

Pesquisas em Geociências

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias>

Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil)

Alexandre Mazzer, Sérgio Dillenburg

Pesquisas em Geociências, 36 (1): 117-135, jan./abr., 2009.

Versão online disponível em:

<http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/article/view/17880>

Publicado por

Instituto de Geociências



Portal de Periódicos
UFRGS

UNIVERSIDADE FEDERAL
DO RIO GRANDE DO SUL

Informações Adicionais

Email: pesquisas@ufrgs.br

Políticas: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/editorialPolicies#openAccessPolicy>

Submissão: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#onlineSubmissions>

Diretrizes: <http://seer.ufrgs.br/PesquisasemGeociencias/about/submissions#authorGuidelines>

Data de publicação - jan./abr., 2009.

Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil

Variações temporais da linha de costa em praias arenosas dominadas por ondas do sudeste da Ilha de Santa Catarina (Florianópolis, SC, Brasil)

Alexandre M. MAZZER^{1,2} & Sérgio DILLENBURG²

1. Departamento de Geografia, Universidade da Região de Joinville-UNIVILLE. Campus Universitário s/n, Bom Retiro. Joinville-SC. E-mail: alexandre.mazzer@univille.edu.br; mazzer@matrix.com.br.

2. Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica-CECO, Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS. Av. Bento Gonçalves, 9500, Prédio 43.125 - Porto Alegre-RS. E-mail: sergio.dillenburg@ufrgs.br.

Recebido em 09/2007. Aceito para publicação em 04/2009.

Versão online publicada em 19/11/2009 (www.pesquisasemgeociencias.ufrgs.br)

Resumo - A variação da linha de costa ocorre em diversas escalas temporais, sendo a escala inferior a 100 anos especialmente importante para o contexto humano. Na Ilha de Santa Catarina (SC), problemas decorrentes de ocupação e uso da orla marítima de forma desordenada ocasionaram problemas de erosão costeira e perda de qualidade ambiental. Neste sentido, foi realizada uma avaliação da variação da linha de costa, abrangendo os períodos de 64 e 4 anos, de forma a contemplar a escala interdecadal e interanual, em cinco praias da costa sudeste da Ilha de Santa Catarina. A obtenção dos dados foi realizada através de aerofotos, digitalizadas e tratadas, utilizando técnicas e ferramentas de geoprocessamento. A variação média em escala interdecadal demonstrou uma taxa média superior a meio metro anual de recuo da linha de costa e perda de faixa média de largura de praia inferior a cinquenta metros em 64 anos. Já em escala interanual os valores apresentaram-se inferiores, porém, com grande variação, apresentando localmente taxas de variação até quatro vezes superiores à escala interdecadal. No entanto, nem todas as praias apresentaram tendência erosiva. A variação entre os períodos analisados indicou que processos de períodos mais curtos são suavizados com o aumento do horizonte temporal de análise, permitindo ressaltar a tendência de variação num contexto temporal mais abrangente. Tal abordagem permitiu explorar a variação da linha de costa sob diferentes perspectivas temporais, gerando subsídios relevantes ao planejamento e gerenciamento costeiro.

Palavras-chave: variação de linha de costa, escalas temporais, erosão costeira, gerenciamento costeiro, Ilha de Santa Catarina.

Abstract - SHORELINE TEMPORAL VARIATION OF WAVE DOMINATED SANDY BEACHES OF THE SOUTHEAST OF SANTA CATARINA ISLAND (FLORIANOPOLIS, SC, BRAZIL). Shoreline variation occurs at several temporal scales and the most useful time span for human context is about 100 years or less. At the Santa Catarina Island, environmental problems related to unplanned human occupation and activities resulted in coastal erosion and lost of environmental quality. This study is about a shoreline variation analysis at inter decadal scale, and inter annual scale involving 64 and 4 years time span evaluation, respectively, to five sandy beaches located at southeast of Santa Catarina Island. The data source was composed by 5 time series of aerial photographs, which was digitized, and managed by geoprocessing techniques, using digital cartography and Geographical Information System tools. The general trend of shoreline variation showed an erosional rate a little bit more than half meter per year, and an average shore retraction less than fifth meters in 64 years. At the interannual scale, rates and beach width was lesser than inter decadal, yet, the ranges at some specific beach location reached rates four times superior. However, not even all beaches showed erosional trend in one or both time spans analyzed. The shoreline variation among both time spans allowed the smoothing coastal processes of short periods making possible to highlight trends in higher temporal horizon. This approach let to explore shoreline variation by the distinct ways of interesting of coastal planning and management.

Keywords: shoreline variation, temporal scales, coastal erosion, Coastal Management, Santa Catarina Island.

1. Introdução

A linha de costa é um elemento geomorfológico que apresenta alta dinâmica espacial decorrente de respostas a processos costeiros de diferentes magnitudes e frequências. Suas mudanças de posição são de natureza complexa, envolvendo diversos processos ligados à elevação do nível do mar (em curto e longo prazo), balanço de sedimentos, movimentos tectônicos e reológicos, e antrópicos (Camfield & Morang, 1996).

Em praias arenosas, a linha de costa é utilizada pelo homem para diversos fins, destacando aqueles de natureza recreacional e turística. A crescente demanda por tais usos nos municípios litorâneos induz muitas vezes a um desenvolvimento sem planejamento, desconsiderando a natureza móvel e dinâmica da linha de costa.

O mapeamento sistemático da linha de costa e o acompanhamento de suas mudanças representam ferramentas para a geração de informações de grande valor para o planejamento e gerenciamento costeiro, pois fornecem subsídios para o estabelecimento de faixas de recuos (*setback*) da zona litorânea, permitem a determinação de áreas de risco de erosão costeira e contribuem também com informações para a implantação de obras de intervenção direta na linha de costa (guias correntes, molhes, engordamento de praia etc.) (Anders & Byrnes, 1991; Crowel *et al.*, 1991). O comportamento da linha de costa em escalas temporais distintas pode contribuir com subsídios relevantes para o planejamento da ocupação da orla em horizontes temporais superiores a 20 anos.

