

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

LEONARDO AZEVEDO KLUMB OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA DA PRAIA DO
MORRO, GUARAPARI – ESPÍRITO SANTO**

VITORIA

2009

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS E NATURAIS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E ECOLOGIA
CURSO DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA

LEONARDO AZEVEDO KLUMB OLIVEIRA

**CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA DA PRAIA DO
MORRO, GUARAPARI – ESPÍRITO SANTO**

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em oceanografia, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de bacharel em oceanografia.

Prof.a Dra. Jacqueline Albino

VITORIA

2009

LEONARDO AZEVEDO KLUMB OLIVEIRA

CARACTERIZAÇÃO MORFODINÂMICA DA PRAIA DO MORRO, GUARAPARI – ESPÍRITO SANTO

Monografia apresentada ao Programa de Graduação em oceanografia, da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito para obtenção do grau de bacharel em oceanografia.

COMISSÃO EXAMINADORA

Profa. Dra. Jacqueline Albino

Universidade Federal do Espírito Santo

Orientadora

Prof. Dr. Gilberto Fonseca Barroso

Universidade Federal do Espírito Santo

Prof. Dr. Alex Bastos

Universidade Federal do Espírito Santo

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Gráfico de “A” em função do diâmetro mediano granulométrico dos sedimentos (curva superior), ou da velocidade de decantação (linha reta).....	35
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Tabela 1: Coordenadas das 5 estações de perfis praias transversais.....	37
Tabela 2 – Classificação granulométrica. Fonte Wentworth, 1922.....	39
Tabela 3 – Classificação da curtose de acordo com Folk e Ward,1957.....	40
Tabela 4 – Associações entre estado praias e Ω . Adaptado de Wirth et al, 1985.....	41
Tabela 5 – Dados de altura (Hb) e período (T) de ondas coletadas em campo. Hb (m) T (s).....	45
Tabela 6 - Valores do recuo da linha de costa em relação ao um aumento de 0,30m do nível do mar.....	56
Tabela 7 – Resultados do método Taggart e Schwartz, ao longo dos meses amostrados	58
Tabela 8 - Matriz de comparação para Praia do Morro, de acordo com método Taggart-Swartz,1988, adaptado por Souza, 1997.....	61

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Localização Geográfica da Praia do Morro, município de Guarapari – ES.....	19
Figura 2 - Mapa geológico esquemático da região de Guarapari, com destaque para Praia do Morro.....	20
Figura 3 - Carta Náutica representando batimetria da área de estudo. Fonte (DHN) 2006.	22
Figura 4 -. Imagem Landsat TM5 (1999) da Bacia Hidrográfica de Guarapari. Fonte: IEMA, 2009.....	23
Figura 5 - Regime de ventos em condições normais na costa do Espírito Santo. Fonte: Martin et al 1993	23
Figura 6 - Sentido da chegada de ondas no litoral do ES. Fonte: Martin et al, 1993	24
Figura 7 - Frequência das alturas e períodos de ondas mais frequentes incidentes no litoral do Espírito Santo. Fonte: Porto de Vitória 1999.....	24
Figura 8 - Definição de escalas temporais e espaciais dos processos costeiros - naturais e antrópicos. Fonte: Carter e Woodroffe (1997). Adaptado.....	28
Figura 9 - Perfis de tempo bom e tempestade. Fonte: Komar 1983, adaptado.....	31
Figura 10: Estados morfodinâmicos adaptados de Wright & Short, 1984.....	33

Figura 11: Localização dos perfis transversais levantados na Praia do Morro – ES.....	37
Figura 12: Histogramas representativos da granulometria do berma e face praial de P1 e P2.....	46
Figura 13: Histogramas representativos de granulometria de berma e face para P3, P4, P5.....	47
Figura 14: Variação topográfica do perfil P1 da Praia do Morro - ES...	48
Figura 15: Variação topográfica Perfil P2 Praia do Morro - ES.....	49
Figura 16: Variação Topográfica Perfil P3, Praia do Morro - ES.....	50
Figura 17: Variação topográfica de P4, Praia do Morro - ES.....	51
Figura 18: Variação topográfica P5, Praia do Morro - ES.....	51
Figura 19: Valor de Omega e sua relação com estado modal para P1. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.....	52
Figura 20: Valor de Omega e sua relação com estado modal para P2. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.....	53
Figura 21: Valor de Omega e sua relação com estado modal para P3. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.....	54
Figura 22: Valor de Omega e sua relação com estado modal para P4. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.....	55
Figura 23: Valor de Omega e sua relação com estado modal para P5. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.....	56
Figura 24: Direção do transporte sedimentar para verão de 2009, de acordo com modelo Taggart e Schwartz 1988, adaptado.....	58

Figura 25: Direção do transporte sedimentar para inverno de 2009, de acordo com modelo Taggart e Schwartz, adaptado.....	58
Figura 26: Energia de ondas para dezembro e junho para as estações amostrais. ($E = 1/8 \rho g h b$).....	59
Figura 27: Compartimentação da praia do morro com base nas características morfodinâmicas.....	65
Figura 28: Delimitação do recuo da linha de costa a uma elevação do nível do mar (vermelho) e faixa de segurança proposta por Muehe, 2001, (amarelo).....	67
Figura 29: Destaque para as estações P1 e P2 em relação ao recuo da costa e limites de segurança.....	67
Figura 30: Destaque para as estações P3 e P4 em relação ao recuo da costa e limites de segurança.....	68
Figura 31: Destaque para a estação P5 em relação ao recuo da costa e limites de segurança.....	68

SUMARIO

1 INTRODUÇÃO.....	15
1.1 OBJETIVOS.....	18
1.1.1 Geral.....	18
1.1.2 Específicos.....	18
2 ÁREA DE ESTUDO E JUSTIFICATIVA.....	18
2.1 LOCALIZAÇÃO E ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS.....	19
2.2 ASPECTOS CLIMÁTICOS E OCEANOGRÁFICOS.....	22
2.3 ASPECTOS HISTORICOS E SOCIOECONOMICOS.....	26
3 MATERIAIS E METODOS.....	27
3.1 CONSIDERAÇÕES OCEANOGRÁFICAS.....	27
3.1.1 Escalas temporo-espaciais dos processos costeiros e adaptações morfodinâmicas da praia.....	27
3.1.2 Urbanização do Litoral, Vulnerabilidade erosiva e Limite de Segurança para ocupação.....	34
3.2 OBTENÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS.....	36
3.2.1 Dados Morfodinâmicos.....	36
3.2.1.1 Dados Morfológicos.....	36
3.2.1.2 Dados Oceanográficos.....	38
3.2.1.3 Dados Granulométricos.....	38
3.2.1.4 Determinação da tipologia praial.....	40
3.2.1.5 Determinação da direção da deriva e transporte de sedimentos a partir dos parâmetros granulométricos.....	42
3.2.1.6 Identificação da vulnerabilidade erosiva da praia.....	42

4 RESULTADOS.....	45
4.1 MORFODINÂMICA PRAIAL.....	45
4.1.1 Caracterização.....	45
5 DISCUSSÃO.....	61
5.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL.....	60
5.2 COMPARTIMENTAÇÃO MORFODINÂMICA.....	64
5.3 VULNERABILIDADE EROSIVA E LIMITES DE SEGURANÇA.....	65
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	72
7 REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	73

AGRADECIMENTOS

Sempre pensei em quebrar o gesso estrutural das notas de agradecimento. No entanto, depois de muito pensar, concluo que não há como evitar as hierarquias espirituais, fraternais e acadêmicas. Assim, tenho que agradecer primeiramente à força superior e a sorte, imprescindíveis para realização de qualquer coisa;

Aos pais, Robert e Aurinha, por serem a rede de proteção da corda bamba da vida;

À Tânia, pelo incentivo e paciência, principalmente nos pretéritos 4 anos de graduação;

À primeiramente amiga e ainda orientadora Jacqueline, pela paciência, incentivo e ensino constante, que certamente não se encerrará por aqui;

Aos professores André e Gilberto, pelas dicas sobre o ArcGis;

A todos que participaram das coletas de campo, em especial Rodrigo, e os demais, Vitor, Mariana, Camila, Lucas, Eric, Gabi, Andréia, Tânia, Thiago, Alex e Bruna;

Ao pessoal do LabMar pelas dicas e equipamentos para tratamento das amostras;

E a todos os outros de contribuíram para realização deste trabalho... OBRIGADO.

Panta rheí (Tudo flui...)

Heráclito de Éfeso

LISTA DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 - Praia do Morro na década de 1970	26
Fotografia 2 - Praia do Morro na década de 1980.....	26
Fotografia 3 - Praia do Morro na década de 2000.....	26

RESUMO

A escala de investigação dos processos pertinentes à dinâmica costeira é determinante para a acurada interpretação dos resultados. Eventos de curta escala temporo-espacial são funcionais para avaliação de tendências erosivas ou progradacionais na linha de costa.

Tais eventos, cíclicos e sazonais, são da ordem do clima de ondas, formação e migração de barras arenosas e os processos correspondentes, os quais são os responsáveis pelas variações morfodinâmicas de uma praia.

Praias embaçadas entre promontórios apresentam características peculiares devido às diferenças energéticas proporcionadas pela zona de sombra, as quais evidenciam diferentes graus de exposição da praia ao clima de ondas predominante.

As atividades humanas, com destaque para urbanização das orlas, por diversas vezes ignoram os aspectos hidro/morfodinâmicos das costas, o que geralmente resulta em impactos negativos ao balanço sedimentar das praias, que respondem com processos erosivos de nova adaptação.

A Praia do Morro, município de Guarapari – ES é uma praia que apresenta processo rotacional de transporte de sedimentos e assimetria da linha de costa, comportando-se tipicamente como praia embaçada. Contudo, sobremaneira pressionada pelo turismo e especulação imobiliária, a urbanização da orla pode estar interferindo nos processos de balanço sedimentar de médio e longo prazos no sentido de aprisionamento de sedimentos, o que pode estar relacionado às feições erosivas aparentes na praia.

Este trabalho se propõe a investigar os processos morfodinâmicos atuantes na Praia do Morro em relação à curta escala de eventos, assim como inferir possíveis consequências das atividades antrópicas em relação a estes processos.

1 INTRODUÇÃO

Os ambientes costeiros estão entre os mais variáveis do planeta. Carter (1988) salienta que a mensuração desta variabilidade depende diretamente da escala temporo-espacial a qual se deseja observar.

A escala de investigação dos eventos relativos a mudanças na linha de costa é de fundamental importância para se compreender os processos atuantes na dinâmica.

Tais processos podem ser de longo prazo, tais como variações tectônicas, eustáticas, e mudanças climáticas, abrangendo um período de séculos a milênios, ou da ordem de curto prazo, como processos de morfodinâmica praial, os quais respondem a pequenas variações no clima de ondas, cuja sazonalidade se dá desde dias a anos.

Os ambientes praias se caracterizam por sua acentuada dinâmica de resposta em relação a eventos e processos costeiros atuantes. Tais processos são entre outros, o clima de ondas (altura, período, e ângulo de incidência) e suas variações sazonais; o grau de exposição da praia em relação à entrada de ondas de maior energia; as correntes litorâneas e células de balanço e equilíbrio sedimentar.

Muehe (2005) destaca que a praia responde a mudanças sazonais em relação ao seu perfil transversal com acreção ou erosão de volume de areia, respectivamente caracterizado por alternâncias entre tempo bom e tempestade.

Para Bird (1996), a direção, altura e período das ondas dominantes em uma praia exerce grande influência em sua planta e perfil, e a medida que as condições de onda variam, ocorrem ajustes correspondentes na morfologia da praia.

Neste sentido, o grau de exposição de uma praia a energia das ondas dominantes é fator determinístico de sua morfologia. Praias mais expostas tendem a ser mais energéticas menos arqueadas e mais extensas. Já praias que se encontram entre promontórios, denominadas aqui como praias embaçadas, tendem a ser menos energéticas, e de acordo com Woodroffe (2002) possuem planta assimétrica, apresentando curvatura mais acentuada na zona de sombra adjacente ao promontório, curvatura mais suave em sua porção central e mais retilínea na porção distal do promontório, a qual geralmente recebe ortogonais de ondas paralelas a linha de costa.

A incidência de ondas gera um sistema de circulação ou correntes costeiras, capazes de mobilizar e transportar massa de um local para outro ao longo da costa. Basicamente, estas correntes se apresentam longitudinais, transportando massa d'água e sedimentos ao longo do arco praial, ou transversais, tais como as correntes de retorno.

As correntes litorâneas são o mecanismo principal de balanço sedimentar em praias arenosas (HOEFFEL, 1998). Definido por Rosati (2005) como o balanço entre volume de sedimentos que entram e saem de uma determinada área em investigação, é responsável pela formação de células litorâneas, onde ocorre erosão em um determinado compartimento, transporte e deposição em outro.

Particularmente em praias embaçadas, a presença do promontório exerce função de obstáculo ao transporte, gerando uma zona de deposição em suas adjacências (AUSTIN et al, 2009)

Praias embaçadas entre promontórios aparecem em diferentes configurações e formas. O *input* sedimentar é essencial para o balanço e equilíbrio do sistema, o qual somado ao clima de ondas predominante ditará se a praia se encontra em equilíbrio estático, dinâmico, ou se apresenta na forma instável (HSU et al, 2009).

Hsu (*op.cit*) complementa que praias em equilíbrio estático apresentam ondas chegando paralelas a linha de costa em todo o perímetro do arco praial; dessa forma, não há formação significativa de correntes costeiras, e consequentemente não há transporte sedimentar. *Input* de sedimento de fontes externas não se faz necessário.

Praias em equilíbrio dinâmico apresentam correntes costeiras e transporte sedimentar, necessitando assim de *input* de sedimentos provenientes de fontes externas; caso contrário a linha de costa tende a retrogradar.

Praias instáveis caracterizam perfis variáveis ao longo do tempo devido terem sido modificadas por interferência humana. Construção de molhes e piers delimitam linhas de praia assimétricas, com acúmulo sedimentar a barlar e erosão em áreas de sotamar (HSU et al , 2009).

A ciclicidade dos eventos atuantes em praias pode ser refletida pelos modelos propostos por Wright e Short (1984), os quais se baseiam nas características geomorfológicas em resposta ao clima de ondas. Tais modelos expressam a sazonalidade dos processos atuantes em escala de curto período, e atestam diferenças morfológicas desde praias com tendências erosivas a praias com características totalmente deposicionais.

A influência humana na costa se faz cada vez mais acentuada. O homem como agente de interferência nos processos costeiros se apresenta em diversas escalas temporo-espaciais, cabendo aos ambientes costeiros a habilidade de resistir e se adaptar a estas interferências (CARTER, 1988).

Na tentativa de disciplinar a ocupação e limitar o abuso antrópico sobre a orla marítima, limites de segurança foram estabelecidos. Muehe (2001) propôs faixas mínimas a serem respeitadas em direção a retroterra de acordo com as principais características fisiográficas das linhas de costa.

A Praia do Morro se destaca como balneário sobremaneira pressionado pelo turismo e especulação imobiliária. Tal demanda obteve como resposta uma série de instalações de infra-estrutura sem prévio conhecimento dos processos dinâmicos praias, que podem estar relacionadas a comportamentos erosivos aparentes, que descaracterizam a estética da paisagem e oferecem riscos sociais e econômicos à população.

Este trabalho se propõe a avaliar os processos morfodinâmicos sazonais da Praia do Morro, ao longo de um ano, a fim de identificar possíveis comportamentos em resposta a variações hidrodinâmicas. Ainda, examina a eficácia dos limites propostos por Muehe (2001) a uma elevação mínima do nível mar.

1.1 Objetivos

1.1.1 GERAL

Caracterizar a morfodinâmica da Praia do Morro, Guarapari – ES em relação à escala sazonal e mensurar sua vulnerabilidade erosiva como subsídio para planos de adequação ao uso.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar os processos costeiros responsáveis pela dinâmica da praia;
- Compartimentar a praia de acordo com as características morfodinâmicas;
- Mapear uma possível linha de costa frente a uma elevação meteorológica do nível do mar, em contraste com os limites de segurança propostos para orla;
- Discutir zona de segurança para as intervenções futuras.

2 ÁREA DE ESTUDO E JUSTIFICATIVA

O estado do Espírito Santo vem apresentando nas últimas décadas grande crescimento socioeconômico e industrial, o que contribui para um incremento populacional, principalmente nas áreas costeiras.

O município de Guarapari localizado ao sul do estado, tradicionalmente reconhecido por suas praias, recebe cada vez mais demanda turística, e conseqüentemente, necessita adequar sua oferta. Apresenta uma população fixa de 98.000 habitantes (IBGE, 2000), e o número total de habitantes durante o verão sobe para aproximadamente 500.000 (PMG, 2009).

Os processos de expansão urbana na faixa litorânea ocorreram de forma desordenada, e hoje a praia passa por um processo de verticalização intenso, que resulta em alterações significativas da estética da paisagem natural e urbana.

Na Praia do Morro, a acentuação de um processo erosivo na faixa arenosa pode estar relacionada incremento da pressão urbana/turística. Não obstante, a elaboração de um plano de gerenciamento costeiro envolvendo conceitos de processos morfodinâmicos, surge como uma ferramenta imprescindível para uma adequação de uso de acordo com sua capacidade física e perfil de usuários.

2.1 Localização e aspectos geomorfológicos

A área de estudo deste trabalho compreende o arco praial da Praia do Morro, situado entre dois promontórios rochosos do embasamento cristalino. A praia está localizada no município de Guarapari, no setor sudeste do estado do Espírito Santo (FIGURA 1). A faixa litorânea em questão se dispõe entre as coordenadas 20°39'18.35" S – 40°28'24.65" W e 20°39'44.46" S - 40°29'43" W, com uma extensão de aproximadamente 3 km, e orientação NE - SW.

