTRÓPICOS E RIOS	87
FIGURA 30 – VARIAÇÃO DOS VALORES DO DIÂMETRO MÉDIO DOS SEDIMENTOS AO LONGO DO TRECHO ESTUDADO, AF: AREIA FINA (0,125- 0,250); AM: AREIA MÉDIA (0,20-0,5).	88
FIGURA 31 – VARIAÇÃO DOS VALORES DE GRAU DE SELEÇÃO DOS SEDIMENTOS PRAIAIS AO LONGO DO TRECHO ESTUDADO, BS: BEM SELECIONADO (0,35-0,5); MS: MODERADAMENTE SELECIONADO (0,5-0,1); PS: POBREMENTE SELECIONADO (1,00-2,00); MPS: MUITO POBREMENTE SELECIONADO (2,00-4,00).	89
FIGURA 32 – VARIAÇÃO DOS VALORES DE GRAU DE ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS AO LONGO DO TRECHO ESTUDADO, MP: MUITO POSITIVA (0,3-1,0); P: POSITIVA (0,1-0,3); AP: APROXIMADAMENTE SIMÉTRICA (-0,1-0,1); N: NEGATIVA (-0,3- -0,1) E MN: MUITO NEGATIVA (-1,0- -0,3).	89
FIGURA 33 – DISTRIBUIÇÃO DO DIÂMETRO MÉDIO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA AO LONGO DAS PRAIAS DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ.	90
FIGURA 34 – VETORES DE TENDÊNCIA DE TRANSPORTE SEDIMENTAR (À DIREITA) E REPRESENTAÇÃO DAS ÁREAS QUE OCORREM CONVERGÊNCIA E DIVERGÊNCIA DE VETORES.....	92
FIGURA 35 – GRAU DE OCUPAÇÃO SOBRE AS ORLAS MARÍTIMAS DOS MUNICÍPIO DE MATINHOS E PONTAL DO PARANÁ	93
FIGURA 36 – ENROCAMENTOS DESTRUÍDOS PELA AÇÃO DO MAR (À ESQUERDA) E ESCADARIA DE 8 METROS (À DIREITA) AMBOS LOCALIZADOS NA PRAIA BRAVA, CAIOBÁ.	94
FIGURA 37 – ENROCAMENTOS EM MAU ESTADO DE CONSERVAÇÃO (À ESQUERDA); E ESCADARIAS DE MENOR PORTE, AMBOS LOCALIZADOS NO BALNEÁRIO RIVIERA.	94
FIGURA 38 – DISTRIBUIÇÃO DAS OBRAS COSTEIRAS AO LONGO DA ÁREA DE ESTUDO.	95
FIGURA 39 – PONTOS AMOSTRAIS PARA A OBTENÇÃO DE MEDIDAS DA LARGURA DO PÓS-PRAIA, COM DESTAQUE PARA AS MAIORES (DS2) E MENORES LARGURAS IDENTIFICADAS	97
FIGURA 40 – PERÍODOS E INTENSIDADE DOS EVENTOS EL NIÑO E LA NIÑA ENTRE 1953 E 2016 NA COSTA SUL DO BRASIL.	98
FIGURA 41 – MAPA DE RISCO À EROÇÃO COSTEIRA.....	101

FIGURA 42 – MAPA DE RISCO À EROSÃO COSTEIRA CONSIDERANDO A
MÉDIA PONDERADA ENTRE AS VARÁVEIS..... 103

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 – RELAÇÃO DAS PRINCIPAIS CAUSAS NATURAIS E ANTRÓPICAS DA EROÇÃO COSTEIRA NO BRASIL, COM DESTAQUE PARA AS CAUSAS 1,4,6,11,14,15 E 19.....	35
QUADRO 2 – COORDENADAS DOS NÍVEIS DE REFERÊNCIA PARA OS PERFIS TOPOGRÁFICOS NO SISTEMA TRANSVERSO DE MERCATOR (UTM) NO DATUM SIRGAS 2000.....	55
QUADRO 3 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL DS1. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	62
QUADRO 4 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL DS2. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	64
QUADRO 5 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL DS3. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	67
QUADRO 6 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL DS4. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	69
QUADRO 7 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL DS5. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	71
QUADRO 8 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL OC1. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	74
QUADRO 9 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL OC2. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	76
QUADRO 10 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL OC3. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA.....	78

QUADRO 11 – VALOR MÉDIO E CLASSIFICAÇÃO DOS SEDIMENTOS QUANTO AO DIÂMETRO, GRAU DE SELEÇÃO E ASSIMETRIA DOS SEDIMENTOS COLETADOS NAS TRÊS PORÇÕES DO PERFIL OC4. R: RESTINGA; M: MEIO; L: LINHA D'ÁGUA	80
QUADRO 12 – QUADRO RESUMO DOS AVISOS DE MAU TEMPO EMITIDOS PELA MARINHA DO BRASIL E OCORRÊNCIA DE FRENTES FRIAS INFORMADAS PELO CPTEC, COM A DATA DE OCORRÊNCIA, LOCAL E CLASSIFICAÇÃO DOS EVENTOS.....	85
QUADRO 13 – SÍNTESE DOS INDICADORES, CRITÉRIOS E ATRIBUIÇÃO DE PESOS.....	99

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – POSSIBILIDADES DE CASOS DE TENDÊNCIA DE TRANSPORTE PELA COMBINAÇÃO DE PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS (F=MAIS FINO;C=MAIS GROSSO; B=MELHOR SELECIONADO; P= PIOR SELECIONADO; + = ASSIMETRIA MAIS POSITIVA, - = ASSIMETRIA MAIS NEGATIVA (MCLAREN;BOWLES,1985).....	41
TABELA 2 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL DS1	62
TABELA 3 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL DS2	64
TABELA 4 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL DS3	66
TABELA 5 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL DS4	69
TABELA 6 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL DS5	71
TABELA 7 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL OC1.....	73
TABELA 8 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL OC2.....	76
TABELA 9 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL OC3.....	78
TABELA 10 – RELAÇÃO DAS DIFERENÇAS VOLUMÉTRICAS ENTRE OS LEVANTAMENTOS TOPOGRÁFICOS REALIZADOS NO PERFIL OC4.....	80
TABELA 11 – MEDIDAS DO PÓS-PRAIA A CADA 500 METROS.....	96

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CPTEC- Centro de Previsão de Tempo Estudos Climáticos

DHN - Diretoria de Ensino e Navegação

IBGE- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

INPE- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais

ISDR- *Inter Agency Secretariat of the International Strategy for
Disaster Reduction*

ITCG- Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná

OECD- *Organisation for Economic Co-Operation and Development*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	JUSTIFICATIVA.....	18
1.2	OBJETIVOS.....	20
1.2.1	OBJETIVO GERAL	20
1.2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
2	ÁREA DE ESTUDO	21
2.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL.....	21
2.2	CARACTERIZAÇÃO FÍSICA	23
3	REVISÃO DE LITERATURA	26
3.1	GEOMORFOLOGIA COSTEIRA	26
3.1.1	Erosão costeira	32
3.2	INDICADORES DE EROSÃO COSTEIRA.....	37
3.2.1	Sangradouros.....	38
3.2.2	Vetores de tendência de transporte sedimentar	39
3.2.3	Urbanização da zona costeira	41
3.2.4	Obras de proteção costeira	43
4	MATERIAIS E MÉTODOS	47
4.1	IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE EROSÃO COSTEIRA.....	48
4.1.1	Análises laboratoriais	49
4.1.2	Aplicação do modelo <i>Grain Size Trends Analysis</i> (GSTA)	49
4.2	ANÁLISE DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA	50
4.2.1	Georreferenciamento das imagens aéreas.....	50
4.2.2	Análise da variação da posição da linha de costa	51
4.2.3	Levantamento dos dados em campo.....	53
4.2.4	Dados meteorológicos.....	57
4.3	ANÁLISE ESPACIAL.....	57
5	RESULTADOS	58
5.1	EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA	58
5.2	PERFIS TOPOGRÁFICOS.....	62
5.1.1	Perfil DS1	62
5.2.2	Perfil DS2.....	63
5.2.3	Perfil DS3.....	66

5.2.4 Perfil DS4	69
5.2.5 Perfil DS5	71
5.2.6 Perfil OC1	73
5.2.7 Perfil OC2	76
5.2.8 Perfil OC3	78
5.2.9 Perfil OC4	80
5.3 OCORRÊNCIAS DE FRENTES FRIAS E AGITAÇÃO MARÍTIMA E A RELAÇÃO ENTRE O BALANÇO VOLUMÉTRICO MENSAL	82
5.4 INDICADORES DE EROSÃO COSTEIRA.....	86
5.4.1 Sangradouros.....	86
5.4.2 Parâmetros estatísticos granulométricos.....	88
5.4.3 Vetores de tendência de transporte.....	91
5.4.4 Grau de urbanização.....	92
5.4.5 Obras de proteção costeira	94
5.4.6 Largura do pós-praia.....	95
5.5 OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS <i>EL NIÑO E LA NIÑA</i>	97
5.6 RELAÇÕES ESPACIAIS	98
6 DISCUSSÃO	104
6.1 DINÂMICA PRAIAL	104
6.2 COMPORTAMENTO DA LINHA DE COSTA.....	106
6.3 EROSÃO COSTEIRA.....	108
7 CONCLUSÕES	112
REFERÊNCIAS.....	114
ANEXO 1.....	124

1 INTRODUÇÃO

A zona costeira é um ambiente de grande vulnerabilidade física e socioeconômica em função do acelerado processo de urbanização que ocorre na costa, somado à dinâmica física do litoral. Os impactos relacionados à erosão costeira e conseqüente destruição de edificações por ressacas são constantes, evidenciando, dessa maneira, a importância de estudos sobre risco e vulnerabilidade à erosão.

Vários estudos (MUEHE, 2006; ISDR, 2004; ZHANG *et al.*, 2004) sobre a dinâmica de ambientes costeiros, indicam a erosão costeira como um problema global. Bird (1996) afirma que dados referentes à década de 1990, indicam que 70% das praias arenosas do mundo apresentavam erosão, 20% apresentavam deposição e 10% encontravam-se estáveis. Segundo Muehe (2006) a erosão passa a ser considerada um problema quando causa danos e prejuízos à população costeira.

No geral, a erosão costeira pode ser caracterizada como um processo natural de modificação da linha de costa, que do ponto de vista geológico é decorrente de um suprimento negativo de sedimentos (BIRD, 2008). Sob o ponto de vista da gestão, apresenta conflitos pelo antagonismo frequente entre a dinâmica costeira e a ocupação urbana motivada tanto pela especulação imobiliária como por problemas sociais (ocupação irregular) (KOERNER *et al.*, 2013). Neste contexto, a orla é pressionada em ambas as extremidades, pois por um lado tende a ser consumida pela erosão gerada pelas ondas e por outro, tende a ser soterrada ou mesmo pavimentadas pela urbanização.

Muitas vezes, a opção escolhida para a mitigação dos processos erosivos são as obras costeiras (enrocamentos, muros de arrimo, gabiões, etc.), o que acaba por remediar o problema local e temporariamente. Entretanto, os reflexos frequentes destas obras geram efeitos opostos à sua finalidade original, com a intensificação posterior do problema. Assim, as estruturas de proteção costeira reduzem a área de dissipação de energia das ondas, pois o perfil original que tem essa função de dissipação foi modificado.

Não diferente de outros países, o Brasil apresenta diversas praias onde o processo de erosão é grave. No entanto, somente veio a se tornar uma preocupação a partir da década de 1990 (SOUZA *et al.*, 2005; MUEHE, 2006;

SOUZA, 2009), o que demandou em muitos casos medidas para a sua contenção e/ou recuperação da orla (ESTEVEZ *et al.*, 1999; KLEIN *et al.*, 1999).

As praias estudadas nesta pesquisa são predominantemente arenosas, sem a ocorrência frequente de pontais rochosos, tendo sido denominada por Bigarella *et al.* (1978) como arco praias de Praia de Leste. A faixa de restinga¹ desta área é extensa, principalmente na sua porção norte, em contraponto com a porção sul, onde ocorrem os principais adensamentos populacionais. De acordo com Pierri *et al.* (2006), a urbanização deste trecho ocorreu na forma de loteamentos paralelos próximos ou mesmo sobre a orla. O principal efeito desta ação pode ser observado no litoral centro sul do Paraná (municípios de Matinhos e Pontal do Paraná), onde houve destruição das dunas frontais, aterramento de brejos e reconfiguração de rios e córregos (ANGULO, 1993).

A interação entre os processos naturais atuantes na zona costeira paranaense, somada às intervenções humanas sob a forma de fixação da linha de costa influencia de sobremaneira a erosão costeira. Dessa maneira, esta pesquisa tem o intuito de classificar as praias do município de Matinhos e Pontal do Paraná quanto ao risco à erosão costeira gerada tanto por fatores antrópicos quanto naturais.

1.1 JUSTIFICATIVA

Áreas costeiras de interesse ambiental e socioeconômico merecem atenção dos atores envolvidos na sua gestão, principalmente quando a erosão se torna severa e/ou permanente ao longo do ambiente praias, transfigurando-se assim um risco (SOUZA *et al.*, 2005). Parte desta preocupação advém da perda de território de APPs como as restingas e também pelo risco de perda econômica das edificações localizadas na orla costeira. Ademais, no âmbito das mudanças climáticas globais e seus efeitos, a faixa costeira tende a ser a principal área afetada por eventuais mudanças no contexto do nível relativo do mar e fenômenos como El Niño e La Niña.

¹ Depósito arenoso subaéreo produzido por dinâmica costeira onde se desenvolve vegetação herbácea e arbustiva (SOUZA *et al.*, 2008, p.43).

As orlas dos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná vêm sendo atingidas por intensas ressacas (KÖHLER, 2004), as quais desencadeiam processos erosivos causando prejuízo para a população e para o poder público. A remediação dos impactos ambientais e a defesa do patrimônio público e privado, acaba por ser executada recorrentemente com estruturas rígidas, reforçando o processo de artificialização da orla paranaense (ANGULO, 2006).

O município de Pontal do Paraná ainda apresenta uma orla preservada (restingas) e pouco modificada quando comparada ao município vizinho de Matinhos (NOVAK *et al.*, 2016). No entanto, com a especulação imobiliária gerada pela expectativa de instalação de indústrias e portos implica na alteração da legislação de ordenamento do solo, atendendo a demanda do capital e amplificando a pressão sobre esta orla.

Portanto, a maneira mais indicada para lidar com os prejuízos causados por processos erosivos é recorrer a medidas preventivas, ou seja, estudos que objetivem o mapeamento das áreas com risco à erosão costeira e que assumem papel primordial no planejamento urbano na orla paranaense.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 OBJETIVO GERAL

Identificar o risco do arco praial de Praia de Leste frente aos processos erosivos, diagnosticando suas causas, potenciais de perda e tendências futuras em curto prazo.

1.2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar os principais fatores relacionados à erosão costeira ao longo dos municípios vizinhos de Matinhos (PR) e Pontal do Paraná (PR), pela comparação entre os diferentes indicadores ambientais (naturais e/ou antrópicos);
- Avaliar a evolução geomorfológica da área de estudo em curto (meses) e médio prazo (décadas), indicando tendências futuras de risco à população pela análise integrada de dados primários e secundários.

2 ÁREA DE ESTUDO

2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL

Os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná são vizinhos e estão localizados no litoral do Paraná, com limite norte na desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP; 25°30'S/48°25'W) e sul na desembocadura da baía de Guaratuba (25°52'S/48°38'W). As suas principais vias de acesso terrestre são as rodovias estaduais PR-508, PR-407 e PR-412, conectadas à rodovia federal BR-277 (Figura 1).



Figura 1: Localização da área de estudo com a indicação dos principais balneários de Matinhos e Pontal do Paraná, os acessos terrestres e as linhas batimétricas, variando de -5 a -10m.

O município de Pontal do Paraná foi desmembrado de Paranaguá e criado pela Lei Estadual nº 11.252 de 20 de dezembro de 1995, tendo sido efetivamente instalado em 1º janeiro de 1997 (PONTAL DO PARANÁ, 2016). A sua população estimada de 24.352 (IBGE, 2015), ocupa uma área territorial de

202,159 km² (ITCG, 2015). A malha urbana deste município abrange um corredor de urbanização convencional normal e informal, em estágio horizontal (REIKDAL, 2010). O Projeto Orla (2006) relata que Pontal do Paraná apresenta fragmentos de matas nativas, como a vegetação de restinga ao longo da orla, intercaladas com áreas urbanizadas arborizadas, abrangendo diversos corpos de água de origem natural e artificial que deságuam no oceano.

As principais atividades econômicas deste município estão relacionadas ao turismo e ao veraneio, sendo as maiores geradoras de empregos para a população entre o período de dezembro e março. A atividade industrial não é predominante, apesar da instalação no município da Unidade *OffShore* Techint Engenharia e Construção S/A (25°32'S/48°21'W) que visa a construção de plataformas de petróleo (PONTAL DO PARANÁ, 2016). As condições favoráveis à navegação nesta região o destacam quanto ao interesse por novos terminais portuários em um futuro próximo, o que pode transformar a base da economia do município como um todo.

Contíguo a Pontal do Paraná, o município de Matinhos tem uma população estimada de 32.591 habitantes (IBGE, 2015) distribuídos numa área territorial de 116,544 km² (ITCG, 2015). Por seu caráter turístico, no período de verão, Matinhos recebe cerca de 300.000 veranistas, distribuídos ao longo dos 29 balneários, que ocupam cerca de 20 km de orla (PROJETO ORLA, 2006). Esta orla é caracterizada pelo seu alto grau de urbanização quando comparada à Pontal do Paraná, com áreas de verticalização.

Segundo Sampaio (2006) os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná apresentaram um crescimento populacional considerável nos últimos 30 anos. A ocupação destes locais ocorreu em grande parte, em manguezais, restingas, zonas de maré, margens de rios e encostas de morros. São diversos os registros, computados pela Defesa Civil, de inundação urbana com desabrigados e prejuízos econômicos pela destruição das edificações localizadas à beira-mar.

2.2 CARACTERIZAÇÃO FÍSICA

Entre os sopés da Serra do Mar e o oceano estende-se a planície litorânea ou planície costeira, formada durante as oscilações do nível relativo do mar (NRM) ao longo do período Quaternário. No Paraná, esta planície possui um comprimento de aproximadamente 90 km, com largura máxima de 55 km na região de Paranaguá e uma altitude inferior aos 20 m em relação ao nível do mar, alcançando as maiores altitudes no sopé da Serra do Mar. A planície está recortada pelo Complexo Estuarino de Paranaguá (CEP) e pela Baía de Guaratuba que apresentam diversas baías, enseadas e ilhas que formam uma configuração geomorfológica ímpar no litoral brasileiro. O CEP, pela sua evolução quaternária inclui as Baías de Paranaguá, das Laranjeiras e dos Pinheiros; as ilhas do Mel, das Peças, da Cotinga e Rasa da Cotinga, enquanto que a baía de Guaratuba apresenta um conjunto de ilhas menores, localizadas ao sul do litoral paranaense (ANGULO,1992).

Os afloramentos rochosos observados na costa paranaense constituem-se de ilhas compostas por rochas relativas ao Complexo Cristalino, margeadas pela planície sedimentar (BIGARELLA *et al.*, 1978) onde se destacam as ilhas dos Currais e Itacolomis (MAACK, 1968). Em Matinhos, ocorre um dos únicos afloramentos rochosos junto a atual linha de costa, o qual forma dois pontais rochosos: a Ponta de Matinhos e o Morro de Caiobá.

Por sua vez, Pontal do Paraná está inteiramente localizado sobre a planície costeira da Praia de Leste, onde podem ser observados dois afloramentos rochosos principais: um no extremo oeste, que condiz a uma pequena elevação topográfica, e o outro, constitui-se de pequenas partes de sopés de dois morros, que se localizam inteiramente em Matinhos (ANGULO; SOUZA, 1999). Outras ocorrências de rochas estão localizadas nas ilhas da Galheta e do Mel que pertencem aos municípios de Guaraqueçaba e Paranaguá, respectivamente.

As oscilações sucessivas do NRM produziram uma infinidade de feições costeiras de pequeno porte, das quais podem ser destacados os cordões litorâneos (BIGARELLA, 1946), que apresentam sucessões entre cristas e depressões, constituindo áreas alagadas e pequenas lagoas

(ANGULO, 2004), que ao desembocarem nas praias formam cursos de água na forma de sangradouros.

De acordo com Angulo (1992), no litoral do Paraná existem duas bacias hidrográficas principais, Paranaguá e Guaratuba que são compostas por sub-bacias que drenam menores volumes de água e deságuam diretamente no mar (Rio Saí-Guaçu, localizado ao sul do litoral e a do mar de Ararapira ao norte). A maioria dos rios entre os balneários Praia de Leste e Pontal do Sul são considerados sangradouros, por serem sustentados pelo nível mais elevado das marés e pelo nível freático da água subterrânea. Quando ocorre a redução do nível da maré passam a ser alimentados pelas águas pluviais e pelo fluxo do lençol freático.

A batimetria da plataforma continental interna do Paraná varia entre os -5 e os -15 m (VEIGA *et al.*, 2004), onde o talude é suave pela ausência de grandes obstáculos rochosos para a propagação das ondas em direção da costa (SANTOS FILHO, 2009). Na região de desembocadura do CEP há uma inflexão na batimetria originada pela presença do delta de maré vazante, que diminui a ação erosiva das ondas nas praias dessa região (LAMOUR *et al.*, 2007). No entanto, na região que compreende o balneário Shangri-lá ocorre um aprofundamento da batimetria próxima à costa, possibilitando o ataque direto das ondas nas praias dessa região (NEMES, 2011).

Os fenômenos atmosférico-ocêânicos El Niño e La Niña interferem nos padrões de ventos em escala global, e que por sua vez, afetam os regimes de chuvas nas regiões tropicais e de latitudes médias. Na região sul, o El Niño causa aumento das precipitações, principalmente nos meses de maio a julho, e aumento na formação de frentes frias e ocorrências de ressacas na costa sul e sudeste. Nos períodos de ocorrência de La Niña ocorrem situações opostas, com diminuição nas precipitações, gerando secas intensas e diminuição na formação de frentes frias (CPTEC/INPE, 2016).

Na maior parte do ano, o Anticiclone do Atlântico Sul controla a atmosfera na costa paranaense, na qual as massas polares são dominantes no inverno e a massa tropical atlântica mais atuante no verão (VANHONI; MENDONÇA, 2008). A pluviometria subdivide-se em uma estação típica de chuva entre o final da primavera e do verão, e uma estação seca compreendida entre outono e inverno, usualmente interrompida por um curto e fraco período

de chuva no início do inverno (LANA *et al.*, 2001). Os ventos mais intensos que atingem a costa a partir do quadrante S possuem um giro sazonal de E-SE-S e atuam com maior intensidade entre os meses de junho e agosto, ocasionado pela maior ação das frontogêneses, que no restante dos meses do ano predominância de E e SE (OLIVEIRA; DOURADO, 2010).

Segundo Nemes (2011), os ciclones subtropicais são os sistemas que contribuem efetivamente para a incidência de ondas de alta energia no litoral do Paraná. Assim, a direção de propagação das ondas na plataforma interna é SSE, sendo dominada por ondas de alta frequência formadas por ventos próximos à costa. Esta incidência de ondas de SSE gera uma corrente de deriva longitudinal que flui com sentido NE, evidenciado pela orientação das desembocaduras dos rios e pela morfologia dos deltas de maré vazante dos estuários de Guaratuba e Paranaguá (ANGULO, 1992; BIGARELLA *et al.*, 1978). O regime de marés da área de estudo foi caracterizada por Marone *et al.* (1997) como semidiurno, onde as preamares e baixa-mares se alternam a cada 6 horas, com uma amplitude de aproximadamente 1,5 m, caracterizando um comportamento de micromarés.

A costa oceânica central paranaense abrange o Arco Praial de Praia de Leste, possui uma orientação aproximada de SW-NE e contém os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná (ANGULO *et al.*, 2009). Quadros (2002) classificou as praias contidas neste arco como intermediárias e dissipativas na porção sul e central, refletivas dependendo das condições marítimas, e como dissipativas na porção norte, devido à proximidade da desembocadura do CEP. Com relação à granulometria dessas praias, Novak *et al.* (2016) afirmam que ocorrem areias finas a médias e com bom selecionamento dos grãos.

Angulo (1993) afirma que estas praias que são influenciadas por mar aberto e dominadas por ondas e correntes de deriva longitudinal, apresentam equilíbrio dinâmico sem evidências de variações significativas no período compreendido entre 1953 e 1993. Já as praias com influência de desembocadura, apresentaram instabilidade, quando a região do Balneário de Pontal do Sul apresentou uma progradação em torno de 700 m, no mesmo período. No entanto, Noernberg (2001) a partir da análise de imagens de satélite, a partir do ano de 1997, concluíram que o Balneário Pontal do Sul

apresentou um comportamento erosivo, com recuos superiores a 200 m entre os anos de 1997 e 2000.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 GEOMORFOLOGIA COSTEIRA

O ambiente costeiro é complexo, já que é influenciado por processos marinhos e terrestres, que interagem entre si por meio de variáveis físicas, químicas, biológicas, climáticas e antrópicas, estabelecendo um equilíbrio dinâmico (SOUZA, 2009). Inseridas neste ambiente, estão as praias, que de uma forma ampla, podem ser definidas como zonas de depósito de sedimentos situadas entre o continente e o oceano formadas por processos físicos, como ondas e marés.

Short (1999) afirma que para a formação das praias são necessários dois componentes primordiais: sedimentos e ondas. Para este autor, praia é a acumulação de sedimentos depositados pela ação do mar, tendo como limites a base da ação das ondas e o seu espraiamento. Isto é, a máxima profundidade que pode transportar sedimentos em direção ao continente e o alcance máximo das ondas como a demarcação terrestre da ação subaérea de ondas, onde ocorre o transporte efetivo de sedimentos.

Portanto, as praias possuem limites que não são fixos e podem mudar temporalmente pela ação do clima de ondas da região e volume de sedimentos que são transportados (PEREIRA; SOARES-GOMES, 2009). Além disso, a faixa praial possui diversas subdivisões descritas pela literatura, como a sugerida por Angulo (1996), que a partir de uma compilação bibliográfica, propôs uma padronização na terminologia dos ambientes e subambientes litorâneos a partir de um perfil hipotético. Foram consideradas as variações relativas do nível do mar em curto prazo geradas pela ação de ondas, marés e tempestades, aspectos morfológicos e sedimentológicos. Dessa maneira, o sistema praial foi dividido em cinco subambientes: pós-praia (*backshore*), antepraia (*foreshore*), face litorânea (*shoreface*), zona de transição litoral-costa afora (*transition-offshore*) e plataforma continental (*continental shelf*) (Figura 2).

O pós-praia, tem seu limite superior marcado por uma mudança morfológica, como dunas ou falésias, e seu limite inferior é marcado no alcance

máximo do espraiamento das ondas, durante tempestades ou condições de preamares de sizígia. Segundo Souza *et al.* (2005) é nesta zona da praia que se formam as feições denominadas bermas. Short (1999) as define como feições acrescivas planas com mergulho abrupto, resultado da deposição/erosão de sedimentos pelas ondas, que se formam no limite máximo do seu espraiamento, podendo ser construídas e destruídas durante e após tempestades. Outras feições que também podem ocorrer nesta região são as escarpas de praia, que para Schwartz (2005) são feições formadas pela erosão da antepraia e pós-praia durante eventos de tempestades. São aproximadamente verticais variando de centímetros a poucos metros, dependendo do caráter de atuação das ondas.

A antepraia está localizada entre o pós-praia e a face litorânea, cujo limite refere-se ao espraiamento das ondas de preamar médio e o nível médio de baixa-mar. De acordo com Moura (2012), é nesta zona que se pode verificar a presença de cúspides praias (Figura 3), barras arenosas (barras longitudinais/bancos de areia que são depósitos de areia dispostos paralelamente à praia) e cavas (estruturas formadas pela escavação do fundo da antepraia). Cúspides praias são feições morfológicas que alteram a linearidade da praia com projeções e reentrâncias, podendo ser únicas ou isoladas ao longo do arco praias (KOMAR, 1998). Geralmente ocorrem na antepraia, sendo encontradas sobre ou próximas à linha de maré alta de sizígia (EVANS, 1938). Por sua vez, as barras longitudinais são depósitos arenosos formados pela ação das ondas que em períodos de marés de sizígia com amplitudes menores ficam expostos, e em nível de maré alta, remobilizam os sedimentos de fundo (KOMAR, 1998).

A face litorânea localiza-se entre o antepraia e a zona de transição costa-afora, sendo seu limite hidrodinâmico o nível médio de baixa mar e a média da ação das ondas de bom tempo. A zona de transição litoral-costa afora se situa entre a face litorânea e costa afora, que são definidas pela média de base das ondas de bom tempo e a média de base das ondas de tempestade (ANGULO, 1996).

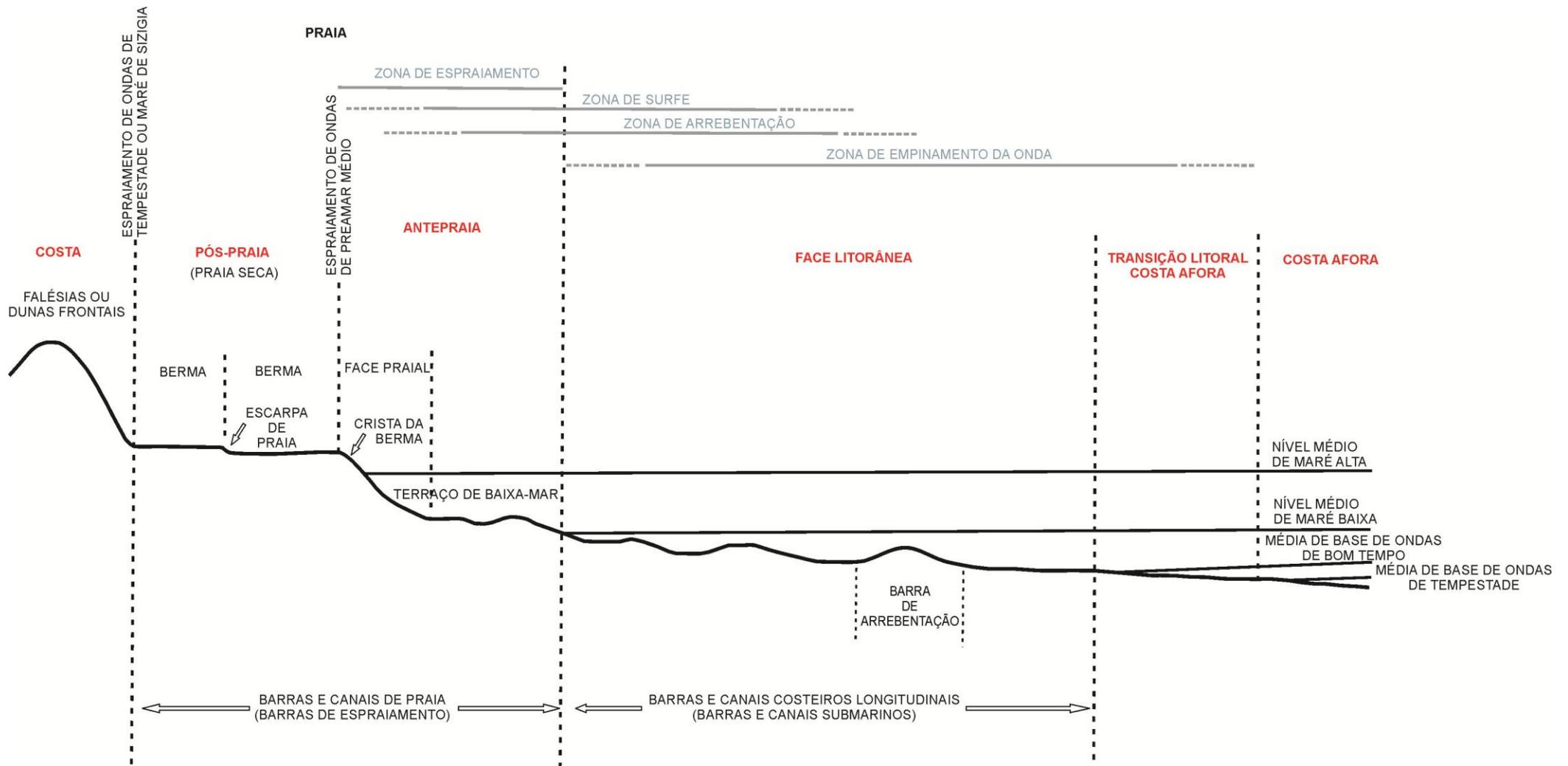


Figura 2: Nomenclatura dos subambientes de uma praia e os seus limites em um perfil praiar hipotético (Modificado Angulo, 1996).