Nas últimas décadas, as técnicas de mapeamento da linha de costa têm apresentado grande evolução relacionadas ao rápido avanço tecnológico, popularização dos sistemas de informação geográfica e cartografia digital, e estendendo-se também às formas de obtenção de dados pela incorporação de novas tecnologias, tais como DGPS e Sensores Laser (LIDAR) (Leathermann, 2003).

Muitos trabalhos demonstram notáveis avanços em questões relacionadas a erros e tratamentos de dados, métodos de análise e predição da posição da linha de costa, valendo ressaltar as discussões acerca da escala de tempo abrangida e as variações de curto e longo prazo (Leathermann, 1983, 2003; Crowel *et al.*, 1991, Moore, 2000; entre outros).

Crowel *et al.* (1991) afirmam que cerca de 100 anos corresponde a um período importante em relação às influências antrópicas na orla marítima, devido ao fato de coincidir com um período de rápida evolução no desenvolvimento da sociedade humana. Leatherman (2003) observa que o período de 100 anos ou menos é de interesse humano por contemporizar possíveis processos de elevação do nível do mar e erosão costeira.

As causas de erosão costeira vêm sendo amplamente discutidas em nível mundial (Brunn, 1962; Bird, 1985; Brunn & Schwartz, 1985 *apud* Souza, 1997) e nacional (Dominguez & Bittencourt, 1996; Souza & Suguio, 2003; Dillenburg *et al.*, 2004), sendo que dois principais processos são apontados como principais causadores do fenômeno: a elevação do nível do mar e o balanço sedimentar negativo. As estimativas do Painel Internacional de Mudanças Climáticas apontam que a elevação do nível do mar chegará a taxas de 0,13 a 0,50 mm/ano até 2100 (IPCC, 2001). Como consequência desse fenômeno, espera-se que os processos de erosão costeira sejam intensificados, conforme já demonstrado através do Princípio de Brunn (Brunn, 1962).

Na Ilha de Santa Catarina, sede da capital do Estado de Santa Catarina, região sul do Brasil, iniciou-se a partir da metade do século passado um período de grande desenvolvimento e crescimento demográfico. Conseqüentemente, as mudanças na linha de costa, especialmente aquelas associadas às intervenções de natureza antrópica, como a erosão costeira, vêm sendo significativas desde esse período (Cruz, 1996).

Ao sul da ilha, a ocupação humana sobre as dunas frontais, bem como modificações na drenagem local, associam-se aos problemas históricos de erosão costeira. Nas praias da Armação, Açores e Pântano do Sul, ocorrem recuos da linha de costa já constatados há mais de dez anos por Castilhos (1995) e Gre *et al.* (1997). Trabalhos sobre sedimentologia e morfodinâmica praial em escala sazonal foram abordados por Miot (2004) e Oliveira (2004), contribuindo para elucidar os aspectos do comportamento praial em eventos de maior energia e troca de sedimentos.

Todavia, mudanças de posição da linha de costa, no sul da Ilha de Santa Catarina, também ocorrem aparentemente sob várias escalas temporais, e questões como, por exemplo, erosão costeira e balanço sedimentar necessitam ser

diferenciadas quanto a representarem tendências e/ou oscilações de distintas frequências. Neste contexto, a abordagem considerando a variação entre escalas temporais distintas pode disponibilizar informações úteis para o gerenciamento da linha de costa e gerar bases técnicas para o Gerenciamento Costeiro.

O presente trabalho busca abordar as variações da linha de costa em escala histórica, a partir de suas variações em longo prazo (entre décadas) e em curto prazo (entre anos). Para tanto, o estudo considerou seis praias arenosas dominadas por ondas localizadas ao sul da Ilha de Santa Catarina, sob horizontes temporais de 64 e 4 anos.

2. Área de estudo

2.1. Fisiografia, Geologia e Geomorfologia

A Ilha de Santa Catarina possui 431 km² de área total, apresentando formato alongado com orientação geral sentido NE-SW, e distando apenas cerca de 600 m do continente (Fig. 1). A região costeira da ilha insere-se na denominada Plataforma de Florianópolis, a qual consiste em um alto estrutural do embasamento cristalino (Caruso Jr., 1993). Na ilha, este embasamento ocorre na forma de dois principais maciços graníticos que constituem um eixo central de suas terras altas (Zanini *et. al*, 1997). Sob perspectiva geomorfológica, tais maciços pertencem à Serra do Tabuleiro, a qual divide as bacias hidrográficas que drenam para sudoeste e sul-sudeste. Secundariamente, o embasamento ocorre na forma de promontórios rochosos isolados e separados dos maciços.

A planície costeira é constituída por depósitos sedimentares relacionados a dois principais sistemas deposicionais: os sistemas de leques aluviais e do tipo laguna-barreira. Este último, de especial importância para o presente trabalho, é caracterizado por depósitos sedimentares geneticamente associados aos processos costeiros e eustáticos, e representado por depósitos praias, eólicos, lagunares, de mangue e paludial (Caruso Jr., 1993). Na perspectiva geomorfológica, a planície costeira da Ilha de Santa Catarina é denominada Planície Litorânea (Rosa & Herrman, 1986), possuindo uma largura variável, sendo constituída por feições como barreiras arenosas, lagunas, lagoas costeiras, dunas ativas e inativas, planícies de cristas

praias e áreas alagadiças associadas a manguezais, apicuns, marismas e canais de maré.

Na Plataforma Continental adjacente, a quebra para o talude continental ocorre entre 140 e 170 m de profundidade. A isóbata de 30 m situa-se a aproximadamente 10 km da linha de costa, definindo um gradiente geral para a área de estudo de aproximadamente 0.17°. Este gradiente aumenta na direção do trecho leste e diminui na direção do trecho sul da área de estudo.