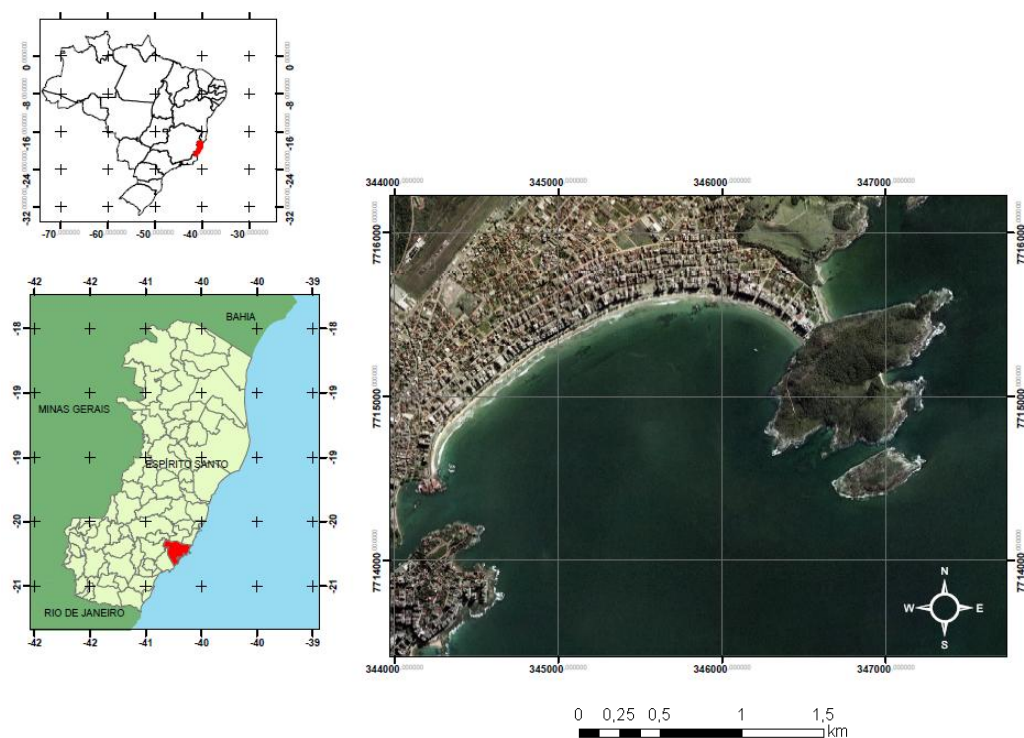


Figura 1: Localização geográfica da Praia do Morro, Município de Guarapari, ES. Fonte: EMBRAPA e IEMA 2007 Adaptado.

Martin et al (1996) sugerem a divisão das costa Espírito Santense em três partes, baseada em critérios geomorfológicos: litoral norte, do estado da Bahia até a baía de Vitória, onde os depósitos quaternários são representados pelos tabuleiros da Formação Barreiras; Litoral central, da Baía de Vitoria até Rio Itapemirim, caracterizado pelo embasamento cristalino Pré-cambriano; e litoral sul, do rio Itapemirim até a fronteira com o estado do Rio de Janeiro, onde os depósitos terciários do Barreiras aparecem novamente em contato com os depósitos quaternários.

A figura 2 representa um mapa esquemático da geologia da região litorânea de Guarapari, com destaque para Praia do Morro, o qual ilustra a composição sedimentar e conseqüente geomorfologia da área de estudo.

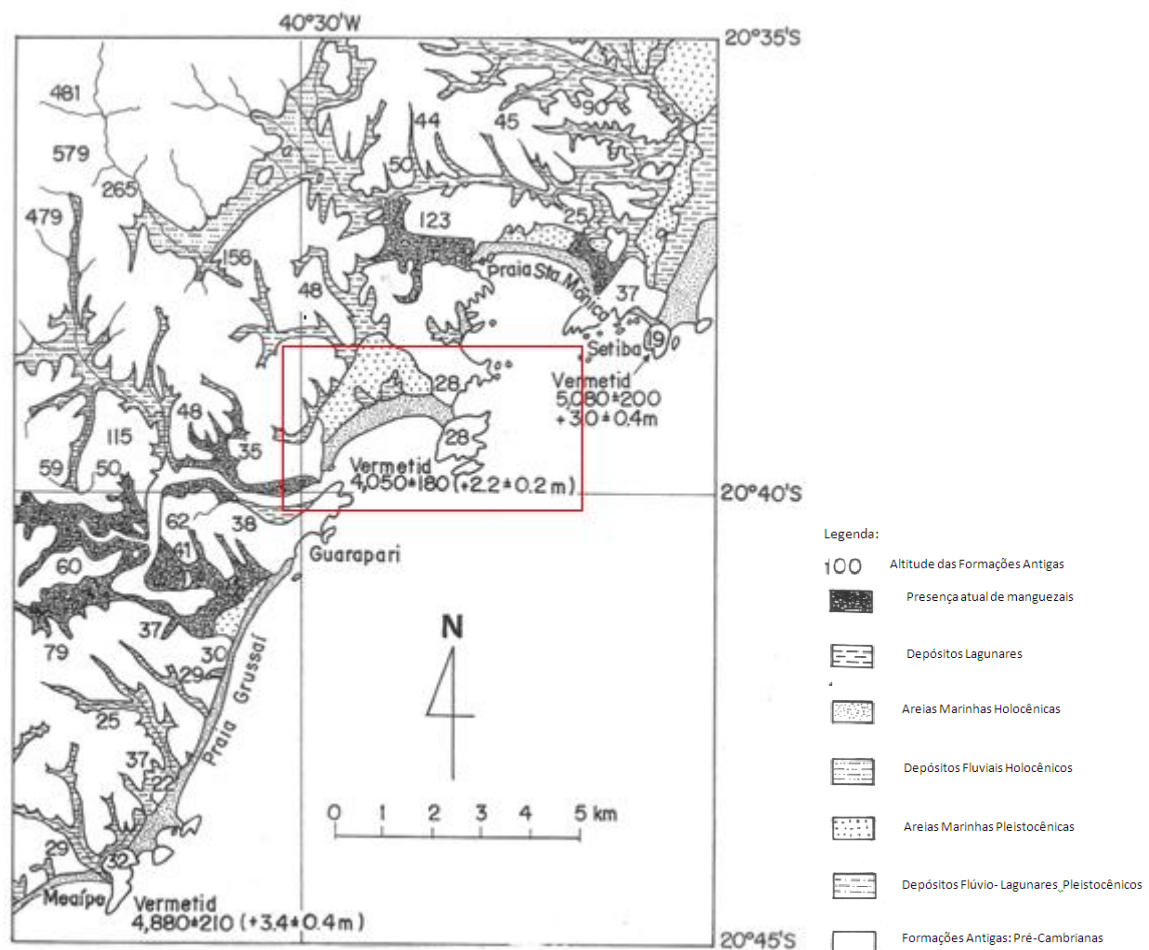


Figura 2: Mapa geológico esquemático da região de Guarapari, com destaque para Praia do Morro. Fonte: Adaptado de Martin et al (1996).

A área de estudo corresponde ao setor 4, de acordo com outra proposta de subdivisão do litoral capixaba de Martin (1996), que se estende da Baía de Vitória até o rio Itapemirim. O trecho compreende áreas de afloramento cristalino pré-cambriano que entram em contato direto com depósitos quaternários costeiros, os quais são resultantes de processos Pleistocênicos/holocênicos de eventos trans-regressivos; ainda, a área apresenta um litoral bem recortado, com formações de embaixamentos e arcos praias, sujeitos a deposição sedimentar.

Na região de Guarapari, o embasamento pré-cambriano aparece na região serrana do interior do município, e nos afloramentos cristalinos que se encontram aos sedimentos de areias quaternárias depositados nas praias.

Albino et al. (2001), complementam a descrição desta região, caracterizando-a como de pequeno aporte continental, plataforma continental estreita, alta energia de ondas, e uma baixa troca sedimentar entre as praias e entre a praia emersa e antepraia. Desta feita, as praias possuem feições refletivas, intermediárias e dissipativas, de acordo com o clima de ondas da região. Ademais, o aporte fluvial é limitado, devido à grande presença de promontórios rochosos, que servem de barreira ao fluxo.

A batimetria da região em questão aparenta menor gradiente de profundidade em sua porção SW, e um maior gradiente à medida que ruma em direção NE, (FIGURA 3). A aproximadamente 500m da linha de costa ocorre uma declividade topográfica mais acentuada, na qual se encontra a isóbata de 10 metros.

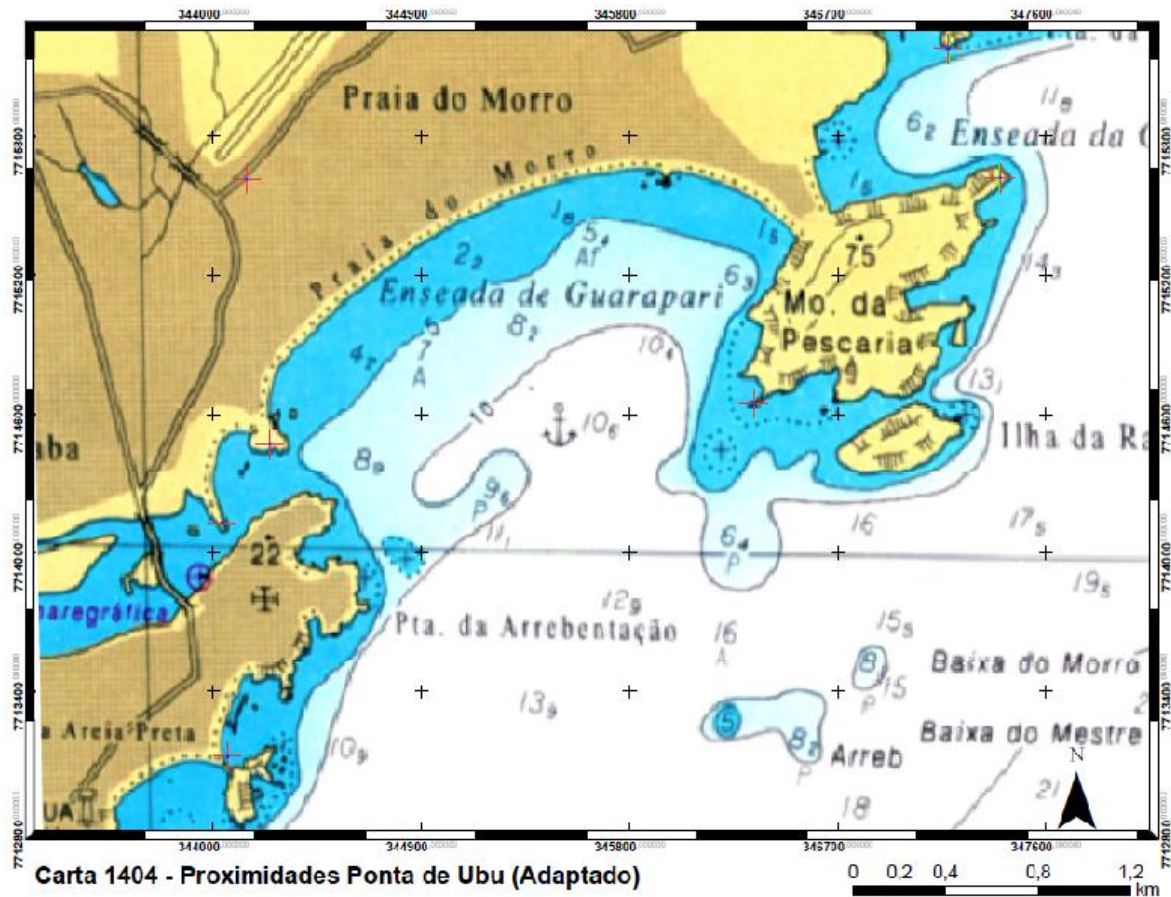


Figura 3: Carta Náutica representando batimetria da área de estudo. Fonte: Dhn (2006). Escala : 1:50.000.

2.2 Aspectos climáticos e Oceanográficos

O clima desta região litorânea foi classificado por Koppen (apud MARTIN, 1996) como AW, o que corresponde a um clima quente e úmido, com maior incidência de chuvas durante o verão, e estação seca no outono e inverno.

Os ventos predominantes nesta região são provenientes de NE, com maior frequência e intensidade (FIGURA 5); entretanto, a região sofre influência de ventos provenientes do quadrante S-SE em períodos de frente fria, mais comumente nos meses de inverno (EMCAPA, 1981).

Os índices pluviométricos da região registram maior intensidade de precipitações nos meses de outubro a janeiro, enquanto de fevereiro a setembro o clima predomina de parcialmente seco a seco (EMCAPA, 1981).

A região da Praia do Morro está inserida na Bacia Hidrográfica de Guarapari (FIGURA 4), e recebe águas provenientes do Rio Jaboti, um dos três principais cursos d'água da Bacia. Os demais são Rio Perocão e Una.

A pluviosidade registrada na região está entre 1170 mm a 1380 mm (IEMA, 2009).



Figura 4: Imagem Landsat TM5 (1999) da Bacia Hidrográfica de Guarapari. Fonte: IEMA, 2009.



Figura 5: Regime de ventos em condições normais na costa do Espírito Santo. Fonte: Martin et al.(1996). Adaptado.

As ondas são geradas no oceano aberto pelos ventos e estão relacionadas diretamente com sua velocidade, duração e extensão da pista na superfície do

oceano sobre a qual eles atuam. Quanto maiores a duração e a pista, maior a quantidade de energia potencial absorvida pelas ondas (SOUZA et al, 2005).

Ao se aproximarem de áreas de águas rasas, as ondas sofrem basicamente processos de refração, difração e reflexão, e estão relacionados às características do clima de ondas de região para região.



Figura 6: Sentido da chegada de ondas no litoral do ES. Fonte: Martin et al, 1993.

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Hidroviárias (INPH, 1980), as ondas mais frequentes e períodos relacionados estão representados no gráfico (FIGURA 7).

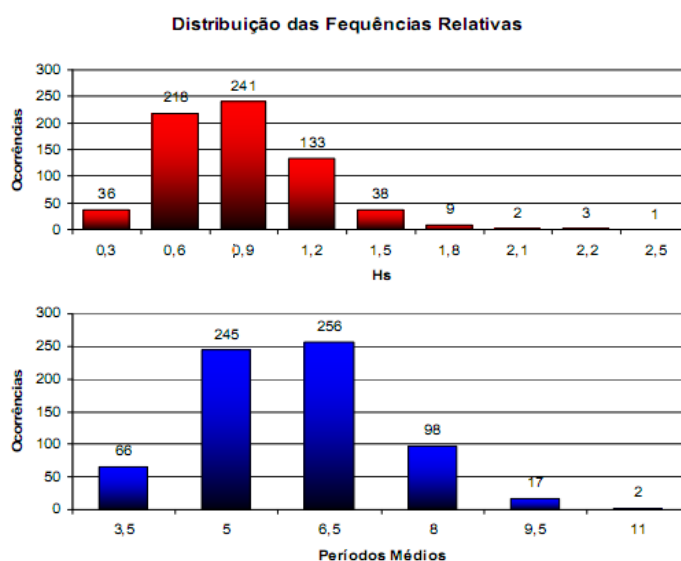


Figura 7 Frequência das alturas e períodos de ondas mais frequentes incidentes no litoral do Espírito Santo. Fonte: Porto de Vitória(1999).

A amplitude de maré, isto é, a diferença de altura entre a preamar e a baixa-mar, representa um importante elemento na definição da intensidade dos processos costeiros em função da velocidade das correntes associadas (MUEHE, 2001).

De acordo com a Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN, 2009), o litoral do Espírito Santo tem a sua amplitude de maré variando entre (usar os níveis de UBU) 1,40 e 1,50 m. Estes valores são característicos de litoral submetido a um regime de micromaré, o qual é definido por amplitudes menores que 2m.

2.3 Aspectos históricos e socioeconômicos

O crescimento econômico aliado aos processos de urbanização do Município de Guarapari se consolidou através da atividade turística. Nas décadas de 1960 e 1970 deu-se início ao desenvolvimento e construção de infra-estrutura turística, trazendo consigo processos de urbanização e verticalização, então situados na região central do município (GIRARDI; COMETTI, 2006).

A partir da década de 1970 o município sofreu um intenso crescimento imobiliário, o qual norteou a ocupação de toda a faixa litorânea. Dessa forma, a especulação fez com que a vegetação de restinga fosse completamente retirada das orlas em urbanização, dando lugar a calçadas, quiosques e loteamentos imobiliários os quais atendiam a demanda de venda terrenos com objetivo de construção de casas de veraneio (SILVA, 2003).

A Praia do Morro é a maior praia em extensão de Guarapari. Seu processo de urbanização deu-se a partir de loteamentos para construção de moradia de veraneio. Entre 1984 e 1985 deu-se o asfaltamento e construção do calçadão da orla da Praia.

Atualmente a praia conta com inúmeros bares, restaurantes, hotéis, além do processo de verticalização consolidado (SILVA, 2003).