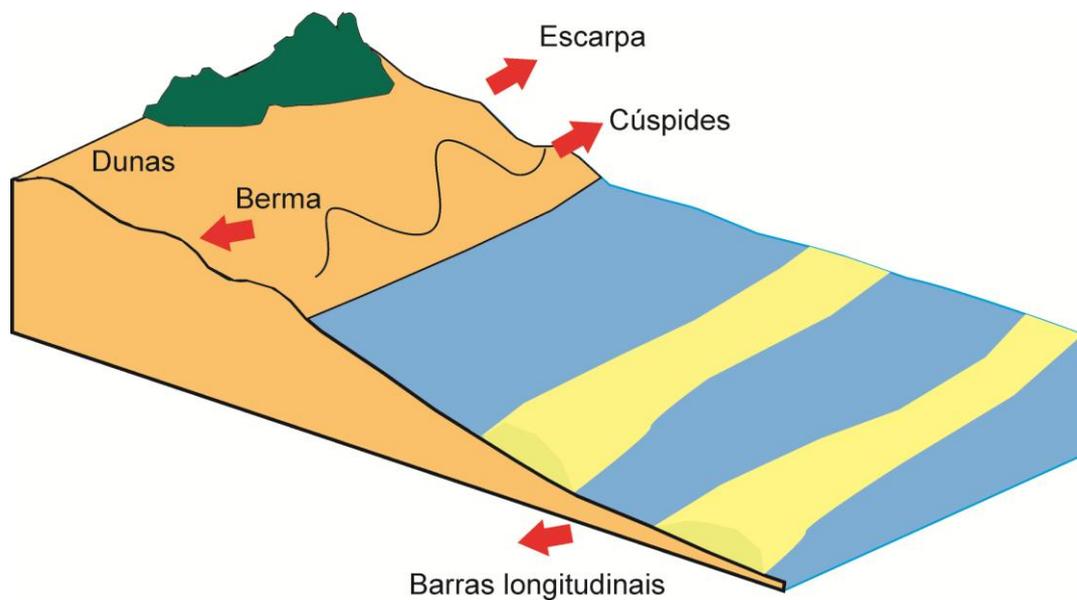


Figura 3: Representação das feições geomorfológicas encontradas em uma praia (Fonte: A autora, 2016).

Em uma escala curta de tempo, as mudanças morfológicas ocorrem devido a uma adaptação da praia às condições meteorológicas e oceanográficas. Como exemplo, a passagem de uma frente fria, aumenta a intensidade das ondas geradas por ventos que chegam à costa, quando ocorre a retirada dos sedimentos da parte emersa da praia (pós-praia), e deposição na parte submersa (antepraia/face litorânea) formando bancos de areia. Após a passagem da frente fria, com a ação de ondas de menor intensidade, os sedimentos são devolvidos à praia, o banco de areia se desfaz ao mesmo tempo em que a berma é construída, e o perfil retorna ao equilíbrio progressivamente (SHORT, 1999).

Nesse sentido, a morfodinâmica praias pode ser entendida como o produto da interação entre os tipos de sedimentos e a atuação das forçantes ao longo do tempo. As respostas a estas interações ocorrem em anos ou décadas, como no caso do transporte longitudinal de sedimentos pelas correntes de deriva litorânea, ou até mesmo diariamente, como no caso do transporte gerado pelas correntes de retorno. Contudo, as variações mensais que ocorrem no perfil praias são provenientes das modificações no padrão das ondas de tempestade e de bom tempo (BIRD, 2008; SHORT, 1999) sendo uma resultante de vários eventos consecutivos.

Uma praia varia suas características granulométricas e morfológicas pelos agentes costeiros. Por meio da avaliação destes agentes que interferem ao longo de um período pode-se classificar as praias de acordo com o estágio morfodinâmico.

Neste sentido, Wright e Short (1984) propuseram um modelo que descreve a variabilidade espacial dos tipos de praia, classificando-as em seis estágios morfodinâmicos de acordo com a altura das ondas e o diâmetro médio dos sedimentos formadores das praias. A classificação resultante divide-se em dois extremos, o dissipativo e o refletivo, e em quatro estágios intermediários (Figura 4).

As praias refletivas são caracterizadas pela ocorrência de areias grossas a médias, gradientes topográficos acentuados, e arrebentação das ondas ascendente, ou seja, ocorre grande descarga de energia das ondas sobre a praia em períodos curtos de tempo. As praias dissipativas, por sua vez, possuem declividade suave conjugada com areias finas e ondas que dissipam a energia por uma longa zona de surfe. Os estágios intermediários envolvem tanto o dissipativo quanto o refletivo, dependendo do declínio de energia das ondas e do aumento do diâmetro médio dos grãos. Assim, a sua subdivisão considera as formas do relevo submerso como: Barras e Cavas Longitudinais, Bancos Rítmicos e Praia, Banco Transversal em Cúspide e Terraço de Maré Baixa. As características gerais desses estágios são areias médias a finas, a arrebentação varia de mergulhante a deslizante, e há presença de uma ou mais barras (WRIGHT; SHORT, 1984).

As barras e cavas longitudinais e bancos rítmicos e praia são formados a partir de um perfil com características dissipativas, numa sequência acrescional, formando bancos e cavas. As ondas incidentes quebram de maneira progressiva no banco para reformar-se na cava e seguir sobre a praia até a nova quebra, desta vez de forma abrupta e turbulenta. Dessa forma, a porção proximal do perfil é uma região caracterizada como refletiva, não observada na porção distal (SHORT, 1999).

No estágio banco transversal em cúspide ocorre o desenvolvimento de correntes de retorno, particularmente quando as extremidades dos bancos se unem à porção subaérea da praia. Além disso, são formadas feições como cúspides na face praial pelo espriamento das ondas.

O último estágio intermediário, terraço de maré baixa, é caracterizado por um perfil plano na maré baixa, precedido por uma face praial íngreme em condições de maré alta. Dessa forma, na maré alta a praia tem características tipicamente refletivas, enquanto na maré baixa adquire um perfil dissipativo. Ainda podem ser observadas correntes de retorno menos intensas (WRIGHT, 1999).

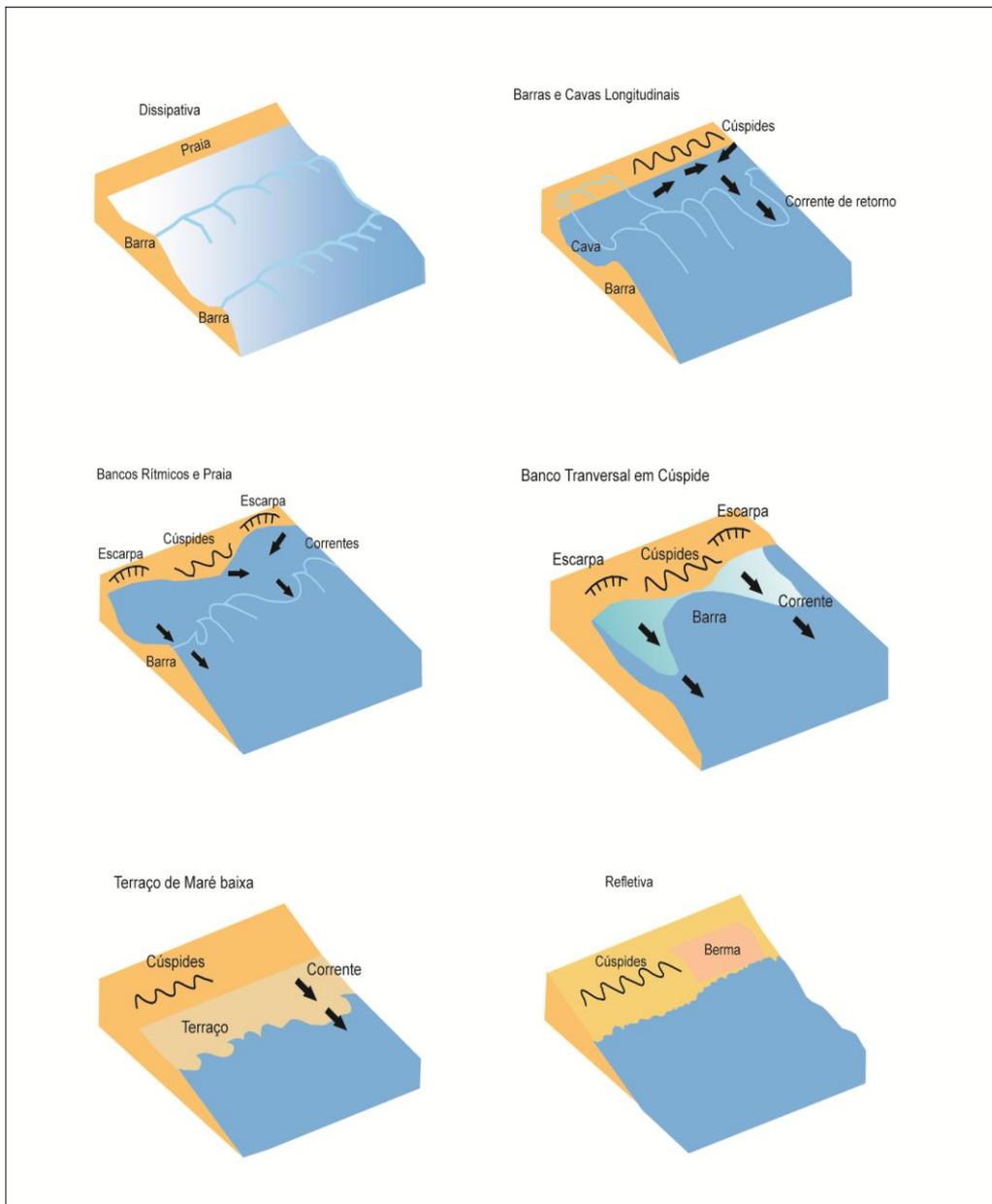


Figura 4: Representação em perfil dos 6 estágios morfodinâmicos por Wright; Short (1984) (Adaptado SHORT; WOODROFFE,2009)².

² Short, A.D., Woodroffe, C.D., 2009. *The Coast of Australia*. Cambridge University Press, Melbourne, 288 pp.

3.1.1 Erosão costeira

Como ambientes dinâmicos, as praias estão submetidas a um complexo sistema de forçantes e processos, os quais as moldam. Bird e Schwartz (1985) afirmam que a estabilidade de uma praia é resultado das forçantes que agem igualando perda e ganho de sedimentos. No entanto, tal equilíbrio nem sempre é possível, sabendo que a ideia deste equilíbrio em uma praia natural não é mantida ao longo do tempo geológico.

Segundo Souza (2009) o balanço sedimentar refere-se às perdas e ganhos de sedimentos no ambiente praial. Estas trocas podem ser realizadas entre a praia e o continente, por meio de rios, canais de maré, dunas e terraços marinhos adjacentes, e pela plataforma continental por meio das correntes de deriva litorânea e de retorno. Além destas fontes, as ações antrópicas também podem se tornar agentes diretos destas trocas, como por meio da retirada de areia por atividades de mineração e por projetos de alimentação artificial de praias (Figura 5).

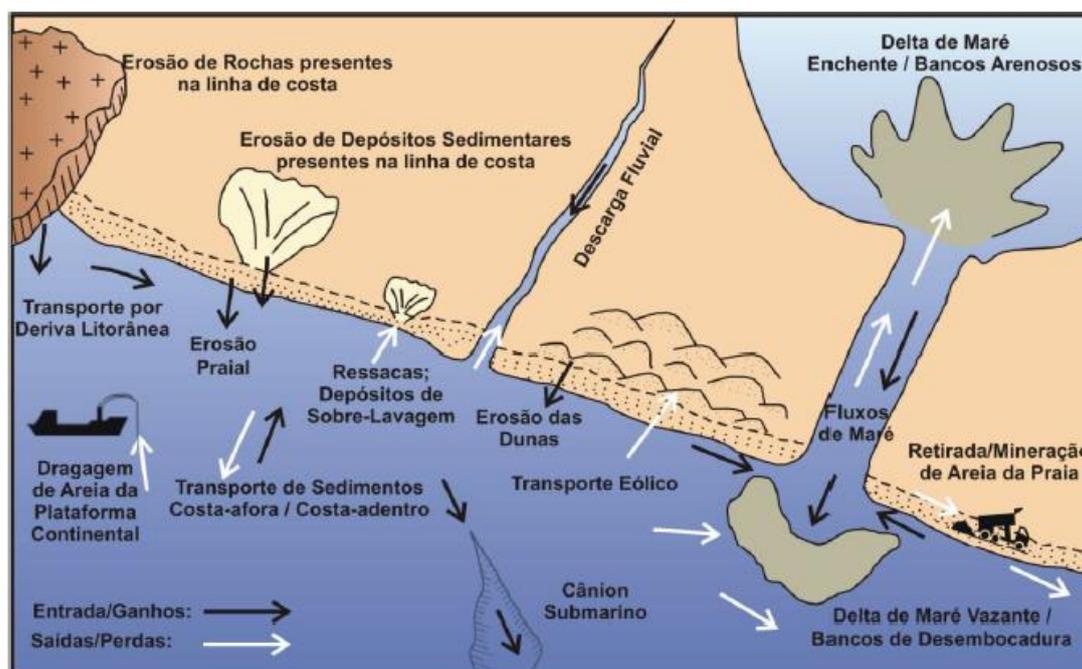


Figura 5: Diferentes fontes de sedimentos encontradas em um ambiente praial (SOUZA, 2009)³.

³ SOUZA, C.R. de G. 2009. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: causas, consequências, indicadores de monitoramento e risco. In: Bononi, V.L.R., Santos Junior, N.A. (Org.), **Memórias do Conselho Científico da Secretaria do Meio Ambiente: a síntese de um ano de conhecimento acumulado**, pp.48-69, Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

Nesse sentido, existem dois conceitos importantes relacionados ao balanço sedimentar a erosão e a progradação costeira. Conforme Suguio (1998) a progradação da linha de costa pode ser entendida como um mecanismo de avanço em direção ao mar, relacionado aos processos de sedimentação marinha litorânea ou fluvial.

Do ponto de vista geológico, a erosão costeira pode ser entendida como a retirada de sedimentos da costa, sendo originada pela variação do nível do mar, modificação no regime de ondas que chegam à costa, ou como uma resposta morfodinâmica às atividades humanas a exemplo de portos, espigões e quebra-mares (MUEHE, 2006). Sob o ponto de vista da gestão costeira, é tida como um conflito de espaço, onde de um lado estão as forças naturais que agem moldando a linha de costa (tempestades, elevação do nível do mar, balanço de sedimentos) e de outro está o ser humano que atua para fixá-la, com o objetivo de proteger o patrimônio público e privado, ameaçados por problemas erosivos (KOERNER *et al.*, 2013).

Souza (2009) aponta diversos fatores naturais e antrópicos que desencadeiam o processo de erosão costeira (Quadro 1). Dentre eles, pode-se destacar a fisiografia costeira relativa aos pontais rochosos, que podem reter os sedimentos nas suas “zonas de sombra”; as desembocaduras fluviais e a dinâmica de circulação costeira, sob a forma de células de circulação que podem funcionar como armadilhas de sedimentos e balanço sedimentar atual negativo, referente à combinação de processos físicos costeiros.

Como causas antrópicas, pode-se apontar o avanço da urbanização sob a região do pós-praia, a construção de estruturas rígidas para a contenção de processos erosivos, a retirada de areia da praia por meio da limpeza pública e/ou mineração (SOUZA, 2009). Muehe (2006) afirma que a intervenção antrópica nos processos costeiros, assim como a urbanização da orla são as principais causas antrópicas, pois, a construção de edificações dentro da área de resposta dinâmica da praia às ressacas tende a ser retomada pelo mar.

Como principais consequências deste fenômeno para a zona costeira pode-se elencar a redução da largura da praia, e com o passar do tempo o desaparecimento da praia; perda e desequilíbrio de habitats naturais como manguezais e restingas que bordejam praias e costões rochosos; aumento da intrusão salina no aquífero costeiro e nas drenagens superficiais da planície

costeira; aumento na frequência das inundações costeiras causadas por ressacas ou períodos de marés de sizígia; perda de propriedades e bens públicos e privados construídos ao longo da linha de costa; destruição de obras costeiras como enrocamentos, espigões e molhes; perda do valor paisagístico da praia; perda do valor imobiliário das habitações e prejuízos nas atividades socioeconômicas relacionadas ao turismo e lazer na praia (SOUZA, 2009).

Sendo assim, a erosão costeira torna-se um problema quando coloca em risco os usos e as atividades humanas causando prejuízos econômicos. No entanto, mesmo quando este fenômeno ocorre em praias não urbanizadas deve ser motivo de preocupação para o poder público e pesquisadores, visto que importantes áreas naturais, a exemplo de Áreas de Preservação Permanente (APPs) podem ser comprometidas (SOUZA, 2009).

Quadro 1: Relação das principais causas naturais e antrópicas da erosão costeira no Brasil (Fonte: Souza, 2009).

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

A discussão sobre a erosão costeira no litoral brasileiro é muito abrangente (SOUZA, 2009; CASTRO *et al.*, 2011; LINS DE BARROS; MUEHE, 2010), sendo observados processos de erosão de diversas magnitudes, no qual na maioria dos casos são intensificados pela ação humana, que age modificando a morfodinâmica e o aporte de sedimentos nas praias (MUEHE, 2006).

Muehe (2006) a partir da análise de trabalhos sobre erosão e progradação do litoral brasileiro assinalou que a erosão predomina sobre a deposição na linha de costa, nos quais 40% de registros de erosão foram em praias, 20% nas falésias sedimentares e 15% nas desembocaduras fluviais. Já os registros de progradação representam 10% em praias e 15% em desembocaduras fluviais e estuarinas.

No litoral do Paraná, Angulo e Andrade (1981) atribuíram como uma das causas do desencadeamento dos processos erosivos no trecho sul do estado do Paraná, a construção de uma avenida à beira-mar na década de 1950 que ocupou parte da praia e alterou sua curvatura natural.

Ribeiro *et al.* (2013) analisaram a vulnerabilidade à erosão costeira em uma praia do litoral norte de São Paulo a partir de nove indicadores sendo eles: largura da praia, posição da linha de costa, presença de rios/ desembocaduras, elevação do terreno, vegetação e obras de engenharia costeira, taxa de ocupação e permeabilidade do solo. Apesar de a ocupação humana ser um fator preponderante no desencadeamento dos processos erosivos, nesta pesquisa este fator não contribuiu para o agravamento destes processos, pois em anos que a ocupação da orla esteve crescente, ocorreu predominância de baixas vulnerabilidades. Os autores apontam que a maior contribuição para o agravamento da erosão está no comportamento da corrente de deriva litorânea que carrega sedimentos da área central da praia para regiões adjacentes.

No contexto internacional, Rangel-Buitrago *et al.* (2015) a partir da análise das variações da linha de costa extraídas de imagens de satélites (1980- 2014) realizaram uma discussão a cerca das causas e magnitudes da erosão costeira na costa colombiana caribenha. Os resultados mostraram que 50% desta costa encontra-se sob sérios problemas erosivos. Os autores apontam como possíveis causa a combinação de fatores como o balanço sedimentar negativo, ondas extremas, destruição de ecossistemas costeiros,

aumento do nível do mar, e fatores como as atividades humanas na forma de construções sobre a orla, mineração ilegal e construções de espigões.

3.2 INDICADORES DE EROÇÃO COSTEIRA

De acordo com a Organização para Cooperação Econômica e Desenvolvimento (*Organisation for Economic Cooperation and Development*-OECD, 1993) indicadores são parâmetros que provêm informações, descrevendo o estado de um determinado fenômeno, ambiente ou área com uma significação que vai além do que está intrinsecamente associado ao valor de um parâmetro.

Aubry e Elliot (2006) afirmam que um indicador é um parâmetro qualitativo que caracteriza a condição atual de um elemento do ambiente ou ao longo de um período. Eles ainda argumentam que os indicadores apresentam três funções básicas: simplificar, quantificar e comunicar. Simplificar no sentido de entre os diversos elementos de um determinado ambiente, alguns indicadores são selecionados de acordo com a sua relevância para caracterizar o estado geral deste ambiente. Para quantificar o valor de um indicador é comparado com valores de referência de ambientes que não sofrem por determinado problema ou altamente impactados. E a última função, a de comunicar está relacionada ao uso de indicadores para facilitar a comunicação sobre questões ambientais para a população e tomadores de decisão, promovendo o intercâmbio de informações e comparação de padrões espaciais e temporais.

Indicadores são uma ferramenta importante para avaliações de risco de processos erosivos que dão suporte à gestão integrada da zona costeira, podendo ser utilizados para estimar potenciais impactos provenientes de atividades antrópicas e fatores naturais na zona costeira (NRC⁴, 1993; TURNER & ADGER⁵, 1995 *apud* SOUZA, 2009a).

Algumas pesquisas apresentam indicadores para avaliar o risco e vulnerabilidade à erosão costeira partindo das características das praias, como

⁴ NRC - National Research Council (1993) – *Managing wastewater in coastal urban areas*. National Academy Press, 478p., Washington, D.C., U.S.A.

⁵ Turner, R.K. & Adger, W.N. (1996) - *Coastal zone resources assessment guidelines*. LOICZ (Land-Ocean Interactions in the Coastal Zone), LOICZ Reports & Studies nº 4. 101p., Texel, Holanda.

observado nos trabalhos de Souza (1997, 2009), Dal Cin e Simeoni (1994), Bush *et al.* (1999).

Dessa maneira, a seguir serão apresentados os elementos naturais e antrópicos que foram utilizados como indicadores na classificação da orla paranaense quanto ao risco à erosão costeira.

3.2.1 Sangradouros

Sangradouros são cursos d'água que fluem a partir da planície costeira em direção ao mar, cruzando as dunas frontais e a face praial promovendo o transporte de volumes consideráveis de sedimentos para a zona de arrebenção (CALLIARI; PEREIRA DA SILVA, 1998). Laube (2012) afirma que devido à erosão de feições como as dunas frontais e bermas e a disponibilização de sedimentos na forma de bancos arenosos, ocorre alteração da morfodinâmica praial e variações da posição da linha de costa em escala local. Para Serpa (2008) esta capacidade de transporte de sedimentos os diferencia, sob o ponto de vista geomorfológico, de outros corpos d'água costeiros de pequena dimensão (menores que 100 m de largura).

Serpa (2008) ainda afirma que esses cursos de água estão condicionados aos fatores climáticos, à granulometria (quanto mais finos os sedimentos menor a capacidade de percolação da água, portanto, maior a permanência dos sangradouros no perfil praial), aos eventos meteorológicos extremos, declividade da praia e a profundidade do nível freático da água subterrânea, podendo ainda ser diferenciados entre naturais e antrópicos.

No geral, os naturais surgem a partir dos brejos intercordões formados na planície costeira, os quais drenam as águas pluviais acumuladas nos cordões litorâneos, rompendo no perfil praial na forma de sangradouros (PEREIRA DA SILVA, 1998). Os de origem antrópica estão relacionados a galerias de escoamento pluvial, e como afirmam Figueiredo e Calliari (2005) são mais frequentes em áreas balneárias, onde há avanço da urbanização e a decorrente pavimentação urbana, diminuindo assim a área de infiltração, sendo essas águas extravasadas para a praia na forma de sangradouros.

Nesse sentido, os sangradouros ainda podem ser subclassificados em tipos, considerando a sua distribuição espacial, suprimento de água e

comportamento dinâmico ao longo do tempo em efêmeros, intermitentes e permanentes. Assim, a formação de sangradouros efêmeros está condicionada à ação imediata da pluviosidade, desaparecendo episodicamente assim que a pluviometria diminui. Os de caráter intermitente surgem e desaparecem de acordo com os fatores climáticos sazonais, enquanto que os permanentes possuem fluxo ativo durante o ano todo, não dependendo das condições climáticas para a sua ocorrência (PEREIRA DA SILVA, 1998).

Estudos relacionados aos sangradouros e à morfodinâmica praial no litoral do brasileiro são relativamente recentes (PEREIRA DA SILVA, 1995, 1998; PEREIRA DA SILVA *et.al*, 2003; FIGUEIREDO E CALLIARI, 2005; LAUBE, 2012). Em geral, os trabalhos contemplam as praias do litoral sul, onde estas feições costeiras são mais frequentes, fornecendo sedimentos das dunas para a costa, resultando na redução dos cordões de dunas (FIGUEIREDO *et al.*, 2007). Apesar destes resultados, Laube (2012) concluiu que o aporte sedimentar gerado por estes corpos de água para o perfil praial é bastante reduzido, o que implica em uma pequena influência no sistema praial. Assim, fica clara a variabilidade espacial e dinâmica destas feições ao longo do litoral sul do Brasil, contudo, ambos os trabalhos concluem que esta feição tem a capacidade de rebaixar o terreno por erosão, o que facilita de sobremaneira a penetração das ondas na planície costeira.

3.2.2 Vetores de tendência de transporte sedimentar

O transporte de sedimentos em ambientes costeiros é complexo sendo caracterizado por vários agentes e processos que atuam simultaneamente. Esta diversidade de fatores interfere na capacidade de deposição e consequentemente na distribuição espacial dos sedimentos e suas características.

A variação espacial das características dos sedimentos na direção do transporte é denominada tendência granulométrica, sendo representada por meio da variação de parâmetros como, por exemplo, o diâmetro médio de grão (CARMO, 2006). Le Roux *et al.* (2002) afirmam que os métodos de identificação de transporte sedimentar foram desenvolvidos baseados nas relações entre as características granulométricas, tendo como suposição que

certas tendências são predominantes na direção do transporte, usados para a determinação destes padrões de dispersão dos sedimentos.

Nesse sentido, o conhecimento a cerca dos padrões de transporte sedimentar são cruciais para planejamento de diversas obras costeiras (LE ROUX *et al.*, 2002). Acrescenta-se a importância deste conhecimento em estudos ambientais que tem o objetivo de compreender a dinâmica sedimentar local e sua correlação com diversas variáveis do ambiente.

Diversos autores (McLaren e Bowles, 1985; Gao e Collins, 1991; 1992; Le Roux, 1994; Gao, 1996) utilizaram os parâmetros granulométricos para entender as tendências de transporte sedimentar nas últimas décadas. Os conceitos básicos foram observados por McCave (1978) que concluiu que o tamanho das partículas dos sedimentos varia ao longo das correntes de deriva longitudinal, diminuindo o seu diâmetro no sentido do transporte, devido à perda dos sedimentos que se depositam ao longo do transporte. Assim, McLaren (1981) desenvolveu um modelo de transporte de sedimentos baseado nas variações dos parâmetros estatísticos granulométricos (diâmetro médio, grau de seleção e assimetria), afirmando que as relações texturais dos sedimentos seguem três premissas: 1) o depósito é produto de uma única fonte sedimentar; 2) a probabilidade dos processos de transporte sedimentar mover os grãos mais finos e leves é maior do que a de mover os grãos mais grossos e pesados; e 3) a probabilidade dos grãos mais grossos e pesados serem depositados da massa sedimentar em transporte é maior do que a dos grãos mais finos e leves.

O modelo apresentado por McLaren e Bowles (1985) determina a direção do transporte sedimentar ao longo de uma linha de amostragem, comparando os parâmetros estatísticos granulométricos de pares possíveis entre as características granulométricas (Tabela 1). No entanto, foram considerados dois casos predominantes no sentido do transporte: 1) o depósito será mais fino, melhor selecionado e com assimetria mais negativa que a fonte; e 2) o depósito será mais grosso, melhor selecionado e com assimetria mais positiva que a fonte.

Tabela 1: Possibilidades de casos de tendência de transporte pela combinação de parâmetros granulométricos (F = mais fino; C = mais grosso; B = melhor selecionado; P = pior selecionado; + =assimetria mais positiva, - = assimetria mais negativa (MCLAREN; BOWLES, 1985).

Tendência	Diâmetro médio	Grau de seleção	Grau de Assimetria
FP-	$\mu_1 < \mu_2$	$\sigma_1 < \sigma_2$	$Sk_1 > Sk_2$
FP+	$\mu_1 < \mu_2$	$\sigma_1 < \sigma_2$	$Sk_1 < Sk_2$
FB-	$\mu_1 < \mu_2$	$\sigma_1 > \sigma_2$	$Sk_1 > Sk_2$
FB+	$\mu_1 < \mu_2$	$\sigma_1 > \sigma_2$	$Sk_1 < Sk_2$
CP-	$\mu_1 > \mu_2$	$\sigma_1 < \sigma_2$	$Sk_1 > Sk_2$
CP+	$\mu_1 > \mu_2$	$\sigma_1 < \sigma_2$	$Sk_1 < Sk_2$
CB-	$\mu_1 > \mu_2$	$\sigma_1 > \sigma_2$	$Sk_1 > Sk_2$
CB+	$\mu_1 > \mu_2$	$\sigma_1 > \sigma_2$	$Sk_1 < Sk_2$

Estas relações foram utilizadas por Gao e Collins (1994) para elaborar o *software Grain Size Trend Analysis* (GSTA) em linguagem FORTRAN, que incluiu duas novas tendências de transporte (FB- e CB+). Outra novidade desta proposta foi a inserção do conceito de vetores de tendência de transporte sedimentar, que definiu uma grade de vetores, ao comparar os parâmetros granulométricos entre estações circunvizinhas. Posteriormente, Chang *et al.* (2001) sugeriram a inserção de um filtro estatístico (teste t) para a seleção de vetores mais significativos, denominando esta modificação de *Grain Size Trend Analysis with Significance Test* (GSTAST).

3.2.3 Urbanização da Zona costeira

As definições para Zona Costeira (ZC) podem basear-se em características físicas, aspectos demográficos, funções ecológicas e/ou geográficas (GRUBER *et al.*, 2003). Para Rodríguez & Windevoxel (1998) a definição mais básica e aceita é de que ZC “é uma área terrestre influenciada pela sua proximidade com o oceano e uma área marítima que recebe influência terrestre”. Portanto, a ZC pode ser considerada como uma região de contrastes, pois, está submetida a forte pressão por diversas formas de uso e ocupação do solo. Nesta área, conformam-se processos acelerados de urbanização, atividades portuárias e industriais, além da exploração turística em larga escala (GRUBER *et al.*, 2003).

Para a Comissão Interministerial para os Recursos do Mar (CIRM) a ZC é definida como o espaço geográfico onde há interação do ar, mar e terra,

incluindo os recursos ambientais, e que abrange as faixas marinha e terrestre com as seguintes delimitações:

- Faixa Marítima: é a faixa que se estende mar adentro distando 12 milhas marítimas das Linhas de Base estabelecidas de acordo com a Convenção das Nações Unidas sobre o Direito do Mar, compreendendo a totalidade do Mar Territorial.

- Faixa Terrestre: é a faixa do continente formada pelos municípios que sofrem influência direta dos fenômenos que ocorrem na ZC (CIRM, 1997).

Segundo Moraes (2007), foi a partir do final de década de 1950 que ocorreu uma mudança no ritmo da sua ocupação, tendo sido impulsionado pela aceleração do processo de industrialização, gerando dependência do abastecimento de insumos externos, de maneira que os setores, como de exportação e importação, ligados ao transporte marítimo começaram a se estabelecer na costa.

Além da industrialização, outro vetor de destaque na ocupação contemporânea da ZC é o fenômeno das segundas residências. Tulik (2001) define as segundas residências como um alojamento turístico privado, que é utilizado temporariamente em momentos de lazer por indivíduos que tem residência permanente em outro lugar. Este fenômeno está ligado a vários elementos sociais, como a valorização do mar como paisagem de consumo nos momentos de lazer, a especulação imobiliária e aproveitamento do tempo livre em uma residência que não é a permanente (SANTOS *et al.*, 2012).

A expansão das segundas residências condiz com uma forma de assentamento urbano que acarreta na diminuição dos espaços anteriormente destinados à agricultura, extrativismo e pesca. Dessa maneira, estas atividades tradicionais, que assinalam ao longo do tempo a identidade de território do litoral, acabam se confrontando com as novas funções socioeconômicas voltadas para a atividade de lazer e construção civil (SANTOS; VILAR, 2013).

No que diz respeito aos aspectos ambientais, os fatores impactantes da atividade turística de veraneio, está intimamente relacionado com a capacidade de o poder público ordenar o uso solo, como por exemplo, saneamento básico. Em termos sociais, tal atividade modifica a sociabilidade dos locais onde se instala, gerando uma situação fundiária conflituosa ao iniciar um mercado de terras contínuo e ávido. O consumo das segundas residências

gera outras atividades a exemplo de proprietários de terras, corretores de imóveis, incorporadoras e construção civil constituindo-se em um aumento do número da população litorânea (MORAES, 2007).

A ocupação da ZC conforme observa Moraes (2007) em comparação com as terras emersas, abarca um espaço de especificidades e vantagens locais. É um espaço finito e relativamente escasso. Ele é classificado como raro pelo fato de que os terrenos a beira-mar constituem uma pequena porção dos estoques territoriais disponíveis, do ponto de vista global, cuja localização apresenta-se como privilegiada. O valor que agrega uma localidade pode determinar as formas economicamente possíveis de sua ocupação, sendo que, as vocações locais e suas vantagens comparativas atuam como fatores na efetivação dos usos, porém, a decisão está no campo da hegemonia política e nos embates sociais. Esses lugares possuem uma valoração ou valorização decorrente do ato de transformar materiais da natureza em valores de uso, dando a eles uma utilidade para a vida humana. É uma ação direcionada para uma finalidade, e na racionalidade econômica moderna é a maximização do rendimento em investimentos.

Portanto, a ZC é considerada como uma área estratégica e prioritária a inúmeras atividades humanas, que sustenta alterações causadas por aterros, dragagens, ocupação antrópica, agricultura e poluição gerada por todos esses fatores (GRUBER *et al.*, 2003).

3.2.4 Obras de Proteção Costeira

Segundo Alfredini (2005) as obras de proteção costeira são definidas como intervenções estruturais, que tem por finalidade favorecer a estabilização da costa, evitando ou minimizando os efeitos da erosão costeira. Portanto, existem diversas abordagens utilizadas para enfrentar este problema em uma praia (NCR, 1990). Segundo Koerner *et al.* (2013) estas abordagens podem ter dois princípios diferentes: 1) intervir na dinâmica marinha e costeira; 2) interferir na conformação humana, permitindo que a dinâmica costeira possa agir naturalmente.

No primeiro princípio, a intervenção adotada consiste em estruturas rígidas como blocos de concreto, muros de proteção, espigões, enrocamentos

ou recuperar a praia por métodos flexíveis (engorda da faixa de areia). No segundo, o ser humano recua as edificações, ajustando-se à dinâmica costeira, não interferindo na dinâmica natural dos ambientes costeiros, dispensando o manejo planejado da orla costeira.