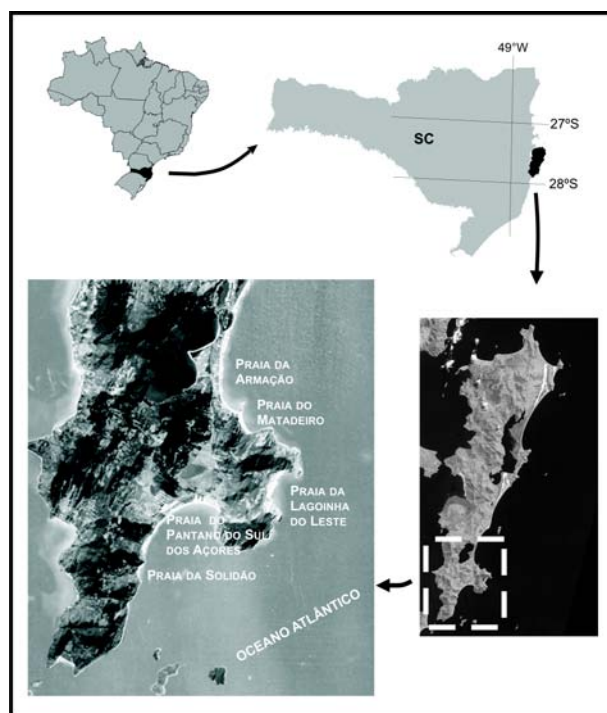


Figura 1. Localização da Área de Estudo.

2.2. Clima e Oceanografia

O clima do litoral do Estado de Santa Catarina caracteriza-se de acordo com Nimer (1979), por sua exposição às influências do clima temperado meridional, subtropical e tropical, configurando uma zona de transição climática. Dados climáticos referentes à Ilha de Santa Catarina indicam temperatura média anual de 21,5° e precipitação média anual de 1.492 mm. Os ventos apresentam velocidade média de 3,31 m/s, sendo os de direção norte e nordeste os mais frequentes (cerca de 47 %), e os de quadrante sul os mais intensos (cerca de 32,5 %), alcançando até 6,50 m/s (Porto F°, 1993).

Tais características climáticas ocorrem pela influência de quatro principais sistemas atmosféricos: Baixa Pressão Móvel Polar, Anticiclone do Atlântico Sul, Anticiclone do Pacífico Sul e Centro de Baixa Pressão do “Chaco”

(Bigarella *et al.*, 1994). Esses sistemas associam-se aos principais eventos meteorológicos, os quais têm influência direta nos processos morfodinâmicos da linha de costa na forma de geração de ondas marítimas e de marés meteorológicas. Estas são controladas basicamente por três mecanismos: sistemas frontais, ciclones extra-tropicais e atuação semi-permanente do sistema de alta pressão, ou Anticiclone do Oceano Atlântico Sul. Os dois primeiros mecanismos apresentam amplos gradientes de pressão atmosférica, gerando conseqüentemente ventos de forte intensidade do quadrante sul, enquanto o anticiclone ocorre em caráter semi-permanente, representando 80 % das ocorrências de vento na zona costeira catarinense ao longo do ano (Porto F°, 1993).

Em caráter local, a partir de ondógrafo fundeado a 35 km da área de estudo, Araújo *et al.* (2003) identificaram cinco padrões de ondas para a Ilha de Santa Catarina, consistindo em três ondulações e dois tipos de vagas: ondulação de Sul ($\theta=162^\circ$), período de 11,4 s, e H_s entre 1,25 e 2,0 m; ondulação de sudeste ($\theta=146^\circ$), período de 14,2 s, e H_s entre 1,50 a 2,0 m; vagas de Leste ($\theta=92^\circ$), período 8,5 s, e H_s entre 0,75 e 1,75m; vagas de nordeste ($\theta=27^\circ$), $H_s > 0,75$ m; e vagas de Sul ($\theta=188^\circ$) período de 7,7 s e $H_s > 1,0$ m.

De maneira geral, pode-se considerar que as ondulações provindas do quadrante leste (nordeste, leste e sudeste) e quadrante sul

predominam na ilha, cabendo ressaltar que eventualmente ondas do quadrante sul apresentam-se com H_s superior a 4 m (Araújo *et al.*, 2003).

A variação de marés na Ilha de Santa Catarina está classificada em um regime de micro maré, devido à sua baixa amplitude média, que é de 1,4 m, de acordo com a tábua de marés para Florianópolis (Marinha do Brasil, 2005). De acordo com Trucollo (1998), os efeitos meteorológicos na maré possuem grande importância, pois podem provocar uma elevação de até cerca de 1 m acima da maré astronômica, e ocorrer na frequência de 10 dias.

2.3. Caracterização local da área de estudo

O trecho costeiro estudado localiza-se na porção sul da Ilha de Santa Catarina (Fig. 1), e abrange seis praias arenosas dominadas por ondas, totalizando cerca de 10 km de linha de costa. As praias configuram-se em dois arcos praias principais associados a planícies costeiras de largura da ordem de 2 km, sendo separadas e guarnecidas por promontórios e maciços rochosos, os quais abrigam três praias associadas a planícies da ordem de 10 km de comprimento. Apesar de tratar-se de praias de embaçamento e relativamente próximas umas as outras, apresentam ampla variação quanto a aspectos relativos à extensão, morfodinâmica, ocupação antrópica, entre outros (Tab. 1).

Tabela 1. Características das praias que compõem a área de estudo (* segundo Gre *et al.*, 1997, Castilhos, 1995; e Mazzer, 2004).

Praia	Ext. (m)	Orint.	Exposição/ Direção	Fisiografia e Geomorfologia	Sistemas associados	Tipo Morfodinâmico	Ocupação Antrópica
Praia da Solidão	1344,9	NE-SW	Média SE, E	Praia de bolso	Desembocadura do rio da Pacas	Dissipativa	Alta
Praia do Pântano do Sul/dos Açores	2472,4	ENE-WSW	Média-Baixa S,SE	Enseada em espiral	Dunas	Dissipativa	Alta a baixa
Praia da Armação	3563,8	N-S	Alta-Baixa NE,E,SE,S	Enseada em espiral	Desembocadura do Rio Sangradouro	Reflectiva-Intermediária	Alta a baixa
Praia do Matadeiro	1226,8	NW-SE	Média E,NE	Praia de bolso	Desembocadura do Rio Sangradouro	Dissipativa	Alta a média
Praia da Lagoinha do Leste	1276,4	NNE-SSW	Alta NE,E,SE,S,S W	Praia de bolso	Desembocadura lagunar e Dunas	Intermediária -Dissipativa	Ausente

3. Materiais e métodos

As variações da linha de costa foram analisadas com base em série temporal de fotografias aéreas, dos anos de 1938, 1978, 1994, 1998 e 2002. Destas fotografias foram extraídas as posições da linha de costa, utilizando-se de técnicas de cartografia digital, de forma a automatizar o procedimento e possibilitar melhor desempenho nas investigações.