O processo histórico de urbanização da orla da praia pode ser comprovado através das imagens sub-orbitais fornecidas pelo Instituto de Defesa Agro florestal (IDAF) e Instituto Estadual de Meio Ambiente (IEMA):

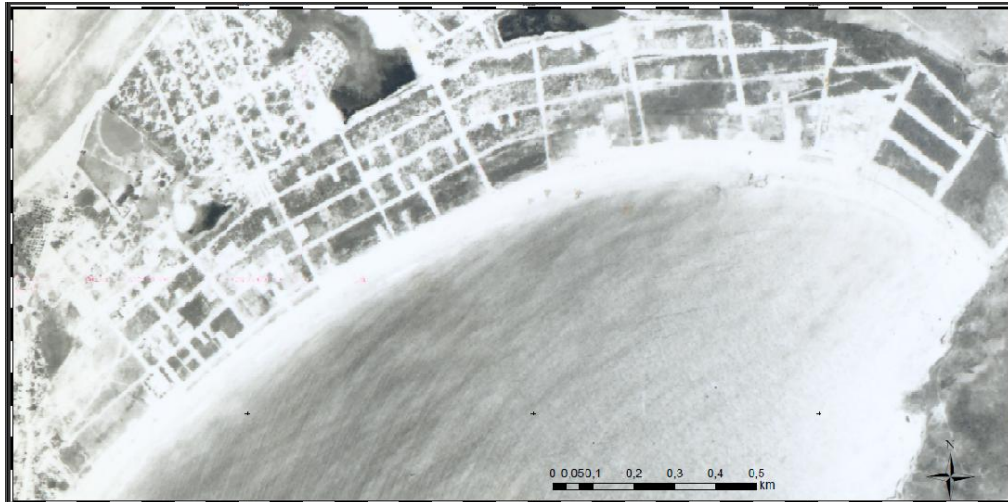


Foto 1: Praia do Morro na década de 1970, onde observa-se loteamentos praticamente vazios de urbanização. Fonte: IDAF (2008).

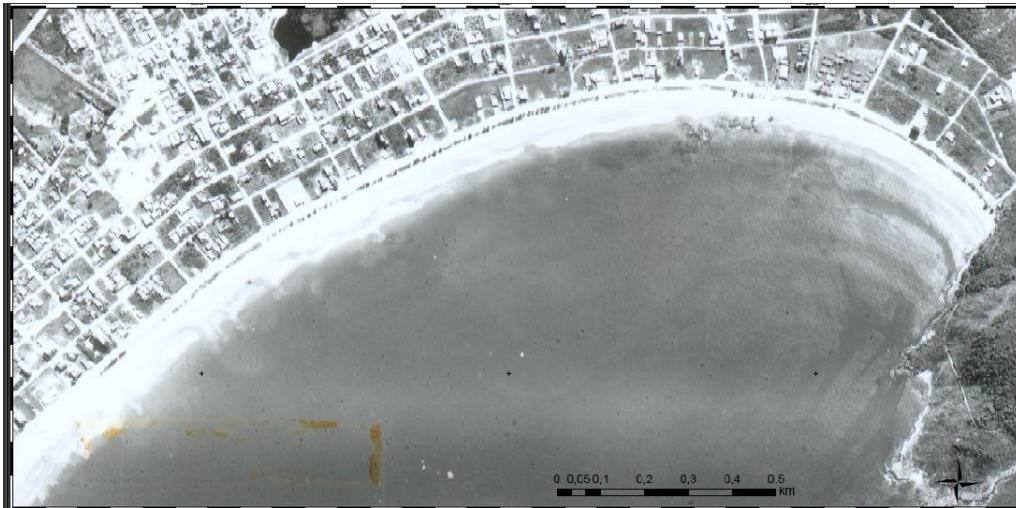


Foto 2: Praia do Morro na década de 1980, onde observa-se algum indicativo mínimo de urbanização da orla. Fonte: IDAF (2008).

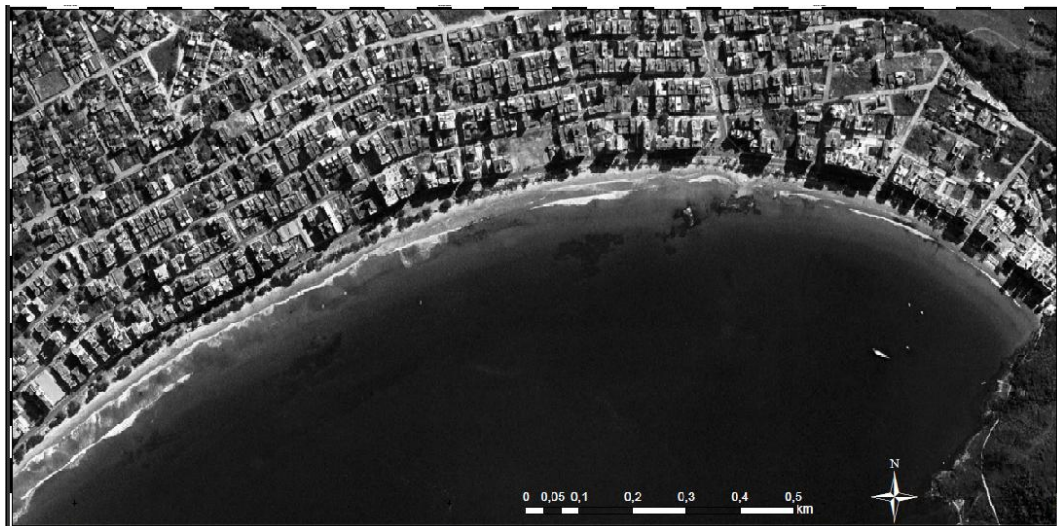


Foto 3: Praia do Morro na década de 2000, onde observa-se processo de urbanização vertical já consolidado. Fonte: IEMA, 2007.

Como pode ser observada a partir das imagens aéreas, em 30 anos a urbanização deste litoral passou de nula a totalmente consolidada.

É possível visualizar na imagem de 1970 e 1980 indícios de cordões de restinga; na década de 2000, observa-se uma faixa com árvores de Castanheiras, indicativas de intervenção humana.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Considerações Oceanográficas

3.1.1 Escalas espaços-temporais dos processos costeiros e adaptações morfodinâmicas da praia

Carter (1988) define linha de costa como a fronteira onde mar, ar e água se encontram cuja complexidade axiomáticamente indica dinâmica.

Modificações na linha de costa são causadas por diversos agentes, em diferentes escalas espaço-temporais, desde a escala geológica estrutural, como movimentos de placas tectônicas, até escalas instantâneas e de menor escala, como as pegadas de banhistas na areia de uma praia, ou obras de engenharia costeira.

Camfield e Morang (1996) atestam que as modificações na linha de costa resultam da interação de diversos fatores, tais como variações eustáticas, isostasia, movimentos cíclicos da geomorfologia costeira e fatores antropogênicos, enquanto Cowell e Thom (1997) completam, destacando o papel das forçantes climáticas como fatores representativos da dinâmica costeira (FIGURA 8).

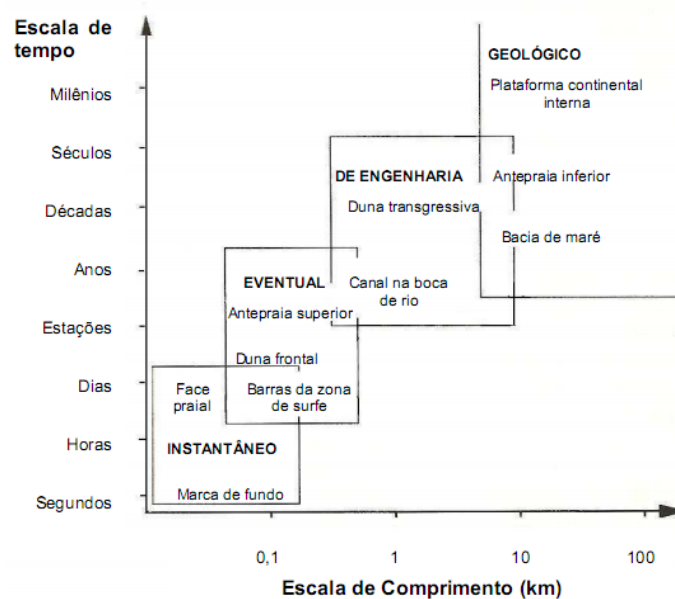


Figura 8: Definição de escalas temporais e espaciais dos processos costeiros - naturais e antrópicos. Fonte: Carter e Woodroffe (1997). Adaptado.

O retrabalhamento dos sedimentos pela ação hidrodinâmica das ondas e correntes também atuam no sentido de moldar as formas geomorfológicas percebidas no presente.

Destarte, Krueger et al (1998), afirmam que ao longo das escalas de tempo, as linhas de costa podem apresentar progradação, recuo ou estabilidade.

Linhas de praia que recebem mais sedimentos, de variadas fontes, do que perdem por células de transporte, tornam-se mais altas e mais largas, apresentando um perfil progradacional mar adentro. Já praias que perdem mais sedimento do que recebem, por ação de agentes oceanográficos atuantes, ou intervenções humanas mal planejadas, tendem a apresentar um perfil de recuo de linha de costa (BIRD, 1996).

Bird (op.cit), complementa que, em praias arenosas, há tanto variações de curta-escala, como até um ano ou anos, de caráter cíclico, tais como intervalos de erosão/acreção, quanto larga escala, incluindo décadas e séculos, para as quais é necessário a utilização de imagens orbitais e sub-orbitais, no intuito de verificar eventos de progradação/recuo da linha de costa.

Os fatores climáticos/hidrodinâmicos são os responsáveis pelos mecanismos de ação/reação da morfologia das praias. Os fatores climáticos tem maior influencia nas

variações do nível do mar sazonais e na modificação do sentido de propagação das ondas, resultando numa interferência significativa no rumo das correntes costeiras.

Hoeffel (1998) define dois mecanismos básicos que explicam a formação de correntes longitudinais à costa: (1) Incidência oblíqua de ondas sobre a praia; (2) Variação longitudinal da altura da arrebentação. O ângulo de incidência das ondas na praia é fator determinante da velocidade da corrente.

No transito das ondas em dissipação na zona de surfe, parte da energia é transferida sob forma de correntes. Isto ocorre, segundo Muehe (2005), devido a um escoamento lateral da água empilhada por ação das ondas na zona de surfe. Estas correntes transportam sedimentos colocados em suspensão pelas ondas incidentes, potencialmente podendo movê-los ao longo de quilômetros através de um processo de meso-escala temporal alcinhado deriva litorânea (HOEFFEL, 1998). Esta é o principal agente de movimentação, retrabalhamento e distribuição de sedimentos ao longo da costa (SOUZA et al, 2005).

Cada segmento da costa possui um determinado sentido de deriva, e da interação de vários sentidos resulta uma célula de circulação costeira (TAGGART & SCHWARTS, 1988). Cada célula pode ser subdividida em três zonas:

- Zona de erosão, onde se origina a corrente; geralmente local de maior energia de ondas;
- Zona de transporte (*bypass*), onde os sedimentos são transferidos ao longo da costa;
- Zona de deposição, onde a corrente termina, e onde há menor energia de ondas

Souza et al (*op.cit*) coloca que quando do encontro entre duas ou mais células, dispostas lado a lado, podem ocorrer duas situações:

- Convergência das correntes, onde ocorre intensa deposição (ex: difração de obstáculos e formação de tómbolos), ou formação de uma terceira corrente, de retorno;
- Divergência de correntes, onde ocorre intensa erosão.

Em praias cujas extremidades são delimitadas por promontórios, o transporte longitudinal de uma extremidade a outra, caracteriza um sistema rotacional. Para Klein et al (2005), este comportamento cíclico de transporte de sedimentos pode ser atribuído a variações sazonais de incidência de ondas, mais especificamente na direção do trem de ondas. Tal processo pode ocorrer em escala de semanas, meses ou décadas, sem, contudo, apresentar incremento ou decréscimo líquido de sedimentos no sistema.

Ao longo da deriva litorânea, pode-se reconhecer um melhor grau de seleção em termos de tamanho dos grãos de areia, progressivo ao longo da deriva. Bird (1996), afirma que para uma praia com partículas de diferentes tamanhos, pode ocorrer afinamento de partículas ao longo da deriva, devido à maior facilidade de transporte dos grãos mais finos pelas correntes. Por outro lado, reconhece a possibilidade de um engrossamento dos grãos, uma vez que os grãos mais finos podem ser levados *offshore* por ação das ondas, ou entrarem nos processos de espraçamento e refluxo, sendo alocados e transitados na face da praia.

Correntes transversais à linha de costa, também conhecidas como correntes de retorno, caracterizam-se por fluxos estreitos, normais ou oblíquos em relação a costa, que atravessam a zona de surfe em direção *offshore* (HOEFFEL, 1998). Enquanto na zona de surfe o transporte se dá pela corrente longitudinal, as correntes transversais são responsáveis pelo transporte na região da face, através do resultado do espraçamento e refluxo da onda (MUEHE, 2005).

Segundo Short (1999) há cinco parâmetros primários que controlam as características básicas de uma praia: altura de onda, período de onda, tamanho do sedimento, amplitude de maré e gradiente da plataforma adjacente. Além disso, há que se considerar o fator de interferência da latitude, clima regional, e impactos biológicos nas praias, a exemplo dos recifes de coral.

Destarte, condições de tempo bom, caracterizadas pela chegada de ondas ditas suaves (i.e ondas de baixa energia), determinam um perfil construtivo, notadamente com acumulação de areia e conseqüente crescimento da praia. No entanto, no período de inverno, mais sujeito a tempestades, um empilhamento de água contra costa originado de ventos fortes gera um aumento relativo do nível do mar em escala local.

Consequentemente, o incremento da energia das ondas somado à elevação do nível do mar, mobiliza e transporta areias da face praial rumo *offshore* por correntes de retorno (i.e transversais a linha de costa) e/ou longitudinais, as quais serão então depositadas formando barras submersas. À medida que a face da praia perde sedimentos para formação das barras na antepraia intermediária, as ondas, ao sentirem as barras, tenderão ao colapso a uma distancia cada vez maior da praia emersa, o que resulta num novo perfil de equilíbrio à hidrodinâmica vigente.

O cenário supracitado caracteriza um perfil erosivo (destrutivo) com diminuição do volume de areia e conseqüente aumento do tamanho médio dos grãos, resultado da mobilização e transporte dos grãos mais finos por ação das correntes costeiras.

A figura 9 representa perfis de tempo bom e tempestade, com formação de bancos submersos.

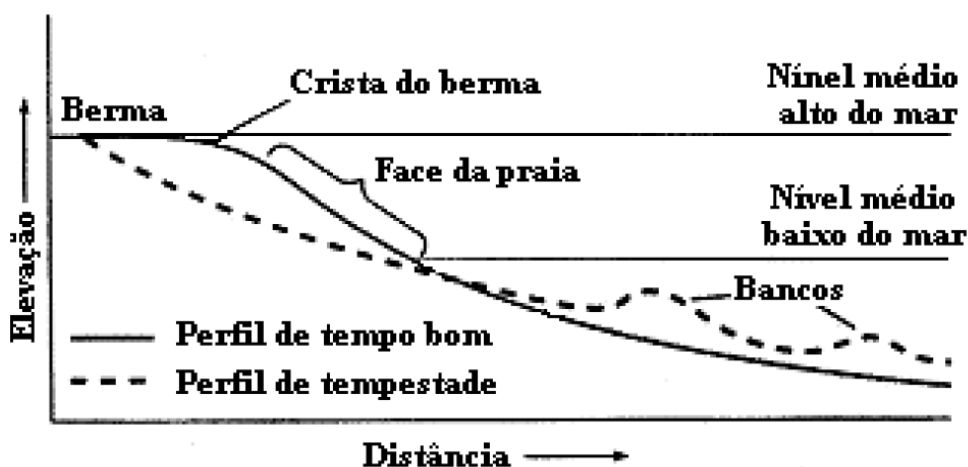


Figura 9: Perfis de tempo bom e tempestade. Fonte: Komar (1983), Adaptado.

A variabilidade morfológica a qual as praias se condicionam sazonalmente, corresponde a denominada morfodinâmica praial. Dessa forma, os ambientes praias passam por estados morfológicos ao longo das escalas espaço-temporais.

A partir do grau de variabilidade e a identificação de um estado modal, WRIGHT & SHORT, (1984) reconhecem seis estados morfológicos caracterizados por dois estados extremos, o dissipativo e o refletivo, e quatro estados intermediários, que ocorrem de forma cíclica e adaptativa à hidrodinâmica local (MUEHE, 2005).

No estado dissipativo, a zona de surfe apresenta baixo gradiente de inclinação, maior largura, maior estoque de areia submerso, e também baixo gradiente de inclinação da face praial. A energia das ondas é geralmente alta, com granulometria relativamente fina. Já no estado refletivo, observa-se o oposto. Zona de surfe curta, ou inexistente; elevados gradientes de praia e plataforma adjacente; baixo estoque de areia submersa, e maior gradiente da face.

Os estados intermediários, denominados (1) banco e calha longitudinal (BCL); (2) banco e praia de cúspides (BPC) (3) bancos transversais (BTR); e (4) terraço de baixa mar (TBM), apresentam-se como estágios de progressiva transição, respectivamente a partir de um estado dissipativo, rumo ao estado refletivo. Isto indica variações nas condições hidrodinâmicas no sentido de deposição sedimentar. Ainda, de acordo com Muehe (2005) os estados intermediários caracterizam-se por uma progressiva migração do banco submerso da zona de arrebentação em direção a praia emersa.

No estado de banco e calha longitudinal, o relevo banco-calha é de maior amplitude que no estágio dissipativo; assim as ondas incidentes quebram primeiramente no banco submerso; entretanto, voltam a se formar na calha e deslizam até colapsarem mais próximas à face praial. A porção proximal do perfil exhibe uma refletividade localizada, não observada na porção distal em relação ao continente.

No que tange o Banco e Praia Rítmicos, há um caráter dinâmico do banco, de forma crescente, assim como na face praial. Ocorre formação de barras transversais entre os canais das correntes de retorno, que podem vir a construir feições morfológicas na linha de costa denominadas mega-cúspides praias, com espaçamento entre barras de até 500 metros, de acordo como grau de exposição da praia.