As obras costeiras podem ser classificadas em longitudinais aderentes (enrocamentos, escadarias e paredões de concreto); longitudinais não aderentes (quebra-mares destacados); transversais (molhes, espigões e recifes artificiais) (ALFREDINI, 2005).

As obras longitudinais aderentes fixam a linha de costa em praias com estoque de sedimentos deficiente (ALFREDINI, 2005) gerando em muitos casos o estreitamento da faixa arenosa, pois, a dissipação da energia de ondas não é efetiva, assim como a retenção dos sedimentos que chegam à praia. Em eventos de alta energia, essas estruturas podem ser desmanteladas pelas ondas demandando manutenções periódicas (GUIMARÃES, 2012) (Figura 6).



Figura 6: Enrocamentos destruídos pela ação do mar na Praia de Matinhos- PR, exemplo de falta de manutenção periódica de obras costeiras (Fonte: A autora, 2016).

Segundo Cecarelli (2009) os quebra-mares destacados, são obras longitudinais não aderentes dispostas paralelamente à linha de costa, diminuindo o poder erosivo das ondas no local, sendo geralmente implantados a uma determinada distância da costa (Figura 7).



Figura 7: Exemplo de quebra-mares destacados na Ilha de Presque (Pensilvânia-EUA, Fonte: Google Earth, 2016).

A finalidade destas estruturas está na dissipação da energia de ondas que chegam ao litoral, diminuindo a erosão na zona de sombra da obra na costa. Na zona de sombra, existe uma tendência de formação de uma saliência, denominado tómbolo⁶ que favorece a proteção da praia. Além de possuir a função de proteção da costa, eles também podem ser utilizados para criar áreas de abrigo para a entrada de embarcações em portos ou para desviar a deposição de sedimento nos canais de acesso, como também na criação área útil nas praias (GUIMARÃES, 2012) (Figura 8).

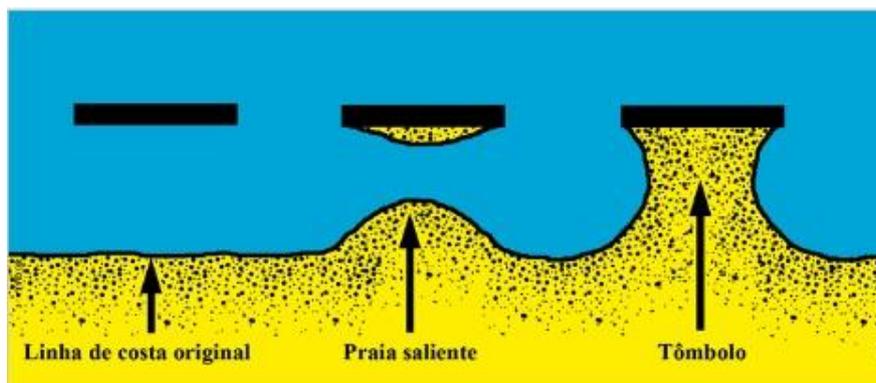


Figura 8: Formação de um tómbolo em uma praia (Fonte: APRH, 2016).

⁶ É uma acumulação de sedimentos induzida pela difração e refração das ondas nas extremidades de um obstáculo (natural e artificial) inicialmente sem a conexão com a costa, sendo posteriormente conectado a ela pela acumulação de sedimentos (Fonte: Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos - APRH, 2016).

Dentre as principais obras transversais, ressaltam-se os espigões e os molhes, onde a principal finalidade é o preenchimento de uma zona de costa sujeita à erosão. Estas estruturas são predominantemente utilizadas na estabilização das zonas de navegação de bocas de rios.

As funções específicas dos espigões são a captação de parte ou totalidade do transporte de sedimentos, por meio de deposições a barlamar, a estabilização de uma praia para fins balneários, e complementar a fixação de areia para alimentação artificial de praias (ALFREDINI, 2005). No entanto, este tipo de estrutura interrompe o fluxo de sedimentos ao longo da costa, o que geralmente, priva a região de sotamar do fornecimento de sedimentos, acentuando os processos erosivos (GUIMARÃES, 2012).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O estudo sobre o risco à erosão costeira das praias do litoral paranaense consistiu do levantamento de dados em campo, o processamento em laboratório e a geração de produtos cartográficos representando as feições morfológicas e as áreas com risco à erosão (Figura 9).

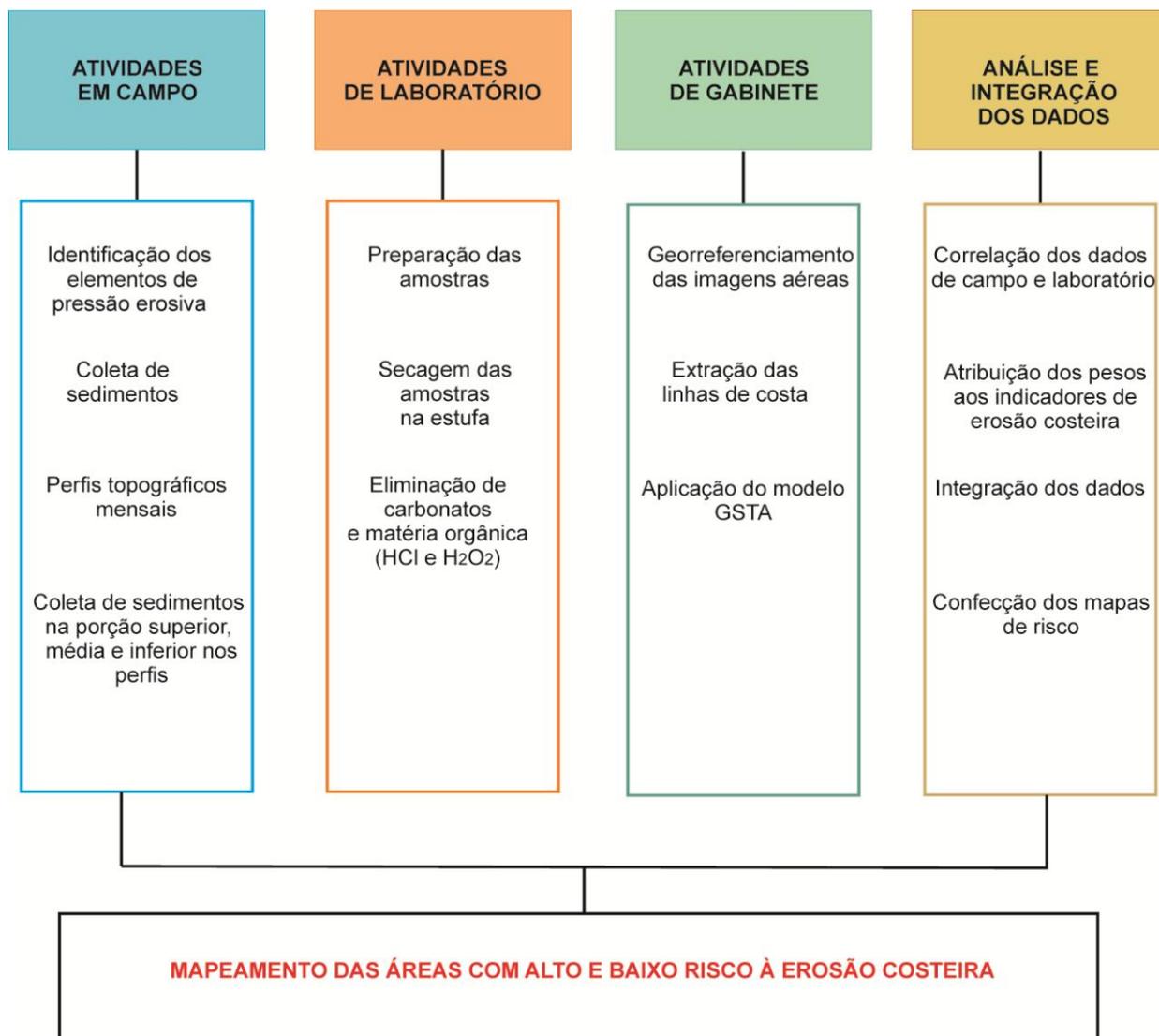


Figura 9: Fluxograma dos procedimentos metodológicos adotados nesta pesquisa.

4.1 IDENTIFICAÇÃO DOS INDICADORES DE EROSÃO COSTEIRA

A escolha dos indicadores para a avaliação do risco gerado pela erosão costeira inicialmente foi baseado no trabalho desenvolvido por Souza (1997). Como citado anteriormente, esta autora utilizou 10 indicadores visuais de marcas erosivas nas praias de São Paulo e um indicador de evolução da linha de costa. No entanto, esses 10 indicadores não foram aplicáveis nas praias do Paraná. Assim, foram escolhidos indicadores de acordo com as características naturais e de interferência humana da orla paranaense tais como: sangradouros, galerias de escoamento pluvial e obras de proteção costeira.

Na primeira etapa, estes indicadores foram identificados visualmente e tiveram as suas coordenadas determinadas em 2 campanhas de campo realizadas entre março e maio de 2015, com o auxílio do GPS (Garmin eTrex 30). Estes dados foram incorporados ao banco de dados preexistente, elaborado por Novak *et al.* (2016) referente ao município de Matinhos e posteriormente espacializados no *software* ArcGis 10.1.

Na segunda etapa da pesquisa, realizaram-se duas campanhas amostrais entre os meses de março e maio de 2015, nas quais foram coletadas 80 amostras superficiais de sedimentos ao longo da linha de água, espaçados 500 m entre si realizadas com o objetivo de estabelecer as características granulométricas atuais dos sedimentos e obter os vetores de tendência de transporte. McLaren *et al.* (2007) afirmam que para o estabelecimento dos vetores de tendência de transporte, o espaçamento da amostragem não pode exceder 1 km em ambientes de oceano aberto, podendo este espaçamento ser reduzido para 500 m em estuários. Para este estudo, o intervalo de 500 m entre as amostras representou uma distância significativa, considerando a extensão do arco praial em questão.

4.1.1 Análises laboratoriais

Os parâmetros estatísticos granulométricos (diâmetro médio, grau de seleção e assimetria) foram estabelecidos pelo método descrito por Folk e Ward (1957) com a análise de uma alíquota de 2 g da amostra original, que teve a eliminação completa dos teores contidos de CO_3 e de matéria orgânica por ataque químico, a exemplo das demais parcelas sedimentares. Para tanto, as amostras foram submetidas ao equipamento *BlueWave* (Microtrac), que seguiu o método de difratometria laser para a determinação das características granulométricas dos sedimentos praias.

4.1.2 Aplicação do modelo *Grain Size Trends Analysis* (GSTA)

A determinação das tendências de transporte de sedimentos na área de estudo foi efetuada a partir de um programa na linguagem FORTRAN, elaborado por Gao e Collins (1992), o GSTA (*Grain Size Trend Analysis*). O método propõe a vetorização da direção de transporte residual a partir das diferenças das características granulométricas (assimetria, grau de seleção e diâmetro médio) entre as amostras de sedimentos.

O programa utiliza como informações para geração dos vetores de tendência o número total de estações de amostragens, a distância entre elas (distância característica) o fator A (fator de escala), a posição X e Y (coordenadas no sistema UTM) e os parâmetros granulométricos. Os dados são inseridos em arquivo formato ASCII, para serem submetidos ao algoritmo gerador de vetores, onde a tabela resultante contém as posições X e Y (UTM), a direção em graus e a intensidade dos vetores residuais. A partir disso, esta tabela foi exportada para o *software* ArcGis 10.1, onde foram elaborados os mapas dos vetores de transporte.

4.2 ANÁLISE DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA

4.2.1 Georreferenciamento das imagens aéreas

Neste processo foram utilizados 4 conjuntos de fotografias aéreas (ITCG, 2016) relativas aos anos de 1953 (9 fotos), 1980 (8 fotos), 1996 (5 fotos) e 2003 (14 fotos), sendo que o conjunto referente ao ano de 1996 o único em escala 1: 50.000, enquanto as demais em escala 1:25.000. As imagens de satélite referentes ao ano de 2016 foram obtidas por meio do *Google Earth*.

O georreferenciamento das fotografias aéreas e a imagens de satélite foi efetuado com base no mapa digital dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos, cedido pela Prefeitura Municipal de Pontal do Paraná e Matinhos. O processo foi realizado no *software* ArcGis 10.1, por meio da ferramenta *Georeferencing*, onde foram associados os dados dos pontos de controle, sobre pontos identificados na imagem. Os pontos de controle no município de Pontal do Paraná e Matinhos fazem parte do banco de dados do Laboratório de Oceanografia Geológica do Centro de Estudos do Mar/UFPR, e foram distribuídos próximos à linha de costa em regiões de satisfatória identificação, como residências e cruzamento de ruas.

Aplicou-se um mínimo de 10 pontos de controle para cada imagem, sendo estes transformados aplicando o polinômio *Spline*. Os erros residuais associados aos pontos de controle no processo de georreferenciamento foram menores que 2. De acordo com ESRI (*Environmental Systems Research Institute*, 2008) a ferramenta *spline* utiliza um método de interpolação na qual uma das camadas é distorcida para que ocorra o ajuste à outra camada. Este algoritmo é adequado quando se está georreferenciando arquivos de baixa qualidade, onde para uma melhor precisão deste método é necessária à adição de no mínimo 10 pontos de controle. A baixa qualidade das imagens aéreas como descrito acima, estava associada à baixa resolução, principalmente do conjunto de imagens de 1953 e 1980. Além disso, por se tratarem de imagens muito antigas, não possuem uma boa referência para o registro, como a urbanização.

4.2.2 Análise da posição da linha de costa

A demarcação da linha de costa pode considerar tanto feições fisiográficas visíveis como a duna frontal, quanto à variação do nível da água em um perfil praial, tendo como base dados das alturas das marés (BOAK; TURNER, 2005). Desta forma, SUGUIO (1998), define a linha de costa pelo alcance máximo de espraiamento das ondas de tempestade ou maré de sizígia, no extremo continental da região do pós-praia, onde se verifica a vegetação fixadora das dunas embrionárias. No geral, a linha da vegetação foi considerada como o principal indicador da posição da linha de costa nas imagens aéreas. Na sua ausência, a linha de costa foi estabelecida pelos contornos das obras costeiras, como calçadas e enrocamentos.

Os cálculos da evolução da linha de costa foram realizados pela aplicação da extensão *Digital Shoreline Analysis System* (DSAS) desenvolvida para o *software* ArcGis. O DSAS pode calcular taxas de variação de várias posições de linha de costa (THIELER *et al.*, 2009), configurando-se assim uma ferramenta efetiva e econômica que fornece informações sobre o comportamento morfodinâmico de uma determinada área, sendo possível mapear áreas de acreção e erosão em escalas anuais e decadais (OYEDOTUN, 2014).

A linha de base teve como referência a base digital dos municípios de Pontal do Paraná e Matinhos, a partir de onde foram gerados 77 transectos normais à costa, com espaçamento regular de 500 metros. Estes transectos cruzaram as linhas de costa nos pontos de intersecção (Figura 10), no qual cada ponto deste forneceu a localização e a data da linha de costa inserida, usados para calcular as taxas de variação, ou seja, as distâncias entre a base digital e cada ponto de intersecção foram utilizadas para computar as estatísticas, fornecendo assim as taxas de variação da linha de costa. A tabela gerada pelo programa forneceu valores das taxas anuais de variação da linha de costa, as distâncias entre as LCs, as posições X e Y e o número correspondente do transecto.

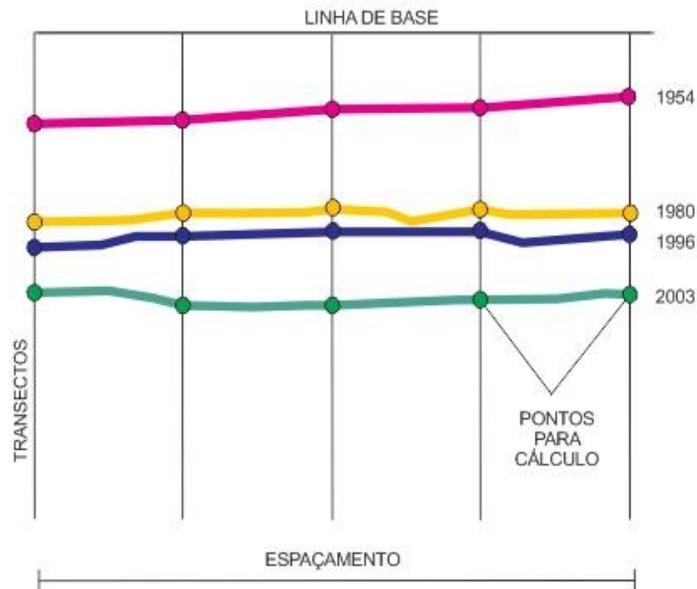


Figura 10: Linha de base e transectos perpendiculares gerados pelo DSAS para cálculo da variação da linha de costa. As linhas coloridas representam as linhas de costas dos diferentes anos (Modificado de THIELER *et al.*, 2009).

O DSAS permite a aplicação de diferentes métodos estatísticos de análise de variação da linha de costa, baseado nas diferenças de medidas entre as LCs ao longo do tempo. Dentre as alternativas apresentadas foi escolhido o método *End Point Rate* (EPR) que está baseado no cálculo da distância entre duas linhas de costa sequenciais de períodos diferentes, dividindo a distância entre a mais antiga e a mais recente, gerando assim, a taxa de migração em metros (Figura 11).

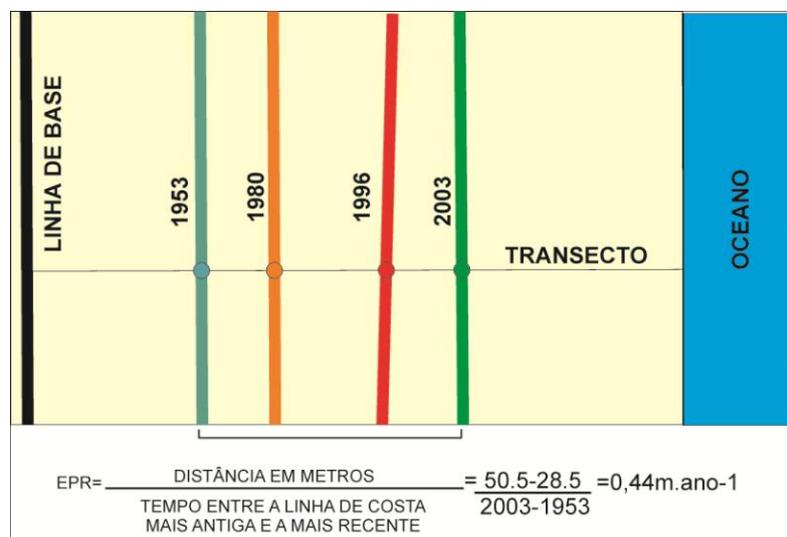


Figura 11: Representação da aplicação do método EPR entre duas linhas de costa (Modificado de THIELER *et al.*, 2009).

4.2.3 Levantamento dos dados em campo

A importância da realização de levantamentos topográficos em praias reside no fato de que, a partir de monitoramentos consecutivos permite-se a quantificação do volume de sedimentos transportados ao longo do perfil praiial, propiciando verificar se o ambiente sofreu erosão e/ou deposição.

Dessa maneira, para a realização desta etapa, primeiramente, foi necessária determinação da localização dos perfis praiiais, fundamentada em três critérios: características da dinâmica costeira (ANGULO; ARAÚJO, 1996) (Figura 12), vulnerabilidade à erosão costeira (NOVAK *et al.*, 2016) e localização de levantamentos pré-existentes (banco de dados Laboratório de Oceanografia Geológica - CEM/UFPR).

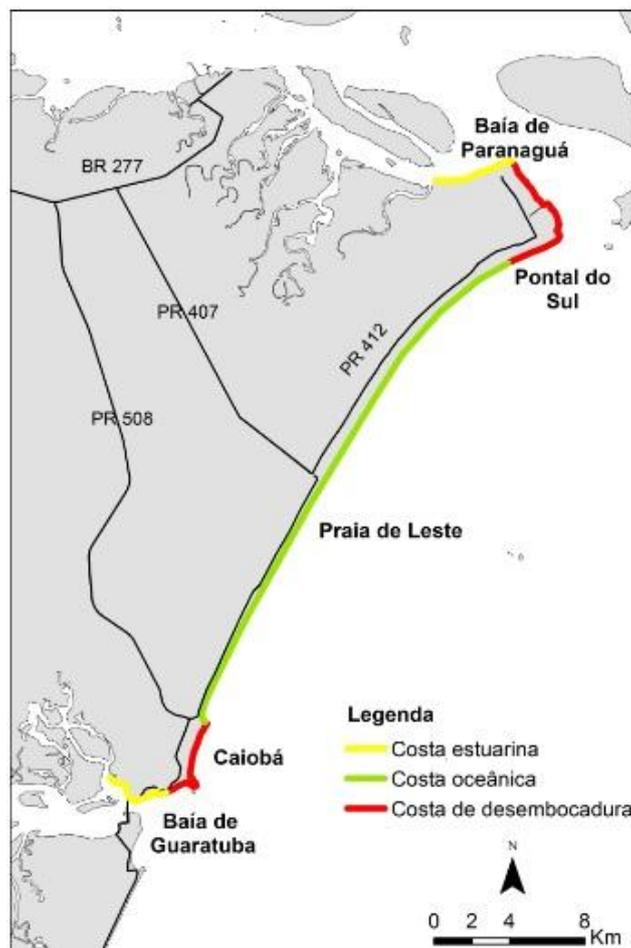


Figura 12: Classificação da costa paranaense com base na dinâmica costeira (Modificado Angulo e Araujo, 1996).

Sendo assim, foram escolhidas quatro localidades nas regiões influenciadas desembocaduras estuarinas. As demais localizações dos perfis topográficos foram escolhidas na região influenciada por mar aberto (Figura 13), o que totalizou nove pontos de amostragem.

As localidades foram denominadas considerando as suas características ambientais: Desembocaduras 1, 2 e 3 (DS1, DS2 e DS3) localizadas na porção norte da área de estudo, influenciadas pela desembocadura do Complexo Estuarino de Paranaguá; Desembocaduras 4 e 5 (DS4 e DS5) localizadas na porção sul da área de estudo, influenciadas pela Baía de Guaratuba. As outras 4 localidades denominadas: Oceânico 1, 2, 3 e 4 (OC1), OC2, OC3 e OC4 influenciadas pela dinâmica de mar aberto (Figura 13).



Figura 13: Localização dos perfis praias.

Os perfis praias foram realizados com periodicidade mensal para verificar o comportamento volumétrico do perfil praias em um curto espaço de tempo, tendo como base as marés de sizígia. Estas informações foram previamente consultadas na tábua de marés disponibilizada no site da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2016).

Os trabalhos de campo foram realizados com o auxílio de um nível de precisão ótico *Leica (Jogger 24)*, régua graduada vertical, trenas e bússola. Em cada oportunidade a referência altimétrica (NR) foi estabelecida em pontos conhecidos, de fácil localização e constantes quanto a variações topográficas verticais. A orientação azimutal de cada perfil foi definida com bússola entre o NR e o primeiro ponto a ser medido. Acessoriamente, mediu-se a distância entre o NR e o ponto inicial do perfil topográfico (P0) (Quadro 2).

Quadro 2: Coordenadas dos níveis de referência para os perfis topográficos no Sistema Transverso de Mercator (UTM) no Datum SIRGAS 2000.

Perfil	Coordenadas		Azimute	Distância (P0)/NR
DS1	766001	7169684	70°	13,20 m
DS2	766188	7168545	144°	121 m
DS3	763659	7166836	170°	98,2 m
OC1	756982	7160238	142°	45 m
OC2	755145	7157250	143°	70 m
OC3	754195	7155742	141°	45 m
OC4	749378	7146959	319°	37 m
DS4	746483	7138885	240°	36 m
DS5	746880	7140430	190°	17 m

Os perfis foram realizados perpendicularmente à linha de costa, com espaçamento entre pontos de 10 m. Quando necessário foram tomadas medidas intermediárias deste espaçamento, para contemplar eventuais feições morfológicas tais como bermas, sangradouros e dunas embrionárias (Figura 14). Adicionalmente, cada campanha amostral conta com registros fotográficos, tomados a partir da sua posição central tanto na direção N, quanto S. Juntamente com o levantamento topográfico, coletaram-se amostras superficiais de sedimentos em três seções do perfil: na porção superior, na porção média da praia e próximo à linha de água, para caracterização sedimentológica da área. Tais amostras foram analisadas quanto às suas

características granulométricas, a exemplo das demais analisadas neste trabalho.

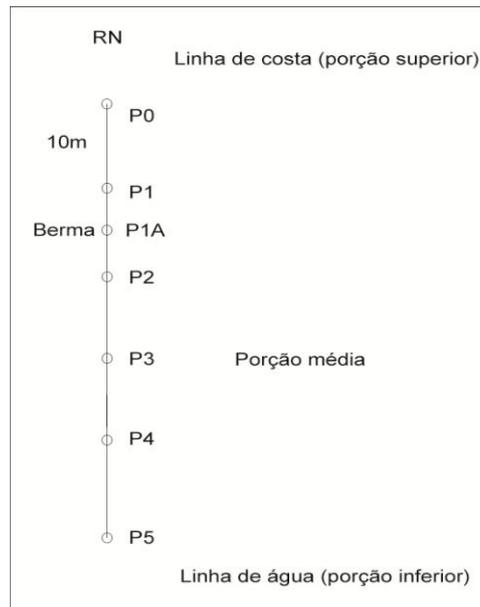


Figura 14: Representação do perfil e pontos de amostragem.

Os dados obtidos em campo foram organizados em planilhas digitais, nas quais foram calculadas as cotas dos desníveis relativos, sendo base para a geração de diagramas esquemáticos dos perfis topográficos em cada oportunidade. Posteriormente, os dados foram inseridos no *software* ArcGis para o cálculo das diferenças volumétricas pela comparação entre as superfícies criadas pela aplicação do interpolador *Triangulated Irregular Network* (TIN).

Criados os MDE, na ferramenta *Surface Volume* no item *3D Analyst Tools* foram gerados os volumes dos perfis em m³. Os MDEs elaborados no *software* ArcGis 10.1 objetivaram o cálculo do volume. Para uma melhor representação dos perfis topográficos, os modelos digitais finais foram gerados no *software* Surfer 8. Assim, a partir dos volumes calculados e os MDEs foram feitas comparações par a par objetivando verificar as mudanças no perfil para cada mês.

4.2.4 Dados meteorológicos

Para confrontar com os dados volumétricos dos perfis praiais, foram obtidos dados de agitação marítima com a Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN) para a área Charlie (Cabo de Santa Marta/SC- Cabo Frio/RJ) e dados relativos à ocorrência de frentes frias, adquiridos junto ao Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), sendo estes reunidos em planilhas no Microsoft Excel.

4.3 ANÁLISE ESPACIAL

As análises espaciais foram estabelecidas com base em pesos atribuídos a cada uma das variáveis analisadas, conforme a sua relação negativa (1) ou positiva (2) com o risco à erosão costeira. A integração e a análise espacial dos dados foram realizadas no *software* ArcGis 10.1, seguindo a proposta de Lamour *et al.* (*em prep.*). Inicialmente foram criados polígonos arbitrários com largura de 500 m costa adentro a partir da linha de costa, pela necessidade de uma mesma área de comparação entre cada um dos indicadores analisados, auxiliando na integração espacial.

Após este procedimento, dentro dos polígonos, foi criada uma grade de malha regular de 50 m de lado (*pixels*) destinada à análise espacial dos dados, tomando como base as coordenadas de seus centroides, possibilitando a integração dos indicadores analisados pela técnica de álgebra de mapas. Os dados integrados foram transformados em formato imagem (*raster*), para a elaboração dos mapas.

Dessa forma, o risco à erosão costeira foi dividido em 2 classes: alta e baixa, na qual a classificação alta correspondeu aos pesos igual a 2 e baixa aos pesos igual a 1.

5 RESULTADOS

5.1 EVOLUÇÃO DA LINHA DE COSTA

A extensão *DSAS 4.3* gerou 77 transectos perpendiculares, com distanciamento de 500 metros entre si. A área de estudo foi setorizada de acordo com seu comportamento estável (valores iguais a zero), de recuo (valores negativos) e de avanço (valores positivos).

No período compreendido entre 1953 e 1980, entre os transectos 1-11, 14-15, 38-51 e 59-77 pôde ser observado o avanço da linha de costa, sendo as maiores taxas verificadas entre os transectos 1 ao 9. Os recuos foram observados entre os transectos 12-35 e 52-58. A estabilidade ocorreu em uma área de aproximadamente 1 km, entre os transectos 36-37. Portanto, este período de tempo foi caracterizado pelo avanço da linha de costa, com uma média geral de avanço de aproximadamente $2,2 \text{ m.ano}^{-1}$ (Figura 15).

Na análise das taxas de variação da linha de costa entre 1980 e 1996 ocorreu recuo entre os transectos 16 e 20, 49 e 50, 59 e 70 e 76 e 77, enquanto no restante da área houve avanço da linha de costa (Figura 16). A área entre os perfis 59 e 70 apresentou em extensão e valores absolutos, as maiores taxas de erosão. A área norte, entre os perfis 1 e 12 foram observados as maiores taxas de avanço, cujo maior valor foi em torno de 20 m (transecto 4). Dessa maneira, neste período de tempo foi caracterizado pelo avanço da linha de costa, de aproximadamente $2,4 \text{ m.ano}^{-1}$.

Entre os anos de 1996 e 2003, entre o transecto 1 a 7 foram verificados as maiores taxas de recuo, sendo o maior valor (50 m) ocorreu no transecto 4, assim como nos trechos relativos aos transectos 24-25, 61-75 (Figura 17). Já a área central da área de estudo apresentou avanço, da mesma forma nos transectos 8-21, 26-60 e 76-77. Este período de tempo foi caracterizado pelo recuo da linha de costa, com uma média de recuo de $-6,1 \text{ m.ano}^{-1}$.

A análise dos anos de 2003 a 2016, demonstrou que, de modo geral, a área de estudo teve um caráter depositivo, sendo as maiores taxas de avanço observadas entre os transectos 3 a 7, cujo maior valor foi de 8,6 m no transecto 4. No entanto, nos trechos que compreendem os transectos 1-2, 47-57 e 60-72 ocorreu erosão (Figura 18).

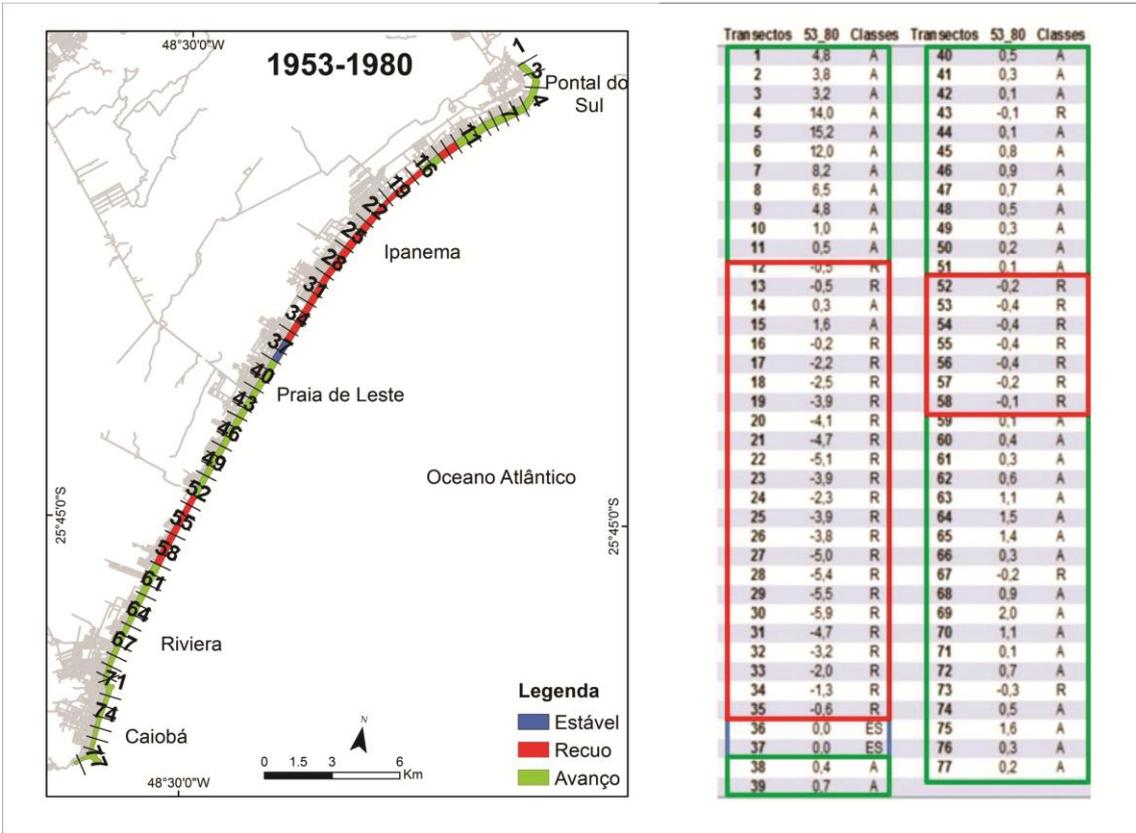


Figura 15: Taxa anual da variação da linha de costa de 1953 a 1980. A: Avanço; R: Recuo; ES: Estável.