3.1. Levantamento cartográfico

A série temporal de posições da linha de costa foi obtida a partir de material cartográfico disponível e compatível com a escala e o objeto do estudo. A base cartográfica utilizada foi a escala de 1:10.000, em formato digital, contendo vetores representando curvas de nível com intervalo de 5 m, pontos cotados, malha viária

principal e hidrografia, projetadas em South American Datum- SAD 1969, 22 J. Tal base foi obtida a partir dos sensores satélite *Aster* (via composição com banda 3B,3N,1A) da agência espacial americana (*National Aeronautics and Space Administration-NASA*).

As seqüências de aerofotos utilizadas (Tab. 2) consistiram de mosaicos ortorectificados em escalas distintas: 1:2.000 para o ano de 2002 (IPUF, 2002), obtidas a partir de levantamento ortofotogramétrico; 1:8.000 para o ano de 1998 e para os demais anos (1938, 1978 e 1994) (IPUF, 1994) em escala 1:10.000. A seqüência referente ao ano 2002 encontrava-se em formato digital e previamente ortorectificada, enquanto que as demais necessitaram ser digitalizadas (resolução de 400 *dpi*, via scanner de mesa marca/modelo *HP/Scanjet-2100C*, e formato *TIFF*) e geoprocessadas.

Tabela 2. Aerofotos e ortofotos utilizadas no estudo, em seu formato original e final.

Data	Tipo	Escala	Meio	Fonte	Escala Final
4/1938	Aerofoto	1:30.000	Papel	Marinha dos EUA/União	1:10.000
15/08/1978	Aerofoto	1:25.000	Papel	Governo do Estado de SC	1:10.000
10/7/1994	Aerofoto	1:25.000	Papel	Prefeitura de Florianópolis	1:10.000
5/1998	Aerofoto	1:8.000	Digital	Companhia de Energia Elétrica do Estado de Santa Catarina - CELESC	1:8.000
27/03/2002	Ortofoto	1:2.000	Digital	Prefeitura de Florianópolis	1:2.000

3.2. Georeferenciamento e ortorectificação das aerofotos

As aerofotos foram tratadas através de programa de edição de imagens *Adobe PhotoShop 7.0* para padronização de cores, bem como para recorte de suas bordas em cerca de 30 a 40 % de seu tamanho original em papel, dependendo da série histórica. Tal procedimento visou diminuir o erro espacial ocasionado pela distorção da captura angular da lente, conforme Crowel *et al.* (1991). Foi utilizada apenas a parte central das aerofotos a serem mosaicadas. A montagem dos mosaicos de cada seqüência histórica foi realizada através do módulo *Mosaicking per pixel* do programa *Envi 3.5*.

Posteriormente, os mosaicos de cada ano foram georeferenciados e ortorectificados para escala de 1:10.000, com exceção da série de 1998, que manteve sua escala original de 1:8.000. Foi gerado um Modelo Digital de Elevação (MDE) a partir da base cartográfica de escala 1:10.000,

utilizando o software *Erdas 8.5* via interpolação espacial com o método *IrregularTriangulated Networks - TIN*.

Na geração do modelo foram utilizados o polígono de moldura para recortar a área de interesse (máscara de trecho costeiro com aproximadamente 1.000 m de faixa litorânea) e dados vetoriais: curvas de nível (intervalos de 5m), espaçamento específico, pontos cotados e hidrografia (rios e linhas de costa).

O MDE foi gerado com tamanho de pixel de 2,5 m, sendo posteriormente convertido em grade regular (matriz de altitude), a qual foi sobreposta aos distintos mosaicos temporais, fornecendo dados de elevação do terreno necessários ao processo de ortorectificação. Tal processo procedeu-se a partir de: coleta de pontos de controle do terreno, análise dos resíduos do ajustamento e ortorectificação das imagens.

Foram coletados 39 pontos de controle nos cantos mais extremos possíveis do mosaico,

abrangendo as maiores e menores cotas altimétricas, e em pontos regularmente distribuídos na área de estudo. O processo de ortorretificação foi realizado com o uso do software *Envi 3.5*, utilizando como valor de *background* (-150) para o MDE, e algoritmo de interpolação por convolução cúbica para a geração das ortoimagens.

As ortoimagens resultantes foram comparadas com a base cartográfica digital, em escala 1:10.000, apresentando valores máximos de erro médio quadrático total (RMS) de 2,00 m, sendo que em X esse foi entre 1,27 e 1,59 m e em Y entre 1,06 e 1,34 m.

3.3. Determinação da taxa de variação da linha de costa

A definição da linha de costa nas aerofotos adota o critério de linha de preamar média (LPM), a qual é determinada pela linha de sedimentos secos/sedimentos molhados. De acordo com Crowell *et al.* (1991), Anders & Byrnes (1991) e Leatherman (2003), a LPM representa uma boa opção como indicador da linha de costa, por representar melhor as posições de máximas variações durante o dia da obtenção da aerofoto, minimizando erros de variações diurnas.

A demarcação da LPM iniciou-se por meio de análises de contraste e magnificação (*enhancement*), no programa *Envi 3.5* sobre as ortoimagens. Desse modo, a LPM torna-se destacada e possibilita a digitalização da linha de costa da área de estudo em diferentes datas, sendo posteriormente editadas quanto aos seus atributos topológicos. Tais processamentos foram realizados com o uso do programa *Arc View 8.3*, gerando vetores em linha, cada qual com sua precisão inerente à escala final das ortoimagens (Tab. 2).

A determinação de taxas de variação pode ser obtida através de diferentes formas de interpretar a distância entre posições relativas a períodos distintos. No presente trabalho, as taxas foram obtidas com o auxílio da extensão *Digital Shoreline Analysis System* (Thieler, 2003) para o programa *Arc View 3.2*. Essa extensão automatiza o cálculo da variação da linha de costa, pressupondo a referência de uma linha de base (*baseline*), a fim de estabelecer um ponto fixo para referenciar os pontos de interseção entre as séries temporais de linha de costa, realizando a medida entre tais pontos.