Com relação ao estado banco transversais, observa-se a presença das correntes de retorno (correntes transversais a linha de costa) o que leva a formação de bancos rítmicos transversais na face praial.

No estado terraço de baixa mar, observa-se uma acumulação planar de areia com baixo gradiente topográfico na baixa mar, ao passo que apresenta uma face praial com características refletivas quando da preamar.

A figura 10 abaixo apresenta esquematicamente os seis estados morfodinâmicos de acordo com a Escola Geográfica Australiana:

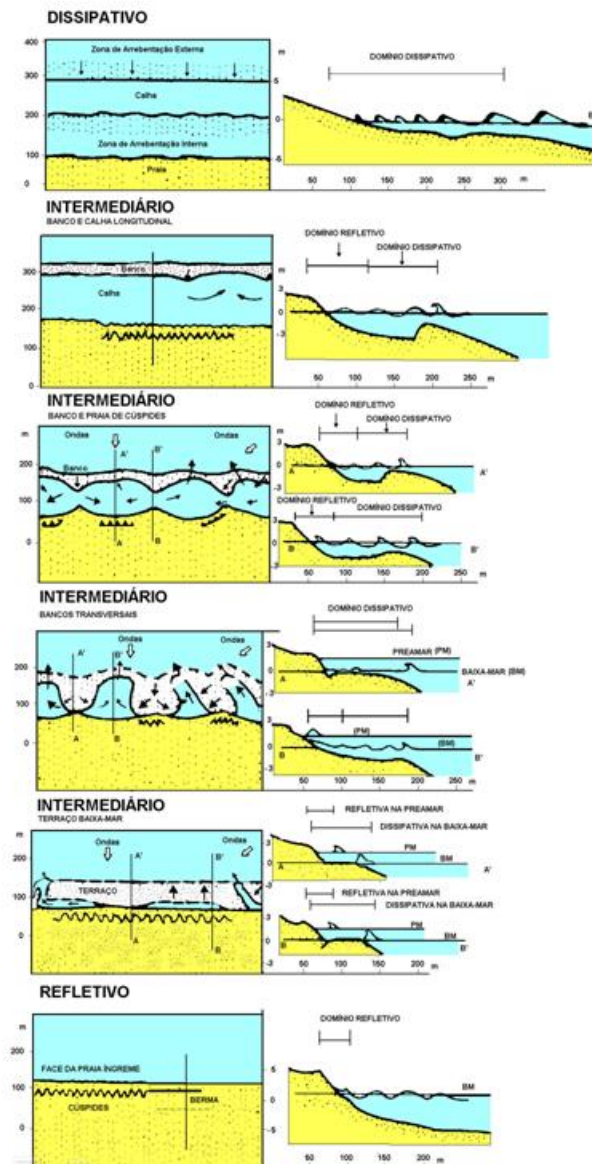


Figura 10 : Estados morfodinâmicos adaptados de Wright & Short (1984)

A relação entre o estado de uma praia e as características das ondas e sedimentos é dada utilizando-se o parâmetro adimensional Ω de Dean (1973) o qual leva em consideração a razão entre altura da onda na arrebentação e a velocidade de decantação do sedimento, assim como o período da onda no segmento considerado.

3.1.2 Urbanização do Litoral, Vulnerabilidade erosiva e Limite de Segurança para ocupação

Considerando-se que o Brasil é um território cuja colonização européia manifestou-se através da exploração de recursos e sua exportação para mercados europeus – resultado da divisão internacional do trabalho à época (NAKANO, 2006) – é natural que a gênese da ocupação colonizadora urbana tenha se dado no litoral, onde a logística da atividade portuária necessitava de proximidades com o oceano.

Além disso, Moraes (2007) complementa de forma oportuna que, uma vez que o colonizador chegou às novas terras por via marítima, entende-se porque as zonas litorâneas foram as primeiras a conhecerem núcleos de povoamento.

Em vista disso, o litoral brasileiro foi povoado num padrão descontínuo, formando verdadeiros arquipélagos demográficos no entorno de portos, os quais serviam aos circuitos da produção, gerando grandes zonas de adensamento – embriões das futuras cidades (MORAES, 2007).

De acordo com Nakano (2006), a partir da década de 1950, devido à intensa industrialização (relacionada à chegada das multinacionais ao Brasil) a urbanização do litoral atinge plena expansão, dando origem ao processo de metropolização.

Dessa forma, cidades expandiram-se vertical e horizontalmente, inclusive em áreas ambientalmente vulneráveis. Ainda, coloca que o custo socioambiental desse processo foi alto, ou seja, fato gerador da devastação de grande parte dos recursos naturais que existiam na costa.

Tal modo descontínuo de ocupação se reflete nos dias de hoje, uma vez que áreas de grande interesse econômico-industrial e mercadológico expressam uma densidade demográfica muito maior que demais áreas da zona costeira brasileira. Por outro lado, grandes vazios demográficos se apresentam principalmente em regiões cujo histórico de ocupação se deu de modo tardio.

Os processos de erosão costeira de longo prazo associados a elevações contínuas ou sazonais do nível do mar colocam em risco uma série de construções

concretizadas muito próximas à orla, resultado da especulação intensa e falta de planejamento/conhecimento do sistema costeiro.

O ajustamento de uma linha de costa em resposta a uma elevação do nível do mar depende, segundo Muehe (2001), das características geomorfológicas e petrográficas da mesma, e seu efeito pode variar entre nenhum, para o caso de costões rochosos, erosão, para praias arenosas e falésias, e inundação para áreas baixas, notadamente manguezais e marismas.

A morfodinâmica praial está diretamente relacionada aos processos modeladores da linha de costa. Desta maneira, diferentes graus de vulnerabilidade à erosão dispõem-se de acordo com diferentes tipologias de praia.

Perfis praias com tendências dissipativas, por possuírem gradientes topográficos menos inclinados, apresentam-se mais vulneráveis a um aumento do nível do mar do que perfis com tendências refletivas, uma vez que o maior estoque de areia na zona emersa da praia estaria disponível a um retrabalhamento, adequando-se a um novo equilíbrio hidrodinâmico.

Ainda, condicionantes geológicas da plataforma adjacente à praia, hidrodinâmica local e clima de ondas interferem sobremaneira na determinação da vulnerabilidade, ou seja, o quanto a praia está exposta a fatores erosivos e aumento do nível do mar.

Bruun (1962) propôs uma metodologia capaz de quantificar a proporção do recuo da linha de costa – em direção a retroterra – que uma possível elevação do nível do mar poderia acarretar, de forma a mensurar potenciais danos, subsidiar planejamentos futuros de ocupação do litoral, e determinar a largura da faixa de segurança em praias. O método consiste na aplicação de uma equação, a qual leva em consideração parâmetros tais como comprimento do perfil praial ativo, altura do perfil, e aumento em metros do nível do mar.

A geologia estrutural e sedimentar da maior parte da plataforma continental brasileira se caracteriza por apresentar baixa declividade, o que constitui uma potencial indicação de fragilidade em relação a uma elevação do nível do mar (MUEHE, 2001).

De acordo com a análise dos processos costeiros de curta e longa escala, Muehe (2001) propôs definições de limites submarino e terrestre para orla, visando o

estabelecimento de uma faixa mínima de proteção, assim como de manutenção da estética da paisagem.

Destarte, foram propostos, entre outros:

- Zona Submarina: isóbata de 10 metros, adequável a especificidades comprovadas em relação ao perfil de fechamento das praias;
- Orla Terrestre Urbanizada: limite de 50 metros, a partir do limite retro-terra da praia;
- Orla Terrestre não urbanizada: limite de 200 metros, também a partir do limite retro-terra da praia.

Tais limites encontram-se atualmente dispostos em legislação específica baseados na Lei 7661/88 e oficializados no decreto 5300/04.

A definição da largura da faixa de proteção deve ser um processo dinâmico, adaptável ao longo do tempo, a partir do monitoramento e incremento de pesquisas de cunho geomorfológico e oceanográfico.

3.2 Obtenção e tratamento de dados

3.2.1 DADOS MORFODINAMICOS

3.2.1.1 Dados Morfológicos

Foram definidas 5 estações amostrais onde foram levantados perfis transversais, escolhidos de acordo com a extensão e forma do arco praial (TABELA 1; FIGURA 11). Para cada perfil, foram feitas coletas de sedimentos do berma, e face praial, assim como medidos dados de altura de ondas, período e ângulo de incidência. As coletas ocorreram de 2 em 2 meses. O levantamento topográfico foi realizado pela metodologia de perfilagem subaérea, a qual com o auxílio de um nível de precisão, mira graduada e uma trena, foram medidas as distâncias e as diferenças altimétricas

entre pontos dispostos no perfil, com ponto inicial no calçadão, rumo ao mar seguindo orientação azimutal pré-estabelecida.

O nível da maré foi corrigido utilizando-se cálculo matemático de regra de três, considerando-se o nível da maré e os horários correspondentes a maré baixa e alta. A partir disso, interpolou-se utilizando-se o horário anotado na medição correspondente ao máximo recuo da onda, e com base no nível da maré para o Porto de Ubu, 0,82 metros, fez-se a adequação.

Tabela 1: Coordenadas das 5 estações de perfis praias transversais. Datum: UTM.

Estação	Coordenadas UTM	Coordenadas Geográficas	Referencias	Azimute
P1	0344432 7714991	20°39'27" 40°29'35"	Ed Condom. Praia do Morro.	168°
P2	0344780 7715280	20° 39'18" 40° 29'23"	Ed. Meliá Turquesa	160°
P3	0345200 7715544	20° 39'10" 40° 23'08"	Ed. Sandra n 938	182°
P4	0345760 7715675	20° 39'05" 40° 28'48"	Ed. Andréia Luiza e Crep Lanches.	24°
P5	0346276 7715604	20° 39'08" 40° 28'32"	Ed. Bem Hur Andrade N 306	58°

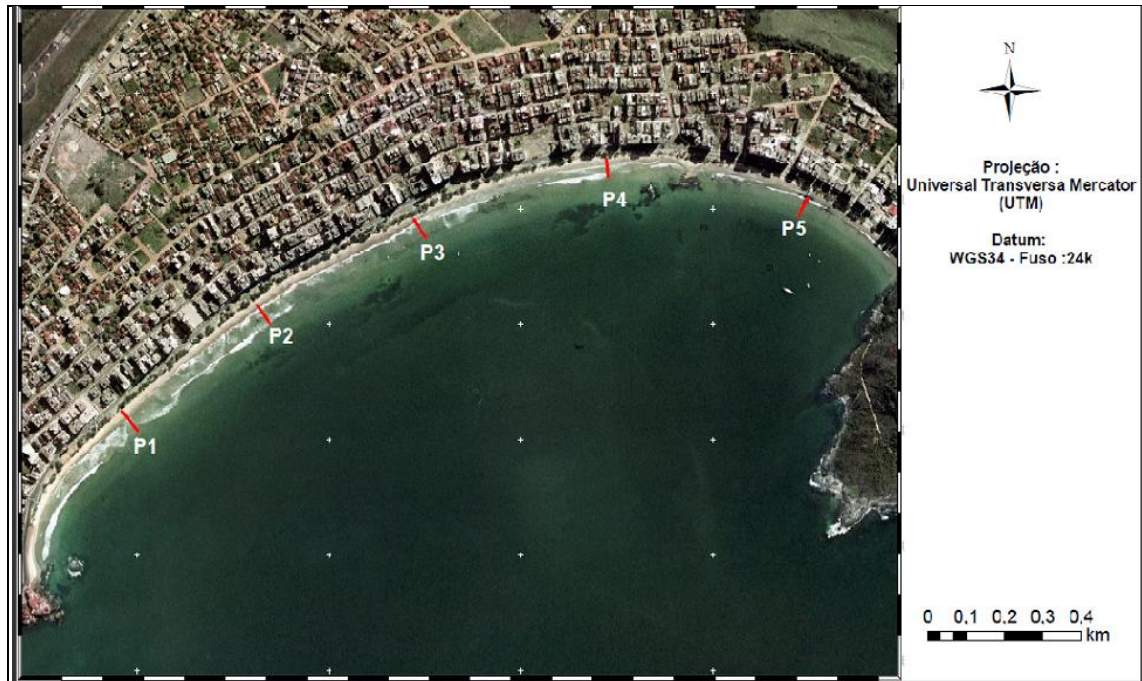


Figura 11: Localização dos perfis transversais levantados na Praia do Morro – ES. Fonte: IEMAS (2007) modificado.

3.2.1.2 Dados Oceanográficos

A observação da energia das ondas é um parâmetro de fundamental importância quando se trata de dinâmica costeira, pois é responsável pelas trocas sazonais de sedimentos da praia em seu perfil transversal, bem como indutora de correntes longitudinais.

A altura das ondas (H) que se aproximam é medida na zona de arrebentação.

Para isso, um observador localiza-se na face da praia e assim acompanha a aproximação de uma onda. Com o auxílio da mira de precisão, fixada na zona de máximo recuo, é possível estimar a altura das ondas momentos antes da arrebentação.

O período é o intervalo de tempo, em segundos, para a passagem de duas cristas ou duas cavas de ondas sucessivas por um mesmo ponto fixo. Para a determinação do período, um observador na face da praia cronometra a passagem de 11 (onze) cristas e anota o valor observado. O período foi então calculado dividindo esse valor encontrado por 10 (dez). Como a observação é feita a partir da praia, utilizou-se a zona de arrebentação como ponto fixo, em cada estação, para efetuar a contagem de cada onda (MUEHE, 1996).

3.2.1.3 Dados Granulométricos

A análise granulométrica no laboratório consistiu na separação de uma dada amostra sedimentológica de acordo com o tamanho dos grãos, para obtenção, por interpretação dos resultados, de informações sobre o sedimento, bem como sobre a hidrodinâmica de seu local de deposição. A separação granulométrica foi feita por um processo de peneiramento a seco, de acordo com método de Folk (1968) apresentado por Suguio (1973).

Com os dados obtidos através da percentagem do peso retido acumulado em cada fração, foram obtidos percentis, os quais aplicam-se ao método estatístico proposto por FOLK & WARD (1957).

Neste método o tamanho dos grãos é expresso em Phi (Φ), sendo este o logaritmo negativo de base 2 do valor em mm ($\Phi = -\log_2 \text{ mm}$).

Utilizando-se então a escala Phi, foram analisados os valores dos limites das classes texturais dos sedimentos, de acordo com WENTWORTH (1922), que propõe uma correlação entre escalas de mm para escalas de Phi (TABELA 5).

Tabela 2 : Classificação granulométrica. Fonte Wentworth, 1922.

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

Os resultados da distribuição dos sedimentos segundo classes e tamanhos foram inseridos no *software* Gradistat para o cálculo dos parâmetros estatísticos descritos por Folk e Ward (1957).

Os resultados obtidos através do programa são indicativos das condições ambientais, baseados nos parâmetros texturais das amostras analisadas.

Tais parâmetros são basicamente o diâmetro, o desvio padrão, a assimetria e a curtose.

O diâmetro é um indicativo da tendência central ou tamanho médio do sedimento. Em termos de energia, este parâmetro indica a energia cinética média do agente depositante (SAHU, 1964).

O desvio padrão é um indicativo do grau de seleção de uma amostra sedimentar, por descrever a dispersão da distribuição em relação à média. Indica as flutuações nas condições da energia cinética do agente depositante sobre sua velocidade média (SAHU, 1964).

A assimetria mede o deslocamento das distribuições de frequência, e marca a posição da média em relação à mediana. Assim, mostra a distribuição das classes quanto à distribuição dos valores máximos, por meio de uma curva. Para Folk e Ward (1957) esta medida é independente da seleção, na qual as curvas podem ser perfeitamente simétricas, apresentando distribuição normal. Quando a assimetria é negativa, a amostra apresenta uma cauda em direção aos grãos grossos, e a média situa-se no lado mais grosso em relação à mediana. Se a assimetria é positiva, a curva deforma-se em relação aos grãos finos, e consequentemente a média se posiciona no lado mais fino em relação à mediana.

A curtose representa a taxa de seleção nos extremos da distribuição, comparado com a seleção da porção central. A curtose apresenta valores inversamente proporcionais à energia de onda dos ambientes sedimentares, sendo uma valiosa ferramenta para análise desta energia.

A curtose pode ser classificada em classes, de acordo com a tabela 3 abaixo:

Tabela 3: Classificação da curtose de acordo com Folk e Ward (1957)

Curtose (KG)	Intervalos (Phi)
Muito platicurtica	0,67
Platicúrtica	0,67 – 0,90
Mesocúrtica	0,90 – 1,11
Leptocúrtica	1,11 – 1,50
Muito leptocúrtica	1,50 – 3,00

3.2.1.4 Determinação da tipologia praial

Para determinação da tipologia da praia foi utilizado o método de superposição de perfis, e a partir de então, feita uma comparação visual dos perfis topográficos plotados com o modelo e aplicação do parâmetro de Ω Dean (1973):

$$\Omega = \frac{Hb}{ws * T}$$

No qual Hb é a altura da onda na arrebentação, ws é a velocidade de decantação do grão na face da praia e T é o período do trem de ondas.