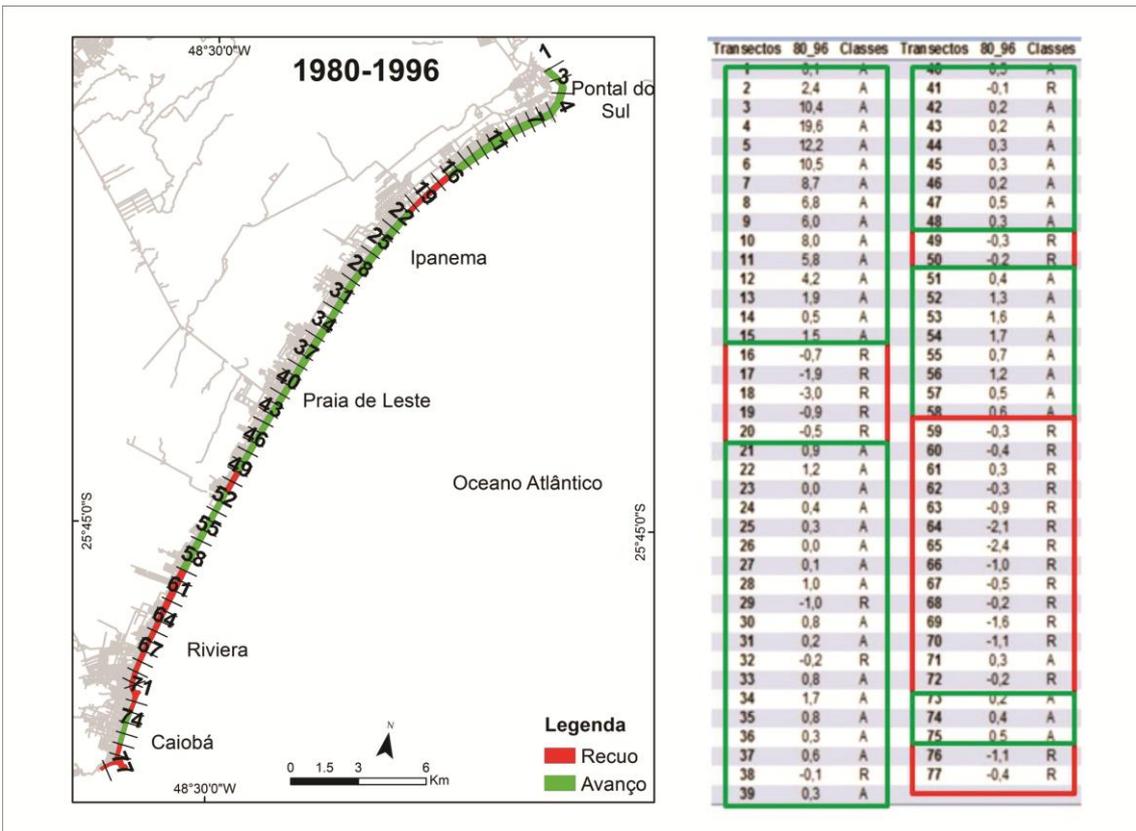


Figura 16: Taxa anual da variação da linha de costa de 1980 a 1996. A: Avanço; R: Recuo; ES: Estável.

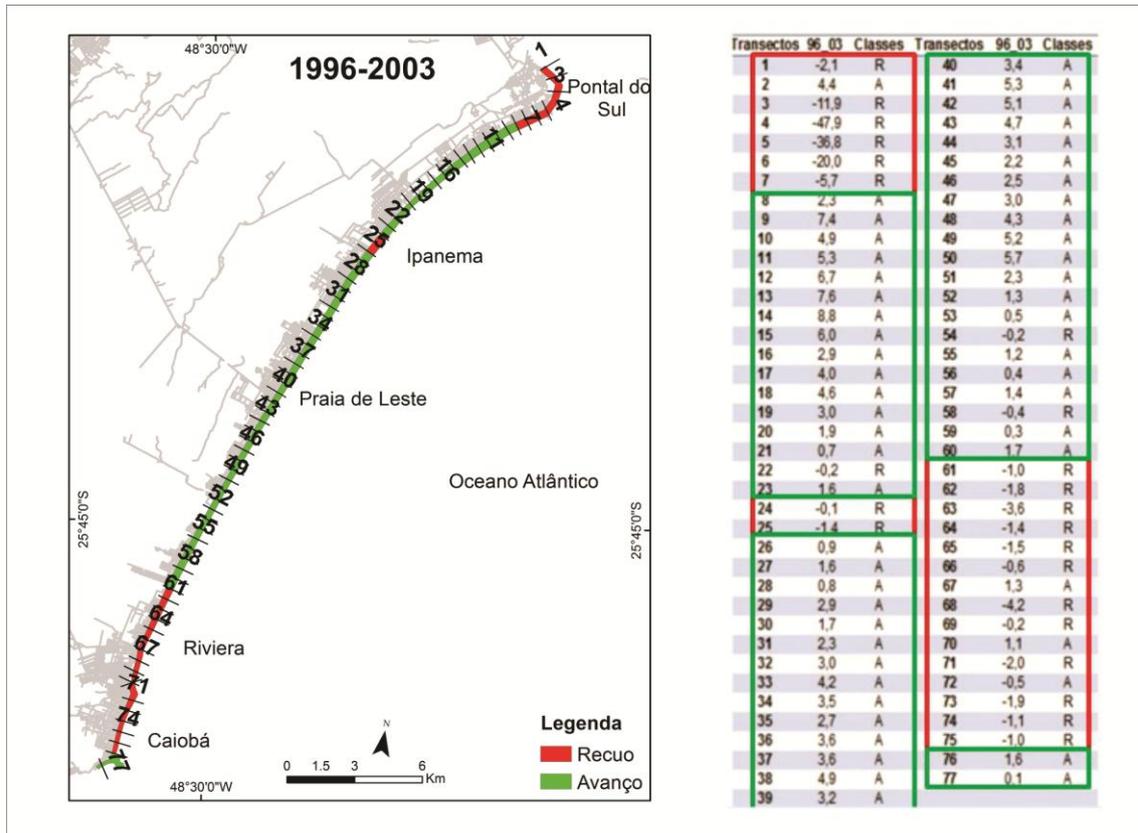


Figura 17: Taxa anual da variação da linha de costa de 1996 a 2003. A: Avanço; R: Recuo; ES: Estável.

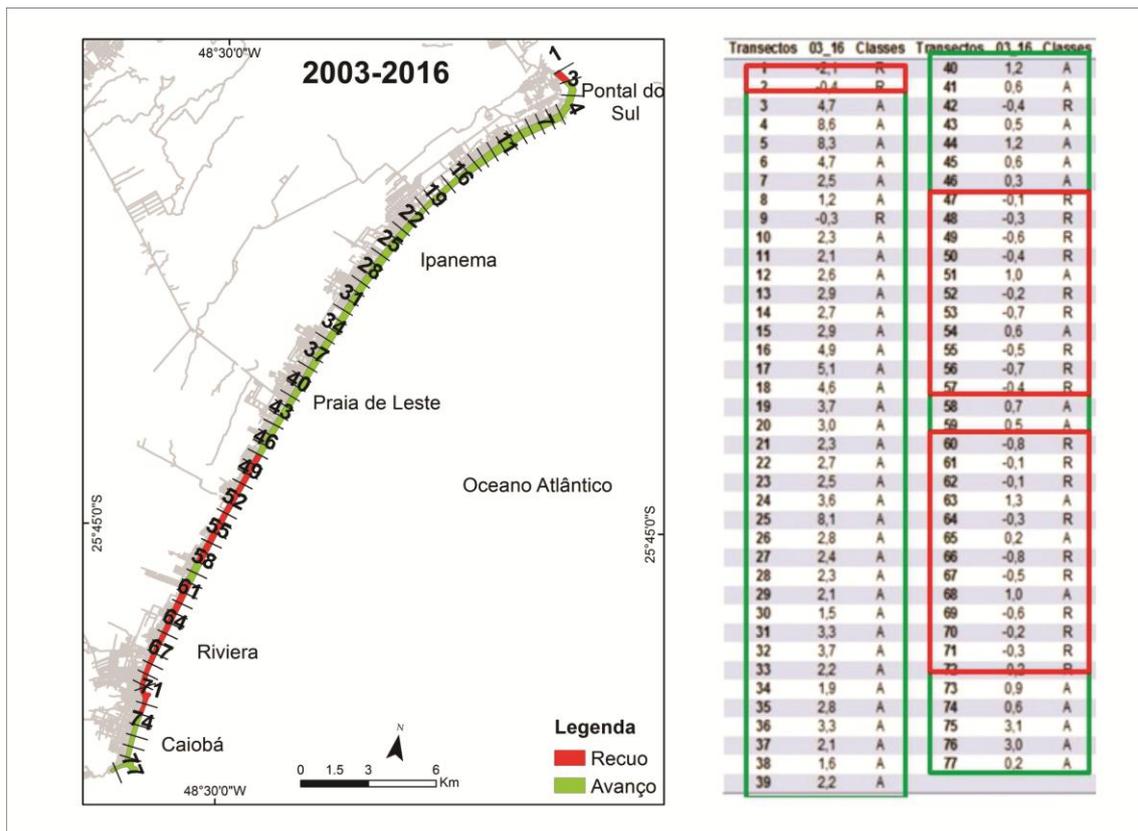


Figura 18: Taxa anual da variação da linha de costa de 2003 a 2016. A: Avanço; R: Recuo; ES: Estável.

No geral, a linha de costa avançou ao longo do período de avaliação, onde o período 2003 a 2016, entre os transectos 3-46 apresentou a maior deposição em extensão.

No trecho correspondente aos transecto 1-7 a linha de costa teve um comportamento depositivo em 1953-1980, 1980-1996 e 2003-2013. No entanto, este mesmo trecho apresentou as maiores taxas de recuo no período de 1996 a 2003, sendo um local com uma taxa de aproximadamente -50 m (transecto 4). Além disso, o trecho que se estende do transecto 61 ao 71, em todo o período verificado comportou-se como erosivo, salvo no período de 1953-1980 no qual a linha de costa progradou.

No mapa resultante (Figura 19), que indica o balanço sedimentar entre 1980 a 2016, nos transectos 1 ao 7, correspondente ao Balneário Pontal do Sul, de maneira geral, foi um trecho com avanço da linha de costa. A região do Balneário Ipanema caracteriza-se como uma região de recuo, assim como a área entre o Balneário Riviera e a praia central de Caiobá.

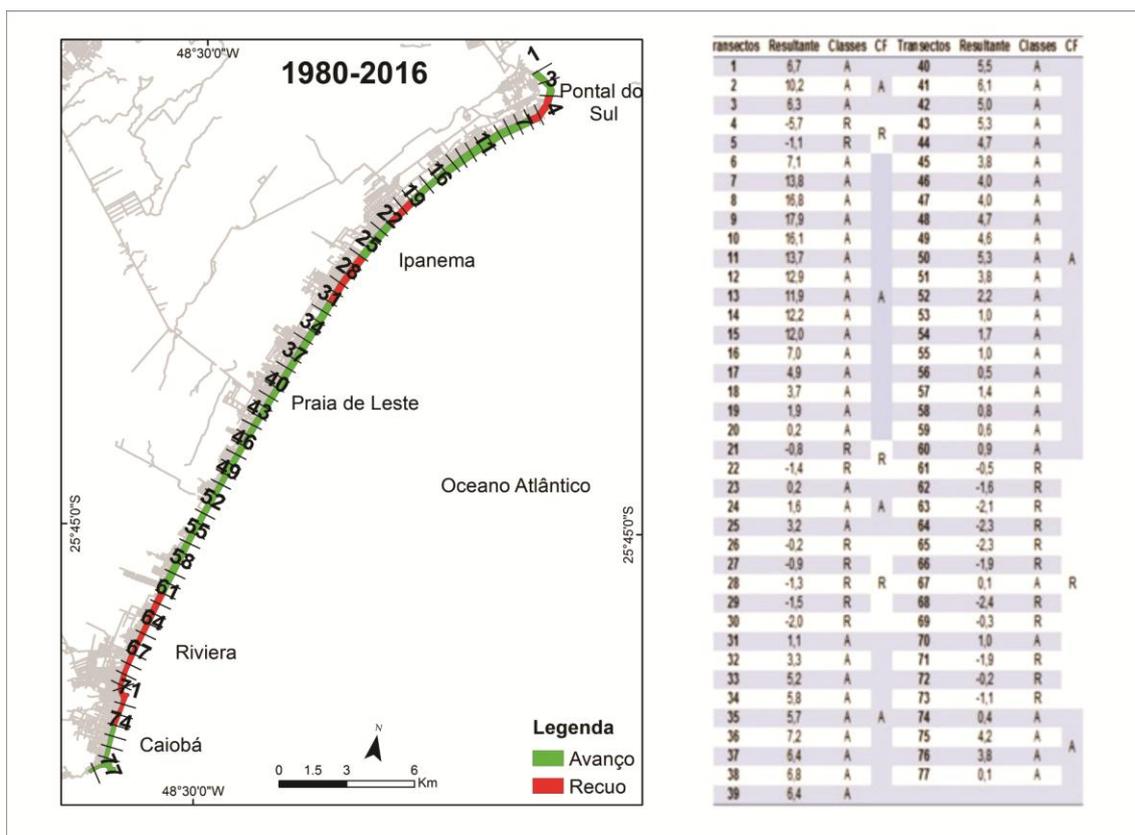


Figura 19: Taxa anual da variação da linha de costa de 1980 a 2016. A: Avanço; R: Recuo; ES: Estável; CF: Classificação Final.

5.2 PERFIS TOPOGRÁFICOS

5.1.1 Perfil DS1

Entre os meses de janeiro e fevereiro ocorreu acresção sedimentar de aproximadamente 136 m³, tendo sido notada a construção de uma berma no mês de fevereiro no ponto P1 (Figura 20). Entre fevereiro e abril houve perda de sedimentos, cerca de -253 m³ (Tabela 2) e a destruição da berma formada em fevereiro. Comparando-se os levantamentos realizados entre abril e maio, ocorreu ganho de sedimentos generalizadamente, entretanto, ao longo do perfil observou-se uma intercalação de ganho e perda de sedimentos, de maneira geral, o perfil cresceu. Entre maio e junho constatou-se erosão no perfil praiar, uma perda de aproximadamente 28 m³. Já entre os meses de junho e julho observou-se acresção de 14 m³. De modo geral, os sedimentos do perfil DS1, nas amostragens realizadas entre janeiro e julho de 2016 caracterizaram-se pelas areias finas de bem a muito bem selecionadas, e as curvas granulométricas, em relação à assimetria tiveram a maior parte das distribuições aproximadamente simétricas (Quadro 3).

Tabela 2: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no perfil DS1.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	797,5		
Fev	933	Jan/Fev	135,7
Abr	680	Fev/Abr	-253
Mai	710,1	Abr/Mai	30,1
Jun	682,5	Mai/Jun	-27,6
Jul	697	Jun/Jul	14,5

Quadro 3: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil DS1. R: restinga; M: meio; L: linha d'água,

DS1	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,153	Areia fina
	Grau de seleção	0,247	Muito bem selecionado
	Assimetria	0,232	Positiva
M	Diâmetro	0,160	Areia fina
	Grau de seleção	0,337	Muito bem selecionado
	Assimetria	0,099	Aproximadamente simétrica
L	Diâmetro	0,158	Areia fina
	Grau de seleção	0,398	Bem selecionado
	Assimetria	-0,002	Aproximadamente simétrica

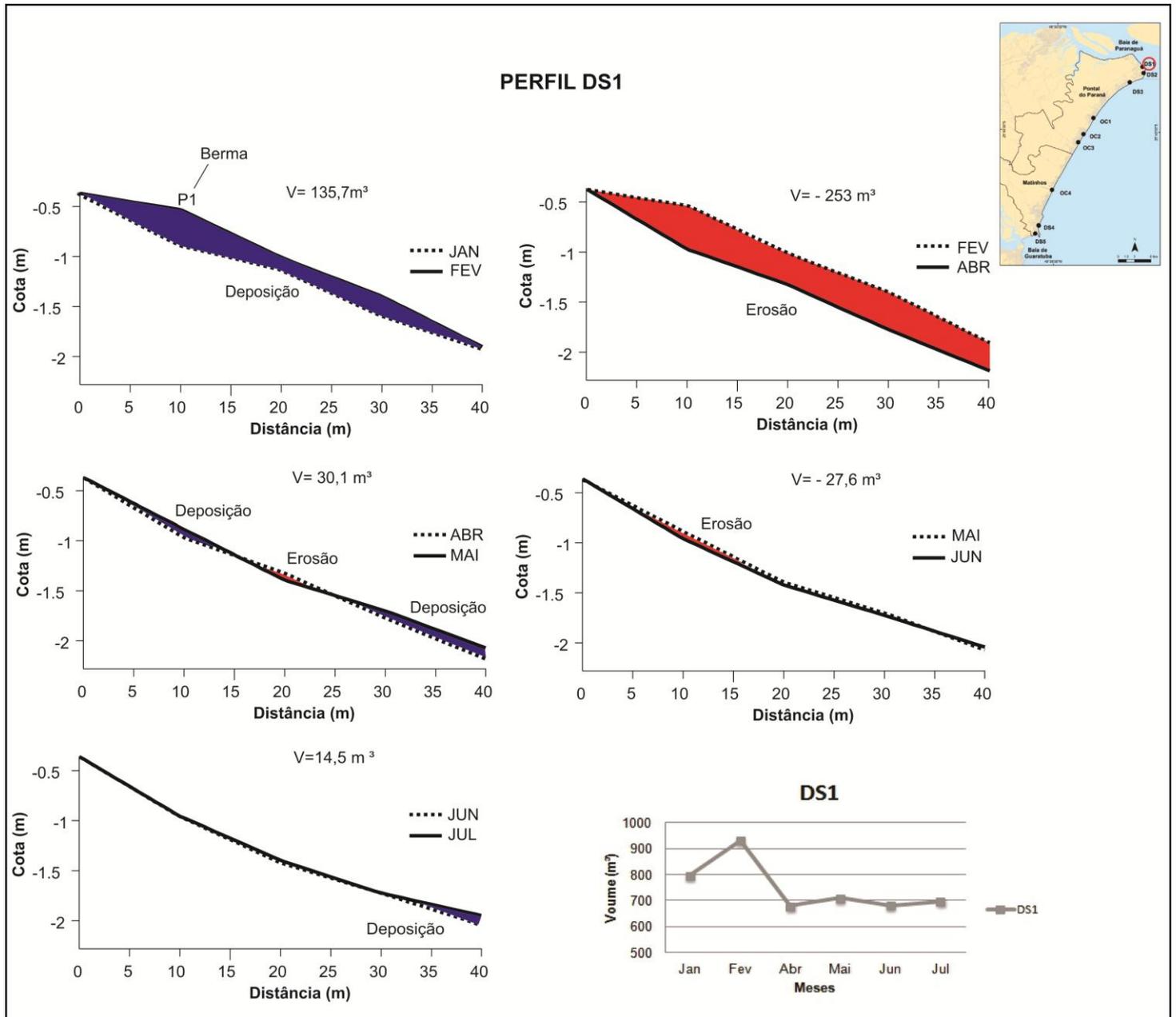


Figura 20: Representação topográfica do perfil DS1 com as respectivas diferenças volumétricas entre os meses analisados (janeiro a julho/2016).

5.2.2 Perfil DS2

A comparação entre os meses de janeiro e fevereiro mostrou acresção no perfil praial, com ganho em torno de 345 m³. Esta deposição de sedimentos pode ser notada entre as distâncias 0 a 30 m e 60 e 80 m (P6 e P8) (Figura 21). Entre os meses de fevereiro e abril notou-se um pequeno ganho no volume de sedimentos, com intercalação de deposição, erosão e deposição ao longo do perfil. Entre abril e maio ocorreu um ganho de aproximadamente 730

m³ (Tabela 3) entre as distâncias 0 a 40 m e 60 a 130 m, sendo a maior variação volumétrica entre os meses analisados no perfil DS2. Também foi observado acréscimo do perfil entre maio/junho e junho/julho. Portanto, pode-se afirmar que este perfil apresentou um comportamento acrescivo.

Com relação às características granulométricas do perfil DS2, houve predominância de areias finas, muito bem selecionadas e com assimetria negativa (Quadro 4).

Tabela 3: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no perfil DS2.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	3405,6		
Fev	3751	Jan/Fev	345,4
Abr	3771,1	Fev/Abr	20,1
Mai	4500,3	Abr/Mai	729,2
Jun	4649,2	Mai/Jun	149
Jul	4823,1	Jun/Jul	174

Quadro 4: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil DS2, R: restinga; M:meio; L: linha d'água.

DS2	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,15	Areia fina
	Grau de seleção	0,25	Muito bem selecionado
	Assimetria	-0,11	Negativa
M	Diâmetro	0,15	Areia fina
	Grau de seleção	0,27	Muito bem selecionado
	Assimetria	-0,09	Aproximadamente simétrica
L	Diâmetro	0,16	Areia fina
	Grau de seleção	0,36	Bem selecionado
	Assimetria	-0,11	Negativa

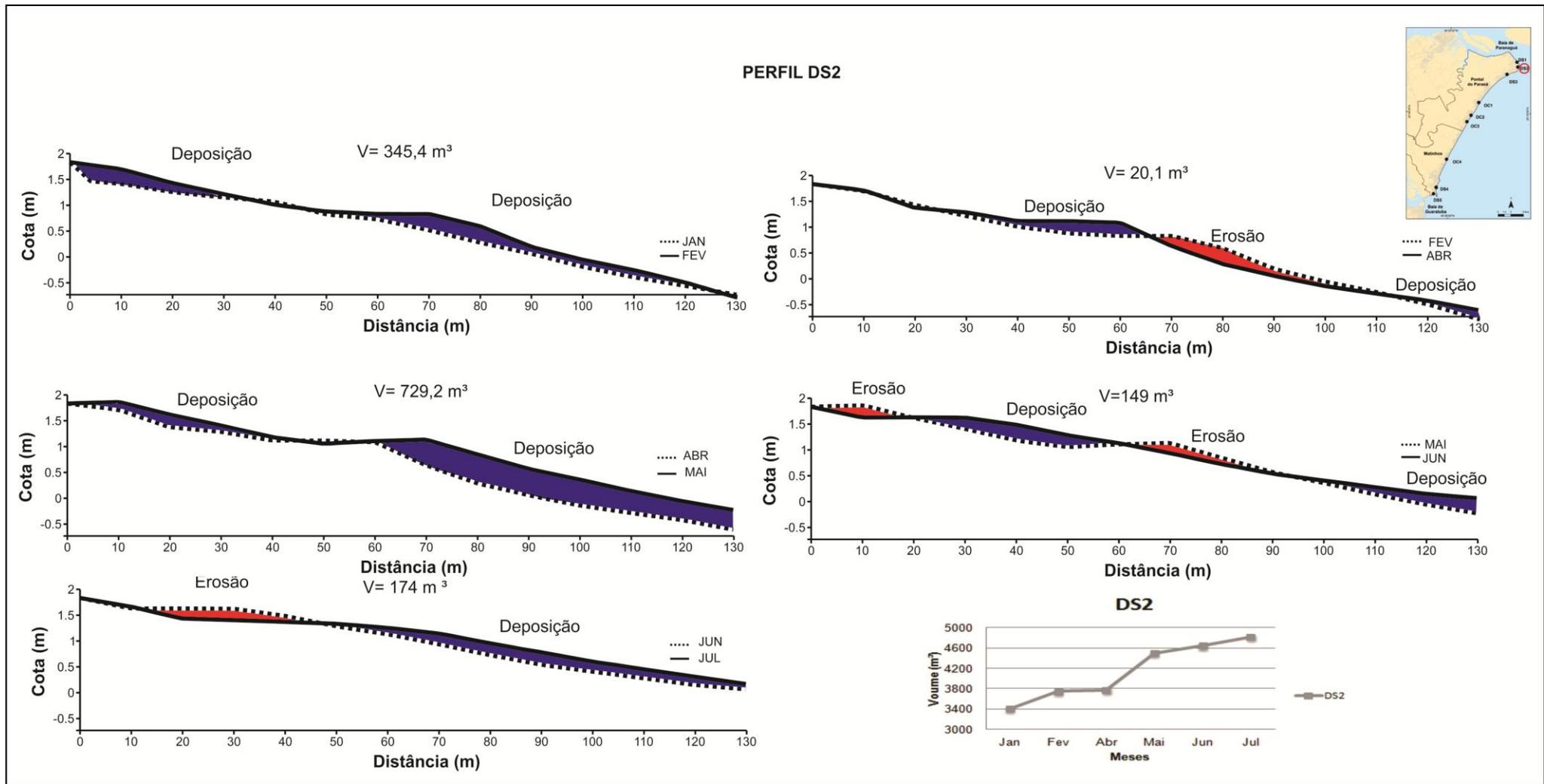


Figura 21: Representação topográfica do perfil DS2 com as respectivas diferenças volumétricas entre meses analisados.

5.2.3 Perfil DS3

Entre os meses de janeiro e fevereiro ocorreu um acréscimo de sedimentos no perfil praial. Houve perda de sedimentos nos pontos localizados no início do perfil (P1 ao P3), porém, no final do perfil (P5 ao P9) nota-se ganho de sedimentos. Entre os meses de fevereiro e abril, no geral, o perfil perdeu sedimentos. Já entre abril e maio, é notável a acresção do perfil, com um ganho de 1245 m³ de sedimentos (Tabela 4). Entre maio e julho o perfil DS3 sofreu sucessivas perdas de sedimento. Destaca-se a formação de uma berma em junho e a destruição desta feição em julho (Figura 22).

De maneira geral, o perfil DS3 apresentou um comportamento erosivo. A seção amostrada apresentou a influência de um sangradouro efêmero nos meses de fevereiro, entre os pontos 1 e 2 (10 e 20 m); em abril nos pontos P0 e P1 e em julho, também nos pontos P0 e P1. Já nos meses de janeiro, maio e junho os sangradouros não estavam ativos, no entanto, a calha do sangradouro estava presente.

Os sedimentos presentes no perfil DS3 são predominantemente areias finas, variando de bem a muito bem selecionadas e com relação à assimetria tiveram a maior parte das distribuições aproximadamente simétricas (Quadro 5).

Tabela 4: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no Perfil DS3.

Meses	Volume (m³)	Diferença entre os meses (m³)	
Jan	2245,8		
Fev	2364,3	Jan/Fev	118,5
Abr	2134,4	Fev/Abr	-230
Mai	3379,4	Abr/Mai	1245
Jun	3067,7	Mai/Jun	-311,7
Jul	1832,7	Jun/Jul	-1234,9

Quadro 5: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil DS3.

DS3	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,15	Areia fina
	Grau de seleção	0,27	Muito bem selecionado
	Assimetria	-0,18	Negativa
M	Diâmetro	0,15	Areia fina
	Grau de seleção	0,33	Muito bem selecionado
	Assimetria	-0,14	Negativa
L	Diâmetro	0,15	Areia fina
	Grau de seleção	0,35	Bem selecionado
	Assimetria	-0,26	Negativa

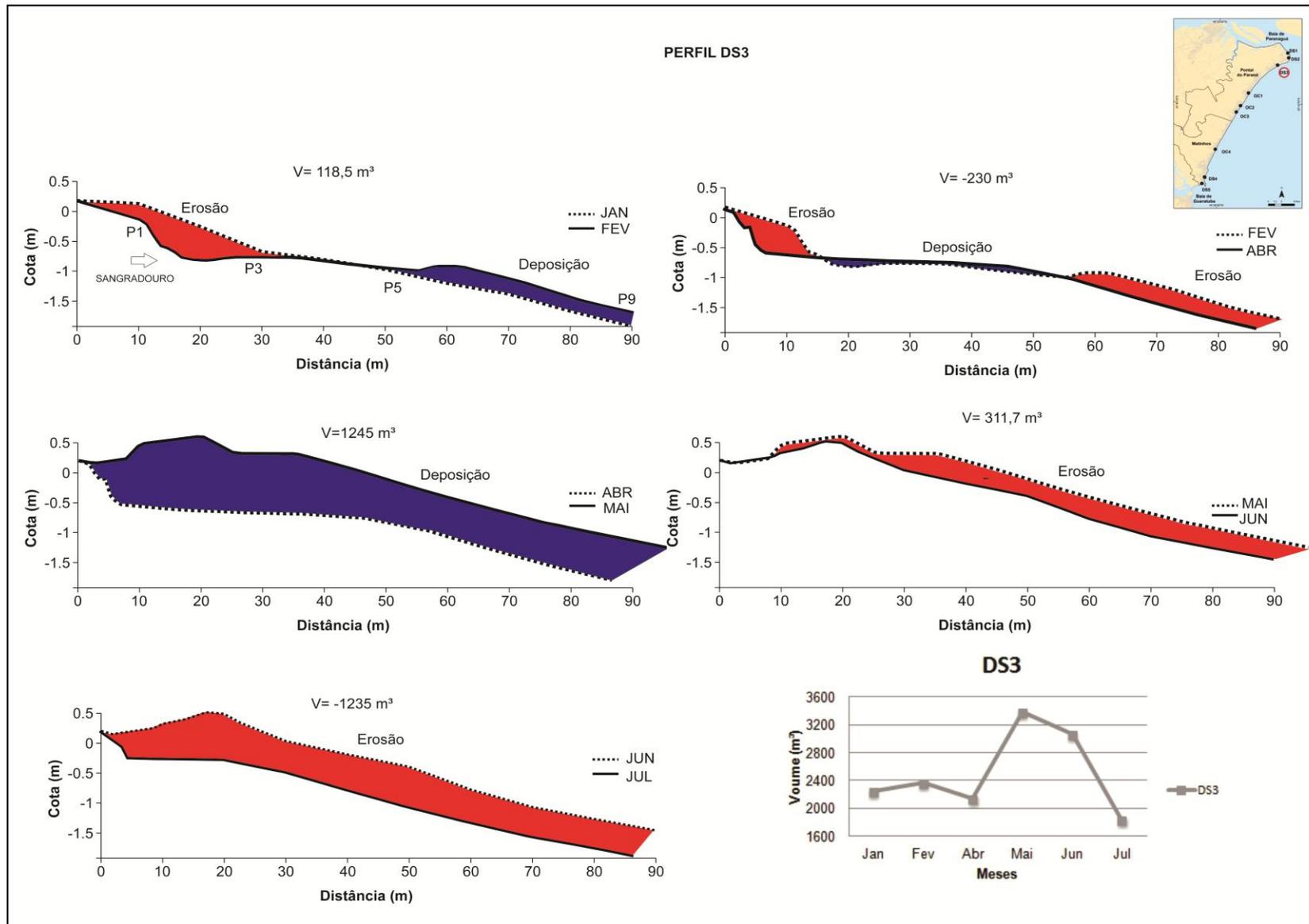


Figura 22: Representação topográfica do perfil DS3 com as respectivas diferenças volumétricas entre meses analisados.

5.2.4 Perfil DS4

Entre janeiro e fevereiro, o perfil DS4 obteve um ganho de sedimentos de aproximadamente 149 m³ (Figura 23). Em abril, notou-se uma diminuição do volume de sedimentos a partir do P5 (50m). Entre abril e maio ocorreu um novo ganho de sedimentos ao longo de todo o perfil. Já entre os meses de maio e junho o perfil erodiu, sendo junho o mês em que ocorreu maior perda de sedimentos, cerca de -336 m³ (Tabela 5). Entre os meses finais do monitoramento, junho e julho, notou-se deposição de sedimentos ao longo de todo o perfil transversal. Dessa forma, pode-se afirmar que o perfil DS4 caracterizou-se como acrescivo.

Os sedimentos coletados entre janeiro a julho neste perfil foram caracterizados como areias finas, bem selecionadas e com assimetria negativa (Quadro 6).

Tabela 5: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no Perfil DS4.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	1516,9		
Fev	1666,1	Jan/Fev	149,2
Abr	1630,1	Fev/Abr	-36
Mai	1722	Abr/Mai	91,9
Jun	1386	Mai/Jun	-336
Jul	1628,6	Jun/Jul	242,6

Quadro 6: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil DS4.