No trecho costeiro analisado efetuou-se um total de 170 transectos de 150 m de extensão, com espaçamento de 50 m ao longo da extensão das praias. A linha de base, que é utilizada na referência espacial de todos os anos, consistiu numa linha paralela à linha de vegetação e distante desta em 40 m na direção retro terra. Esta linha foi obtida a partir da digitalização da linha de vegetação contida nas ortofotos do ano de 2002, escala de 1:2.000.

Foram calculadas a variação em distância entre as posições de linha de costa, bem como as taxas anuais de variação da linha de costa para cada transecto em dois períodos de tempo: 1938-2002 - representando a escala interdecadal, e 1998-2002 - correspondendo à escala interanual.

Para cada escala foram empregados diferentes métodos de obtenção da taxa. O método mais simples o *End Point Rate*, foi usado na escala interanual por ser o único que requer apenas duas posições na linha de costa (Dolan *et al.*, 1991). Para tratar os dados da variação interdecadal foi aplicado o método dos quadrados mínimos, para ajuste de reta de regressão linear, numa modalidade denominada *Jackknife*. Essa modalidade calcula a média ponderada de uma sequência de iterações, onde em cada iteração é retirada uma série. Desta forma, o valor do declive da reta é usado como peso na estimativa de uma tendência de maior prazo, conforme Efron (1982 *apud* Dolan *et al.*, 1991).

3.4. Análise da variação da linha de costa

As taxas de variação anuais e de largura de pós-praia obtidas nas praias da área de estudo foram comparadas entre as praias, e ao longo de suas extensões quanto às escalas temporais e processos costeiros envolvidos.

As análises apóiam-se em dados de momentos estatísticos (valores médios, valores de dispersão, amplitudes de variação, valores mínimos e máximos), bem como na correlação linear de *Pearson* e regressão linear pelo método dos quadrados mínimos, todas com o auxílio do programa *Statistica 6.0*. Esta análise também se apoiou em reconhecimento de campo de indicadores de erosão (Souza & Suguio, 2003) para validação de resultados em trechos erosivos da linha de costa, bem como na localização e visualização destes no material cartográfico nos diferentes anos (Tab. 2).

4. Resultados

Na expressão dos resultados, as variações negativas e positivas da linha de costa correspondem, respectivamente, aos deslocamentos da linha de costa no sentido do continente e do oceano. Os resultados apresentados referem-se a arcos e segmentos de arcos praias.

A taxa média de variação da linha de costa na escala interdecadal (período de 64 anos), obtida para toda área de estudo, foi de -0,59 m/ano, indicando uma tendência erosiva genera-

lizada da costa. Neste período, o recuo médio foi de -41,7 m, enquanto na escala interanual (período de 4 anos), a taxa média de variação foi de -0,22m/ano, relacionada a um recuo médio de -0,83 m (Tab. 3). A seguir, para cada uma das praias, são apresentados os resultados das análises de variações médias da linha de costa e de extensão do pós-praia, nas escalas interdecadal e interanual, bem como os resultados das variações transversais para cada segmento (Tab. 3, Fig. 2).

Tabela 3. Dados gerais de variação da linha de costa expressos em taxas anuais e variação longitudinal ao longo dos perfis, por praias e de forma geral. (μ - valor médio; σ - desvio padrão; *Mín./Máx.*- valores mínimos e máximos, respectivamente; valores positivos indicam deposição e negativos erosão).

Nome da praia	Nº de perfis	Taxa de variação (m/ano)						Variação da linha de costa (m) recuo (-) avanço (+)			
		Período 1938-2002			Período 1998-2002			Período 1938-2002		Período 1998-2002	
		μ	σ	Mín. Máx.	μ	σ	Mín. Máx.	μ	σ	μ	σ
Praia da Solidão	12	-1,10 ±0,19		-1,4/-0,91	+0,22 ± 1,4		-2,23/2,97	-73,65 ±5,15		+0,84 ±5,39	
Praia dos Açores/ Pântano do Sul	59	-0,90 ±0,43		-1,80/0,07	-1,15 ± 2,20		-5,6 / 7,62	-70,55 ±28,29		-4,39 ±8,29	
Praia da Lagoinha do Leste	26	-0,14 ±0,35		-1,28/0,45	-2,03 ± 3,46		-11,6/4,9	-24,19 ±12,48		-7,61 ±12,97	
Praia do Matadeiro	13	+0,01 ±0,16		-0,29/0,25	-3,45 ± 1,40		-5,71/-1,27	-13,01 ±10,77		-12,93 ±5,56	
Praia da Armação	68	-0,52 ±0,38		-1,34/0,22	+1,99 ± 2,23		-7,54/7,11	-22,78±16,51		+6,82 ±11,54	
Total/Média Geral	182	-0,59 ±0,49			-0,22 ±3,21			-41,71 ±31,58		-0,83 ±8,30	

4.1. Praia da Solidão

A Praia da Solidão é uma típica praia de bolso, que se estende por 1.345 m, em orientação NE-SW. Seu estado morfodinâmico é dissipativo, apresentando grau médio de exposição às ondas e nível alto de ocupação antrópica (Tab. 1 e Figs. 2A e 3). Na escala interdecadal, esta praia apresentou a taxa média de variação equivalente a -1,10 m/ano, sendo esta a maior taxa de recuo da linha de costa entre os trechos analisados, com

recuo médio de -73,65 m. Já na escala interanual foi obtida taxa de variação positiva da linha de costa de +0,22 m/ano em média e um avanço médio de 0,84 m, contrariando a tendência erosional em 64 anos (Tab. 3). No que se refere ao seu comportamento longitudinal, este arco praiar apresentou erosão em escala interanual ao sul, e deposição nos segmentos ao norte, enquanto em escala interdecadal, mostrou-se, de forma geral, com um comportamento erosivo, mais expressivo no segmento sul-sudoeste.