Para determinação da variável ws , foi utilizado modelo de decantação de grãos na face da praia elaborado por Muehe:

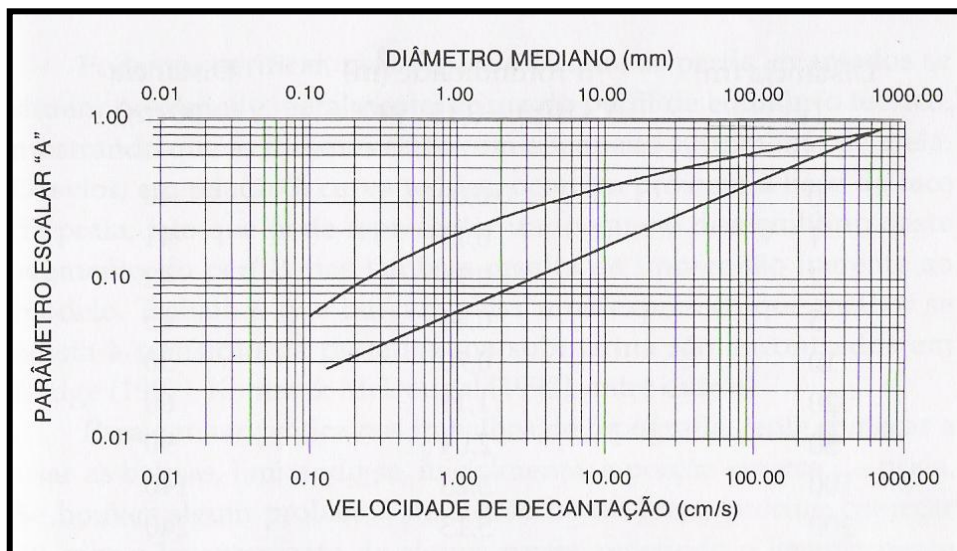


Gráfico 1: Gráfico de "A"(ws) em função do diâmetro mediano granulométrico dos sedimentos (curva superior), ou da velocidade de decantação (linha reta). **Fonte:** Muehe, (2002).

Segundo Wright et al (1985) a aplicação do parâmetro ômega deve corresponder ao estado praial de acordo com os valores relacionados na tabela 4 abaixo:

Tabela 4 : Associações entre estado praial e Ω . Adaptado de Writh et al. (1985)

Estado praial	Ω médio	Desvio Padrão
Refletivo	< 1,5	-
TBM	2,4	0,19
BTR	3,15	0,64
BPR	3,5	0,76
BCL	4,7	0,93
Dissipativo	> 5,5	-

3.2.1.5 Determinação da direção da deriva e transporte de sedimentos a partir dos parâmetros granulométricos

Para determinação dos rumos das correntes de deriva litorânea e conseqüente transporte sedimentar, utilizou-se o método proposto por Taggart e Schwartz (1988), modificado por Souza (2007).

Tal método consiste na interpretação de cinco parâmetros: (1) largura da praia; (2) Inclinação da praia; (3) diâmetro médio dos grãos constituintes da face praial; (4) curtose (5) desvio padrão.

A relação entre áreas de barlamar (origem - erosão) e sotamar (terminação - deposição) de uma célula de deriva apresenta as seguintes variações (SOUZA, 2007): aumento da largura, diminuição da inclinação, afinamento dos grãos, diminuição da energia das ondas e aumento do grau de seleção dos sedimentos.

Dessa forma, utilizando-se uma matriz de comparação, cada amostra foi comparada com as duas amostras adjacentes, sendo o produto da comparação indicado com sinal (+) indicador de sotamar; ou (-) como indicador de barlamar.

Para cada um dos cinco parâmetros analisados, foi obtido um par de sinais, podendo ser (+/+), (+/-), (-/+), (-/-), uma vez que cada amostra foi comparada com suas duas adjacentes, com exceção das amostras das extremidades das praias.

O resultado final foi dado pela comparação de todos os parâmetros, e representado por outro par de sinais. Assim, se o par resultante for (+/+), significa uma predominância de processos deposicionais no local; caso for (-/-), indica predomínio de erosão no segmento considerado; (+/-) e (-/+) são indicativos de transporte (*bypass*) de sedimentos.

3.2.1.6 Identificação da vulnerabilidade erosiva da praia

Pode-se compreender vulnerabilidade erosiva de uma praia como o seu grau de disponibilidade em relação a ação de processos erosivos.

Para identificação da vulnerabilidade erosiva foi utilizado o modelo de Bruun (Bruun, 1962) para elevação do nível do mar, de acordo com a equação

$$R = \frac{SLG}{H}$$

Na qual:

R = recuo erosivo da linha de costa devida a elevação do nível do mar;

S = elevação do nível do mar (m) – adotado aqui 0,30 m para corresponder a elevações regionais de nível do mar pela entrada de frentes frias;

L = comprimento do perfil ativo, até profundidade de fechamento proposta por Hallermeyer (1981).

H = altura do perfil ativo; aqui desconsiderando a altura do calçadão adjacente a praia.

G = proporção de material erodido que se mantém no perfil ativo. Adotado aqui o valor de 1, que corresponde ao valor que desconsidera perda de sedimento no sistema, uma vez que trata-se de sedimentos arenosos.

A profundidade de fechamento do perfil de praia com fundos arenosos, a partir do clima de ondas, pode ser determinada pela equação empírica de Hallermeier (1981):

$$d_{l,1} \cong 2 H_s + 11\sigma$$

Na qual:

$d_{l,1}$ = profundidade de fechamento do perfil (m);

H_s = altura média significativa anual das ondas em águas profundas (m), adotado aqui como 0,90 m de acordo com dados da DHN;

σ = desvio padrão anual das ondas significativas – adotado aqui como 0,38 de acordo com Muehe (2001).

Para o calculo do perfil de fechamento, utilizou-se as imediações da isóbata de 5m, de acordo com carta náutica do DHN.

Para a altura significativa de ondas, utilizou-se $H_s = 0,90$ m, de acordo com tabela de ondas para o litoral sudeste do Brasil.

4 RESULTADOS

4.1 Morfodinâmica praial

4.1.1 Caracterização

Dados de onda de arrebentação

Os dados de altura de onda na arrebentação (Hb) e período de onda (T) obtidos em saídas de campo estão representados na tabela 5 abaixo, e serão utilizados nos cálculos do estado morfodinâmico da praia.

Tabela 5: Dados de altura (Hb) e período (T) de ondas coletadas em campo. Hb (m) T (s).

	P1		P2		P3		P4		P5	
Data	Hb	T	Hb	T	Hb	T	Hb	T	Hb	T
out/08	1,2	9	0,98	12,7	0,95	14,4	0,9	14	0,6	13
dez/08	1,4	12	0,9	15	0,9	18,6	0,8	18	0,7	25
fev/09	1	9	1	8,4	0,8	13,2	0,7	19,2	0,6	20,4
abr/09	1,14	25	1	20	0,8	15	0,9	30	0,8	28
jun/09	1,2	12	0,9	13	0,8	13,5	1,2	12	0,7	7,5
ago/09	1,0	14	0,98	15	0,95	13	0,8	22	0,6	21

As maiores alturas de onda foram registradas para a estação P1, a qual recebe ondas predominantemente de NE; estas refratam no promontório rochoso e chegam quase paralelas a linha de costa, dotadas de alta energia. Altura mais registrada foi de 1,20 m.

Os períodos registrados para esta estação foram os menores em relação a outros pontos, o que resulta em uma maior frequência de ondas no local.

Na estação P2, foram registradas ondas com alturas relativamente menores que em P1, entretanto, ainda altas em relação aos demais pontos.

Os períodos de onda em P2 foram relativamente altos, notadamente nos meses de abril, dezembro, agosto.

Para a estação P3, as maiores alturas de onda foram registradas nos meses de outubro, dezembro e agosto. Os valores permaneceram entre 0,8m e 0,95m. Com relação aos períodos, a partir de P3 percebe-se um aumento de valores, especialmente para o mês de dezembro (18,6 s) e abril (15 s).

P4 apresentou baixa altura de ondas, com exceção dos meses de abril e junho, mais representativos de entrada de frentes frias. Para estes meses, as alturas encontradas foram respectivamente 0,9m e 1,20m, notadamente maiores em relação às encontradas em outros meses. A estação P4 encontra-se mais exposta a ondas provenientes dos quadrantes S e SE, as quais incidem diretamente, com maior energia.

A estação P4 apresentou altos períodos, exceto para o mês de outubro (14 s) e junho (12 s), sendo este último resultante da atuação de frente fria.

Na estação P5 foram encontrados os menores valores de altura e os maiores valores de período de ondas. P5 encontra-se adjacente a um promontório cristalino, localizado na porção NE da praia. Consequentemente é zona de sombra das ondas de NE, que refratam no promontório, comportando-se assim como área protegida.

Textura dos Sedimentos Praiais

De uma maneira geral a Praia do Morro é caracterizada por areias finas, com grau de seleção melhorando paulatinamente ao longo da praia, de P1 para P5.

A granulometria das areias do berma de P1 (FIGURA 12) variou consideravelmente ao longo do ano, apresentando modas entre 0,5 (areia grossa) e 2 (areia média) Φ . Exceções aos meses de junho e agosto, que apresentaram um afinamento da moda (2,5 Φ).

As areias da face praial apresentaram pouca variação, apresentando granulometria entre areias médias e muito finas para todos os meses amostrados. Exceção ao mês de junho, o qual demonstrou pior grau de seleção em relação aos outros meses, apresentando desde areias grossas até muito finas.

As areias do berma do ponto P2 (FIGURA 13) apresentam distribuição granulométrica bastante similar ao longo do tempo, com modas em areia fina (2 Φ)

para todos os meses, exceto fevereiro, o qual apresentou pior grau de seleção em relação aos demais. A granulometria da face também se mostrou praticamente homogênea, com modas entre 2,5 e 3 Phi. A baixa variabilidade granulométrica do ponto P2 é refletida na também baixa variabilidade topográfica do perfil, assim como seu comportamento no sentido de zona de transporte, o que demonstra uma menor dinâmica sazonal deste setor da praia.

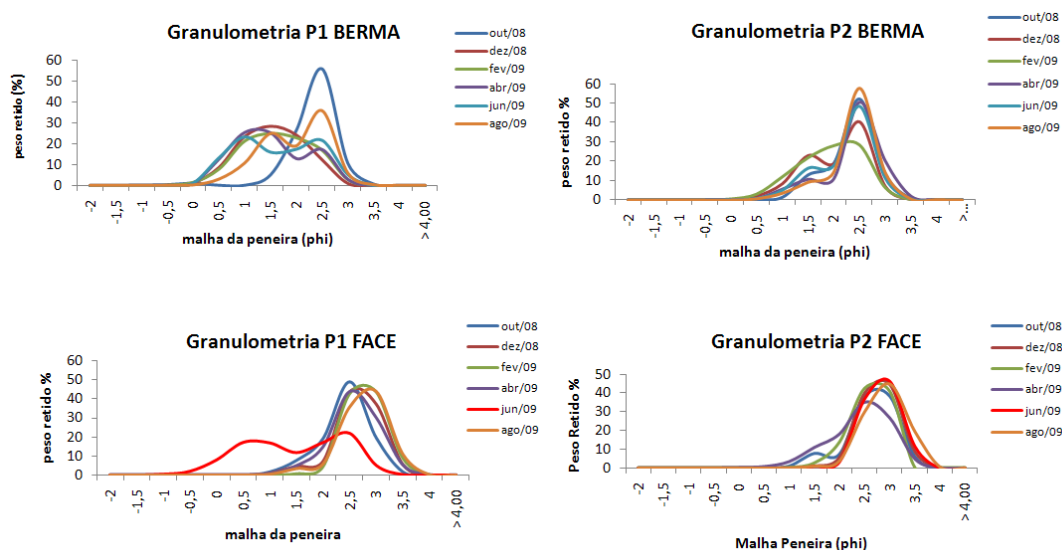


Figura 12: Histogramas representativos da granulometria do berma e face praial de P1 e P2.

A estação P3 apresentou modas granulométricas para berma em torno de 2,5 Phi para todos os meses, exceto para o mês de junho, apresentando moda em 3 Phi. A granulometria da face sofreu maior variabilidade, apresentando modas entre 2 e 3,5 Phi.

A estação P4 apresentou baixa variabilidade, tanto para berma quanto para face praial, o que sugere certa estabilidade do setor em relação a sazonalidade.

Para o mês de junho, notadamente mês de incremento sazonal da energia das ondas neste ponto, a curtose apresentou-se platicúrtica, o que atesta aumento de energia. Ao mesmo tempo, a granulometria do berma apresentou características simétricas em relação a distribuição, enquanto a face apresentou assimetria positiva, indicando engrossamento dos grãos. Disto pode-se inferir uma possível retirada de material fino pelas ondas, ou depósito de grossos pelo espriamento, uma vez que mais energia é capaz de transportar material de maior equivalente hidráulico.

Em relação ao berma, o ponto P5 apresentou muito pouca variabilidade textural, com curtose alternando entre mesocurtica e platicurtica, indicando respectivamente media e baixa energia no local. Apresentou distribuição simétrica ao longo de todos os meses de coleta, o que pode ser um indicador de pouca dinamica sedimentar do perfil.

Quanto a face praial, apresentou assimetria negativa no verão e inverno, mantendo-se simétrica nos demais meses. Para o mês de outubro notou-se um engrossamento de grãos.

A face de P5 apresentou certa variabilidade ao longo dos meses de coleta. Isto pode estar relacionado a distribuição de sedimentos, hora provenientes da deriva longitudinal, hora do transporte transversal como agente de seleção, e também sedimentos provenientes das ondas de leste, que difratam e depositam no tômbolo.

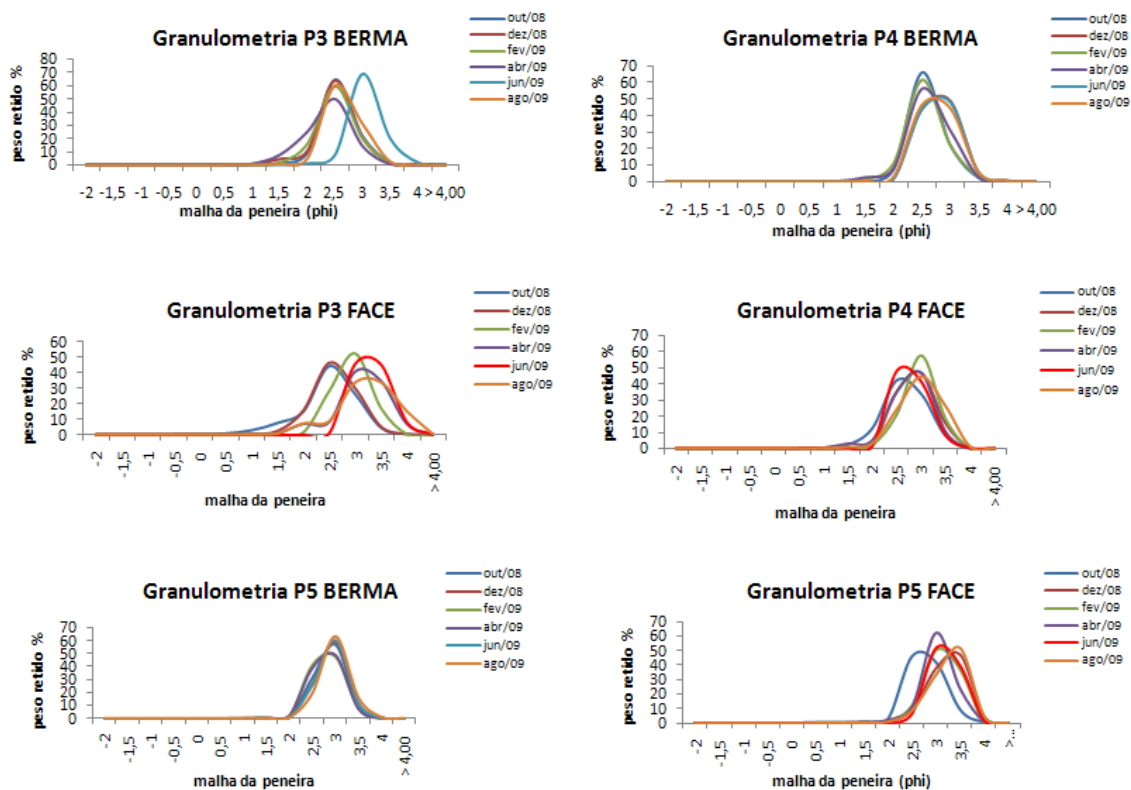


Figura 13: Histogramas representativos de granulometria de berma e face para P3, P4, P5.

Topografia

O perfil P1 na extremidade SW da praia apresentou extensão média emersa aproximada de 30 m e altura média de 3 m. O ponto apresentou feições de berma, porém não muito desenvolvido. A inclinação média da face foi cerca de [1:14], o que favorece o desenvolvimento de zona de surfe .

O perfil P2 apresentou extensão média de 30 m, e altura média de 2 m. A inclinação média da face foi de aproximadamente [1:15,2].

O perfil P3 apresentou extensão media de 30 m e altura de 1,8 m. Para o gradiente da face, foram encontrados valores médios de [1:18,4].

Para o perfil P4 os valores de extensão foram de 35 m, altura de 2,4 m e gradiente de inclinação da face de [1:21].

No perfil P5, extremidade NE da praia, foram observados valores de extensão de aproximadamente 35 m, altura de 1,6 m e gradientes de inclinação de [1:30].