DS4	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,20	Areia fina
	Grau de seleção	0,44	Bem selecionado
	Assimetria	-0,10	Negativa
M	Diâmetro	0,20	Areia fina
	Grau de seleção	0,44	Bem selecionado
	Assimetria	-0,19	Negativa
L	Diâmetro	0,28	Areia média
	Grau de seleção	0,89	Moderadamente selecionado
	Assimetria	0,00	Aproximadamente simétrica

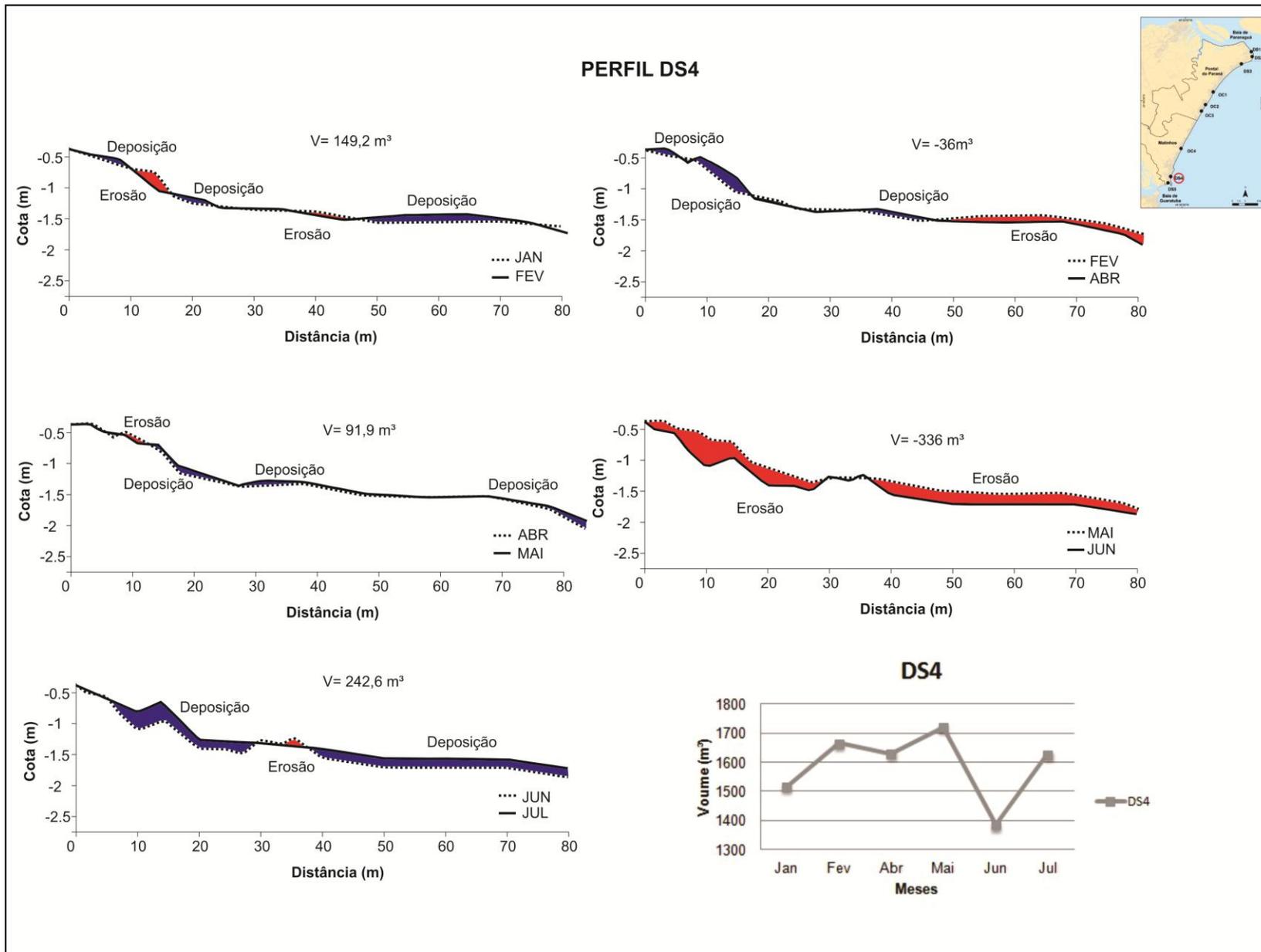


Figura 23: Representação topográfica do perfil DS4 com as respectivas diferenças volumétricas entre os meses analisados.

5.2.5 Perfil DS5

No perfil DS5 não ocorreram grandes variações no volume de sedimentos. Entre janeiro e fevereiro houve ganho de sedimentos, de 47,7 m³, a partir da distância 60 m (Figura 24). Em abril, o sistema perdeu sedimentos, cerca de 63 m³, entre as distâncias 15 a 60 m. No entanto, a partir de maio até o mês de julho, o perfil teve sucessivos aumentos no volume de sedimentos (Tabela 6). De maneira geral, o perfil DS5 apresentou um comportamento depositivo nos meses monitorados.

Os sedimentos do perfil DS5, nas amostragens realizadas entre janeiro e julho de 2016 tiveram predominância de areias finas, com a ocorrência de areias médias na porção superior do perfil, moderadamente selecionados e assimetria variando de positiva a negativa. Na porção média do perfil notou-se a presença de sedimentos pobremente selecionados (Quadro 7).

Tabela 6 Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no Perfil DS5.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	3747,3		
Fev	3794,9	Jan/Fev	47,7
Abr	3731,7	Fev/Abr	-63,3
Mai	3696	Abr/Mai	35,7
Jun	3756	Mai/Jun	60
Jul	3854,6	Jun/Jul	98,6

Quadro 7: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil DS5.

DS5	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,32	Areia média
	Grau de seleção	0,78	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,16	Negativa
M	Diâmetro	0,38	Areia fina
	Grau de seleção	1,56	Pobremente selecionado
	Assimetria	-0,03	Aproximadamente simétrica
L	Diâmetro	0,22	Areia fina
	Grau de seleção	0,68	Moderadamente selecionado
	Assimetria	0,12	Positiva

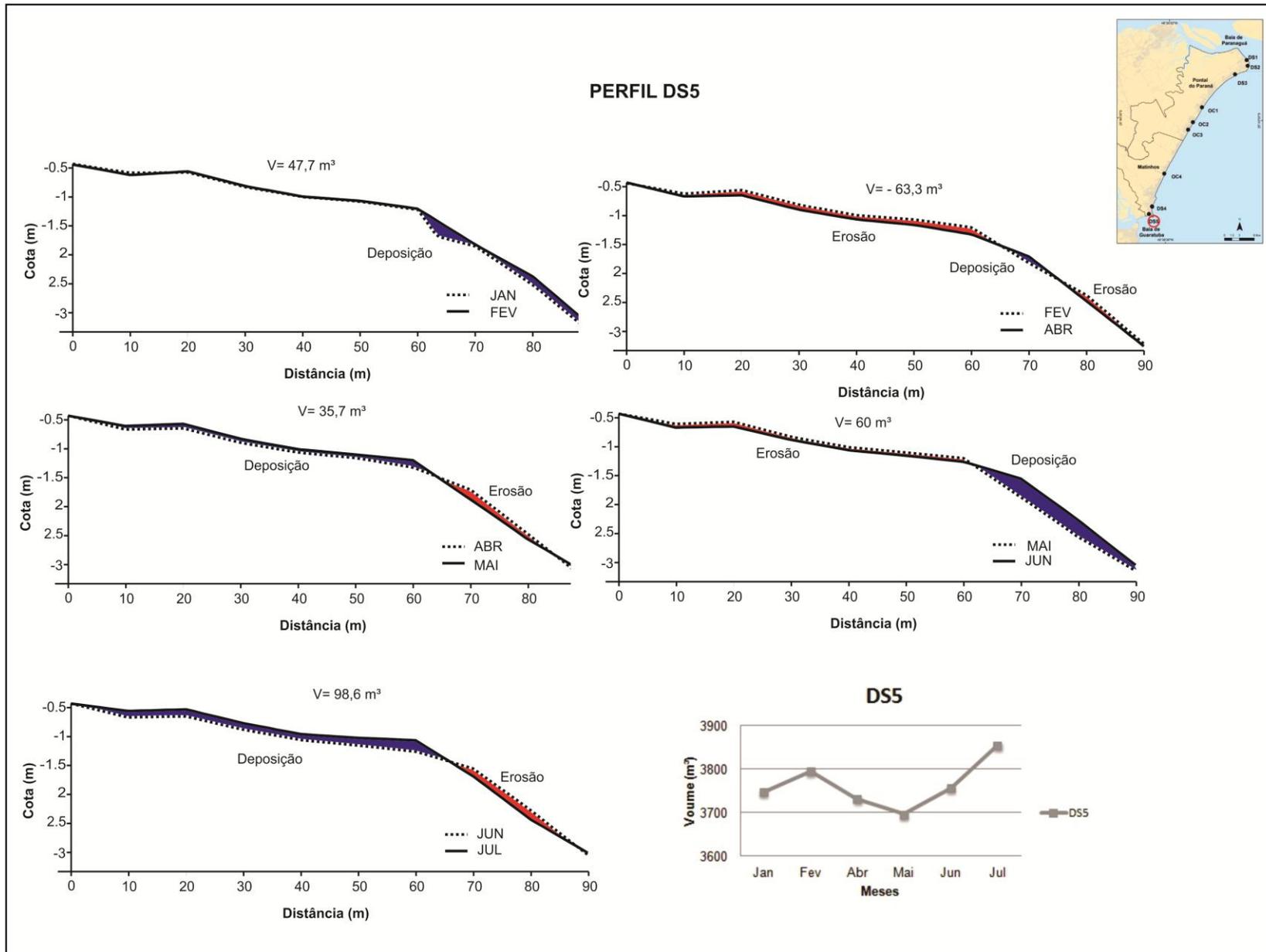


Figura 24: Representação topográfica do perfil DS5 com as respectivas diferenças volumétricas entre os meses analisados.

5.2.6 Perfil OC1

Na comparação entre os meses de janeiro e fevereiro ocorreu um ganho de sedimentos, de 134 m³. Entre fevereiro e abril ocorreu perda de sedimentos, aproximadamente entre os P0 e P6, de -129 m³. Esses sedimentos foram depositados a partir da distância 60 até a linha d'água. Em abril e maio ocorreu acresção no perfil de 169 m³ (Tabela 7), com intercalação de erosão e deposição ao longo do perfil transversal. Entre maio e junho ocorreu perda de sedimentos de um mês para outro, assim como nos meses anteriores notou-se a intercalação de deposição e erosão.

Pode-se constatar o deslocamento do sangradouro, anteriormente localizado entre P3 e P4, no mês de maio e em junho passando para o ponto 2 e 4 (Figura 25). Entre junho e julho notou-se perda de sedimentos, e ocorrendo também o deslocamento do sangradouro. O sangradouro esteve ativo durante todos os meses de monitoramento.

De modo geral, este perfil apresentou um caráter erosivo durante os meses de monitoramento. Os sedimentos do perfil OC1, nas amostragens realizadas entre janeiro e julho de 2016 foram caracterizados como areias finas, muito bem selecionadas e com curvas granulométricas aproximadamente simétricas (Quadro 8).

Tabela 7: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no Perfil OC1.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	3338		
Fev	3471,9	Jan/Fev	134
Abr	3342,9	Fev/Abr	-129
Mai	3511,9	Abr/Mai	169
Jun	3101,1	Mai/Jun	-411
Jul	3612,2	Jun/Jul	511

Quadro 8: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil OC1.

OC1	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,21	Areia fina
	Grau de seleção	0,52	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,21	Negativa
M	Diâmetro	0,20	Areia fina
	Grau de seleção	0,39	Bem selecionado
	Assimetria	-0,13	Negativa
L	Diâmetro	0,17	Areia fina
	Grau de seleção	0,44	Bem selecionado
	Assimetria	-0,13	Negativa

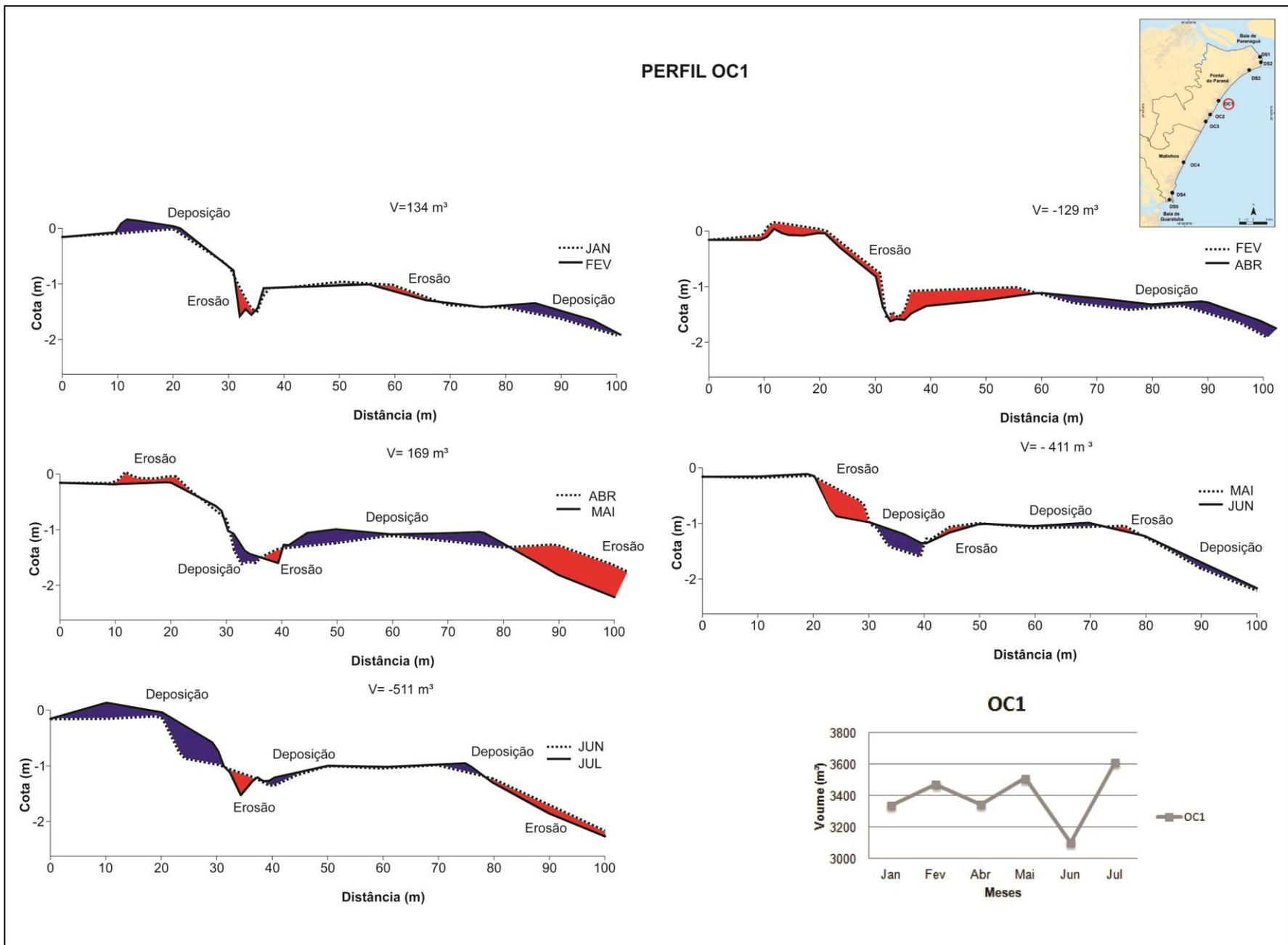


Figura 25: Representação topográfica do perfil OC1 com as respectivas diferenças volumétricas entre os meses analisados.

5.2.7 Perfil OC2

Na comparação entre os meses de janeiro e fevereiro nota-se que um ganho considerável de sedimentos de 1.048 m³ no mês de fevereiro, ao longo de todo o perfil transversal. Entre fevereiro e abril, ocorreu decréscimo no volume de sedimentos, a partir da distância 15 até a 60 (Figura 26). Já entre abril e maio ocorreu ganho de sedimentos (Tabela 8). Entre maio em junho notou-se perda de sedimentos, com intercalação de deposição e erosão no perfil, além disso, pode-se salientar o aumento na calha do sangradouro localizado na área no mês de junho. Entre os meses de junho e julho, ocorreu diminuição no volume de sedimentos de aproximadamente 91 m³, também com intercalação de erosão e deposição ao longo do perfil transversal. Neste perfil, os sedimentos tiveram predominância de areias finas, muito bem selecionadas com curvas de distribuição aproximadamente simétricas (Quadro 9).

Tabela 8: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no Perfil OC2.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	1887,4		
Fev	2935,5	Jan/Fev	1048,1
Abr	2122,8	Fev/Abr	-555
Mai	2614,7	Abr/Mai	234,2
Jun	2639,9	Mai/Jun	126,8
Jul	2396,8	Jun/Jul	-91,1

Quadro 9: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil OC2.

OC2	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,24	Areia fina
	Grau de seleção	0,75	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,01	Aproximadamente simétrica
M	Diâmetro	0,21	Areia fina
	Grau de seleção	0,51	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,01	Aproximadamente simétrica
L	Diâmetro	0,21	Areia fina
	Grau de seleção	0,69	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,04	Aproximadamente simétrica

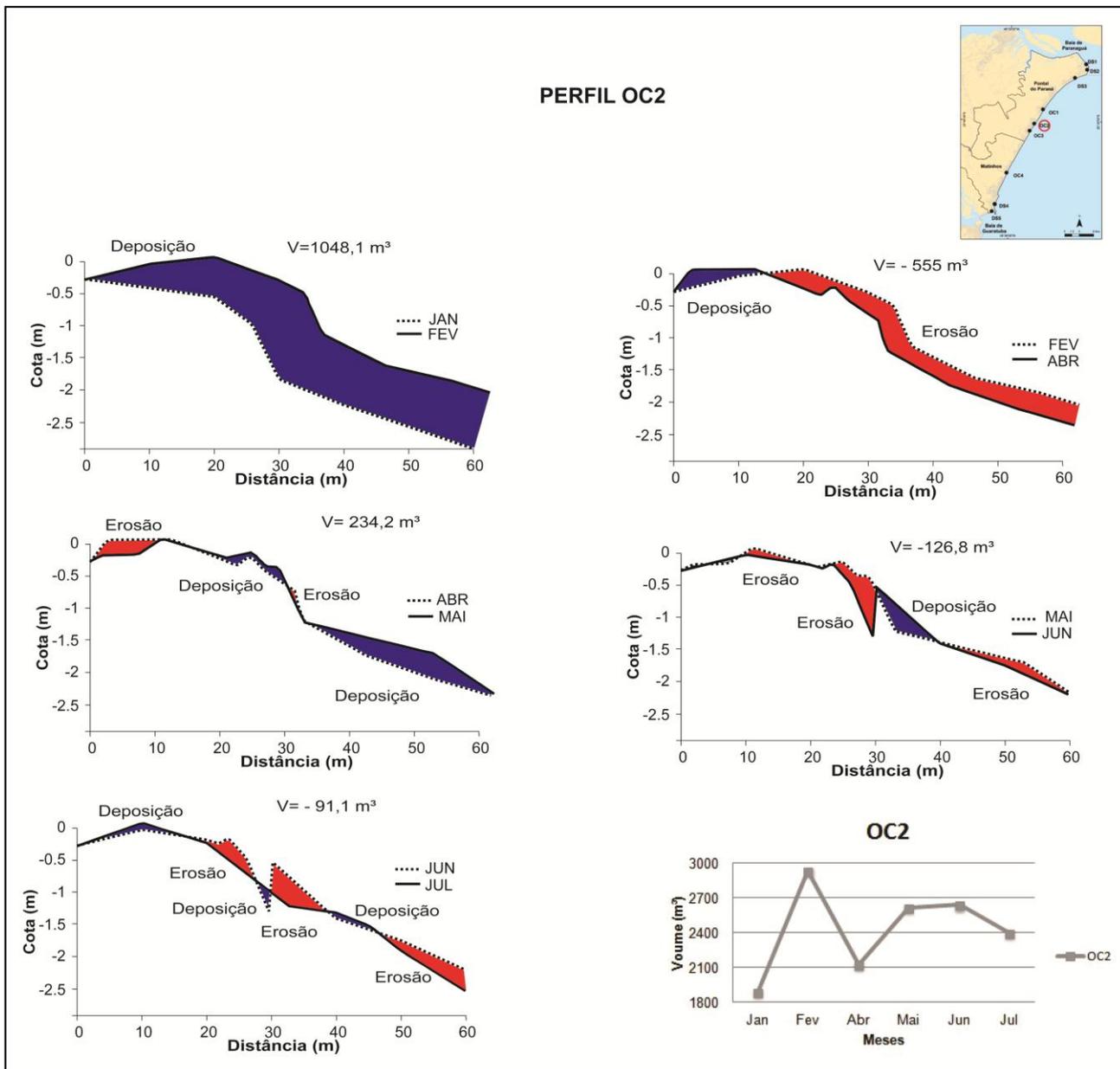


Figura 26: Representação topográfica do perfil OC2 com as respectivas diferenças volumétricas entre os meses analisados.

5.2.8 Perfil OC3

Em fevereiro houve um acréscimo do Perfil OC3 de aproximadamente 159 m³ (Tabela 9). Do mês de fevereiro para o mês de abril ocorreu perda de sedimentos em todo o perfil. Entre abril e maio também se pode observar a diminuição no volume de sedimentos de 98 m³, sendo mais notável essa diferença a partir do P4 (40m) (Figura 27). Entre maio e junho também ocorreu um deposição de sedimentos, a partir da distância 15 m. Entre junho e julho o sistema perdeu cerca de 150 m³ de sedimentos. Assim, de maneira geral, este perfil apresentou um comportamento erosivo.

Os sedimentos do perfil OC3 foram caracterizados como areias finas, moderadamente selecionados e as curvas granulométricas, em relação à assimetria tiveram a maior parte das distribuições negativas (Quadro 10).

Tabela 9: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no Perfil OC3.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	2259,8		
Fev	2442,6	Jan/Fev	158,6
Abr	2241,6	Fev/Abr	-176,8
Mai	2135,7	Abr/Mai	-98,3
Jun	2173,1	Mai/Jun	30
Jul	2044	Jun/Jul	-150,7

Quadro 10: Valor médio e classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil OC3.

OC3	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,22	Areia fina
	Grau de seleção	0,48	Bem selecionado
	Assimetria	-0,15	Negativa
M	Diâmetro	0,22	Areia fina
	Grau de seleção	0,56	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,14	Negativa
L	Diâmetro	0,23	Areia fina
	Grau de seleção	0,76	Moderadamente selecionado
	Assimetria	0,02	Aproximadamente simétrica

PERFIL OC3

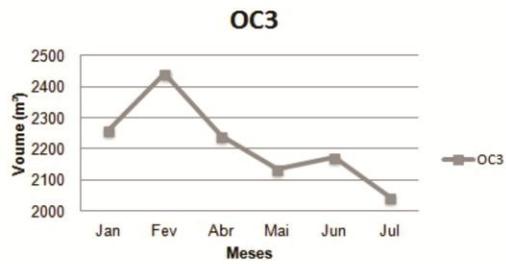
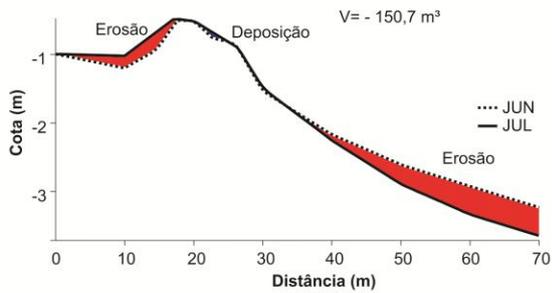
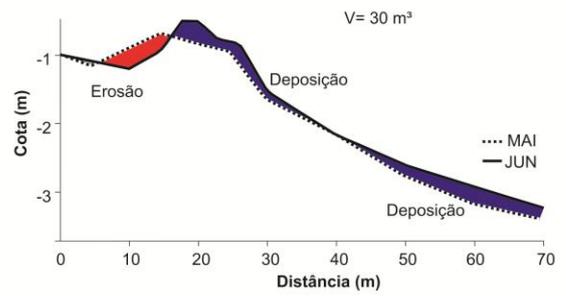
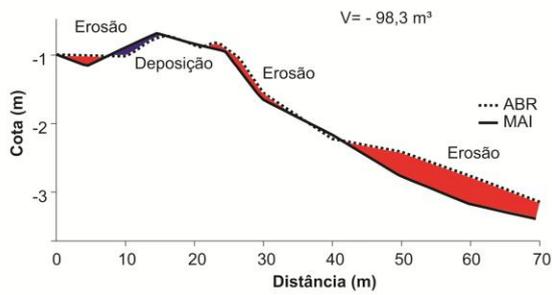
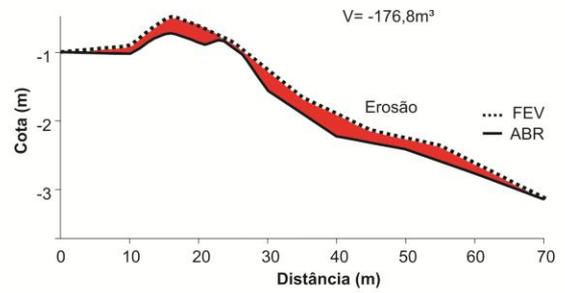
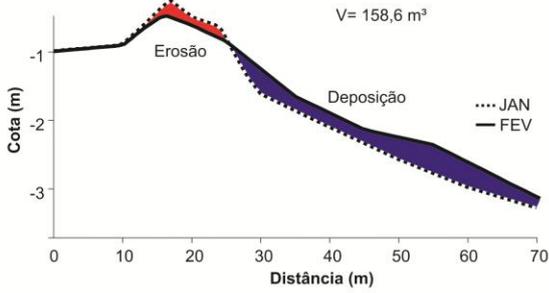


Figura 27: Representação topográfica do perfil OC3 com as respectivas diferenças volumétricas entre os meses analisados.

5.2.9 Perfil OC4

No Perfil OC4, entre janeiro e fevereiro ocorreu decréscimo no volume de sedimentos, ao longo de todo o perfil transversal. Em abril ocorreu ganho, sendo observado a partir do P2 (20m). Entre abril e maio notou-se uma diminuição no volume de aproximadamente -226 m³. Junho foi o mês que apresentou maior acréscimo de sedimentos, de aproximadamente 330 m³ ao longo de todo o perfil (Tabela 10). Entre junho e julho houve pequena mudança na configuração no perfil, intercalando áreas erosão e deposição (Figura 28). Dessa maneira, este perfil apresentou um comportamento acrescivo. De acordo com a caracterização dos sedimentos, estes tiveram predominância de areias finas, moderadamente selecionadas e com assimetria negativa (Quadro 11).

Tabela 10: Relação das diferenças volumétricas entre os levantamentos topográficos realizados no Perfil OC4.

Meses	Volume (m ³)	Diferença entre os meses (m ³)	
Jan	963		
Fev	811,3	Jan/Fev	-151,8
Abr	899,2	Fev/Abr	87,9
Mai	672,7	Abr/Mai	-226,5
Jun	1003,7	Mai/Jun	331
Jul	1017,2	Jun/Jul	13,5

Quadro 11: Valor médio classificação dos sedimentos quanto ao diâmetro, grau de seleção e assimetria dos sedimentos coletados nas três porções do perfil OC4.

OC4	Parâmetros	Média	Classificação
R	Diâmetro	0,26	Areia fina
	Grau de seleção	0,66	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,17	Negativa
M	Diâmetro	0,22	Areia fina
	Grau de seleção	0,71	Moderadamente selecionado
	Assimetria	-0,20	Negativa
L	Diâmetro	0,21	Areia fina
	Grau de seleção	0,71	Moderadamente selecionado
	Assimetria	0,03	Aproximadamente simétrica

PERFIL OC4

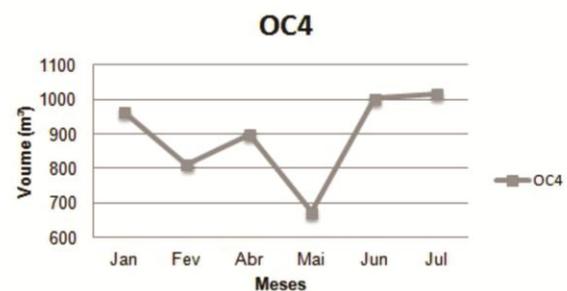
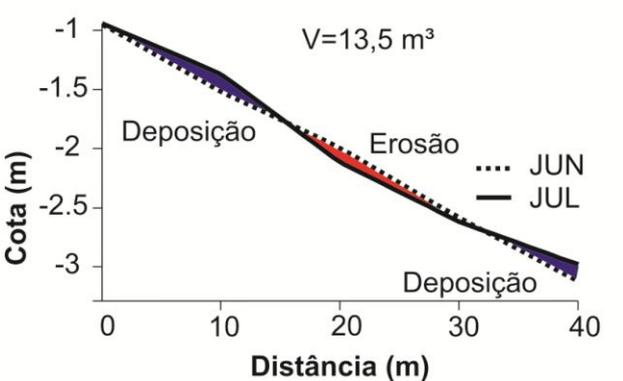
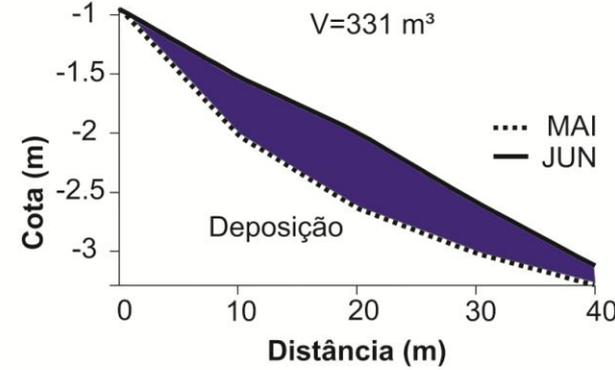
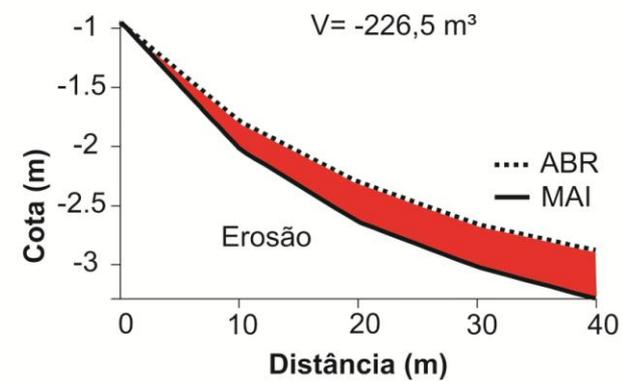
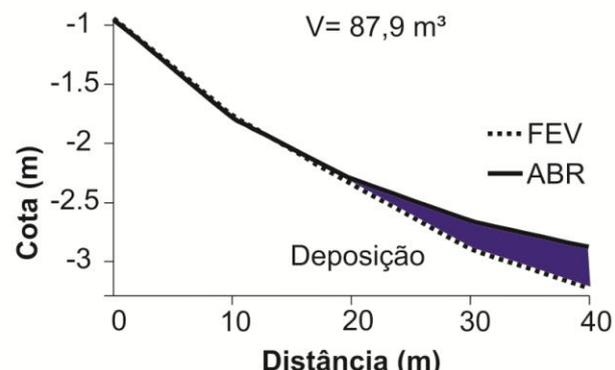
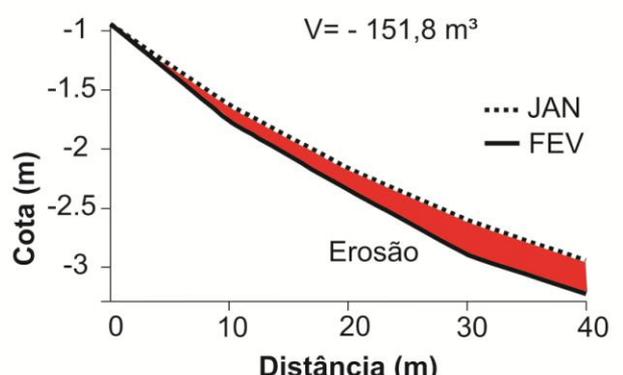


Figura 28: Representação topográfica do perfil OC4 com as respectivas diferenças volumétricas entre os meses analisados.

Assim, os perfis de desembocadura norte, influenciados pela Baía de Paranaguá, DS1 e DS3 apresentaram caráter erosivo, enquanto o DS2 obteve um comportamento depositivo em sua totalidade. Os perfis da desembocadura sul, influenciados pela Baía de Guaratuba apresentaram comportamento acrescivo. Os perfis oceânicos OC1 e OC3 exibiram um comportamento erosivo, já os perfis OC2 e OC4 mostraram-se mais acrescivos. Quanto à variação dos parâmetros granulométricos, não ocorreram grandes variações. De forma geral, estes se caracterizaram como areias finas, bem selecionadas e assimetria variando de negativa a positiva.

5.3 OCORRÊNCIAS DE FRENTES FRIAS E AGITAÇÃO MARÍTIMA E A RELAÇÃO ENTRE O BALANÇO VOLUMÉTRICO MENSAL

De acordo com o levantamento realizado junto à Diretoria de Hidrografia e Navegação-DHN não houve registro de avisos de agitação marítima nos meses de dezembro de 2015, janeiro e fevereiro de 2016. Conforme os dados fornecidos pelo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climático-CPTEC, dos dias 6 e 7 de dezembro de 2015 ocorreu a passagem de uma frente fria em Paranaguá.

No mês de março de 2016 foi registrado aviso de ressaca nos dias 3 e 10, com ondas provenientes da direção SE/E, com altura variando de 2,5 a 3 m. No entanto, neste mês não houve registro de frentes frias na região de Paranaguá.

Em abril, nos dias 25 e 28 houve aviso de mar grosso e dia 26 aviso de ressaca com ondas de direção SW/S de 3,5 a 5 m. No dia 26 foi registrada a ocorrência de uma frente fria na região de Paranaguá.

Nos dias 11, 15, 17 e 27 de maio houve registro de mar grosso com ondas chegando a 5 m, provenientes da direção SW/S. No dia 17 houve aviso de ressaca com ondas provenientes de SW/SE chegando a 2,5 m de altura. Nesse mesmo mês, ocorreu a passagem de 2 frentes frias, uma no dia 11 e outra no dia 16, a qual permaneceu por dois dias na região de Paranaguá.

No mês de junho, foram registrados 4 avisos de mau tempo, sendo 2 avisos de ressaca, nos dias 11 e 21, com ondas de direção SW/S de até 4 m, e de direção S/SE com alturas significativas de 2,5 m, respectivamente. Foi

registrada a ocorrência de 2 frentes na região de Paranaguá nos dias 6 e 18, sendo que a última frente permaneceu por cerca de dois dias na região.

Em julho foi registrado o maior número de avisos de agitação marítima. Nos dias 7 e 15 houve aviso de mar grosso, com ondas provenientes de SW/S, de 2,5 a 3 m e dia 26 ondas com direção SW/SE. No dia 27 ocorreu registro de mar grosso com ondas provenientes de SW/SE, de até 4 m, e dia 28 aviso de ressaca com ondas vindas da mesma direção, com alturas variando de 2,5 a 3 m. Neste mês, ocorreram 3 frentes frias nos dias 6, 16, 26 e 27 na região de Paranaguá (ANEXO1).