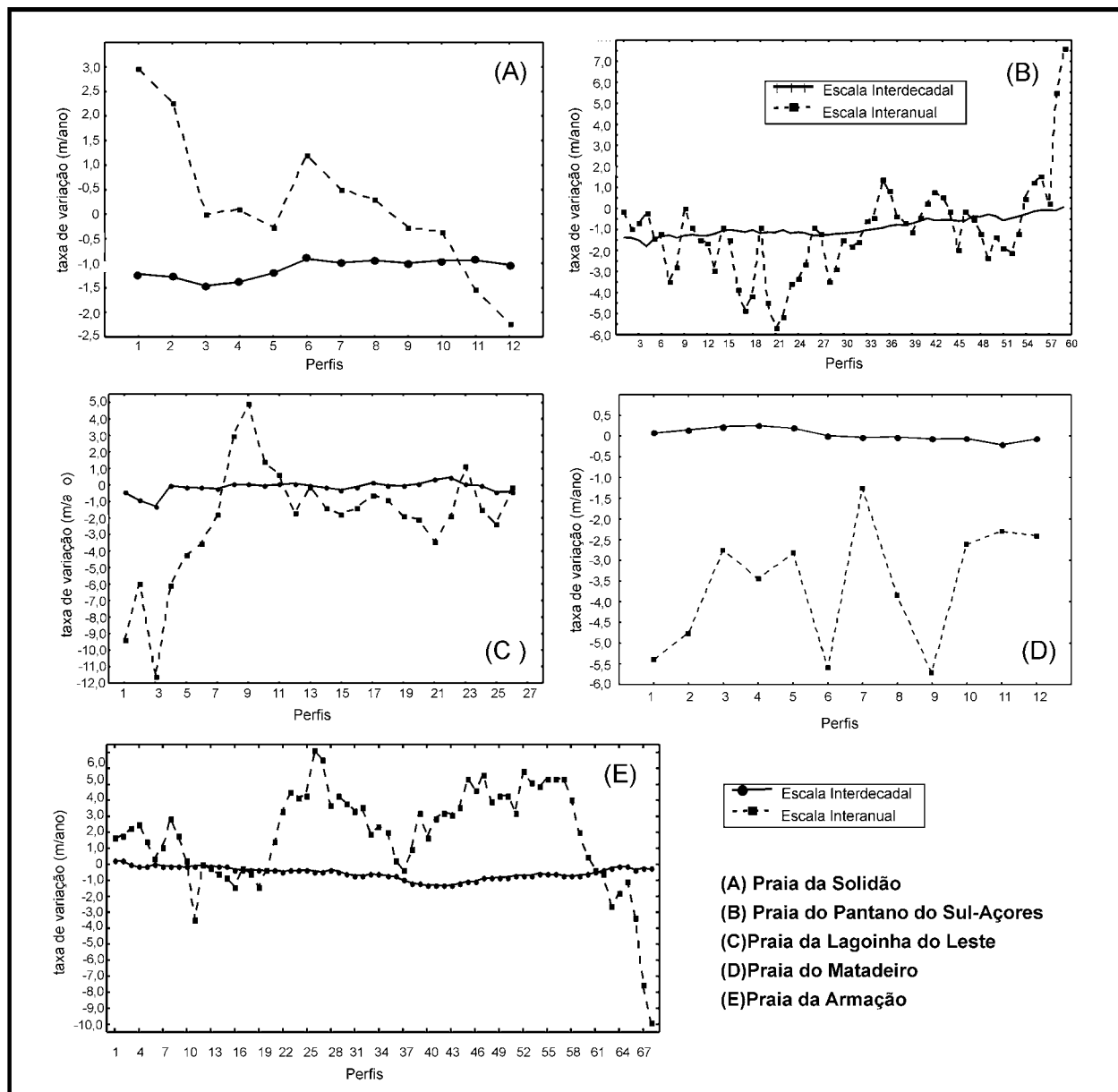


Figura 2. Taxas de variação da linha de costa, ao longo dos perfis longitudinais à linha de costa, em escala interdecadal (1938-2002) e escala interanual (1998-2002).

4.2. Praia dos Açores-Pântano do Sul

As praias dos Açores e do Pântano do Sul são denominações para um mesmo arco praial de orientação ENE-WSW com cerca de 2.100 m (Tab. 1, Figs. 2B e 4). Seu estágio morfodinâmico varia entre intermediário a reflexivo (Oliveira, 2004). Configura-se como uma enseada do tipo baía em espiral (Mazzer, 2004), a qual consiste de um arco côncavo com intensificação da curvatura da linha de costa na extremidade leste onde se desenvolvem distintos graus de exposição às ondulações de leste, sudeste e sul. A variação

interdecadal apresentou taxa de -0,90 m/ano e um recuo médio de -70 m em 64 anos, sendo que na porção sudoeste foram constatados valores de até duas vezes superiores ao valor médio. Já na escala interanual foi verificada uma taxa de -1,15 m/ano e um recuo médio de -4,39 m (Tab. 3). Longitudinalmente, neste arco praial, a tendência de aumento de erosão no sentido WSW ocorre nas duas escalas analisadas. No segmento WSW, mais exposto às ondulações do quadrante sul, ocorrem as maiores taxas em escala interdecadal, apontando, dessa forma, a importância do fator exposição no processo erosivo.