Os gráficos que atestam as variações topográficas estão representados abaixo:

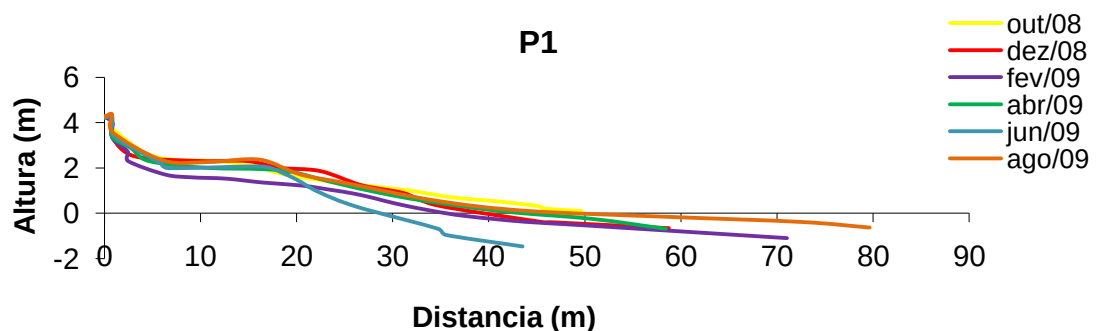


Figura 14 : Variação topográfica do perfil P1 da Praia do Morro –ES.

A variação topográfica de P1 está representada na figura 14. O perfil topográfico deste ponto apresentou maior variabilidade entre os meses de dezembro e junho, respectivamente meses de verão e inverno, apresentando feição mais acrescional

no verão e uma tendência erosiva no inverno, notadamente pela entrada de frentes frias com respectivo incremento da energia de ondas no local.

Nos meses de outubro, abril e agosto, houve baixa variabilidade vertical no perfil. Entretanto, este apresentou recuo de extensão horizontal em abril, que pode ter ocorrido devido a entrada de uma frente fria atuante no dia da perfilagem. Já em agosto, sob condições de tempo bom, o perfil apresentou sua maior extensão horizontal emersa, cerca de 36 metros.

No mês de fevereiro, o perfil apresentou uma tendência erosiva. Isto pode estar relacionado a uma diminuição do período das ondas incidentes, as quais, sob condições contrárias, impactam com maior frequência e agem colocando sedimentos em suspensão, sem tempo hábil para deposição no mesmo local.

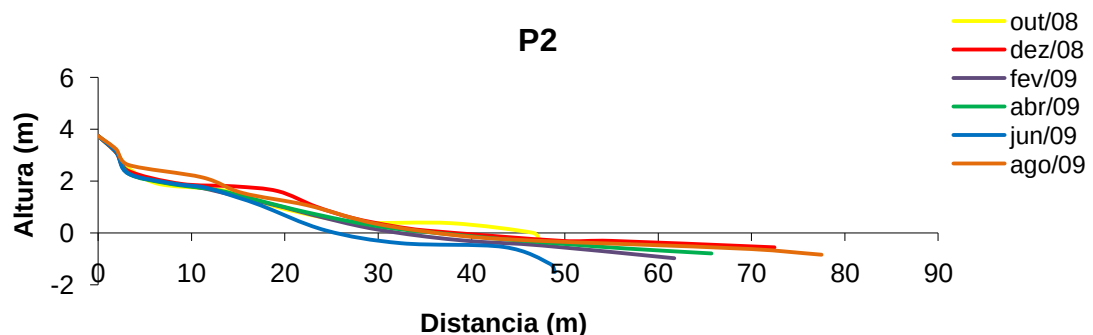


Figura 15: Variação topográfica Perfil P2 Praia do Morro –ES.

O perfil P2 apresentou pouca variabilidade topográfica ao longo do ano (FIGURA 15). Notadamente a maior variação foi nos meses de dezembro e junho, que de forma semelhante a P1 atestam a influência das condições climáticas como agentes modeladores da linha de praia.

Semelhante a P1, o mês de agosto apresentou maior extensão horizontal do perfil, sob condições de tempo bom, enquanto junho, sob condições de inverno, apresentou recuo, o que sugere feição erosiva.

Para os meses de abril, fevereiro e outubro, o perfil apresentou comportamento quase homogêneo, caracterizando certa estabilidade entre os processos costeiros atuantes.

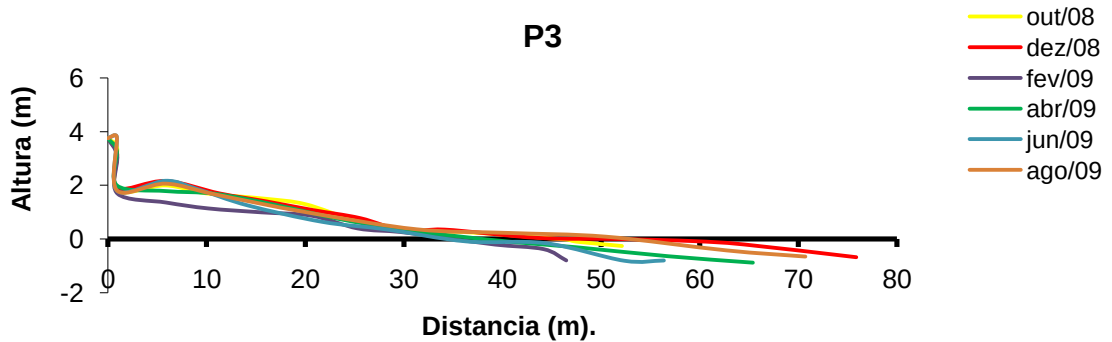


Figura 16: Variação Topográfica Perfil P3 ,Praia do Morro –ES.

O perfil P3 (FIGURA 16) apresentou-se praticamente estável durante o ano, não apresentando variações significativas em termos de acúmulo ou perda de sedimentos nem nos meses representativos de inverno e verão.

A maior variabilidade do perfil está na extensão vertical, com destaque a maior extensão em dezembro e menor em fevereiro. Este último também caracterizou a maior variação vertical, mostrando certa tendência erosiva. Isto pode estar relacionado a uma maior altura de onda no dia da perfilagem, assim como uma diminuição do período, o que vem a facilitar processos erosivos.

De uma maneira geral, como pôde ser atestado pelo modelo de transporte de sedimentos, o perfil 3 apresenta um comportamento típico de zona de *bypass*, onde o balanço sedimentar permanece quase constante, não apresentando acreção ou erosão.

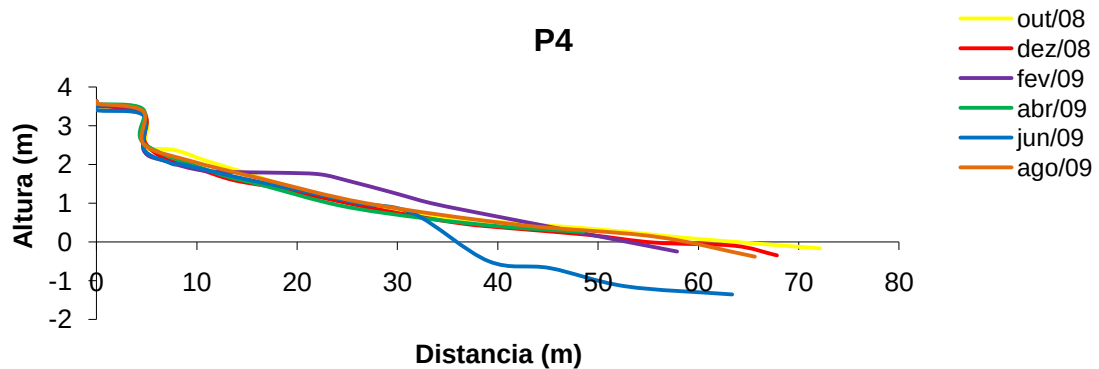


Figura 17: Variação topográfica de P4, Praia do Morro - ES

Com exceção dos meses de fevereiro e junho, o perfil P4 (FIGURA 17) não apresentou praticamente nenhuma variabilidade morfodinâmica, mantendo-se constante ao longo do ano. Notadamente em junho, pôde-se observar perfil erosivo, com aparente perda de sedimentos. Já para fevereiro, observa-se aumento do volume sedimentar na zona emersa.

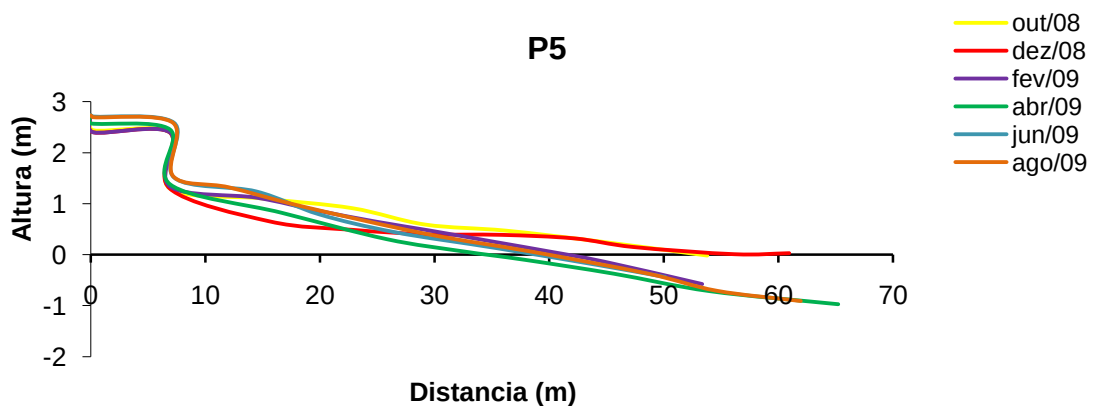


Figura 18: Variação topográfica P5, Praia do Morro – ES.

O ponto P5 (FIGURA 18) apresentou uma alta variabilidade topográfica. Notadamente, a maior amplitude de perfil ocorreu entre os meses de outubro e abril, respectivamente menor e maior energia de ondas registradas durante o ano.

Para o mês de dezembro, pode-se notar um incremento no volume de areia na face praial, o que pode estar relacionado ao comportamento deposicional o qual o ponto se caracterizou no mês de verão.

Tipologia

A estação P1 (FIGURA 19) indicou predominância de estado modal intermediário, de outubro a abril, variando entre banco de praia rítmico e banco e calha longitudinal. Estes estágios apresentam-se subsequentes ao estágio dissipativo, atestando a interferência da energia das ondas no que tange a migração das barras da antepraia.

Ambos estados intermediários apresentam a formação de correntes de retorno como resultado da morfologia assumida pela praia.

Nos meses representativos de inverno, a alta energia das ondas caracterizou P1 como dissipativo, notadamente pela alta energia, granulometria fina e baixo gradiente de inclinação, o que representa uma feição erosiva.

Figura 19: Valor de omega e sua relação com estado modal para P1. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.

PERFIL 1				
CAMPANHA	DIAMETRO MEDIO DA FACE(ϕ)	W_s (cm/s)	Ω	ESTADO DA PRAIA
out/08	2,152	3,9	3,419	BPR
dez/08	2,376	3,3	4,04	BCL
fev/09	2,515	3,1	4,301	BCL
abr/09	2,308	3,5	3,81	BPR
jun/09	1,205	6	11,07	DISSIPATIVO
ago/09	2,497	3,1	5,34	DISSIPATIVO



A estação P2 (FIGURA 20) apresentou características intermediárias para todos os meses de campanha, alternando entre terraço de baixa mar (outubro e abril) e banco transversal e rip (dezembro, fevereiro, junho e agosto).

Figura 20: Valor de omega e sua relação com estado modal para P2. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.

PERFIL 2				
CAMPANHA	DIAMETRO MEDIO DA FACE(ϕ)	W_s (cm/s)	Ω	ESTADO DA PRAIA
out/08	2,357	3,2	2,813	TBM
dez/08	2,508	3	3	BTR
fev/09	2,395	3,1	2,903	BTR
abr/09	2,149	3,7	2,432	TBM
jun/09	2,558	3,1	2,903	BTR
ago/09	2,632	2,7	3,333	BPR



Para as estações P3 e P4, foram identificados estado refletivo em outubro, notadamente representativo de um aumento granulométrico no perfil, ficando os demais meses caracterizados como terraço de baixa mar.

O estado refletivo se mostra em áreas de baixa energia (ondas > 1m), o que condiz com o perfil deste setor da praia. Da mesma forma, o terraço de baixa mar também se caracteriza por ser de baixa energia, apresentando perfil mais plano na mare baixa e mais inclinado na maré alta.

O fato de P3 e P4 (FIGURAS 21 e 22) terem apresentado mesmo estado modal, está de acordo com modelo de transporte de sedimentos aplicado a praia, assim como a visualização dos gráficos dos perfis plotados.

O modelo de transporte identificou P3 e P4 como áreas de *bypass* de sedimentos, para o mês de verão, o que pode sugerir características geomorfológicas comuns a ambos. Entretanto, para o mês de inverno, o modelo de Transporte registrou erosão para P4, o que não pôde ser notado na tipologia.

Figura 21: Valor de omega e sua relação com estado modal para P3. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.

PERFIL 3				
CAMPANHA	DIAMETRO MEDIO DA FACE(ϕ)	W_s (cm/s)	Ω	ESTADO DA PRAIA
out/08	2,211	3,8	1,822	REFLETIVO
dez/08	2,340	3,2	2,163	TBM
fev/09	2,602	2,7	2,564	TBM
abr/09	2,353	3,2	2,163	TBM
jun/09	2,539	3,1	2,233	TBM
ago/09	2,432	3,1	2,233	TBM



Figura 22: Valor de omega e sua relação com estado modal para P4. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.

PERFIL 4				
CAMPANHA	DIAMETRO MEDIO DA FACE(ϕ)	W_s (cm/s)	Ω	ESTADO DA PRAIA
out/08	2,381	3,1	1,72	REFLETIVO
dez/08	2,621	2,7	1,975	TBM
fev/09	2,694	2,6	2,051	TBM
abr/09	2,516	3,1	1,72	TBM
jun/09	2,525	3,1	1,72	TBM
ago/09	2,714	2,7	1,975	TBM



A estação P5 (FIGURA 23) apresentou características refletivas para a maior parte do ano, exceto pra aos meses de fevereiro e abril, para os quais apresentou feições de terraço de baixa mar.

Figura 23: Valor de omega e sua relação com estado modal para P5. A data da foto não corresponde as datas das campanhas.

PERFIL 5				
CAMPANHA	DIAMETRO MEDIO DA FACE(ϕ)	Ws (cm/s)	Ω	ESTADO DA PRAIA
out/08	2,520	3,2	1,25	REFLETIVO
dez/08	2,945	2,6	1,538	REFLETIVO
fev/09	2,838	2,5	1,6	TBM
abr/09	2,771	2,4	1,667	TBM
jun/09	2,916	2,6	1,538	REFLETIVO
ago/09	2,983	2,7	1,481	REFLETIVO



Vulnerabilidade Erosiva

Com base no modelo de Bruun (1962), foram calculadas taxas de recuo da linha de costa para a região adjacente às cinco estações amostradas ao longo da praia. Os resultados obtidos encontram-se na tabela 11 abaixo, na qual k = comprimento aproximado do perfil submerso, ate proximidades da isóbata de 6m (Hallermeyer, 1981); R = recuo da linha de costa de acordo com Bruun (1962); EXT = extensão media aproximada da praia emersa; DIF = diferença entre o recuo da linha de costa e a extensão do perfil emerso.

Tabela 6: Valores do recuo da linha de costa em relação ao um aumento de 0,30m do nível do mar.

	P1	P2	P3	P4	P5
k (m)	360	360	360	260	260
R (m)	13	15	14	10	12
EXT (m)	30	30	30	35	35
DIF (m)	17	15	16	25	23

Corrente Longitudinal e Transporte

Os resultados obtidos através do método Taggart e Schwartz (1988) modificado por Souza (1998) estão representados nas figuras 24 e 25, nas quais aparecem os meses representativos de verão e inverno.

No verão, o extremo NE apresentou largura de perfil maior que o extremo SW, bem como menor inclinação e diminuição da granulometria, o que também pôde ser constatado para o mês de inverno. Entretanto, a variação textural entre os perfis apresentou significativa diferença entre os meses de inverno e verão.

No verão, predominavam na estação P1 (SW) areias finas (80,7%), seguido de areias médias (12,2%), enquanto para o P5 (NE) verificou-se predominância de areias muito finas (51,1%) seguido de areias finas (47,1%), e observou-se melhor grau de seleção de P1 ($\sigma 0,463$) para P5 ($\sigma 0,398$).

No inverno, em P1, predominaram areias grossas (33,8%) e médias (28%), e uma notável diminuição granulométrica para P5, que apresentou predomínio de areias finas (58,7%) e muito finas (41,1%), além de um notável melhoramento no grau de seleção, de $\sigma 0,93$ em P1, para $\sigma 0,31$ em P5.

No verão, a direção da corrente de deriva litorânea apresentou sentido SW – NE, com erosão na estação de maior energia (P1), transporte através dos pontos P2, P3 e P4, e deposição no ponto de menor energia P5, de acordo com a figura esquemática abaixo (FIGURA 24):

Os demais resultados ao longo do ano estão representados na tabela 7 abaixo:

Tabela 7: Resultados do método Taggart e Schwartz ao longo dos meses de amostragem.

ESTAÇÕES				frente fria	frente fria	AGO
	OUT	DEZ	FEV	ABRIL	JUN	
1	E	E	D	D	E	E
2	D	T	E	E	T	D
3	E	T	T	T	D	E
4	T	T	T	T	E	T
5	D	D	D	D	D	D



Figura 24: Direção do transporte sedimentar para verão de 2009, de acordo com modelo Taggart e Schwartz adaptado.



Figura 25: Direção do transporte sedimentar para inverno de 2009, de acordo com modelo Taggart e Schwartz adaptado.

No verão, as estações P2, P3, P4 operaram como zona de *bypass*, apenas transportando o sedimento proveniente, não apresentando características de depósito ou erosão.

No período de inverno (FIGURA 25), os resultados mostraram P1 ainda com alta energia de ondas, comportando-se como barlamar, fornecedor de sedimentos. A estação P2 apresentou tendência de transporte, com baixa energia de ondas, enquanto em P3 ocorreu deposição proveniente de P1. A estação P4 apresentou tendência erosiva, depositando sedimentos em P3 e P5, os quais apresentaram baixa energia de ondas.