Para compreender o comportamento depositivo ou erosivo dos perfis praias numa escala em curto prazo (mensal) relacionou-se com a ocorrência de ressacas no período avaliado. Assim, na análise das variações volumétricas, somente na localidade OC4 ocorreu perda de sedimentos no sistema entre janeiro e fevereiro, o restante dos perfis obteve ganho de sedimentos. A estabilidade meteorológica ocorrida neste período pode ter influenciado na manutenção destes sedimentos no sistema praias.

Na análise volumétrica dos meses de fevereiro e abril somente os perfis DS2 e OC4 apresentaram ganho de volume sedimentar, o restante dos perfis obtiveram variação volumétrica negativa. Esta situação de perda de sedimentos pode estar relacionada à ocorrência de 2 ressacas no mês de março, que retiraram sedimentos do sistema.

Nos meses de abril e maio, os perfis OC3 e OC4 apresentaram perda de sedimentos, enquanto, os outros perfis caracterizaram-se como depositivos. No mês de abril houve registro de ressaca para área estudada, assim como a passagem de um sistema frontal, no entanto, somente os perfis OC3 e OC4 apresentaram maior relação com a agitação marítima do período.

Já os perfis OC2 e OC4 obtiveram um balanço sedimentar positivo. Freitas (2012) na seção de Santa Terezinha, equivalente ao perfil OC2, também encontrou balanço sedimentar positivo, no monitoramento realizado entre janeiro de 2011 a abril de 2012.

Os perfis que apresentaram comportamento erosivo entre o período de maio e junho foram DS1, DS3, DS4, OC1 e OC2, o restante dos perfis apresentou ganho de sedimentos. Dessa maneira, pode-se afirmar que as variações volumétricas nas localidades citadas acima tiveram relação com as

condições meteorológicas neste período. Porém, esta relação não é válida para as localidades DS2, DS5, OC3 e OC4, pois, foi o período em que apresentou maior ganho de sedimentos entre os meses analisados.

No entanto, na análise de volume sedimentar dos meses de junho e julho, período de inverno, foi notada uma situação oposta, ganho no volume nas localidades DS1, DS2, DS4, DS5, OC1 e OC4. A perda de sedimentos somente em 3 perfis: DS3, OC2 e OC3. Entre a data de execução do monitoramento de junho até a data de execução do perfil praial do mês de julho, foram registrados 6 avisos de mau tempo, com a confirmação de 2 ressacas que interferiram no balanço de sedimentos negativo nas localidades.

Quadro 12: Quadro resumo dos avisos de mau tempo emitidos pela Marinha do Brasil e ocorrência de frentes frias informadas pelo CPTEC, com a data de ocorrência, local e classificação dos eventos.

Aviso de Mau Tempo				Ocorrência de Frentes Frias			
Mês	Dia	Local	Ressacas/Mar Grosso	Mês	Dia	Local	Nº de frentes frias
Dezembro 15	N/D	N/D	N/D	Dezembro 15	6 e 7	Permaneceu em Paranaguá	1
Janeiro 16	N/D	N/D	N/D	Janeiro 16	N/D	N/D	0
Fevereiro 16	N/D	N/D	N/D	Fevereiro 16	N/D	N/D	0
Março 16	3	Laguna/Paranaguá	Ressaca	Março 16	N/D	N/D	0
			SE/E				
	2,5/ 3m						
	Ressaca						
10	Laguna/Paranaguá	SE/E					
		2,5/ 3m					
Abril 16	25	Área Bravo e Charlie	Mar Grosso	Abril 16	26	Passou por Paranaguá	1
			SW/S				
			3,5/5m				
	Ressaca						
	SW/S						
	2,5/3m						
28	Área Charlie	Mar Grosso					
		SW/S					
		3/4m					
Maio 16	1	Área Bravo e Charlie	Mar Grosso	Maio 16	11	Passou por Paranaguá	2
			SW/S				
			3/4m				
	15	Área Charlie	Mar Grosso				
			SW/S				
			3/4m				
	17	Laguna à Cabo St Tomé	Ressaca				
			SW/SE				
			2,5m				
	22	Área Charlie	Mar Grosso/Muito Grosso				
SW/S							
3/5m							
Junho 16	7	Área Charlie	Mar Grosso	Junho 16	6	Passou por Paranaguá	2
			SW/S				
			3/4m				
	10	Área Charlie	Mar Grosso/Muito Grosso				
			SW/S				
			3/5m				
	11	Laguna à Cabo St Tomé	Ressaca				
			SW/S				
			2,5/4m				
21	Guaratuba à Cabo St Tomé	Ressaca					
		S/SE					
		2,5m					
Julho 16	7	Área Charlie	Mar Grosso	Julho 16	6	Passou por Paranaguá	3
			SW/S				
			3/4m				
	15	Área Charlie	Mar Grosso				
			SW/S				
			3/5m				
	16	Laguna à Cabo St Tomé	Ressaca				
			SW/S				
			2,5/3m				
	26	Torres à Cabo St Tomé	Ressaca				
			SW/SE				
			2,5/3,5m				
	27	Área Charlie	Mar Grosso				
			SW/SE				
			3/4m				
28	Laguna à Caravelas	Ressaca					
		SW/SE					
		2,5/3m					
					26 e 27	Passou por Paranaguá	

5.4 INDICADORES DE EROSÃO COSTEIRA

5.4.1 Sangradouros

Foram identificados 103 sangradouros ao longo da linha de costa, dentre os quais, 76 foram classificados como de origem antrópica, pois estavam relacionados com as galerias de escoamento de águas pluviais. Os demais apresentaram características de origem natural. Quanto à sazonalidade, estes foram classificados como efêmeros. Os sangradouros denominados Barrancos e Olho d'água localizados na porção norte da área de estudo, além da origem natural foram os únicos classificados como permanentes.

As porções sul e central da área de estudo apresentaram maior número de sangradouros, com distanciamento médio entre eles de 150 m aproximadamente. Este trecho caracterizou-se por apresentar sangradouros de maior porte quando comparados aos sangradouros situados ao sul da área de estudo.

A concentração de sangradouros diminuiu a partir da porção central da área estudada em direção sul, no qual o distanciamento médio entre eles foi cerca de 500 m. Onde havia diminuição da faixa de restinga e pós-praia os sangradouros tiveram menor comprimento e estiveram mais próximos às galerias pluviais. Na extremidade sul, a partir do rio Matinhos, o número de sangradouros diminuiu consideravelmente (Figura 29).

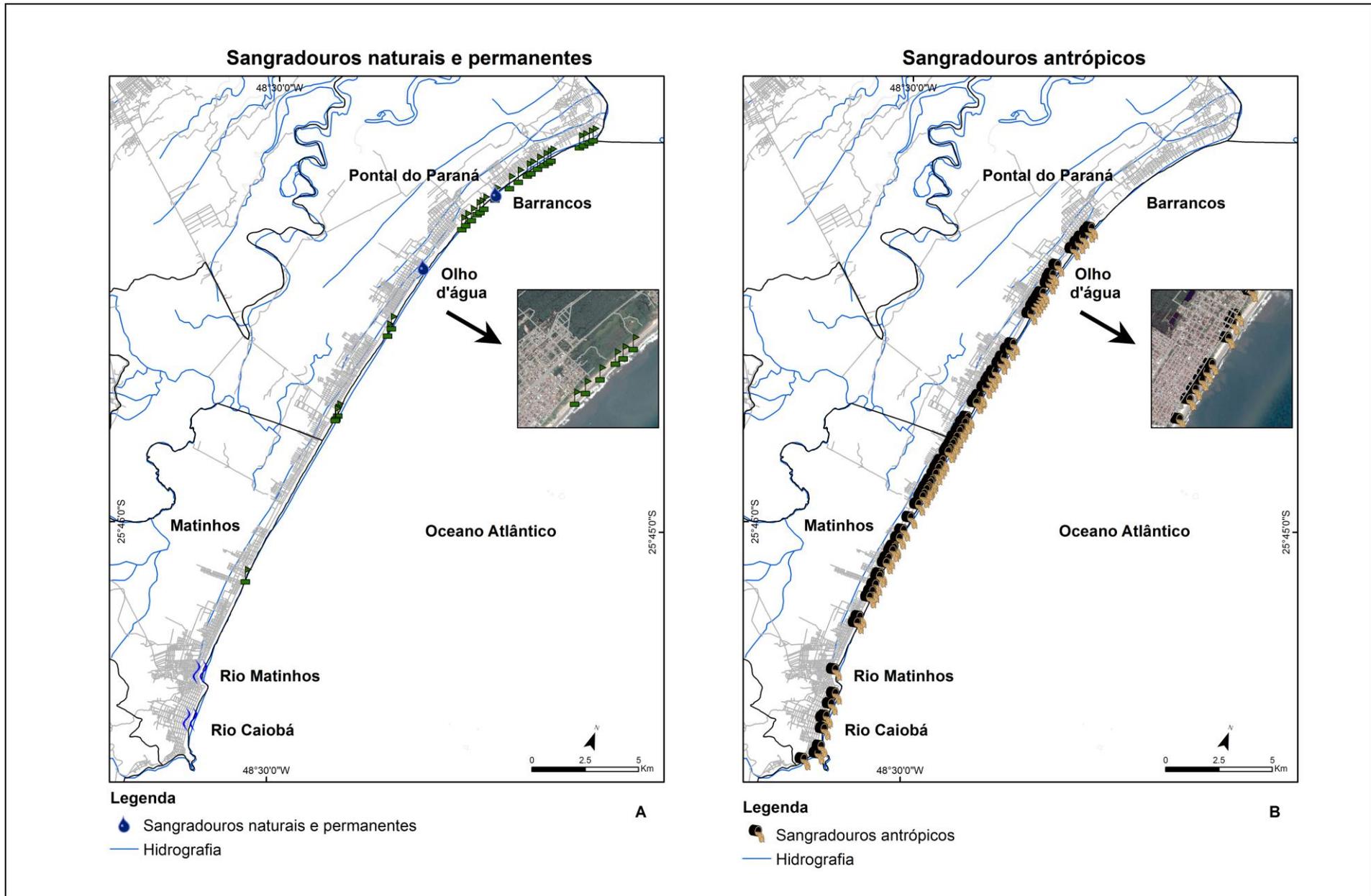


Figura 29: Localização dos sangradouros naturais (a), antrópicos e rios (b).

5.4.2 Parâmetros estatísticos granulométricos

Os dados aqui apresentados referem-se às amostras coletadas na linha d'água (79 amostras). O diâmetro médio dos sedimentos atuais variou entre areias finas (0,125 - 0,250 mm) e médias (0,250 - 0,500 mm), com valor máximo de 0,3622 mm e mínimo de 0,142 mm (Figura 30). Nota-se uma predominância de areias finas na área de estudo, sendo observadas na porção central e norte, enquanto as areias médias foram observadas na porção sul, mais especificamente na região do Balneário Riviera e Praia Mansa.

Com relação ao selecionamento de grãos, a maioria das amostras de sedimentos apresentou bom selecionamento dos grãos (bem a moderadamente selecionados). No entanto, no trecho sul (pontos 6 ao 22) houve ocorrência de sedimentos pobremente selecionados (Figura 31). A assimetria variou de muito positiva a muito negativa, sem apresentar um padrão definido (Figura 32).

De maneira geral, nos locais de ocorrência de areias finas elas apresentavam um selecionamento variando de muito bem a moderadamente selecionados. As areias médias variaram de pobremente selecionadas a moderadamente selecionadas (Figura 33).

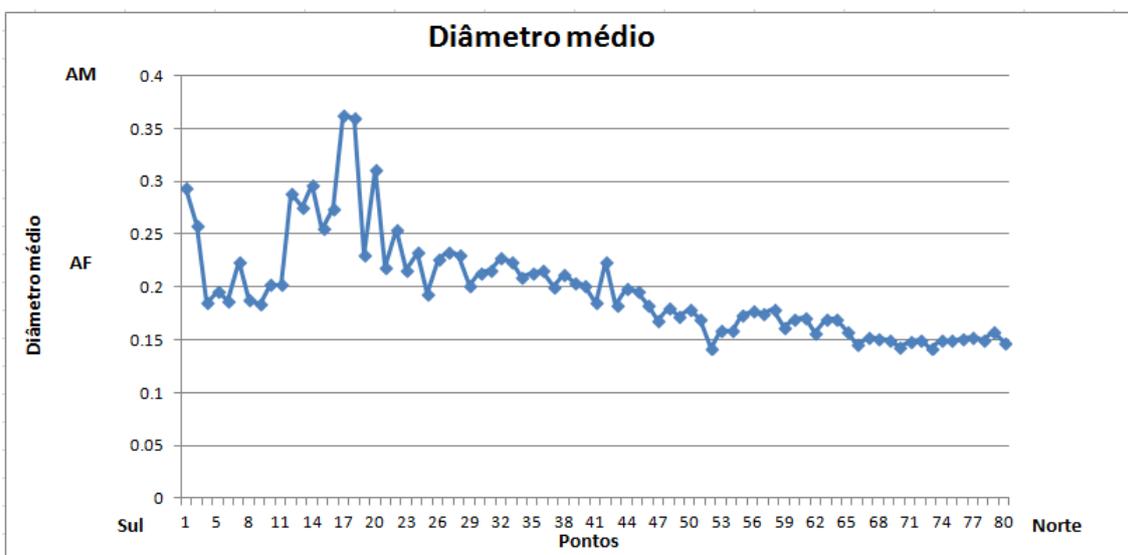


Figura 30: Variação dos valores do diâmetro médio dos sedimentos ao longo do trecho estudado, AF: areia fina (0,125- 0,250); AM: areia média (0,20-0,5).

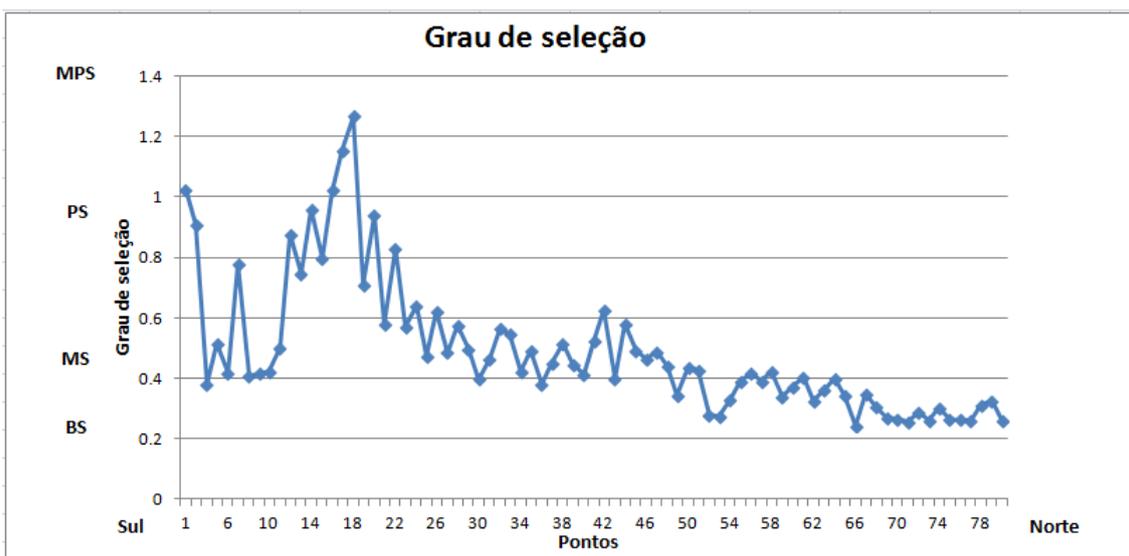


Figura 31: Variação dos valores de grau de seleção dos sedimentos praias ao longo do trecho estudado, BS: bem selecionado (0,35-0,5); MS: moderadamente selecionado (0,5-0,1); PS: pobremente selecionado (1,00-2,00); MPS: muito pobremente selecionado (2,00-4,00).

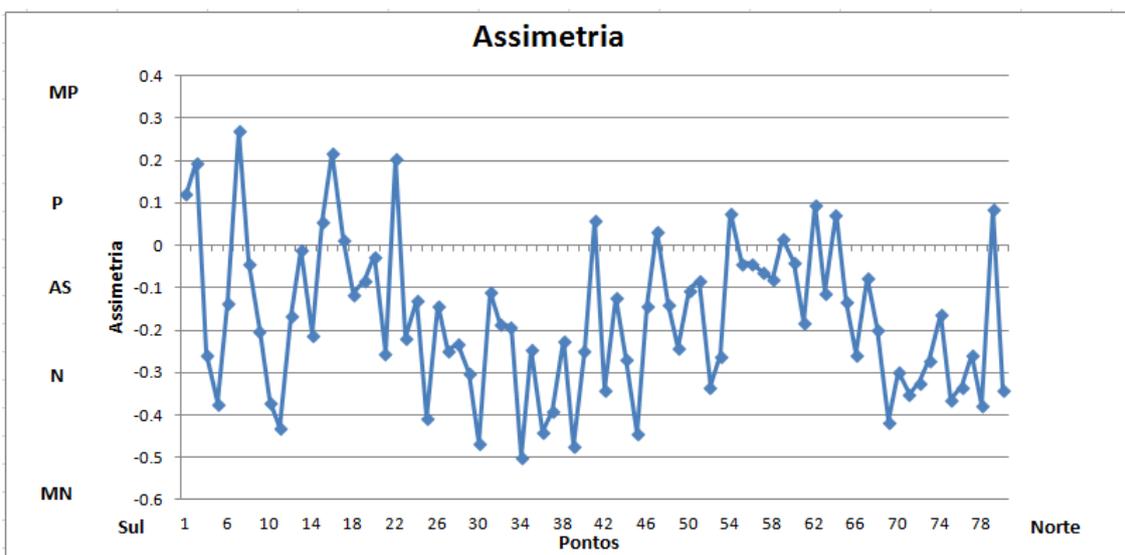


Figura 32: Variação dos valores de grau de assimetria dos sedimentos ao longo do trecho estudado, MP: muito positiva (0,3-1,0); P: positiva (0,1-0,3); AP: aproximadamente simétrica (-0,1-0,1); N: negativa (-0,3- -0,1) e MN: muito negativa (-1,0- -0,3).

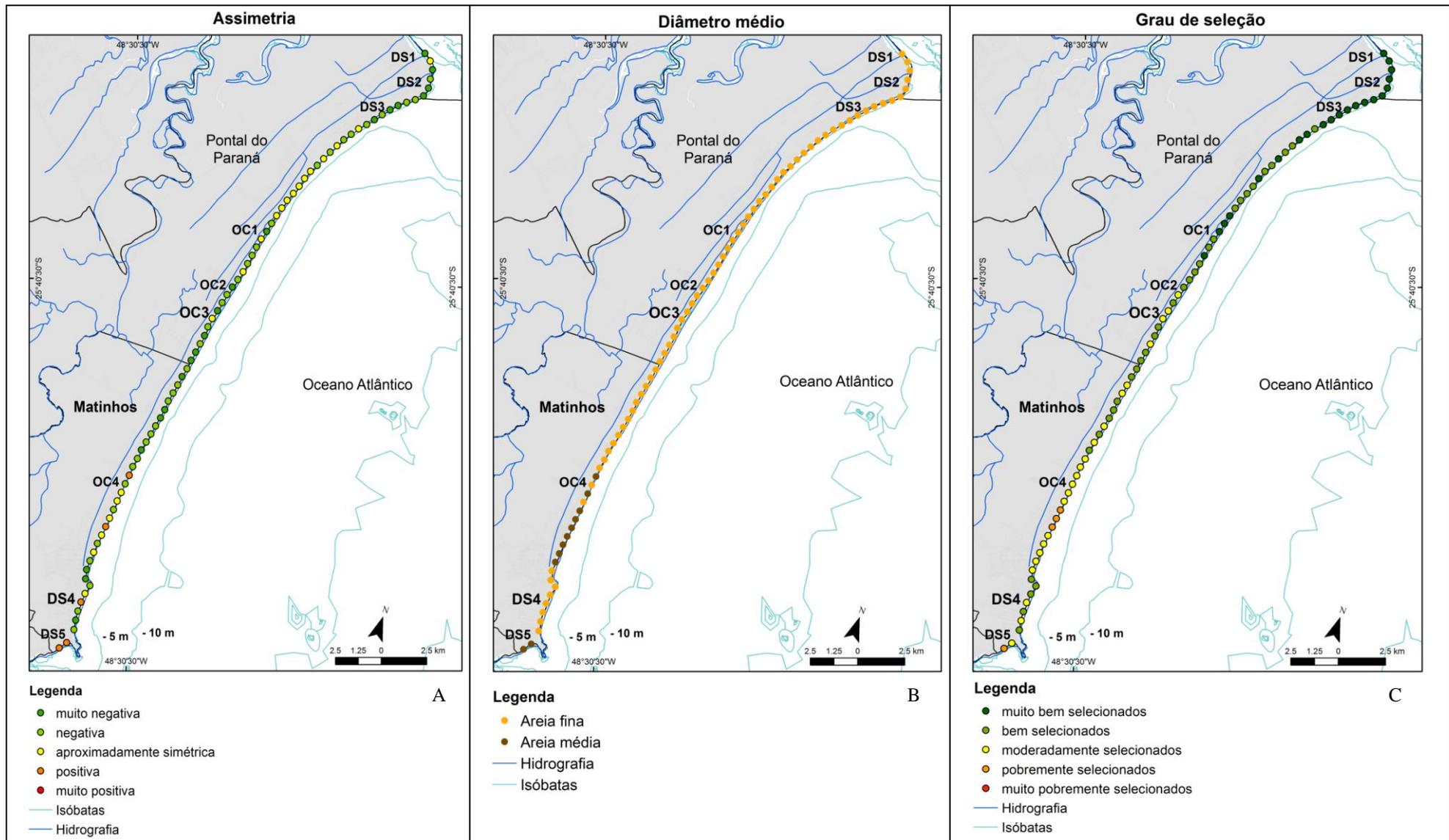


Figura 33: Distribuição do diâmetro médio (A), grau de seleção (B) e assimetria (C) ao longo das praias de Matinhos e Pontal do Paraná.

5.4.3 Vetores de tendência de transporte

A partir do banco de dados das características granulométricas dos sedimentos praias atuais foram gerados 79 vetores de tendência de transporte pelo método GSTA (Figura 34).

Na região do Balneário Pontal do Sul (DS1-DS2) foram gerados 8 vetores de transporte longitudinal, sendo 2 vetores com sentido NE e 2 com direção SE, gerando uma zona de convergência de vetores e uma zona de divergência de vetores. O restante apresentou direção para o continente. Já na região DS3, o padrão se repete, porém, gerando uma zona de divergência do transporte sedimentar.

Na região de Barrancos, o transporte sedimentar identificado apresenta sentido SW, e na região de Shangri-lá a direção predominante é NE, o que produziu uma área na qual os vetores de transporte convergem.

Na região do Balneário St. Terezinha (OC3), a direção preferencial de transporte é SW, apenas dois vetores possuem direção NE. É possível identificar uma área de divergência entre os vetores.

Na área central, notam-se vetores provenientes de NE e SW convergindo para a região do balneário Albatroz. Em St. Etienne (OC4) a direção preferencial de transporte sedimentar é NE, porém alguns vetores seguem para SW, formando uma convergência. Nas adjacências do Rio Matinhos e balneário Riviera foram identificados 9 vetores de tendência de transporte, dos quais 5 apresentaram direção SW e 4 direção NE. Já na região que compreende o Balneário Caiobá a orientação dos vetores de transporte é a mesma que a corrente de transporte longitudinal S-N.

Assim, é possível notar a presença de 6 áreas nas quais ocorrem zonas de convergência de vetores, ao norte, na localidade DS2 e na região onde está localizado o sangradouro Barrancos. No setor central, na área OC1 e na região entre OC2 e OC4 e a última no setor sul (adjacências do balneário Riviera) no qual estão concentrados os principais processos erosivos do município de Matinhos. As áreas nas quais ocorre divergência são observadas no Balneário Atami (DS3), Shangri-lá, e Balneário St. Etienne (OC4), e uma região do Balneário Pontal do Sul (DS2).

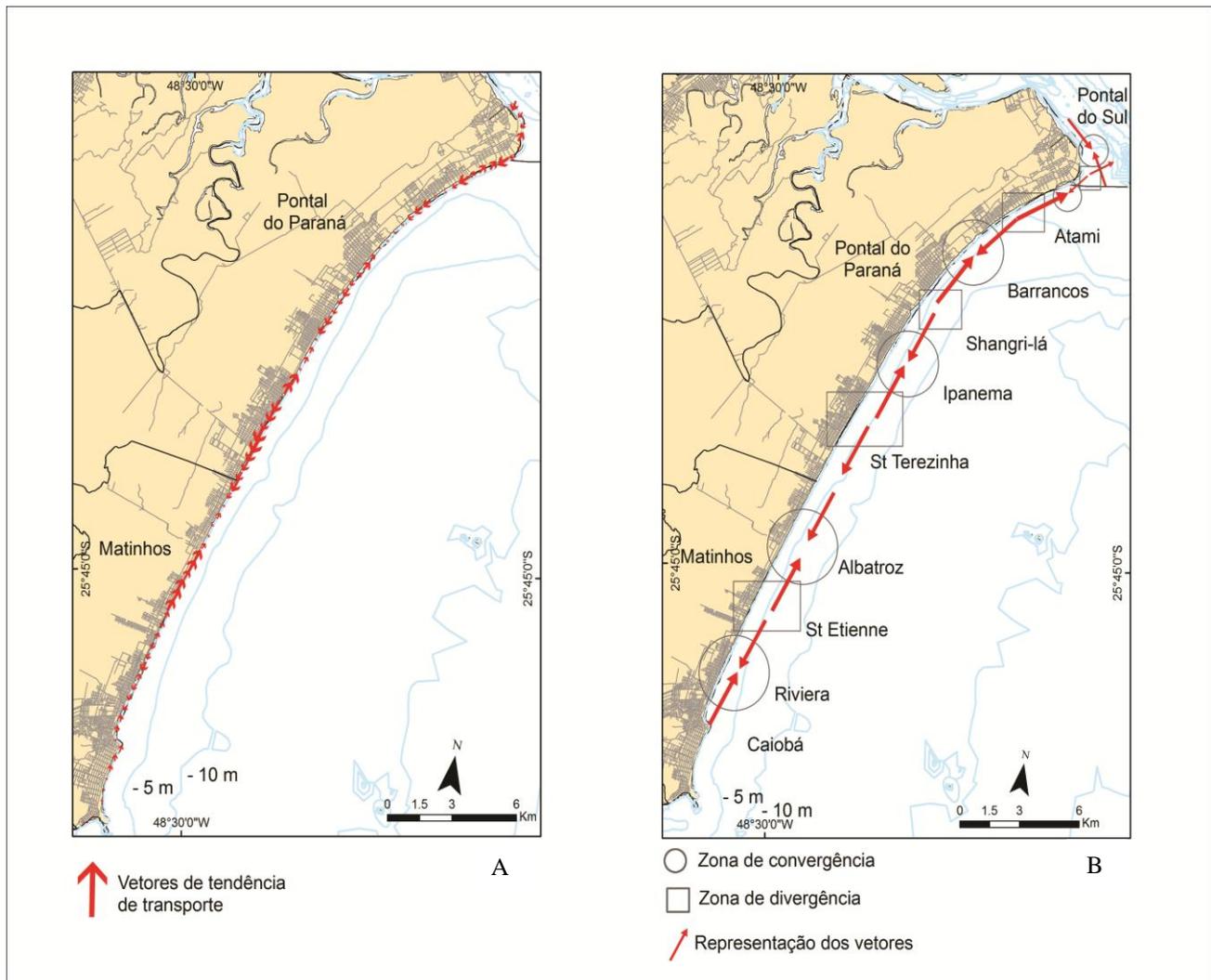


Figura 34: Vetores de tendência de transporte sedimentar (A) e representação das áreas que ocorrem convergência e divergência de vetores (B).

5.4.4 Grau de urbanização

As ocupações em Matinhos representam cerca de 2,750 km² estando distribuídas principalmente próximas à orla, e em muitas regiões sobre a orla, como no caso do Balneário Riviera. Existem áreas vegetadas, com poucos lotes sem ocupação até a terceira quadra, a partir da Avenida Beira-mar. No trecho sul verificou-se ocupação consolidada, com poucas áreas vegetadas entre as edificações.

Em Pontal do Paraná a área ocupada até a terceira quadra a partir da orla corresponde a 3,264 km². Apesar de possuir uma ocupação maior que o município de Matinhos, a maioria das construções não se encontra sobre a orla, e faixa do pós-praia é muito mais extensa do que a do município vizinho.

Em Matinhos as construções encontram-se muito mais adensadas próximas à orla ou muitas vezes sobre a orla.

As áreas não ocupadas em Pontal do Paraná correspondem às Zonas de Proteção Ambiental, ocupando cerca de 20% de Pontal do Paraná, divididas em 4: ZPA1, ZPA2, ZPA3 e ZPA4. Segundo Sampaio (2006) as ZPAs não são destinadas à preservação; são áreas que, não tendo sido ocupadas por loteamentos que desfigurassem as características naturais, mantendo em bom estado suas características topográficas originais como os cordões arenosos e brejos (Figura 35).

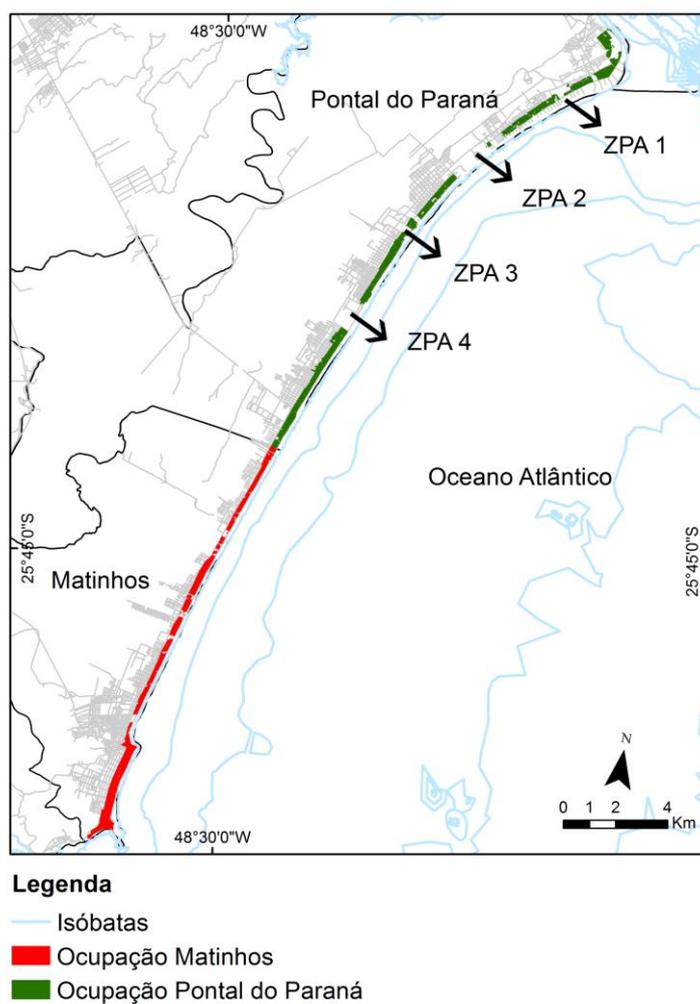


Figura 35: Grau de ocupação sobre as orlas marítimas dos municípios de Matinhos e Pontal do Paraná.

5.4.5 Obras de proteção costeira

As obras de proteção costeira estão localizadas no município de Matinhos (Figura 38). Foram identificadas escadarias e enrocamentos observadas entre os perfis OC4 e DS4, mas especificamente nos Balneários Flamingo, Riviera e Caiobá. As escadarias identificadas em Riviera e Flamingo são menores quando comparadas às localizadas na porção norte do Balneário Caiobá, as quais possuem aproximadamente 8 metros de altura (Figura 36). Os enrocamentos localizados na Praia Brava estavam em um nível mais alto (Figura 37), enquanto no balneário Flamingo e Riviera estavam no mesmo nível topográfico da praia. Todas estas estruturas identificadas apresentam-se sem uma manutenção adequada.



Figura 36: Enrocamentos destruídos pela ação do mar (à esquerda) e escadaria de 8 metros (à direita) ambos localizados na Praia Brava, Caiobá.



Figura 37: Enrocamentos em mau estado de conservação (à esquerda); e escadarias de menor porte, ambos localizados no Balneário Riviera.

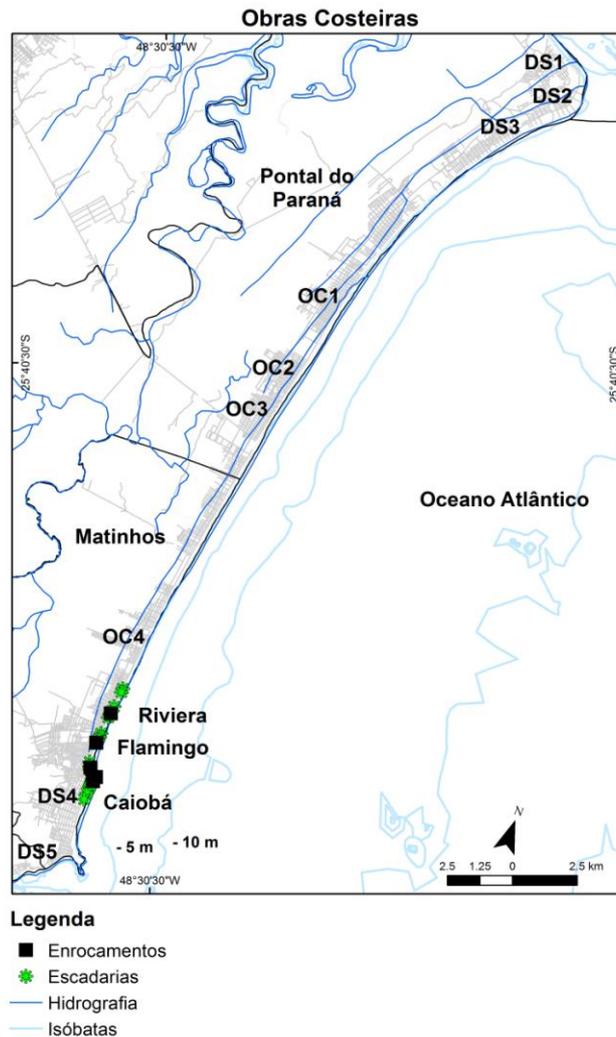


Figura 38: Distribuição e tipologia das obras costeiras ao longo da área de estudo.