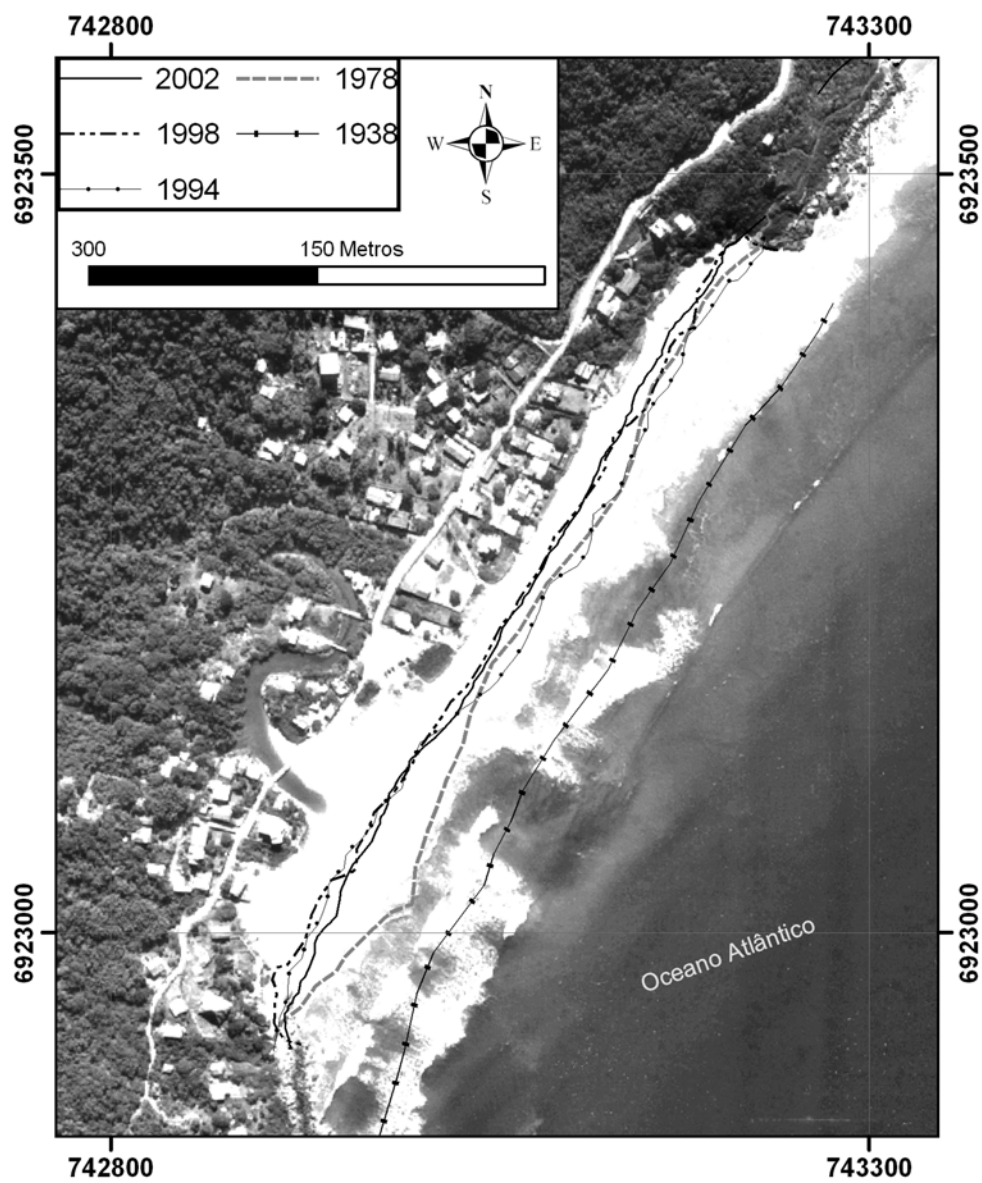


Figura 3. Variações temporais na posição da linha de costa na praia da Solidão.

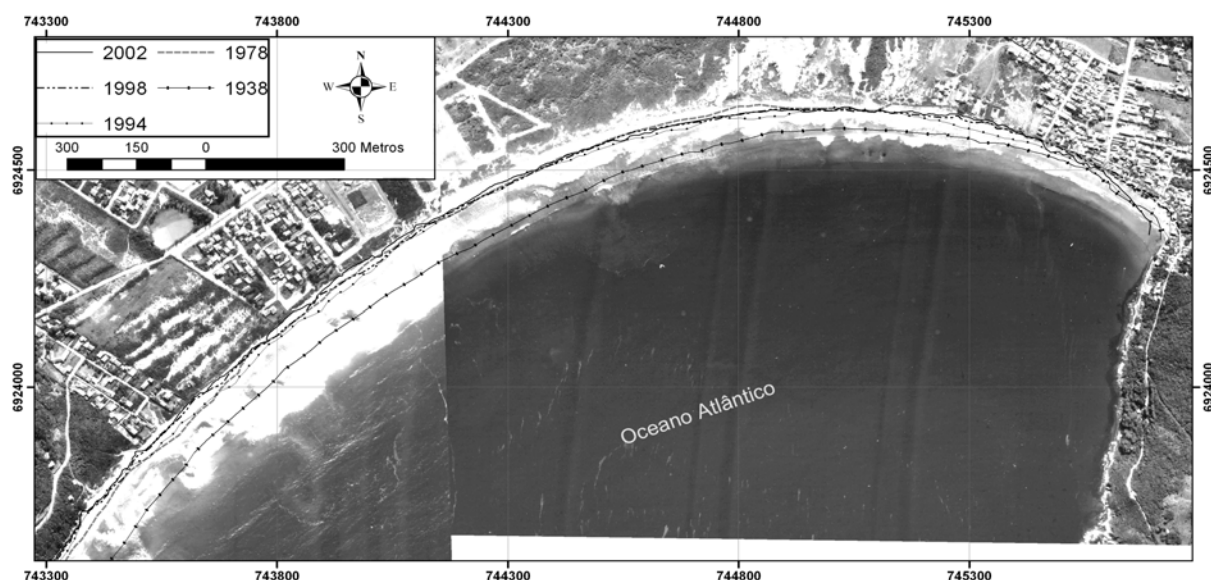


Figura 4. Variações temporais na posição da linha de costa na praia dos Açores - Pântano do Sul.

4.3. Praia da Lagoinha do Leste

A praia da Lagoinha do Leste possui uma linha de costa com orientação NNE-SSW, com cerca de 1.200 m de extensão. Apresenta-se em estágios dissipativos e intermediários, estando submetida a regime de alta energia. É uma das praias mais expostas às ondulações da Ilha de Santa Catarina. Situa-se encravada num promontório rochoso, não apresentando ocupação antrópica permanente (Tab. 1). A taxa média de variação da linha de costa em escala interdecadal foi de $-0,14$ m/ano, com recuo médio de $-24,19$ m, enquanto na escala interanual a taxa média foi $-2,04$ m/ano, e um recuo médio cerca de $-7,61$ m por ano (Tab. 3 e Figs. 2C e 5). As variações da linha de costa em escala interdecadal ao longo da praia são negativas, da porção sul até a desembocadura lagunar, onde tornam-se positivas. Deste segmento, em direção norte, as variações passam de nulas até tornarem-se negativas.