A variação da energia das ondas no período pode ser observado a partir do gráfico abaixo:

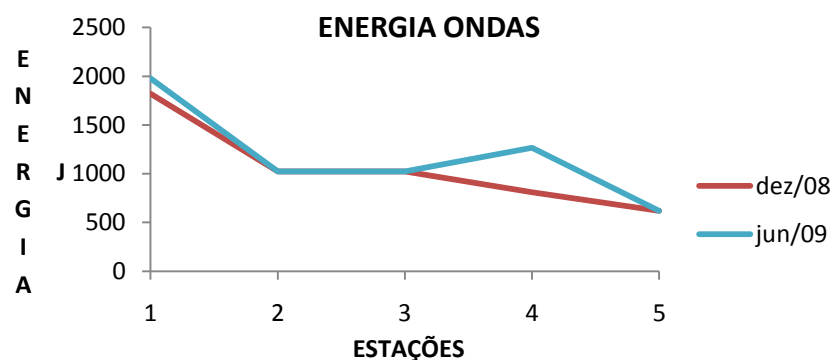


Figura 26 :Energia de ondas para dezembro e junho para as estações amostrais. ($E = 1/8 \rho g h b$)

Os resultados obtidos através da matriz de comparação são apresentados na tabela 7 abaixo.

Tabela 8: Matriz de comparação para Praia do Morro, de acordo com método Taggart-Schwartz 1988, adaptado por Souza, 2007.

Etapa	ponto	PARAMETROS TEXTURAIS			MORFOLOGIA		Resultado	Interpretação	sentido da deriva
		diametro	desvio padrão	curtose	largura perfil	inc. face			
VERÃO	1	(-)	(-)	(+)	(-)	(+)	(-)	E	NE
	2	(+/+)	(+/+)	(-/-)	(+/-)	(-/-)	(+/-)	T	NE
	3	(-/-)	(-/-)	(+/+)	(+/+)	(+/-)	(+/-)	T	NE
	4	(+/-)	(+/-)	(-/+)	(-/+)	(+/-)	(+/-)	T	NE
	5	(+)	(+)	(-)	(-)	(+)	(+)	D	NE
INVERNO	1	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	(-)	E	NE
	2	(+/+)	(+/-)	(+/+)	(+/-)	(+/-)	(+/-)	T	NE
	3	(-/+)	(+/+)	(-/-)	(+/+)	(+/-)	(+/+)	D	NE
	4	(-/-)	(-/-)	(+/-)	(-/-)	(+/-)	(-/-)	E	SW-NE
	5	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	(+)	D	—

5 DISCUSSÃO

5.1 Caracterização geral

Com base nos resultados obtidos em um ano de observações e coletas, pôde-se perceber que a Praia do Morro apresenta um sistema rotacional de transporte de sedimentos, o qual tem predominância de deriva de SW para NE e obedece a energia de ondas incidentes em cada setor do arco praial.

Este sistema rotacional se consolida à medida que, embora predominância de deriva SW – NE, representados pelos meses de verão e inverno, observa-se inversão de deriva nos meses de fevereiro e abril (tabela 7).

A partir disso, verifica-se o caráter cíclico do transporte sedimentar, o qual responde a magnitude da energia das ondas incidentes.

Os resultados obtidos neste trabalho refletem uma relação positiva entre energia de ondas e aumento de granulometria em praias embaçadas. O mesmo pôde ser percebido por outros autores, como Bascom (1951), o qual concluiu em estudos clássicos na costa da Califórnia que o tamanho dos grãos aumenta à medida que aumenta a energia das ondas e o grau de exposição da praia. Entretanto, Klein et al (2005), atenta para as áreas fonte de sedimentos como principais condicionantes da granulometria, estando o clima de ondas dependente desta para a distribuição e melhor seleção ao longo da deriva.

O padrão rotacional do sistema resulta numa variabilidade morfodinâmica ao longo do arco praial que caracteriza diferentes respostas texturais, topográficas e estados modais. Estas características propiciam diferentes reações geomorfológicas a eventos cíclicos ou periódicos, que podem se manifestar ao longo de diferentes escalas temporo-espaciais.

Os resultados refletiram certa homogeneidade de atuação das células de deriva litorânea tanto para os meses de inverno quanto verão, tendo a estação P1 características de fonte de sedimentos e P5 de depósito. As principais variações ocorreram nos pontos intermediários, e podem estar relacionadas à variação da energia das ondas e seu ângulo de incidência.

A estação P1, localizada no extremo SW, recebe ondas provenientes do quadrante NE que refratam no promontório e chegam quase paralelas a linha de costa, dotadas de alta energia. Da mesma forma, para a estação foram registrados os menores períodos, o que resulta em uma maior frequência. Isto faz com que haja maior mobilização de sedimentos, e conseqüente transporte através da formação da corrente longitudinal, a qual ruma sentido NE.

A maior variabilidade granulométrica do berma em P1 em relação aos demais pontos se justifica pela maior variabilidade deste ponto em relação ao clima de ondas, o qual é capaz de modelar as areias do berma com maior intensidade.

O afinamento granulométrico do berma da estação P1 para o mês de junho pode ser explicado pelo aumento da energia das ondas no período de inverno, que é capaz de desfazer a barra da antepraia intermediária que foi formada com sedimentos finos em condições de tempo bom. Uma vez desfeita a barra, os sedimentos finos seriam novamente incorporados a praia emersa.

Da mesma forma, o aumento da energia das ondas no período de inverno contribuiu para uma maior variabilidade textural da face, mostrado através de pior grau de seleção. Assim, migração de barras, espriamentos mais energéticos seguidos de refluxos e infiltração, trabalham no sentido de misturar vários tipos de sedimentos, bem como de diversas fontes.

Os resultados obtidos no parâmetro Omega indicam estados modais com tendências dissipativas para estação P1, uma vez que apresenta maior energia de ondas e

baixo gradiente de inclinação da face, caracterizando um perfil erosivo, o qual responde topograficamente à variações sazonais representadas principalmente por períodos de verão e inverno.

A menor variabilidade textural observada pelas estações centrais P2, P3, P4 refletem a menor variabilidade hidrodinâmica da área. Contudo, a variação textural de P4, principalmente no mês de junho, caracteriza uma resposta a uma variação sazonal da praia, na forma de aumento de energia de ondas. O engrossamento granulométrico tanto do berma quanto da face, pode ter sido ocasionado pela maior retirada de sedimentos finos da zona subaérea e deposição destes nos perfis P3 e P5, tal como pode ser observado pelo afinamento granulométrico daquelas estações para o respectivo mês.

Os estados modais identificados para estas estações apresentam-se notadamente de baixa energia, com tipologias variando basicamente entre terraços de baixa mar e refletiva, o que está relacionado à menor hidrodinâmica da porção central da praia. As variações topográficas das três estações supracitadas refletem uma menor variabilidade em relação a eventos sazonais de inverno e verão, com exceção da estação P4.

Na estação P4 um perfil característico de erosão foi manifestado no mês de junho. Neste caso, P4 se apresenta exposto geograficamente às ondas do quadrante S e SE, características de frentes frias, mais freqüentes no inverno. Tais ondas apresentam maior energia, logo, propiciam retirada de sedimentos da praia, o que também pode ser evidenciado pelo incremento da altura da onda para o mês, de acordo com a tabela 5.

Para o mês de fevereiro, o perfil apresentou característica acrescional. Isto pode estar relacionado à menor energia de ondas no mês, bem como alto período, resultando em uma freqüência baixa, com possível cenário deposicional, embora não tenha sido constatada deposição em P4 pelo modelo de deriva e transporte sedimentar.

Nos demais meses a porção central da praia se comportou como zona de *bypass* de sedimentos provenientes de P1.

A estação P5 aparece como a de menor energia entre as demais estações da praia. Caracteriza-se como área de depósito de sedimentos, provenientes de P1 e P4, e dessa forma, responde apresentando tendências refletivas.

O P5 encontra-se na extremidade NE, e se caracteriza por ser zona de sombra do promontório rochoso adjacente. Isto faz com que se comporte como área abrigada das ondas provenientes de NE, e ao mesmo tempo, receba sedimentos difratados das ondas de leste, os quais contribuíram para a formação de um tômbolo, sendo P5 parte integrante da face SW do referido.

O modelo de deriva e transporte litorâneo atesta que durante todos os meses P5 se comportou como zona de depósito, recebendo sedimentos provenientes de P1 e P4.

Contudo, P5 não apresenta altura do perfil maior que os demais, o que não seria de se esperar, haja vista a tendência de depósito sedimentar apresentada.

Uma hipótese seria a granulometria que compõe o perfil, de muito fina a fina, resultado do afinamento ao longo da deriva proveniente de outros pontos fornecedores, associada ao baixo gradiente da face, e uma declividade situada na isóbata de 10m, que se destaca a aproximadamente 500 metros a partir do limite da praia emersa.

Tal declividade poderia estar operando como armadilha de sedimentos, que seriam perdidos (mais facilmente devido à granulometria) por transporte transversal, o qual pôde ser comprovado pela formação de mini-cúspides na face praial verificado visualmente durante coleta de campo. Ainda, o promontório poderia estar funcionando como barreira às águas da deriva litorânea, gerando um empilhamento de água na porção NE, a qual teria a formação de cúspides e o transporte transversal como alternativa de escoamento de água no local.

A utilização do parâmetro adimensional ω de Dean (1973) para determinação da tipologia praial leva em consideração variáveis como a altura de onda na arrebentação, a granulometria e o período das ondas incidentes.

Os resultados obtidos neste trabalho podem ser passíveis de futuras discussões e análises, uma vez que a granulometria da Praia do Morro sofre pouca variação ao longo da praia, provavelmente por receber sedimentos predominantemente de uma única fonte. Assim, não houve variações granulométricas suficientes para que se

obtivessem velocidades diferenciadas de decantação de grãos, o que influencia diretamente no calculo do parametro Omega.

Masselink e Pattiaratchi (2001) colocam tal parametro como indicador da presença ou ausencia de barras na antepraia, e sugerem que para praias embaçadas, de baixa energia, as variações geomorfológicas decorridas da mudança no clima de ondas entre as estações não permitem a utilização, com precisão, deste parametro.

5.2 Compartimentação morfodinâmica

As características obtidas em relação a cada estação permitiram segmentar a praia em três setores:

Setor A – seria correspondente a estação P1, até inicio de P2. Elevada energia de ondas, curtos períodos, granulometria mais grossa, pior grau de seleção dos sedimentos e zona de surfe bem desenvolvida. Características dissipativas. Área com tendência a fornecer sedimentos a partir da formação de correntes longitudinais, bem como possibilitar trocas transversais a partir das correntes de retorno.

Setor que mais sofre variações morfodinâmicas sazonais.

Área muito utilizada para a prática de surfe, com altos índices de afogamento, não recomendada para uso de banhistas com limitações, tais como idosos, crianças e pessoas que desconhecem a área.

Setor B – O setor 2 seria abrangido pelas estações P2, P3, e P4, relativos ao setor central do arco praial. Neste setor nota-se um decréscimo na energia das ondas, entretanto, ainda apresenta energia suficiente para manter o transporte da maioria dos sedimentos; aumento do gradiente da face e afinamento de grãos, assim como melhor grau de seleção dos sedimentos praias. Setor de pouca variação morfodinâmica, como percebido nos perfis topográficos; caracterizado com estado modal predominantemente intermediário.

Área onde se localizam a maior parte dos quiosques e restaurantes, sobremaneira pressionada pelo turismo.

Setor C – Seria compreendido pela estação P5. Setor de características predominantemente refletivas, embora apresente afinamento de grãos; melhor grau de seleção dos sedimentos, e muito baixa energia de ondas com longos períodos.

Área de deposição sedimentar proveniente de deriva litorânea encontra-se na zona de sombra do promontório rochoso, o qual se situa protegido como área de preservação ambiental.

A figura 27 abaixo apresenta geograficamente a proposta de compartimentação da praia.



Figura 27: Compartimentação da praia do morro com base nas características morfodinâmicas.

5.3 Vulnerabilidade erosiva e Limites de segurança

A maior vulnerabilidade está diretamente relacionada com a granulometria e com a inclinação da face praial (MUEHE, 2001). De uma maneira geral, a Praia do Morro apresenta baixo gradiente de inclinação da face, e fina granulometria, indicando um potencial de vulnerabilidade erosiva. O que diferencia os setores é basicamente a energia das ondas incidentes.

Após análise e compartimentação morfodinâmica, e com base nas estimativas dos resultados da aplicação do método de Bruun (1962), observa-se que para uma elevação do nível do mar de 0,30 m, que pode ser ocasionada por uma congruência entre maré de sizígia e empilhamento de águas na costa devido a tempestades, praticamente toda a zona subaérea da praia ficaria exposta a ação do espraiamento das ondas. O recuo médio da costa seria de 13 metros, o que já seria suficiente para as ondas alcançarem o muro da calçada.

Os resultados do recuo da linha de costa atestam que o padrão de urbanização especulativo na Praia do Morro, assim como em diversos outros balneários, não respeitou nenhum prévio conhecimento da hidrodinâmica local, o que expõe a praia a riscos e prejuízos econômicos.

A Praia do Morro, de uma maneira geral, se caracteriza como praia embaçada, semi-exposta, que obedece um padrão rotacional de sedimentos, o que de forma teórica poderia apresentar estabilidade dinâmica temporal, tal como observado por Hsu (2009) para praias embaçadas. Entretanto, feições erosivas nas calçadas e lixeiras, demonstram que a praia possui uma tendência erosiva, que provavelmente seria resultado de um aprisionamento de sedimentos por parte das obras construídas muito próximas ao mar.

Dessa forma, atesta-se que a interferência humana impacta na dinâmica do sistema praial de forma negativa, e em pequena escala de detalhes, induzindo respostas de acomodação re-adaptativa.

A partir da sobreposição do recuo da linha de costa com base no aumento do nível do mar e o limite de segurança proposto por Muehe (2001), percebe-se que, caso o padrão de urbanização da praia utilizasse os limites atualmente estabelecidos, prejuízos econômicos poderiam ser evitados.

A sobreposição entre recuo da linha de costa e os limites de segurança aparecem nos mapas apresentados nas figuras 28, 29, 30 e 31.



Figura 28 :Delimitação do recuo da linha de costa a uma elevação do nível do mar (vermelho) e faixa de segurança proposta por Muehe, 2001, (amarelo).

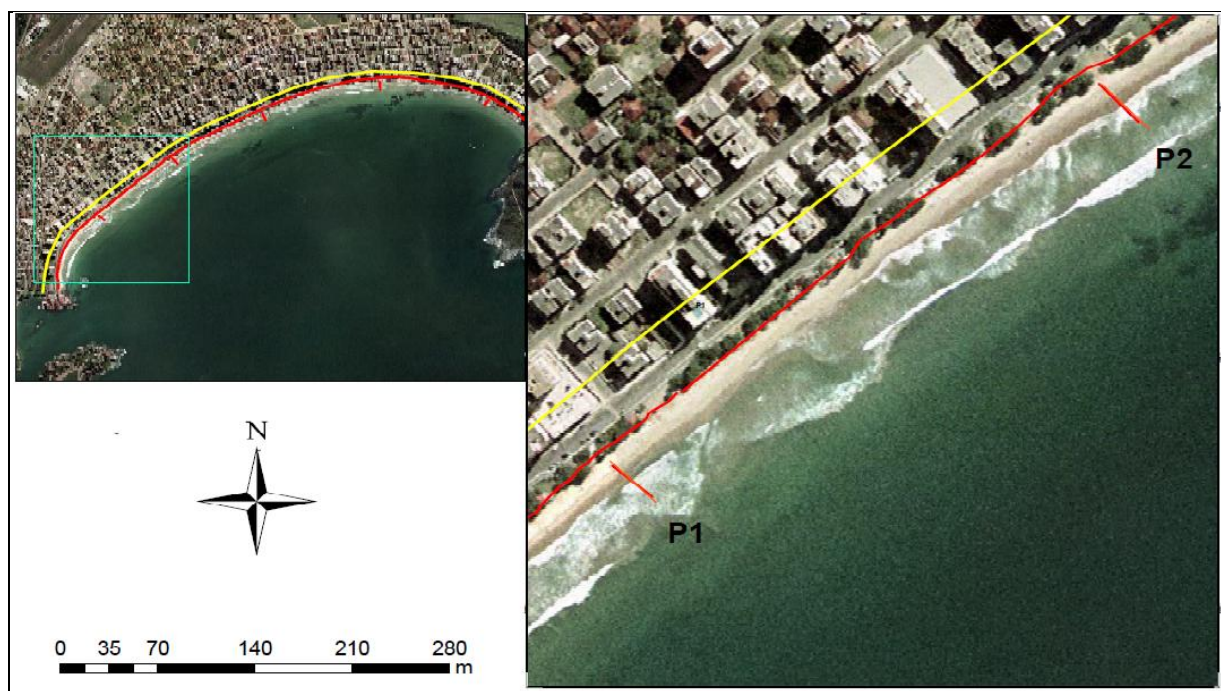


Figura 29 :Destaque para as estações P1 e P2 em relação ao recuo da costa e limites de segurança.