5.4.6 Largura do pós-praia

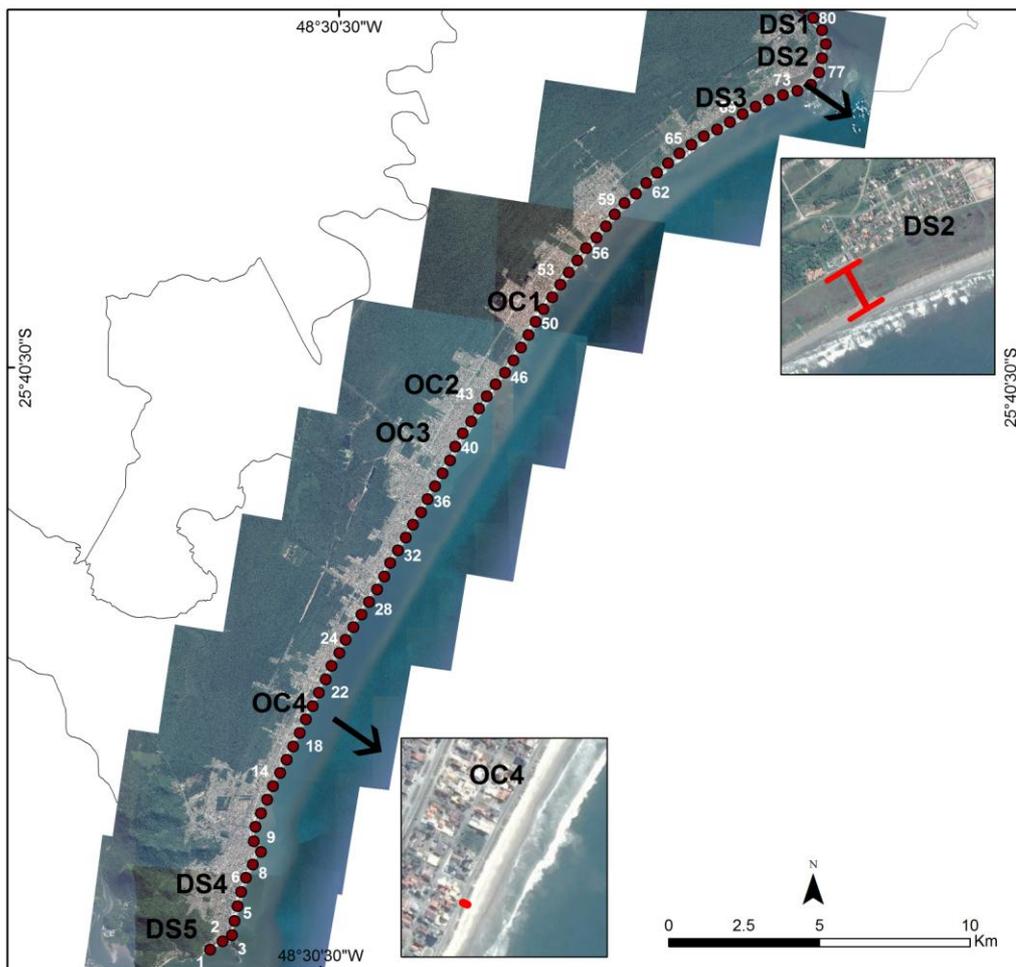
No trecho do norte da área de estudo até o ponto 29, a largura do pós-praia variou entre 45 (Balneário Praia de Leste - OC3) a 600 m (Balneário Pontal do Sul- DS2). Contudo a partir do ponto de amostragem 29 a largura média do pós-praia foi de 15 m (Tabela 11). Principalmente nos Balneários Riviera e Flamingo o pós-praia inexistiu, tendo sido substituído por obras de proteção costeira (Figura 39).

Além disso, notaram-se resquícios de ocupação informal sobre o pós-praia, como ajardinamento com introdução de plantas exóticas, estruturas de acesso à praia e de lazer como calçadas, quadras poliesportivas e

quiosques, Apesar de estar presente sobre toda a área de restinga, esta ocupação informal foi mais comum no trecho central e sul da área de estudo.

Tabela 11: Medidas do pós-praia a cada 500 m.

Largura do pós-praia (m)							
Pontos	Medidas	Pontos	Medidas	Pontos	Medidas	Pontos	Medidas
1	0	21	25	41	98	61	154
2	17	22	23	42	98	62	157
3	113	23	29	43	93	63	156
4	78	24	36	44	89	64	155
5	37	25	28	45	79	65	169
6	24	26	35	46	99	66	195
7	9	27	38	47	98	67	198
8	0	28	54	48	98	68	248
9	0	29	47	49	58	69	260
10	12	30	51	50	64	70	274
11	119	31	45	51	80	71	291
12	0	32	46	52	67	72	324
13	0	33	47	53	102	73	318
14	5	34	46	54	74	74	250
15	8	35	67	55	93	75	269
16	9	36	60	56	86	76	200
17	7	37	52	57	80	77	182
18	21	38	94	58	112	78	98
19	19	39	96	59	115	79	87
20	26	40	94	60	140		



Legenda

- Pontos Amostrais

Figura 39: Pontos amostrais para obtenção das medidas da largura do pós-praia, com destaque para as maiores (DS2) e menores (OC4) larguras identificadas.

5.5 OCORRÊNCIA DOS FENÔMENOS *EL NIÑO* E *LA NIÑA*

Nos levantamentos realizados no site do CPTEC/INPE relativa à ocorrência dos fenômenos de El Niño e La Niña no período de 1953 a 2016, foi observada a ocorrência de 3 fenômenos de El Niño com intensidade forte⁷ e 3 fenômenos de La Niña moderados e apenas 1 com intensidade forte entre o período de 1953 a 1980. De 1980 a 1996 ocorreu um evento muito forte no ano de 1982, e 5 fenômenos La Niña de intensidade moderada a fraca. Entre o intervalo de 1996 a 2003 houve incidência de um fenômeno de El Niño de intensidade muito forte no ano de 1997. O período de 2003 a 2015

⁷ Classificação dos fenômenos atribuída pelo CPTEC/INPE.

foi marcado pela ocorrência de El Niño de intensidade muito forte no ano de 2015, os outros eventos que ocorreram foram caracterizados como fracos (Figura 40).

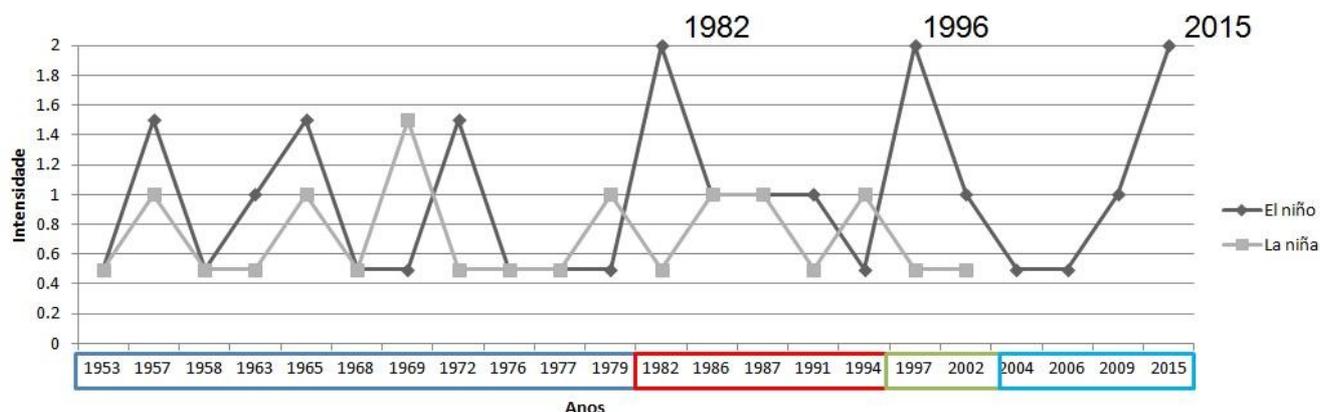


Figura 40: Períodos e intensidade dos eventos El Niño e La Niña entre 1953 e 2016 na costa sul do Brasil.

5.6 RELAÇÕES ESPACIAIS

Os indicadores utilizados nas análises espaciais foram: variação da linha de costa, largura do pós-praia, sangradouros, galerias de escoamento pluvial e vetores de tendência de transporte sedimentar.

A linha de costa foi o principal indicador avaliado nesta análise, pois, por apresentar alta dinâmica, devido aos processos costeiros e antrópicos, permite a determinação de áreas de risco à erosão costeira. Portanto, em áreas onde ocorreram recuos foi atribuído peso 2, e a áreas estáveis e com avanço foi atribuído peso 1.

O segundo elemento utilizado foi a largura do pós-praia. Por se entender que quanto maior a extensão da praia, em largura, mais protegida estará de processos como a elevação do nível relativo do mar e fenômenos pontuais, como a ocorrência de ressacas. Assim, a larguras menores que 45 atribuiu-se peso 2, e para larguras maiores peso 1.

Segundo Figueiredo e Calliari (2005) em áreas balneárias aumenta a ocorrência de sangradouros não naturais, pois, com o avanço da urbanização e a decorrente pavimentação urbana diminui-se a área de infiltração, sendo essas águas extravasadas para a praia na forma de sangradouros. Nesse

sentido, os sangradouros, associados às galerias pluviais, foram o terceiro elemento avaliado no risco à erosão costeira. Além disso, o escoamento das águas provenientes do continente em direção ao mar rebaixa o perfil praiial, facilitando a entrada de ondas de ressaca, facilitando ainda mais a erosão do perfil da praiial. Os sangradouros receberam a classificação pelo seu grau de adensamento, onde a relação com os pesos atribuídos foi diretamente proporcional. Assim como para os sangradouros, foi atribuído às galerias pluviais peso 2 onde estavam mais concentradas, e peso 1 onde havia redução da sua concentração ou mesmo quando não foram observadas em campo.

Alves (2011) constatou que nas zonas de divergência entre vetores de transporte sedimentar, as regiões apresentavam tendência a processos sedimentares deposicionais, e em zonas correspondentes a convergência entre vetores, apresentavam processos sedimentares predominantemente erosivos. Baseado nessas constatações, foi atribuído peso 1 aos vetores que apresentaram comportamento divergente e peso 2 aos vetores convergentes, pelas suas implicações quanto aos processos deposicionais e erosivos, respectivamente (Quadro 13).

Quadro 13: Síntese dos indicadores, critérios e atribuição de pesos.

Indicador	Critério	Pesos
Linha de costa	Recuo	2
	Avanço/Estável	1
Pós-praia	Menor 45m	2
	Maior 45 m	1
Sangradouros/ Galerias pluviais	Baixa concentração/ausência	1
	Alta concentração	2
Vetores de transporte	Divergência entre vetores	1
	Convergência entre vetores	2

A urbanização, em princípio, não foi inclusa nesta análise. De uma maneira geral, as orlas dos dois municípios avaliados nesta pesquisa são consideradas urbanizadas, com paisagens modificadas pela ação humana, alto adensamento de construções. Ainda são caracterizadas pela predominância de segundas residências e volume de população não residente, não existindo grandes diferenças quanto à urbanização entre os municípios de Matinhos e Pontal do Paraná.

As obras costeiras também não foram consideradas nas relações espaciais por estarem concentradas apenas em um trecho relativamente pequeno em relação à área total de estudo. No entanto, a sua relação com os processos erosivos e a variação da linha de costa será discutida posteriormente.

A primeira relação realizada, R1, considera os indicadores: galerias pluviais, sangradouros e variação da posição da linha de costa. É possível notar um alto risco à erosão costeira na região do Balneário Ipanema e entre o Balneário Santa Terezinha e Santa Etienne. Nestas áreas ocorre grande adensamento de sangradouros e galerias pluviais, e a largura do pós-praia diminui consideravelmente. Entre Pontal do Sul e a região de Shangri-lá foi classificada com baixo risco à erosão, pois, nesta área poucos são os sangradouros presentes, assim como a ocorrência de galerias pluviais e linha de costa progradou (Figura 41A).

Na relação 2 avaliou-se a largura do pós-praia, os vetores de tendência de transporte, representados pelas zonas de convergência e divergência de vetores e a variação da posição da linha de costa. Esta relação classificou um pequeno trecho do Balneário Pontal do Sul com risco à erosão. Neste mesmo trecho, ocorre convergência entre os vetores de tendência e onde a resultante de variação da linha de costa apontou para um recuo. O mesmo padrão se repete para a região do balneário Ipanema. O balneário Albatroz e a região compreendida entre St. Etienne e praia Brava de Caiobá também apresentaram riscos à erosão, no qual os indicadores que tiveram maior importância foram largura do pós-praia, que é estreita nesta região, e o recuo da linha de costa. O restante da área de estudo apresentou baixo risco aos processos erosivos (Figura 41B).

Na terceira relação (R3) foram consideradas as variáveis sangradouros, largura do pós-praia e variação da posição da linha de costa. Nesta relação, a região dos balneários St. Etienne, Riviera praia Brava demonstraram alto risco à erosão, assim como a área do balneário Ipanema. Neste último balneário, há grande concentração de sangradouros e a variação da linha de costa teve uma tendência erosiva. Nos outros balneários classificados com alto risco, o contexto difere, pois, a largura do pós-praia é mais estreita e a linha de costa tem recuado ao longo dos anos (Figura 41C).

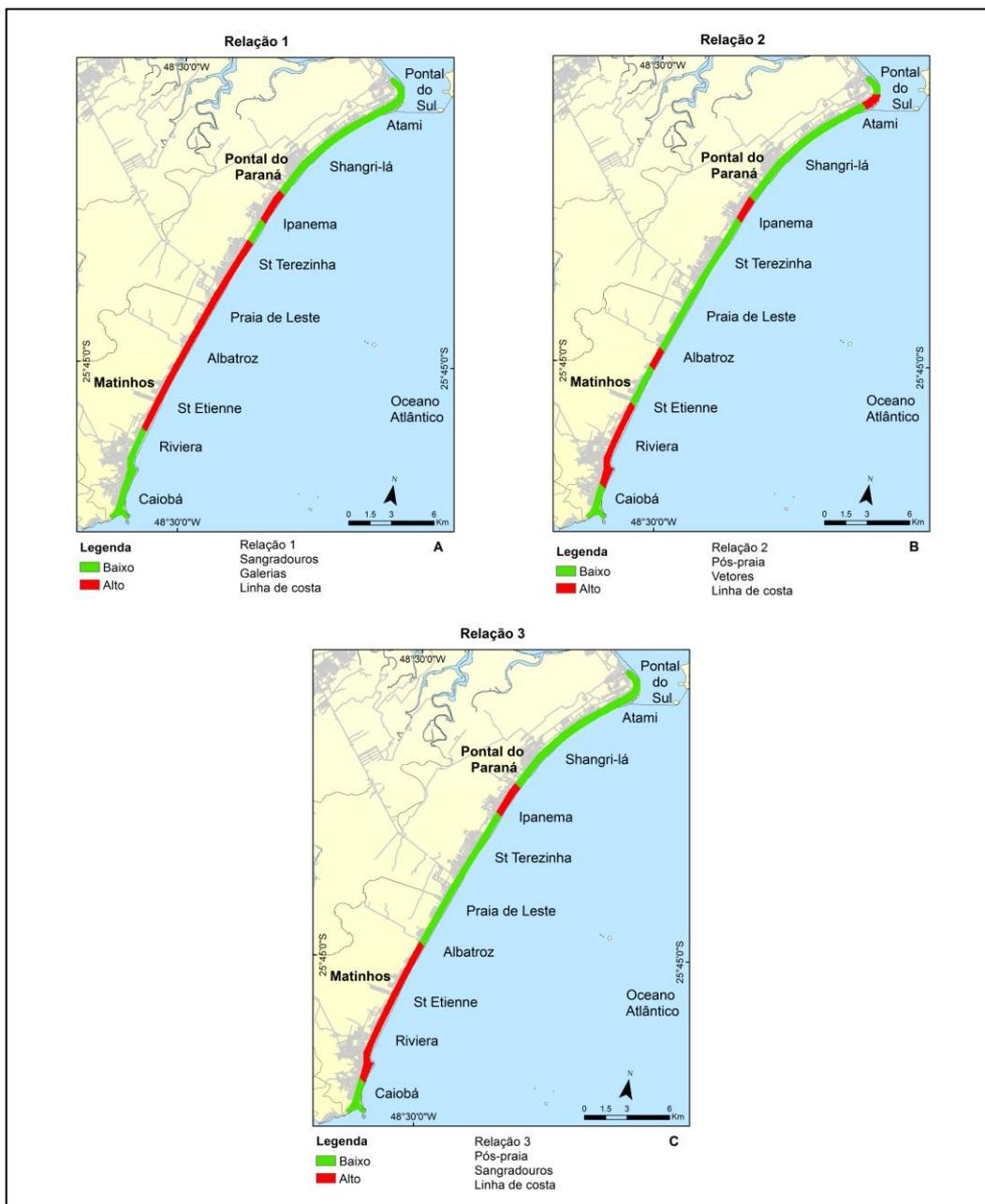


Figura 41: Mapas de risco à erosão costeira.

Na última correlação avaliada, CR4, foi considerada uma média ponderada entre as variáveis analisadas. A variação da linha de costa e a largura do pós-praia tiveram maior peso (0,3). Os sangradouros obtiveram o peso de 0,14 e as galerias de escoamento pluvial e os vetores de tendência de transporte sedimentar receberam o mesmo peso (0,13). Posteriormente, foram calculadas (Equação 1) as médias ponderadas dos centroides, o que permitiu o cálculo do valor médio 1,32, que foi utilizado como limite entre ambientes com baixa vulnerabilidade nos valores inferiores a 1,32 e alta vulnerabilidade à erosão para os valores superiores.

$$\text{CR4} = ((\text{linha de costa} * 0,3) + (\text{pós-praia} * 0,3) + (\text{sangradouros} * 0,14) + (\text{galerias} * 0,13) + (\text{vetores} * 0,13)) \quad (\text{Equação 1})$$

Nesta correlação, a região da praia de Leste até a praia Brava de Caiobá foi classificada com alto risco à erosão costeira. Esta região é marcada pela pequena largura do pós-praia, ou mesmo sua inexistência em alguns locais. Também ocorrem dois centros de convergência de vetores de transporte sedimentar e um comportamento de recuo da linha de costa. Em Ipanema, apesar da largura do pós-praia ser maior, há grande concentração de sangradouros e a linha de costa também apresentou recuo ao longo dos anos verificados. No trecho em Pontal do Sul, há um centro de convergência e a linha de costa tem característica erosiva nesta localidade (Figura 42).

As regiões com baixo risco aos processos erosivos receberam tal classificação pela tendência à progradação da linha de costa e a largura do pós-praia ser extensa, dois indicadores de maior peso e que prevaleceram nesta análise.

Assim, a maior extensão de áreas com baixo risco à erosão costeira está localizada no município de Pontal do Paraná, sendo apenas a área correspondente à parte central da praia Brava até a praia Mansa, inseridas no município de Matinhos, classificadas com baixo risco.

Relação 4



Legenda

- Baixo
- Alto

Relação 4
Média ponderada

Figura 42: Mapa de risco à erosão costeira considerando a média ponderada entre as variáveis.

6 DISCUSSÃO

6.1 DINÂMICA PRAIAL

Na análise volumétrica mensal foi demonstrado que os perfis da desembocadura sul (DS4 e DS5) apresentaram comportamento depositivo (Figura 43). Esta situação pode estar relacionada à existência do delta de maré vazante associado à desembocadura da Baía de Guaratuba. Angulo (1996) e Angulo *et al.* (2017, submetido) afirmam que a parte central e norte do arco praiial são do tipo oceânico sem influência direta de desembocadura. No entanto, a parte central, correspondente ao perfil DS4 pode ser considerada como um trecho influenciado diretamente pela desembocadura, pelo seu comportamento depositivo observado tanto nas variações volumétricas mensais quanto nas decadais (2003 a 2016).

Os perfis oceânicos OC1 e OC3 exibiram um comportamento erosivo (Figura 43). PILATO (2011) por meio de levantamentos morfodinâmicos com topografia praiial realizado em 2011, também identificou um foco erosivo no balneário Praia de Leste, correspondente ao perfil OC3. Já os perfis OC2 e OC4 obtiveram um balanço sedimentar positivo. Freitas (2012) na seção de Santa Terezinha, equivalente ao perfil OC2, também encontrou balanço sedimentar positivo, no monitoramento realizado entre janeiro de 2011 a abril de 2012.

Na localidade DS3, em períodos de chuvas intensas forma-se um sangradouro. Mas, apesar desta feição não ter estado ativa no mês de junho e julho, ou seja, com escoamento de água pluvial ativo, a calha permaneceu. Esta situação favorece entrada de água marinha de forma mais intensa em períodos de ressaca, ocorrendo a retirada de sedimentos. Dessa maneira, somada à ocorrência de ressaca neste período, a presença do sangradouro, mesmo não ativo pode ter colaborado para a grande retirada de sedimentos da praia. O monitoramento de dois sangradouros conduzido por Pereira da Silva *et al.* (2003) em trechos de uma praia oceânica mostrou mudanças volumétricas da ordem de 800 e 900 m³. Para Pereira da Silva e Calliari (1997) a erosão da duna frontal e do pós-praia indica a importância destes cursos d'água no balanço sedimentar do sistema praiial localmente.

O perfil DS2 obteve ganho no volume sedimentar em todos os meses de monitoramento, este fato pode ser explicado pela presença do delta de maré vazante na desembocadura da Baía de Paranaguá. Segundo Angulo e Araújo (1996) os baixios que formam o delta diminuem a ação das ondas incidentes nesta área. Dessa maneira, a diminuição do ataque direto das ondas sobre a costa, mesmo em períodos de ressaca, pode favorecer a manutenção dos sedimentos no sistema. Além disso, os vetores de tendência convergem nesta área, indicando uma zona de tendência à deposição de sedimentos.

Os perfis DS4 e DS5 localizados nas proximidades da desembocadura da Baía de Guaratuba não apresentaram grandes variações volumétricas quando comparados aos perfis próximos à Baía de Paranaguá. Uma possível explicação para estas pequenas variações volumétricas é a presença de um pontal rochoso, o Morro do Boi, e o delta de maré vazante de Guaratuba que minimizam a ação de ondas provenientes principalmente de S-SW. Efeito já notado por BIGARELLA *et al.* (1970), as ondas que chegam à costa sofrem refração no interior da baía e as ondas formadas no interior do estuário são de pequeno comprimento, com capacidade limitada para movimentar o material de fundo, sendo então as correntes de maré que exercem o papel mais importante nos processos sedimentares notados nas praias influenciadas pela baía e em seu interior.

Segundo Bird (2001) em um comportamento geral de uma praia durante o inverno, devido à ação de ondas de tempestade, ocorre muito mais perdas do que ganho de sedimentos, estes sedimentos são retirados do pós-praias e são depositados na parte submersa. Durante o verão, com o domínio de ondas de bom tempo, o montante de sedimento depositado na parte submersa retorna à parte emersa. No entanto, este padrão não foi observado nas praias estudadas nesta pesquisa. Entre os meses de junho e julho, em que houve registro de maior ocorrência de ressacas, os perfis, em sua maioria, apresentaram um comportamento depositivo.

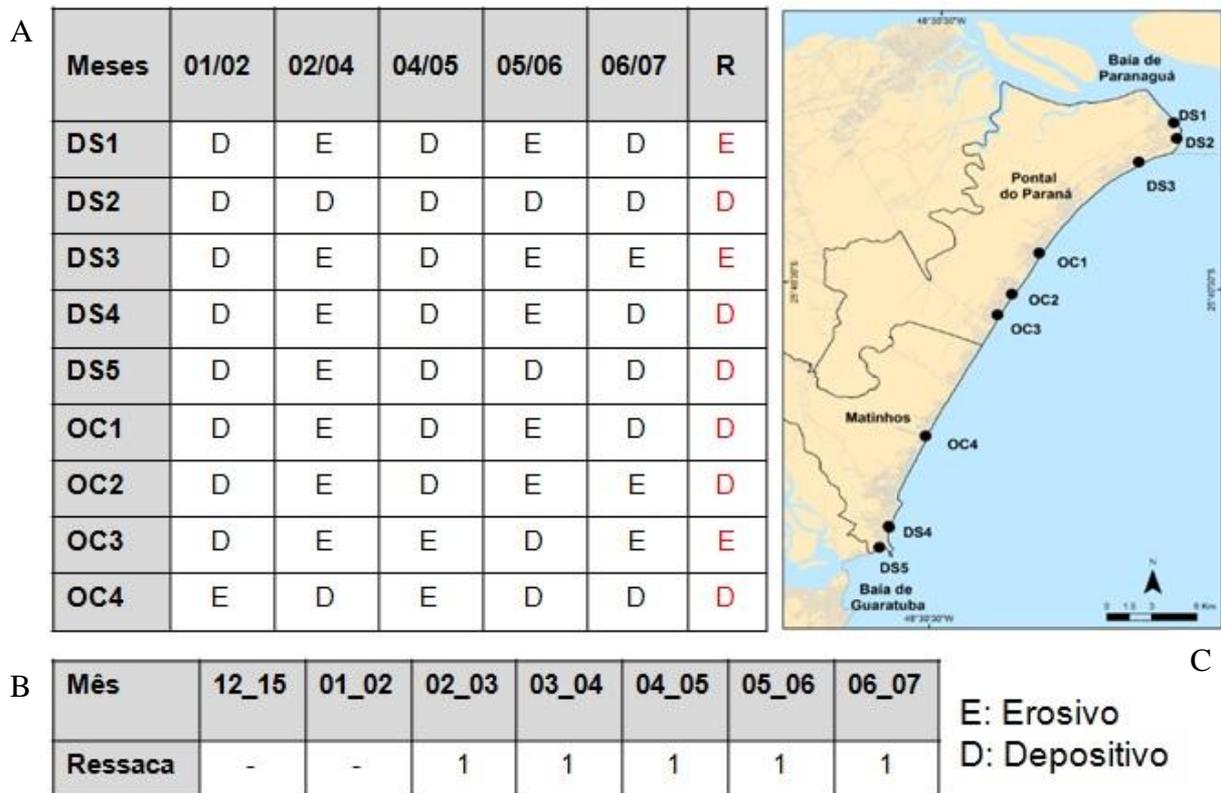


Figura 43: Balanço volumétrico dos perfis em todos meses de monitoramento e resultante (A); número de ressacas registradas entre os meses (B) e mapa de localização dos perfis (C).

6.2 COMPORTAMENTO DA LINHA DE COSTA

A tendência de evolução da linha de costa está associada a uma escala em longo prazo (STIVE *et al.*, 2002), sendo mostrada nesta pesquisa pela variações interdecadais.

Os fenômenos de El Niño e La Niña influenciam diretamente no padrão de ventos, precipitação e clima de ondas que modificam o padrão normal de morfodinâmica de certas áreas da costa brasileira (FERNADEZ; MUEHE; 2006). Assim, para compreender o comportamento da linha de costa em longo prazo, essas variações foram associadas a esses fenômenos de maior magnitude El Niño e La Niña.

A variação da linha de costa média, aproximadamente $1,6 \text{ m.ano}^{-1}$, foi observada no intervalo de 2003-2016, quando ocorreram os eventos mais intensos de El Niño. Entre 1980-1996 a média de variação da linha de costa foi $1,4 \text{ m.ano}^{-1}$, período no qual também foi registrada a ocorrência de um El

Niño de intensidade forte, mais precisamente no ano de 1982. No ano de 1996 também foi registrado um evento de intensidade forte, mesmo ano em que ocorreu o levantamento aéreo, no entanto, a linha de costa não apresentou grandes variações neste período. Entre 1953 a 1980 não foram registrados eventos de alta intensidade, 3 fenômenos El Niño e 3 La Niña de intensidade moderada, sendo uma taxa de variação da linha de costa de 0,3 m. ano⁻¹ (Figura 44).

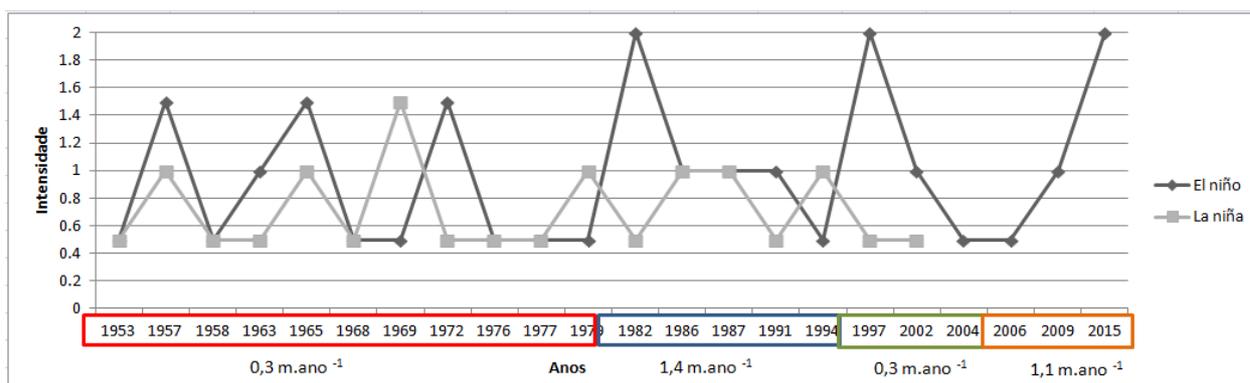


Figura 44: Ocorrência dos fenômenos e as taxas de variação de linha de costa entre 1953 a 1980 (vermelho); 1980 a 1996 (azul); 1996 a 2003 (verde) e 2003 a 2016 (laranja).

Pelo grande intervalo de tempo entre os levantamentos aéreos, não foi possível confirmar a relação positiva entre a ocorrência de El Niño com as maiores taxas de variação da linha de costa, pois a data dos levantamentos aéreos realizados não coincide com a ocorrência destes fenômenos, salvo o ano de 1996 que coincide com o levantamento aéreo, mas que também não apresentou nenhuma correlação.

Souza e Angulo (1999) comparando as variações da linha de costa de praias do litoral norte de Santa Catarina a partir do monitoramento de perfis praias e análise de fotografias aéreas, encontraram uma correlação positiva entre um intenso processo de erosão durante a ocorrência do El Niño. No entanto, pela ausência de dados em períodos normais e de La Niña não tiveram como afirmar que os valores de recuo sejam resultado exclusivo do El Niño. Sugerindo, então, a continuidade do monitoramento entre as 2 condições de ocorrência destes fenômenos.

Fernandez e Muehe (2006) reiteram a importância de um monitoramento contínuo da atuação destes fenômenos globais no comportamento morfodinâmico das praias da costa brasileira, no sentido de ampliar as correlações entre eventos catastróficos e o balanço sedimentar das praias numa escala maior de tempo.

6.3 EROSÃO COSTEIRA

Segundo Mazzer *et al.* (2008) a escolha das variáveis em estudos sobre vulnerabilidade à erosão costeira é um dos principais eixos na abordagem metodológica. Nesse sentido, a proposta de avaliação da vulnerabilidade à erosão costeira foi baseada no trabalho de Souza (1997); Souza e Suguio (2003), criando novos indicadores de acordo com as características do litoral paranaense. Conforme estes autores afirmam, a proposta pode ser adequada para qualquer área costeira brasileira, no entanto, a maioria dos indicadores apresentados na pesquisa citada acima não foi identificada no contexto litorâneo paranaense. Por se basear essencialmente na presença de indicadores, classificação visual, o que poderia mascarar o estado resultante da praia.

Diversos trabalhos (PAULA, 2015; MOURA 2012; PINTO *et al.* 2009) expõem quanto à relação entre urbanização e erosão costeira. Conforme Muehe (2006) uma das principais causas da erosão costeira é a interferência antrópica nos processos costeiros seguido da urbanização. Para o mesmo autor, a urbanização em si não promove a erosão, mas sim as construções localizadas dentro da faixa de resposta dinâmica das praias frente às tempestades, que tende a ser retomada pela ação marinha sobre a área construída.

Dessa forma, na presente pesquisa, a largura do pós-praia associada à urbanização e a presença de obras costeiras assumiram papel importante na avaliação do risco à erosão, pois, praticamente 50% da orla marítima do município de Matinhos possui construções sobre o pós-praia, largura inferior a 45 m e obras de proteção que em determinados pontos culminaram em avançados processos de erosão. No trabalho realizado por Nascimento *et al.*

(2013) a urbanização foi um fator determinante para a avaliação da sensibilidade à erosão nas praias da Costa do Cacaú na Bahia. Ruddorf e Bonetti (2010) em estudos realizados nas praias da Ilha de Santa Catarina, afirmaram que a ocupação inadequada influencia o risco à erosão, pois, a presença de estruturas rompe o estoque natural de sedimentos que protege a praia durante eventos de ressaca. Por exemplo, a interferência nesse estoque pode alterar o equilíbrio da praia provocando ou intensificando os processos erosivos, e, conseqüentemente o risco.