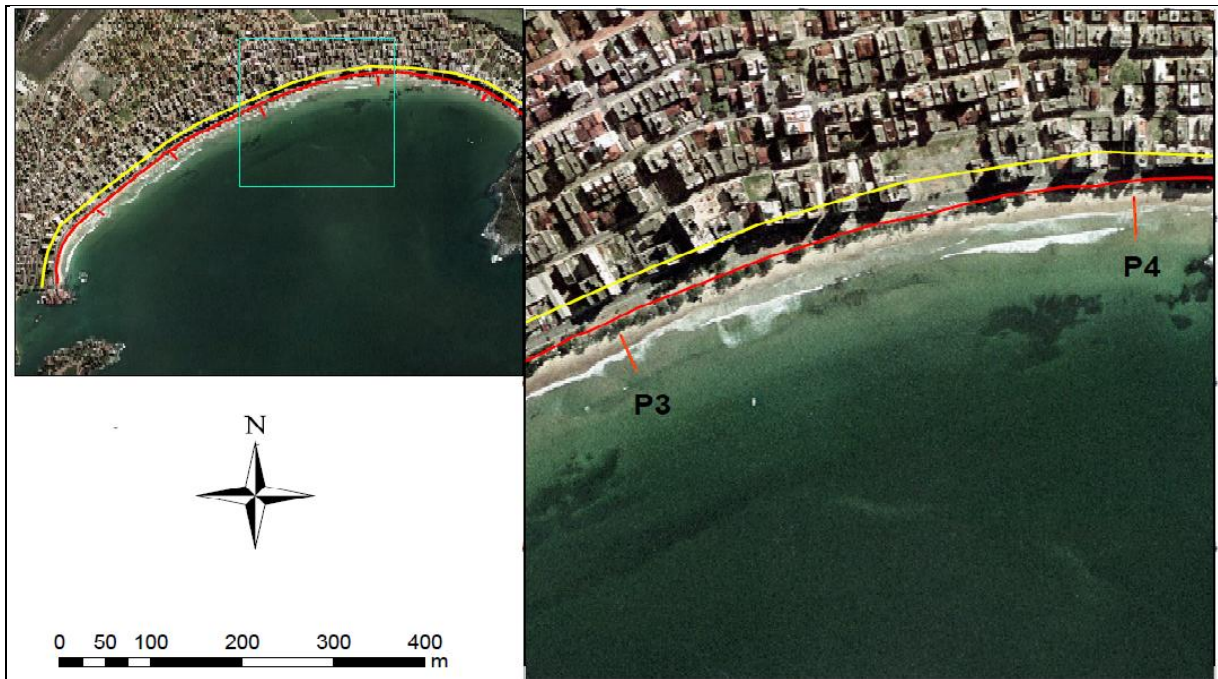


Figura 30: Destaque para as estações P3 e P4 em relação ao recuo da costa e limites de segurança.

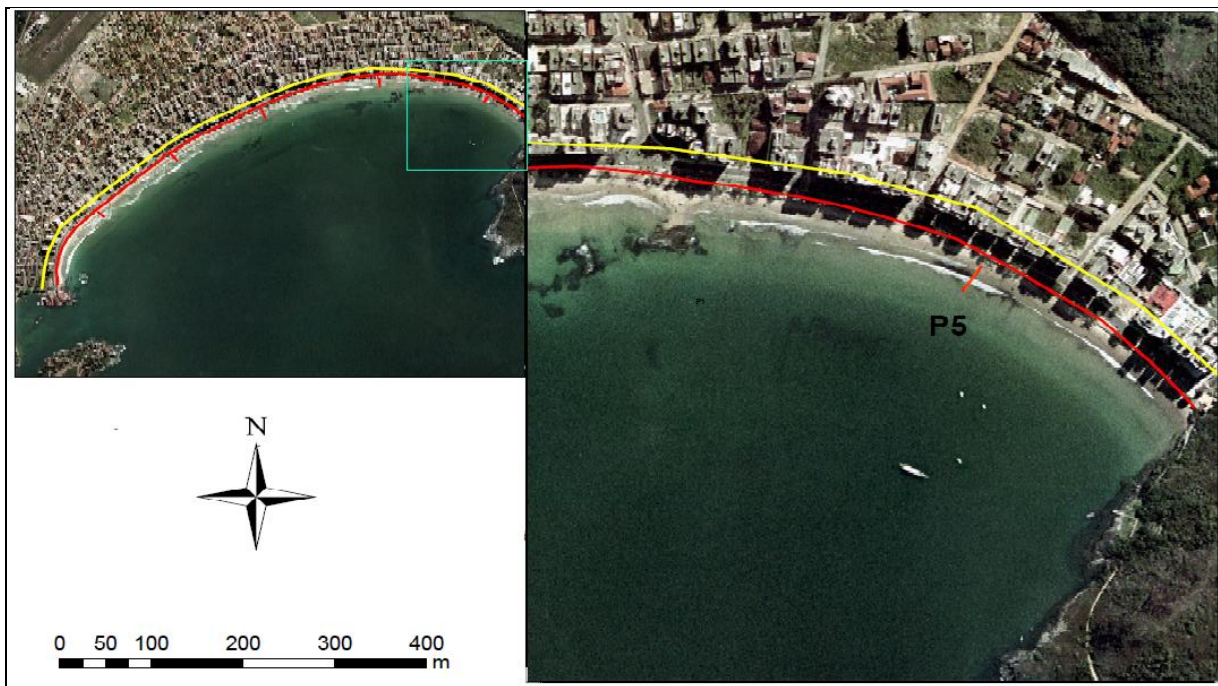


Figura 31: Destaque para a estação P5 em relação ao recuo da costa e limites de segurança.

Calcular vulnerabilidade erosiva para diversos segmentos ao longo de uma mesma praia, de acordo com modelo de Bruun, fornece uma estimativa dos setores mais ou menos vulneráveis à erosão. No entanto, em se tratando de praias arenosas,

adaptações geomorfológicas ocorreriam, no sentido de adequar a linha de costa a nova morfodinâmica.

Desse modo, não se pode considerar a praia de forma reducionista e segmentada em setores, mas sim como um sistema inteiro. É provável que à medida que P1 sofresse mais erosão, pela deriva litorânea mais sedimentos seriam transportados para os pontos ao longo da costa, auxiliando na formação de um novo perfil praial.

Outro item a ser considerado é a presença do costão rochoso adjacente a P5. Este serviria não apenas como obstáculo ao escoamento das ondas – fato que incrementaria o empilhamento e incremento da elevação das águas, como também poderia ser paulatinamente erodido, fornecendo mais estoque sedimentar para o sistema praial. Não são considerados no modelo de Bruun potenciais erosões de costão como agentes modificadores da dinâmica da linha de costa.

Os limites de segurança de Muehe (2001) para praias já urbanizadas mostraram-se eficazes em relação ao aumento do nível do mar proposto neste trabalho. Contudo, a partir da nova linha de costa obtida com o recuo, seriam necessários aproximadamente 70 metros de faixa de segurança, de forma que adequasse a urbanização aos processos erosivos em questão.

De qualquer forma, parece impraticável a adoção deste limite para a Praia do Morro, uma vez que já se encontra com urbanização errônea consolidada.

Um projeto de reurbanização do calçadão da praia encontra-se em vias de implantação. Entretanto, apesar de apresentar melhorias estéticas e de conforto, obviamente manterá a posição do calçadão em relação ao estoque sedimentar da praia. É provável que novas feições erosivas apareçam, uma vez que os fatores morfodinâmicos não foram, novamente, considerados.

Com base na compartimentação morfodinâmica e nas estimativas de vulnerabilidade, poder-se-ia sugerir uma ocupação mais densa na zona de menor variabilidade, compreendida na porção central do arco, entre as estações P2, P3, e P4. A estação P5 que possui tendências refletivas, da mesma forma apresentaria condições mais propícias a ocupação; contudo, o baixo gradiente de inclinação topográfico facilita a intrusão das águas, caso ocorresse o sugerido aumento do nível do mar.

Em relação a estação P1, sua maior energia de ondas e característica erosiva, não pré-disporia uma ocupação mais densa, uma vez que a elevada variabilidade topográfica poderia afetar a segurança das construções.

A observação das escalas de eventos no que se refere à investigação dos processos dinâmicos de um sistema praial se mostra fundamental para a compreensão destes. Este trabalho apresentou uma contribuição anual para o entendimento dos processos da Praia do Morro, que deve ser levado em consideração juntamente com outros registros de maior sazonalidade. Albino (2006) inferiu tendências retrogradantes para a Praia do Morro; entretanto, com base nas observações deste trabalho, não seria possível inferir tal diagnóstico, cabendo investigações de maior escala de detalhes.

De uma maneira geral, a escala de eventos de curto prazo se mostra adequada para diagnóstico de processos atuantes e futuros planejamentos urbanos na orla.

Construção de quiosques e obras de menor impacto de vizinhança podem seguir um plano baseado em dados morfodinâmicos em escala de um ano, prazo que tornaria mais viável tais estudos prévios; todavia, obras mais densas como calçadas, devem basear-se em análises de longo prazo, na escala de anos ou décadas.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos dados levantados e análise e discussão dos resultados, pode-se chegar a algumas considerações de cunho conclusivo:

- O ambiente praial é um sistema dinâmico que responde de forma particular aos diversos processos meteoceanográficos;
- A escala de ocorrência dos eventos é fundamental para a análise e compreensão dos processos atuantes e da adaptação da linha de costa;
- A investigação temporo-espacial proposta neste trabalho não é suficiente para comprovar tendências retrogradantes da linha de costa da Praia do Morro, tal como sugerido por Albino et al (2006);
- Sob um aspecto sazonal, em pequena escala de detalhes, a Praia do Morro apresenta respostas texturais, topográficas e modais em relação aos

processos atuantes, os quais permitem compartimentá-la em setores morfodinâmicos distintos;

- A Praia do Morro se comporta de acordo com os padrões previstos para praias embaçadas; entretanto seu equilíbrio dinâmico pode estar sendo afetado pela atividade antrópica, a qual prende sedimentos outrora disponíveis, sob forma de construções de infra-estrutura turística, muito próximas da água;
- O grau de interferência da desembocadura estuarina (Baía de Guarapari) nos processos erosivos/deposicionais da praia não foi suficientemente averiguado neste trabalho. Contudo, aparentemente trata-se de ambiente de baixa energia, possivelmente comportando-se como armadilha para sedimentos, o que viria a incrementar os processos erosivos;
- Em relação ao recuo da linha de costa por um aumento do nível do mar, os limites propostos por Muehe (2001) seriam satisfatórios para mitigação de danos e prejuízos naquela praia; no entanto, o padrão de urbanização observado não condiz com os limites de segurança propostos. Uma vez já consolidado, cabe aqui apenas sugestões quanto ao adensamento urbano, com base na compartimentação inferida;
- Sugere-se fortemente a continuação dos estudos nesta praia, mais notadamente em relação às escalas de investigação de processos erosivos, com utilização de imagens sub-orbitais, e também em relação ao uso turístico, em termos de capacidade de suporte e adequação de demanda, dada a alta representatividade desta na economia do município.

7 REFERENCIAS

- ALBINO, J. (coord.); OLIVEIRA et al. **A. Processos atuais de sedimentação marinha e praia do litoral de Vitória, ES**. Relatório (FACITEC), Vitória, 2001.
- ALBINO, J.; GIRARDI, G.; NASCIMENTO K. A. **Espírito Santo**. In: MUEHE, D. (Org.) Erosão e progradação do litoral brasileiro. Programa de geologia e geofísica marinha. MMA, SQA, Gercom. 2006.
- AUSTIN, M. et al. **Onshore sediment transport on a sandy beach under varied wave conditions: Flow velocity skewness, wave asymmetry or bed ventilation?**. Marine Geology 259- 86–101.2009.
- BASCOM, W. N. **The Relationship between sand size and beach face slope**. Transaction, American Geophysycal Union. v.32, n. 6, Dec, 1951.
- BIRD, E.C.F. **Beach Management**. New York: John Wiley & Sons, 1996.
- BRUUN, P. **Sea level rise as cause of shore erosion**. Journal of waterway, Port, Coastal and ocean engineering. American society of civil engineerings, n 88, 1962.
- CAMFIELD, F.E; MORANG, A. **A Defining and Interpreting Shoreline Change**. Ocean and Coastal Management, 32 (3): 129-151. 1996.
- CARTER, R.W.G. **Coastal Environments: an introduction to the physical, ecological and cultural systems of coastline**. London:Academic Press, 1988.
- CARTER, R.W.G.; WOODROFFE, C. D. **Coastal evolution**. Cambridge: Cambridge .University Press, 1997.
- COWEEL, P.J; THOM, B.G **Morphodinamics of coastal evolution**. In. Carter, R.W.G. E Woodroffe, C.D. Eds. Coastal Evolution. Cambrige University Press. 2ed. 1997.
- COSTA, P.C. **Os recursos naturais e sua importância na historia de Guarapari**. 1998.
- DEAN, R.G. **Heuristic Models Of sand transport in the surf zone**. Conference of Eng. Dyn in the surf zone . Sidney, Australia. 1973.

DIRETORIA de Hidrografia e Navegação. **Tábua de Marés**. Terminal de Ubu. Disponível em: <www.dhn.mar.mil.br>. Acesso em: 06 mai 2009.

DIRETORIA de Hidrografia e Navegação. **Carta Náutica 1404**. Proximidades da Ponta de Ubu, Escala 1:50.000. 2006.

EMCAPA. **Representação Gráfica da Frequência, direção e velocidade do vento em Vitoria, Conceição da Barra e Regência, no Espírito Santo**. Relatório. 1981.

EMCAPA/NEPUT. **Mapa de unidades naturais do Espírito Santo**. Relatório. 1999.

FOLK, R. **Petrology of Sedimentary rocks**. Hemphill Publishing Company. Austin, Texas. 1968.

FOLK, R; WARD, W. **Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters**. Journal of sediment petrology, 1957.

GIRARDI, G; COMETTI, R.S. **Dinâmica do uso e ocupação do solo no litoral sul do estado do Espírito Santo, Brasil**. Instituto Milênio – RECOS, 2006.

HALLERMEIER, R.J. **A profile zonation for seasonal sandbeaches from wave climate**. In: Coastal Engineering, 1981.

HOEFEL, F. G.; **Morfodinâmica de Praias Arenosas: uma Revisão Bibliográfica**. Itajaí: Univali. 1998.

HSU, J.R.-C., et al., **Static bay beach concept for scientists and engineers: A review**, *Coast. Eng.* doi:10.1016/j.coastal.eng. 2009.09.004. 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Censo demográfico 2000: agregados preliminares**. Rio de Janeiro, 2000.

KLEIN, A.H. da F.et al. **Beach sediment distribution for a headland bay coast**. *Journal of Coastal Research*, SI(42), 285-293. West Palm Beach (Florida). ISSN 0749-0208. 2005.

KOMAR, P. D., **Beaches Processes and Sedimentation**. 2nd ed. USA: Prentice Hall Inc., 1998.

KRUGER, C et al. **Monitoramento do recuo da progradação da linha de costa usando o sistema de posicionamento global (GPS)**. Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico Multifinalitário. Florianópolis, Brasil. 1998.

MASSELINK, G.; PATTIARATCHI, C.B. **Seasonal changes in beach morphology along the sheltered coastline of Perth, Western Australia**. Marine Geology 172 243–263. 2001.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J.M. **As flutuações de nível do mar durante o Quaternário superior e a evolução geológica de “deltas brasileiros”**. Boletim IG-USP.Publicação especial 15. São Paulo. USP. 186p. 1993.

MARTIN, L.; SUGUIO, K.; FLEXOR, J. M.; ARCHANJO, J. D. **Coastal quarternary formations of the southern part of the state of Espírito Santo**. Anais da Academia Brasileira de Ciências, v. 68, p. 389-404. 1996.

MUEHE, D. **Critérios Morfodinâmicos para o Estabelecimento de Limites da Orla Costeira para fins de Gerenciamento**. Revista Brasileira de Geomorfologia, Volume 2, Nº 1. 2001.

MUEHE, D. **Geomorfologia Costeira**. In: GUERRA, A. J.T.; CUNHA, S. B. (Org.). Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos. 6. Ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2005.

MORAES, A. C. R. **Contribuições para a Gestão da Zona Costeira do Brasil: Elementos para uma Geografia do Litoral Brasileiro**. São Paulo: Hucittec, 1999.

NAKANO, K. (Coord). **Projeto Orla: implementação em territórios com urbanização consolidada**. São Paulo: Instituto Polis; Brasília: Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão, 2006.

PREFEITURA MUNICIPAL DE GUARAPARI. **Notícias**. Disponível em: <http://www.guarapari.es.gov.br/turismo>. Acesso em: 23/04/2009.

ROSATI, J.D., **Concepts in sediment budgets**. Journal of Coastal Research, 21(2), 307–322. West Palm Beach (Florida), ISSN 0749-0208. 2005.

SAHU, B.K. **Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments**. Journal of Sedimentary Petrology. USA, v 34, p.73-83, 1964.

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

SHORT,R.; HSU, J.R.C., **Coastal Stabilization: Innovative Concepts**, PrenticeHall, Inc. 1993.

SILVA, Aloísio. **Cultura de Guarapari**. Guarapari, ES: Ed. Independentes, 2003.

SOUZA, C.R.G. **Determination of net shore-drift cells based on textural and morphological gradations along foreshore sandy beaches**. Journal of Coastal Research, 2007.

SOUZA, C.R.G et al. **Praias Arenosas e Erosão Costeira**. In: SOUZA, C. R. G. Associação Brasileira de Estudos do Quaternário. Instituto de Geociências. . Quaternário do Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2005.

TAGGART,B.E; SCHWARTZ, M.L. **Net shore drift direction determination: a systematic approach**. Journal of shoreline management, 3(4), 285-309. 1988.

WENTWORTH, C. **A scale of grade and class term for clastic sediment**. Journal of Geology, 1922.

WOODROFFE, C. D. **Coasts: form, process and evolution**. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 2003.

WRIGHT, L.D; & SHORT, A.D. **Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis**. Marine Geology, 56: 93-118. 1984.