Outro indicador avaliado na pesquisa foi a presença de sangradouros que Calliari *et al.* (2010) identificaram como um facilitador da erosão. Em regiões urbanizadas, ocorre redução da área de infiltração, relacionado com as edificações e pavimentação das ruas, que aumentam a concentração dos sangradouros na praia. Pereira da Silva *et al.* (2003) monitorando comportamento de dois sangradouros em praias oceânicas na costa do Rio Grande do Sul verificaram uma mudança de volume sedimentar entre as dunas frontais e a face da praia inferior durante o inverno e verão de 1995, na qual ocorreu a retirada de 900 m³ de sedimentos em uma área de 420 m².

Ainda segundo Calliari *et al.* (2010) os sangradouros, geralmente estão associados a períodos de intensa precipitação e esses cursos d'água causam erosão severa no sistema de dunas frontais e praia emersa. Nesta pesquisa não foi possível avaliar o potencial erosivo dos sangradouros em períodos de intensa precipitação. No entanto, é possível afirmar que o rebaixamento do terreno na praia, pela formação do sangradouro, favorece a chegada das ondas de ressaca na região do pós-praia, causando um balanço sedimentar negativo localmente. O perfil OC1 apresentou um comportamento erosivo durante os meses analisados, e a presença de um sangradouro mesmo não ativo, no período de monitoramento. Assim como o perfil DS3, no qual entre os meses junho e julho foi observada uma perda de sedimentos de aproximadamente 1.230 m³, mesmo período no qual se teve o registro de uma ressaca.

Com relação aos vetores de tendência de transporte sedimentar (Figura 34), as localidades nas quais foi identificada a convergência de vetores de transporte coincidiram com os perfis com comportamento erosivos, DS1 e OC1. Alves (2011) também encontrou relação positiva entre

convergência de vetores de transporte sedimentar na região de Ipanema (OC1) e alterações nas taxas de avanço da linha de costa. Nas zonas onde foram identificados vetores divergentes condizem com as áreas com comportamento depositivo (DS3, OC2 e OC4). Na seção DS2 foi encontrado um balanço sedimentar positivo, no entanto, ocorre convergência dos vetores de transporte. Novak *et al.* (2016) também encontraram um centro de convergência de vetores na região do Balneário Riviera e Flamingo, que coincide com um região com processos erosivos avançados. Assim, apesar de tratar-se de escalas diferentes envolvidas na análise, mensais e decadais, o método de vetorização do transporte sedimentar proposto por Gao e Collins (1994) informa quanto à tendência de transporte em determinadas regiões.

De acordo com as relações espaciais realizadas, a relação 1, R1, (sangradouros, galerias pluviais, linha de costa) o trecho correspondente ao balneário Riviera, o classifica com baixo risco à erosão, no entanto, este trecho é o que apresenta processos erosivos acentuados (Figura 41A). Além disso, na R2 (pós-praia, vetores e linha de costa) próximo a St. Etienne existe um pequeno trecho também classificado com baixo risco, sendo que, nesta área a largura do pós-praia diminui consideravelmente, e as áreas nas quais ocorre alto adensamento de sangradouros foram apontadas com baixo risco (Figura 41B). No entanto, Pereira da Silva (1998) afirmam que os sangradouros respondem diretamente à precipitação pluviométrica de sua área de drenagem, que pode alterar sua ocorrência e velocidades e conseqüentemente seu potencial erosivo e de transporte, no pós-praia e antepraia. Além disso, como já afirmado anteriormente o rebaixamento do terreno pode favorecer a entrada de ondas de ressaca, que acabam retirando sedimentos da região do pós- praia.

A terceira relação executada é representativa, pois os trechos em que a largura do pós-praia é menos extensa, e a variação da posição da linha de costa apresentam uma tendência ao recuo, foram classificados com alto risco. No entanto, a mesma área em que ocorre grande parte dos sangradouros foi considerada com baixo risco à erosão, pois nessa mesma área a largura do pós-praia é maior que 45 m e a variação da linha de costa apresenta avanço (Figura 41C).

A relação 4 é a mais condizente com o contexto da área de estudo e tem grande importância para análise de risco à erosão (Figura 45). O balneário Pontal Sul tem uma tendência ao recuo da linha de costa, contudo no monitoramento mensal apresentou balanço sedimentar positivo. Esta região também pode apresentar risco aos processos erosivos, pois nessa área os vetores de tendência ao transporte de sedimentos convergem.

A localidade de Ipanema, também foi classificada com alto risco aos processos erosivos. Nos resultados de topografia esta localidade apresentou um balanço sedimentar negativo. Além disso, nesta região também foi identificada a convergência dos vetores de transporte, que é um indicativo de tendência à erosão.

Assim como Ipanema, a região entre Praia de Leste e Caiobá também apresenta risco à erosão, pois a largura do pós-praia é menor, e em alguns pontos o pós-praia está ocupado por edificações e obras costeiras. Portanto, em eventos de tempestades as ondas que chegam à costa têm um maior poder destrutivo, considerando o alto adensamento de construções próximas à orla nessa região.



Figura 45: Mapa de risco à erosão costeira.

7 CONCLUSÕES

A metodologia aplicada nesta pesquisa classificou aproximadamente 80% do município de Matinhos com alto risco à erosão, enquanto, Pontal do Paraná apresentou duas áreas com alto risco. As áreas mais críticas identificadas em Matinhos se referem aos locais em que foram realizadas obras de proteção costeira e onde a largura da restinga é menor que 45 m. Dessa maneira, podemos afirmar que essas obras não têm contido os processos erosivos na área, ou seja, as obras que tem a principal função de conter estes processos agravam sobremaneira a erosão. Além disso, a largura do pós-praia assume grande importância, pois quanto maior a extensão do pós-praia menor o risco de perdas socioeconômicas para a população costeira. Reitera-se, a relevância de uma faixa não edificada sobre a orla marítima, considerando as tendências de recuo da linha de costa e possíveis elevações do nível do mar.

Os sangradouros apesar de em alguns períodos não estarem ativos, a calha construída continuou presente nos meses seguintes. Eventos de ressacas tendem a ser facilitadores da retirada de sedimentos da costa nestes períodos, pela entrada de ondas neste terreno mais baixo em relação à área adjacente. No entanto, de acordo com as correlações feitas, áreas onde os sangradouros estão mais concentrados foram consideradas com baixo risco (Relação #1: sangradouros, galerias, linha de costa), pois, nesta relação a largura do pós-praia e a taxa de variação da anual da linha de costa tiveram maior importância.

A análise topográfica mensal indicou que os perfis da desembocadura norte, influenciados pela Baía de Paranaguá, DS1 e DS3 apresentaram caráter erosivo, enquanto o DS2 obteve um comportamento depositivo em sua totalidade. Os perfis da desembocadura sul, influenciados pela Baía de Guaratuba apresentaram comportamento depositivo. Os perfis oceânicos OC1 e OC3 exibiram um comportamento erosivo. Além disso, o perfil DS2 (Pontal do Sul) apresentou maior variação em relação ao perfil da desembocadura 5, influenciado pela Baía de Guaratuba. Diferente do que foi

pontuado por Angulo (1993) de que as praias localizadas próximo às desembocaduras possuem maior variação volumétrica.

A relação 4 que representa a média ponderada dos indicadores utilizados na análise, mostrou-se a mais aplicável na área de estudo e condizentes com as áreas notadamente com problemas erosivos.

Dessa maneira, conclui-se que a abordagem metodológica de risco costeiro apresentada na presente dissertação contribuiu para nortear os estudos voltados para esta temática, e que futuramente possam ser utilizados para tomada de decisão por parte dos gestores públicos no planejamento da zona costeira paranaense. Além disso, a metodologia apresentada pode e deve ser aprimorada, por meio da inclusão de mais dados de monitoramento de campo, por períodos mais longos, a exemplo de: dados de ondas, pluviométricos, entre outros; contribuindo, dessa maneira para o avanço da pesquisa na região costeira.

REFERÊNCIAS

ALFREDINI, P. **Obras e gestão de portos e costas, a técnica aliada ao enfoque logístico e ambiental**. Editora Edgard Blücher, São Paulo. 2005.

ALVES, L. C. **Identificação de células de deriva longitudinal litorânea através do mapeamento sedimentológico das praias do município de Pontal do Paraná, PR**. Monografia (Graduação em Oceanografia). CEM-UFPR. Pontal do Paraná. 53p. 2011.

ANGULO, R.J. **Geologia da planície costeira do Estado do Paraná**. Tese (Programa de Pós-graduação em Geologia Sedimentar). Instituto de Geociências, USP, São Paulo. 335p. 1992.

ANGULO, R.J. Problemas na terminologia de ambientes e subambientes litorâneos clásticos dominados por ondas. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 44, p. 51-57. 1996.

ANGULO, R. J.; ANDRADE J. J. 1981. Viabilidade de controle de erosão nas praias de Caiobá e Guaratuba. **IPARDES**, Curitiba, 65 p. 1981.

ANGULO, R. J. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, n.41, p.52-72, 1993.

ANGULO, R.J.; ARAÚJO, A.D. Classificação da costa paranaense com base na sua dinâmica, como subsídio à ocupação da orla litorânea. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, v. 44, p. 7-17. 1996.

ANGULO R. J. Mapa do Cenozóico do litoral do Estado do Paraná. **Boletim Paranaense de Geociências**, Curitiba, 55, p.25-42. 2004.

ANGULO, R.J. ; SOUZA, M. C. de. Caracterização físico-territorial. In. **Diagnóstico do município de Pontal do Paraná, subsídio para elaboração do Plano Diretor**. Curitiba: FUNPAR, 1999, p. 18-48.

ANGULO,R.J.;SOUZA,M.C.de;MUELLER,M.E.J.;NOERBERG,M.A.;SOARES ,C.R.;BORZONE,C.A.;MARONE,E.; QUADROS,C.J.de L.Erosão e Acresção no litoral paranaense. In: MUEHE, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2006.

ANGULO,R.J.;SOUZA,M.C.de;MUELLER,M.E.J.;NOERBERG,M.A.;SOARES ,C.R.;BORZONE,C.A.; MARONE,E.; QUADROS,C.J. de L. Erosão e Acresção no litoral paranaense. In: MUEHE, D. **Erosão e progradação do litoral brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2017. (no prelo).

ANGULO, R. J.; LESSA, G. C.; SOUZA, M.C. The Holocene Barrier Systems of Paranaguá and Northern Santa Catarina Coasts, Southern Brazil. In: Dillenburg, S. R.; Hesp, P. A. **Geology and Geomorphology of Holocene Coastal Barriers of Brazil**. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.2009.

AUBRY, A.; ELLIOTT, M. The use of environmental integrative indicators to assess seabed disturbance in estuaries and coasts: Application to the Humber Estuary, UK. **Marine Pollution Bulletin**.v.53.p.175–185.2006.

BIGARELLA, J.J. Contribuição ao estudo da planície litorânea do estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**. v.1. p. 75-111.1946.

BIGARELLA, J. J. ; SILVA, J. X.; DUARTE, G. M. O desastre de Guaratuba: um estudo de Geomorfologia Aplicada. **Revista do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas**. n.14. p.5 -16. Curitiba, 1970.

BIGARELLA, J.J; BEKER, R.D. ;DE MATOS, D.J. ;WENER, A. **A Serra do mar e a porção oriental do estado do Paraná. Um problema de segurança ambiental e nacional (contribuição à geografia, geologia e ecologia regional)**. Governo do Estado do Paraná, Secretaria de Estado do Planejamento – Associação de Defesa e Educação Ambiental (ADEA). Curitiba, 248p. 1978.

BIRD, E. **Beach management**. Chichester: J. Wiley, 1996.

BIRD, E. C. F. **Coastal geomorphology. An introduction**, J. Wiley & Sons, West Sussex, Inglaterra.2001.

BIRD, E. **Coastal geomorphology: an introduction**. John Wiley & Sons Ltd. 2ed. West Sussex, Inglaterra.2008.

BIRD, E.; SCWARTZ, M.L. **The world's coastline**. New York:Van Nostrand Reinhold.1985.

BOAK, E.H.; TURNER, I.L. 2005. Shoreline definition and detection: a review. **Journal of Coastal Research**. v.21(4), p.688–703. West Palm Beach (Florida).2005.

BUSH, D.M.; NEAL, W.J.; YOUNG, R.S; PILKEY, O.K. **Utilization of geoindicators for rapid assessment of coastal-hazard risk and mitigation**. Ocean and Coastal Management. v.42. p.647-670.

CPTEC/INPE. **El Niño e la Niña**. Disponível em:< <http://enos.cptec.inpe.br/>>. Acesso em dezembro de 2016.

CALLIARI, L.J.; PEREIRA da SILVA, R.Erosion processes associated to storm surge and washout along the south brazilian coastline. **Journal of Coastal Research**. v.26. p1-7. 1998.

CALLIARI, L.J.; GUEDES, R.M.C.; PEREIRA, P.S.; LÉLIS, R.F.; ANTIQUEIRA, J.A.; FIGUEIREDO, S.A. Perigos e riscos associados a processos costeiros no litoral sul do Brasil (RS): Uma Síntese. **Braz. J. Aquat. Sci. Technol.** v.14(1): 51-63.2010.

CARMO, D. ALVES do. **Aplicação do modelo de tendências granulométricas (GSTA) para determinação do padrão de transporte de sedimento na baía do espírito santo, Vitória – ES.** Monografia (Graduação em Oceanografia). Universidade Federal do Espírito Santo-UFES. 63p. 2006.

CASTRO, J.W.A; FERNANDES,D.; DIAS F.F. Monitoramento do processo de erosão costeira na praia das Tartarugas, Rio das Ostras - Estado do Rio de Janeiro / Brasil: Aplicação de metodologia quantitativa. **Revista de Gestão Costeira Integrada / Journal of Integrated Coastal Zone Management.** v.11 (3), p.355-368. 2011.

CECCARELLI, T.S. **Paradigmas para os projetos de obras marítimas no contexto de mudanças climáticas.** Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo-USP. 125p. 2009.

CHANG, Y.H., SCRIMSHAW, M.D., LESTER, J.N. A revised grain-size trend analysis program to define net sediment transport pathways. **Computers & Geosciences**, v. 27, p.109-114, 2001.

CIRM. **2º Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro (PNGC II).** Brasília: MMA, 1997.

DAL CIN, R.; SIMEONI,U.A Model for determining the classification, vulnerability and risk in the southern coastal zone of the marche (Italy). **Journal of Coastal Research.** v.10. p.18-29. 1994.

DHN- **Diretoria de Hidrografia e Navegação.** Disponível em:< <http://www.mar.mil.br/dhn/chm/meteo/prev/dados/dados.htm>>. Acesso em novembro de 2016.

ESTEVES, L.S.; VANZ, A.; SILVA, A.R.P.; PIVEL, M.A.G.; ERTHAL,S.; BARLETTA, R.C.; VRANJAC, M.P.; OLIVEIRA, U.R. **Caracterização das obras de proteção costeira no balneário do Hermenegildo**, RS, Brasil. VII Congresso da ABEQUA,Porto Seguro, BA, Brasil. 1999.

EVANS, O. F. The classification and origin of beach cusps. **Journal of Geology** v.46, p.615–627.1938.

FERNANDEZ, G.B. MUEHE, D. Algumas considerações sobre o efeito do fenômeno El niño sobre feições costeiras ao longo da costa brasileira. **GEOgrafia.** Ano VIII. n15. p115-128. 2006.

FIGUEIREDO, S. A de; CALLIARI, L. J. Sangradouros: distribuição espacial, variação sazonal, padrões morfológicos e implicações no gerenciamento costeiro. Porto Alegre: **Gravel.** n.3. p.47-57. 2005.

FIGUEIREDO, S.A.; COWELL, P.; SHORT, A.D. Intermittent backbeach discharge to the surfzone: modes and geomorphologic implications. **Journal of Coastal Research**. v. 50. p.610-614. 2007.

FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.27 (1), p.3-27.1957.

GAO, S.; COLLINS, M.A critique of the “McLaren Method” for defining sediment transport paths. **Journal of Sedimentary Petrology**. 61. p.143-146.1991.

GAO, S.; COLLINS, M. Net sediment transport patterns inferred from grain-size trends, based upon definition of “transport vectors”. **Sedimentary Geology**. 81. p.47-60.1992.

GAO, S.; COLLINS, M., 1994. Analysis of grain size trends, for defining sediment transport pathways in marine environments. **Journal of Coastal Research**. v. 10. p.70-78.

GAO, S. A. Fortran program for grain-size trend analysis to define net sediment transport pathways. **Computers & Geosciences**. vol. 22, n. 4, p. 449-452.1996.

GUIMARÃES, B.F.C. **Erosão costeira e produção de blocos para obras de proteção com enrocamento**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Minas e Geoambiente). Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. 111p. 2012.

GRUBER, N.L.S. BARBOZA, E.G. NICOLODI, J.L. Geografia dos sistemas costeiros e oceanográficos: subsídios para a gestão integrada da zona costeira. **Gravel**. Porto Alegre. n.1. p.81-89. 2003.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo Demográfico de 2010**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: maio. 2015.

ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. **Fotografias aéreas-Litoral**. Disponível: < <http://www.itcg.pr.gov.br>>. Acesso em: abril. 2015.

ISDR. (Inter Agency Secretariat of the International Strategy for Disaster Reduction). Setting the scene-understanding disaster risk reduction. In: **Living with the risk: A global review of disaster reduction initiatives**. p.01-33. 2004.

KLEIN, A. H. F.; POLETTE, M.; HOEFEL, F.; DIEHL, F L; CARVALHO, J. L. B.; SILVA, R. P.; SIEGLE, E. ; ABREU, J G N; SANTOS, M I F dos; FACHIN, S. Erosão costeira no litoral centro-norte de Santa Catarina: possíveis causas e medidas mitigadoras. In: **VII Congresso da ABEQUA. Porto Seguro: Associação Brasileira de Estudos do Quaternário**, 1999. v. CD ROM.

KOERNER, K.F; OLIVEIRA, U.R; GONÇALVES, G. Efeito de estruturas de contenção à erosão costeira sobre a linha de costa: Balneário Hermenegildo, Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista da Gestão Costeira Integrada** v.13(4). p.457-471.2013.

KÖHLER, V.B. Ressacas- setor central do litoral paranaense. **Boletim de Geografia**. v.22. p.67-73. 2004.

KOMAR, P.D. **Beach Processes and Sedimentation**. Prentice Hall.1998.
LAMOUR, M. R.; DOMIT, C.; CATTANI, P. E. Análise espacial de ambientes estuarinos e costeiros: subsídio a estudos de caracterização física e ecológica. (*em preparação*.)

LAMOUR, M.R.; ANGULO, R.J.; SOARES, C.R. Bathymetric evolution of critical silting sectors on Galheta channel, access way to Paranaguá port, Paraná State – Brazil.. **Journal of Coastal Research**. v.23. p.49-58. 2007.

LANA, P. C.; MARONE, E.; LOPES, R. M.; MACHADO, E. C. The Subtropical Estuarine Complex of Paranaguá Bay, Brazil. **IN: Ecological studies, coastal marine ecosystems of Latin America**. v.144, p.131-145.Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 2001.

LAUBE, D.M. **Morfodinâmica praias associada a sangradouros no município de Pontal do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Sistemas Costeiros e Oceânicos), Universidade Federal do Paraná-UFPR. 106p. 2011.

Le ROUX, J. P. An alternative approach to the identification of net sediment transport paths based on grain-size trends. **Sedimentary Geology**, v.94. p.97-107. 1994.

Le ROUX, J. P., O'BRIEN, R. D., RIOS, F., CISTERNAS, M. Analysis of sediment transport paths using grain-size parameters. **Computers & Geosciences**, v.28. p.717-721. 2002.

LINS DE BARROS, F. M.; MUEHE, D. Avaliação local da vulnerabilidade e riscos de inundação na zona costeira da Região dos Lagos, Rio de Janeiro. **Quaternary and Environmental Geosciences** v. 2(1). p.55-66. 2010.

MAACK, Reinhard. **Geomorfologia Física do Estado do Paraná**. Curitiba: BancoBADEP, UFPR, IBPT, 1968.

MARONE, E.; MANTOVANELLI, A.; NOERNBERG, M.A.; KLINGENFUSS, M.S.; LAUTERT, L.F.C.; PRATA JUNIOR, V.P. **Caracterização física do complexo estuarino da Baía de Paranaguá**. Relatório consolidado do convênio APPA/CEM. Pontal do Sul: UFPR. 1997.

MAZZER, A.M; DILLENBURG, S.R. SOUZA, C.R de G. Proposta de método para análise de vulnerabilidade à erosão costeira no sudeste da ilha de Santa Catarina, Brasil. *Revista Brasileira de Geociências*. v.38(2). p.278-294. 2008

MCCAVE, I.N. Grain size trends and transport along beaches: example from eastern England. **Marine Geology** 28.1978.

McLAREN, P. An interpretation of trends in grain size measures. **Journal of Sedimentary Petrology**, 51:2:611-624.1981.

McLAREN, P.; BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**. v 55 p.457-470.1985.

McLAREN, P., HILL, S.H., BOWLES, D. Deriving transport pathways in a sediment trend analysis (STA). **Sedimentary Geology**. doi:10.1016/j.sedgeo.2007.03.011.2007.

MOURA, M.R. **Dinâmica costeira e vulnerabilidade à erosão do litoral dos municípios de Caucaia e Aquiraz**. 193p. Tese (Doutorado em Geografia)-Departamento de Geografia, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2012.

MORAES, Antonio Carlos Robert. **Contribuições para Gestão da Zona Costeira**: Elementos para uma geografia do litoral brasileiro. São Paulo: ANNABLUME, 2007.

MUEHE, D. **Erosão e Progradação do Litoral Brasileiro**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 2006.

NASCIMENTO, L. BITTENCOURT, A.C; SANTOS, A.N; DOMINGUEZ, J.M.L. Potencial de prejuízos econômicos em função da densidade de urbanização e da sensibilidade à erosão costeira na Costa do Cacau, Bahia. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.14, n.4, p.261-270, 2013.

NEMES, D. D. **Caracterização das ondas de superfície na plataforma interna do estado do Paraná**. Dissertação (Pós-graduação em Sistemas Costeiro e Oceânicos). UFPR. Pontal do Paraná. 130 p.2011.

NOERBERNG, M.A. **Processos morfodinâmicos no Complexo Estuarino de Paranaguá – Paraná – Brasil: Um estudo a partir de dados in situ e Landsat – TM**. Tese. (Programa de Pós-Graduação em Geologia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba.2001.

NOVAK, L.P; LAMOUR, M.R.; CATTANI, P.E.2016. Vulnerabilidade aos processos erosivos no litoral do Paraná estabelecido pela aplicação da análise multicritérios. **Rae'ga- O espaço geográfico em análise**. UFPR-Curitiba. v.38,p.195-218.2016.

OECD-Organisation for Economic Co-Operation and Development.Coastal Zone Management: Integrated Policies. 204p. Organization for Economic Co-Operation and Development (OECD), Paris, France. 1993.

OLIVEIRA, E. ; DOURADO, M. Caracterização sazonal do vento na baía de Paranaguá-PR. **III Congresso Brasileiro de Oceanografia** – Rio Grande – RS – Brasil. 2010.

OYEDOTUN, T.D.T. Shoreline geometry: DSAS as a tool for historical trend analysis. **Geomorphological Techniques**.2014.

PAULA,D.P. Erosão costeira e estruturas de proteção no litoral da região metropolitana de Fortaleza (Ceará, Brasil): Um Contributo para Artificialização do Litoral. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA** Fortaleza, Brasil, v. 9, n. 1, p. 73-86. 2015.

PEREIRA, R.C. & SOARES-GOMES, A. (Org.). **Biologia Marinha**. Editora Interciência, Rio de Janeiro. 2009.

PEREIRA DA SILVA, R. **Comportamento Morfodinâmico dos Sangradouros Entre a Praia do Cassino e Chuí, RS**. Monografia de Graduação, FURG, Rio Grande, 36p. 1995

PEREIRA DA SILVA, R. **Ocorrência, distribuição e características morfodinâmicas dos sangradouros na zona costeira do Rio grande do Sul: trecho Rio Grande - Chuí, RS**. Porto Alegre. 146p. Dissertação (Mestrado em Geociências). Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1998.

PEREIRA DA SILVA, R. CALLIARI,L.J. Erosão costeira causada por sangradouros ao longo do litoral sul rio-grandense, trecho Rio Grande-Chuí. **VI Congresso da Associação brasileira de estudos do Quaternário e Reunião sobre o Quaternário da América do Sul**. 1997.

PEREIRA DA SILVA, R.; CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M. The influence of washouts on the erosive susceptibility of Rio Grande do Sul between Cassino and Chuí beaches, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research**, SI 35: 332-338.2003.

PIERRI, N.; ANGULO, R.J.; SOUZA, M.C.,KIM, M.K. A ocupação do solo no litoral paranaense: condicionantes, conflitos e tendências. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, Curitiba: UFPR, v.13. p.137-167. 2006.

PINTO, P., CABRAL, P., CAETANO, M., ALVES, M.F. Urban growth on coastal erosion vulnerable stretches. **Journal of Coastal Research** (Proceedings of the 10th International Coastal Symposium). v.56. p.1567-1571. Lisbon, Portugal. 2009.

PONTAL DO PARANÁ, 2016. Prefeitura de Pontal do Paraná. Disponível em: <http://www.pontaldoparana.pr.gov.br/portalnovo>. Acesso em julho de 2016.

PROJETO ORLA. **Fundamentos para gestão integrada**. Ministério do Meio Ambiente, Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. – Brasília: MMA, 74 p. 2006.

QUADROS, C.J.L. **Variações morfológicas e volumétricas associadas à incidência de sistemas frontais em duas praias arenosas do litoral paranaense.** Dissertação (Mestrado em Geologia)-UFPR, Curitiba. 57p. 2002.

RANGEL-BUITRAGO, N.G. ANFUSO, G.WILLIAM, A.T. Coastal erosion along the Caribbean coast of Colombia: Magnitudes, causes and management. **Ocean and Coastal Management.** v.114.p.129-144.2015.

REIKDAL, R. M. **Expansão urbana no município de Pontal do Paraná e seus impactos em áreas de preservação permanente.** Monografia (Graduação em Oceanografia). UFPR. 68 p. 2010.

RIBEIRO, J.S. SOUSA, P.H.G.O. VIERA, D.R. SIEGLE, E. Evolução da praia de Massaguaçu, SP, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada.** v.13. p.253-265. 2013.

RODRÍGUEZ, J.J. WINDEVOXHEL, N.J. **Análisis regional de la situación de la zona marina costera centroamericana.** Banco Inter-Americano de Desenvolvimento BID. Washington, DC. n.121.1998.

RUDDORFF, F. M.; BONETTI, J. Avaliação da suscetibilidade à erosão costeira de praias da Ilha de Santa Catarina. **Brazilian Journal Aquatic Science Technologie.** v.14(1). p.9-20. 2010.

SAMPAIO, R. **Uso balneário, apropriação do espaço e meio ambiente em Pontal do Paraná, litoral paranaense.** Tese (Doutorado em Meio ambiente e Desenvolvimento). UFPR. 207p. 2006.

SANTOS FILHO, J.R. Geomorfologia da plataforma continental do estado do paraná e norte de Santa Catarina. (Graduação em Oceanografia). UFPR. Pontal do Paraná. 2009.

SANTOS, P.P.;VILAR, J.W.C. Entre a casa de veraneio, e o imobiliário turístico; a segunda residência no litoral sergipano. In: 30 anos de contribuição à geografia. São Cristóvão. **Anais**, São Cristóvão: NPEGEO, 2013.

SANTOS, P.P.;SANTOS,C.N.C dos; A.M.dos S. de S.;J.W.C.V.D. O crescimento do turismo de segunda residência e os conflitos socioambientais no litoral sergipano.In: I Seminário Nacional de Geoecologia e Planejamento Territorial.2012, Sergipe. **Anais**, Sergipe, 2012.

SCHWARTZ, M.L. **Encyclopedia of coastal science.** Springer. 2005

SERPA, C. G. **Estudo da influência dos fatores climáticos, hidrológicos e morfológicos no ciclo de vida de um sangradouro intermitente, Praia do Cassino, Brasil.** 95p. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Oceânica), Universidade Federal do Rio Grande. 2008.

SHORT, A.D. **Handbook of beach and shoreface morphodynamics**. John Wiley & Sons Ltd. New York. 1999.

SOUZA, C. R. G. **As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do estado de São Paulo**. São Paulo, Tese (Doutorado em Geociências) – USP, 1997.

SOUZA, C.R. de G. A Erosão nas Praias do Estado São Paulo: Causas, conseqüências, indicadores de monitoramento e risco. IN: Bononi, V.L.R., Santos Junior, N.A. (Org.), **Memórias do conselho científico da secretaria do meio ambiente: a síntese de um ano de conhecimento acumulado**, pp.48-69, Instituto de Botânica – Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. 2009.

SOUZA, M.C. ANGULO, R.J. Variações da linha de costa ao longo das praias de Itapoá e os eventos El Niño e La Niña. VII Congresso da ABEQUA, Porto Seguro – BA. 1999.

SOUZA, C.R. de G.; SOUZA FILHO, P.W.M.; ESTEVES, SL. ; VITAL, H. DILLENBURG, S.R.; PATCHINEELAM, S.M. & ADDAD, J.E. Praias arenosas e erosão costeira. In: Souza, C.R.G.; In Souza et al (Ed.).**Quaternário do Brasil**. Holos, Editora, Ribeirão Preto (SP). p. 130-152. 2005.

SOUZA, C.R de G. A erosão costeira e os desafios da gestão costeira no Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**. n.9. p. 17-37. 2009a.

STIVE J.F., AARNINKHOF H.L., HANSON H., LARSON, M., WINNJNBERG, K.M., NICHOLLS, R.J., CAPOBIANCO, M. Variability of shore and shoreline evolution. **Coastal Engineering**, v.47. p. 211-235. 2002.

SOUZA, C.R de G. & SUGUIO, K. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo Plan for Coastal Management. **Journal Coastal Research**, v.35. p.530-547. 2003

SUGUIO, K. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro, Bertrand Brasil. 1998.

THIELER, E.R.; HIMMELSTOSS, E.A.; ZICHICHI, J.L.; ERGUL, A. **Digital shoreline analysis system (DSAS) version 4.0- An ArcGIS extension for calculating shoreline change**: U.S. Geological Survey Open-File Report.2009.

TULIK, O. **Turismo e meio de hospedagem**: casas de temporada. São Paulo: Roca, 2001.

VANHONI, F.; MENDONÇA, F. O clima do litoral do estado do Paraná. **Revista Brasileira de Climatologia**, v. 3/4, p. 49 – 63. 2008.

VEIGA, F. A.; ANGULO R. J. ; MARONE E. ; BRANDINI F. P. Características sedimentológicas da plataforma continental interna rasa na porção central do litoral paranaense. **Boletim Paranaense de Geociências**. Curitiba. v.55. p.67-75. 2004.

WRIGHT, L. D., SHORT, A. D. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: a synthesis. **Marine Geology**. v.56 p.193-118. 1984.

ZHANG, K.; DOUGLAS, B.C; LEATHERMAN, S. Global warming and coastal erosion. **Climate Change**. v.64. p.41-58. 2004

ANEXO I

Aviso de Mau Tempo				Ocorrência de Frentes Frias				Marés de Sизigia			Perfis praias	
Mês	Dia	Local	Ressacas/Mar Grosso	Mês	Dia	Local	N° de frentes frias	Mês	Lua nova	Lua cheia	Dia	
Dezembro 15	N/D	N/D	N/D	Dezembro 15	6 e 7	Permaneceu em Paranaguá	1	Dezembro 15	11	25	N/D	
Janeiro 16	N/D	N/D	N/D	Janeiro 16	N/D	N/D	0	Janeiro 16	9	23	21	22
Fevereiro 16	N/D	N/D	N/D	Fevereiro 16	N/D	N/D	0	Fevereiro 16	8	22	24	25
Março 16	3	Laguna/Paranaguá	Ressaca SE/E 2,5/ 3m	Março 16	N/D	N/D	0	Março 16	8	23	N/D	
	10	Laguna/Paranaguá	Ressaca SE/E 2,5/ 3m									
Abril 16	25	Área Bravo e Charlie	Mar Grosso SW/S 3,5/5m	Abril 16	26	Passou por Paranaguá	1	Abril 16	7	22	7	8
	26	Cabo de St Marta à Macaé	Ressaca SW/S 2,5/3m									
	28	Área Charlie	Mar Grosso SW/S 3/4m									
Maio 16	1	Área Bravo e Charlie	Mar Grosso SW/S 3/4m	Maio 16	11	Passou por Paranaguá	2	Maio 16	6	21	5	6
	15	Área Charlie	Mar Grosso SW/S 3/4m									
	17	Laguna à Cabo St Tomé	Ressaca SW/SE 2,5m									
	22	Área Charlie	Mar Grosso/Muito Grosso SW/S 3/5m									
Junho 16	7	Área Charlie	Mar Grosso SW/S 3/4m	Junho 16	6	Passou por Paranaguá	2	Junho 16	5	20	20	24
	10	Área Charlie	Mar Grosso/Muito Grosso SW/S 3/5m									
	11	Laguna à Cabo St Tomé	Ressaca SW/S 2,5/4m									
	21	Guaratuba à Cabo St Tomé	Ressaca S/SE 2,5m									
Julho 16	7	Área Charlie	Mar Grosso SW/S 3/4m	Julho 16	6	Passou por Paranaguá	3	Julho 16	4	7	20	21
	15	Área Charlie	Mar Grosso SW/S 3/5m									
	16	Laguna à Cabo St Tomé	Ressaca SW/S 2,5/3m									
	26	Torres à Cabo St Tomé	Ressaca SW/SE 2,5/3,5m									
	27	Área Charlie	Mar Grosso SW/SE 3/4m									
	28	Laguna à Caravelas	Ressaca SW/SE 2,5/3m									
					26 e 27	Passou por Paranaguá						