4.4. Praia do Matadeiro

A praia do Matadeiro é guarnecida por promontórios rochosos, apresentando no seu extremo norte a desembocadura do Rio do Peri. Sua linha de costa está orientada no sentido NW-SE, com extensão de 1.200 m. Apresenta perfil praiado dissipativo e condições semi-abrigadas, estando protegida das ondulações do quadrante sul. Contudo encontra-se exposta às ondulações de leste e às vagas de nordeste. A ocupação na

orla pode ser considerada de grau médio a alto (Tab. 1). Esta praia quase não apresentou mudanças na linha de costa interdecadal com taxa de $-0,01$ m/ano. Já em escala interanual apresentou taxa de variação de $-3,45$ m/ano e um recuo de cerca de -13 m. (Tab. 3 e Figs. 2D e 6). As oscilações da linha de costa mostram que, no segmento sul, as variações foram positivas em escala interdecadal e, negativas, em escala interanual. Verifica-se que, nos perfis, nos segmentos centro e norte da Praia do Matadeiro, houve recuo de forma geral, sendo maior na escala interanual e menor em escala interdecadal.

4.5. Praia da Armação

A praia da Armação é limitada pelo promontório rochoso do morro das Pedras ao norte, e pelo tómbolo formado entre a praia e a Ilha das Campanhas, ao sul, denotando uma enseada ou embaçamento em espiral. Estende-se por cerca de 3500 m, orientada no sentido N-S, e apresentando perfil refletivo ao norte passando a intermediário, nas porções centrais, e a dissipativo no sul (Castilhos, 1995). Consiste numa praia exposta às ondulações dos quadrantes (leste e sul), e apresenta um grau de ocupação crescente de norte para sul (Tab. 1). Em escala interdecadal exibiu uma taxa de variação de $-0,52$ m/ano, recuando aproximadamente 22 m (Tab. 3 e Figs. 2e e 7).

Na escala interanual, a taxa de variação foi de $+2$ m/ano com um avanço médio de $+6,8$ m, em média. A elevada amplitude de variação, que

atinge cerca de 7 m, além de um alto desvio padrão de até ± 11 m, expressa significativa mobilidade da linha de costa ao longo dos perfis, nesta escala.

O comportamento longitudinal deste arco mostra, na extremidade norte da praia, próximo

ao promontório rochoso, um avanço da linha de costa nas duas escalas, enquanto nos demais segmentos, houve recuo da linha de costa em escala interdecadal, e deposição em escala interanual.

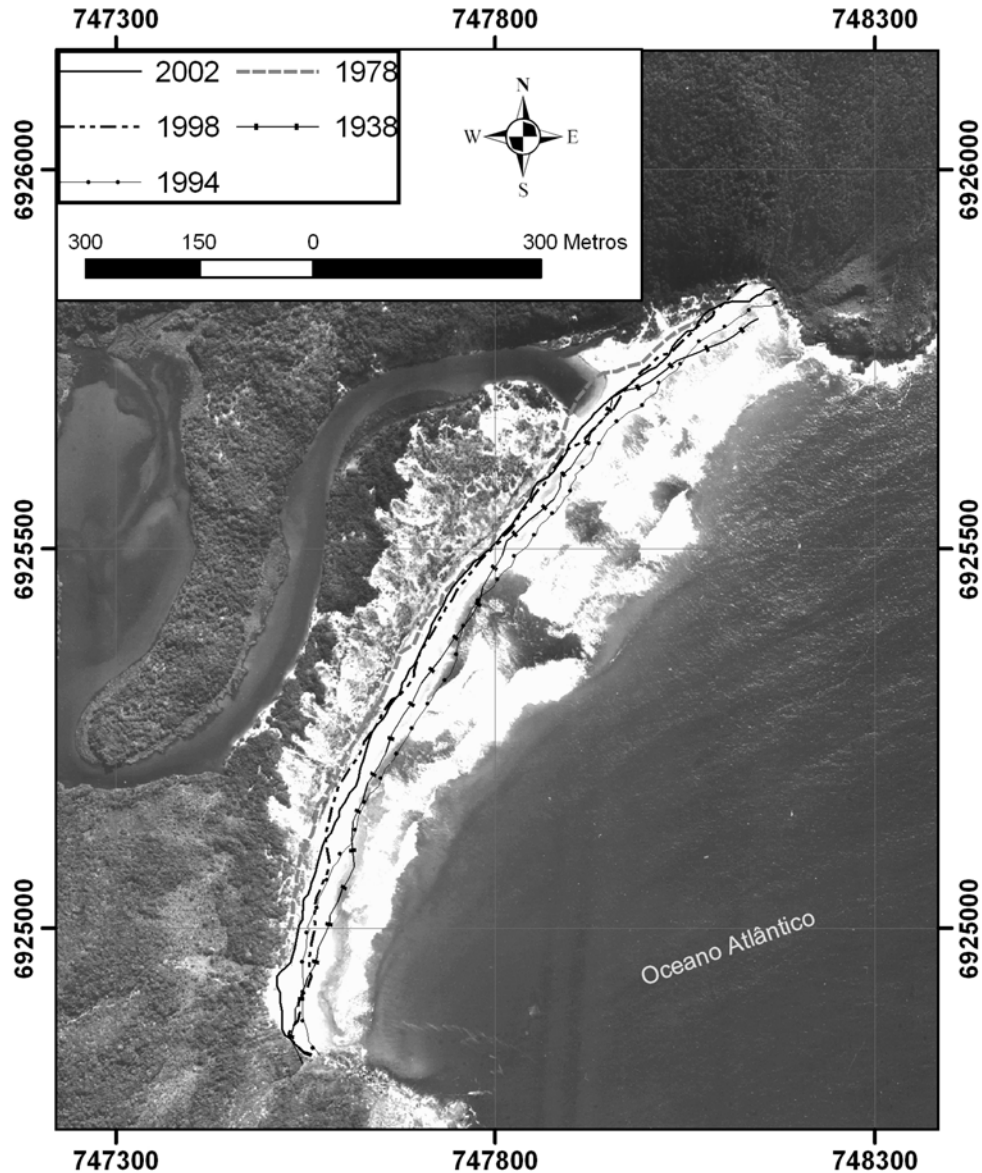


Figura 5. Variações temporais na posição da linha de costa na praia de Lagoinha do Leste.

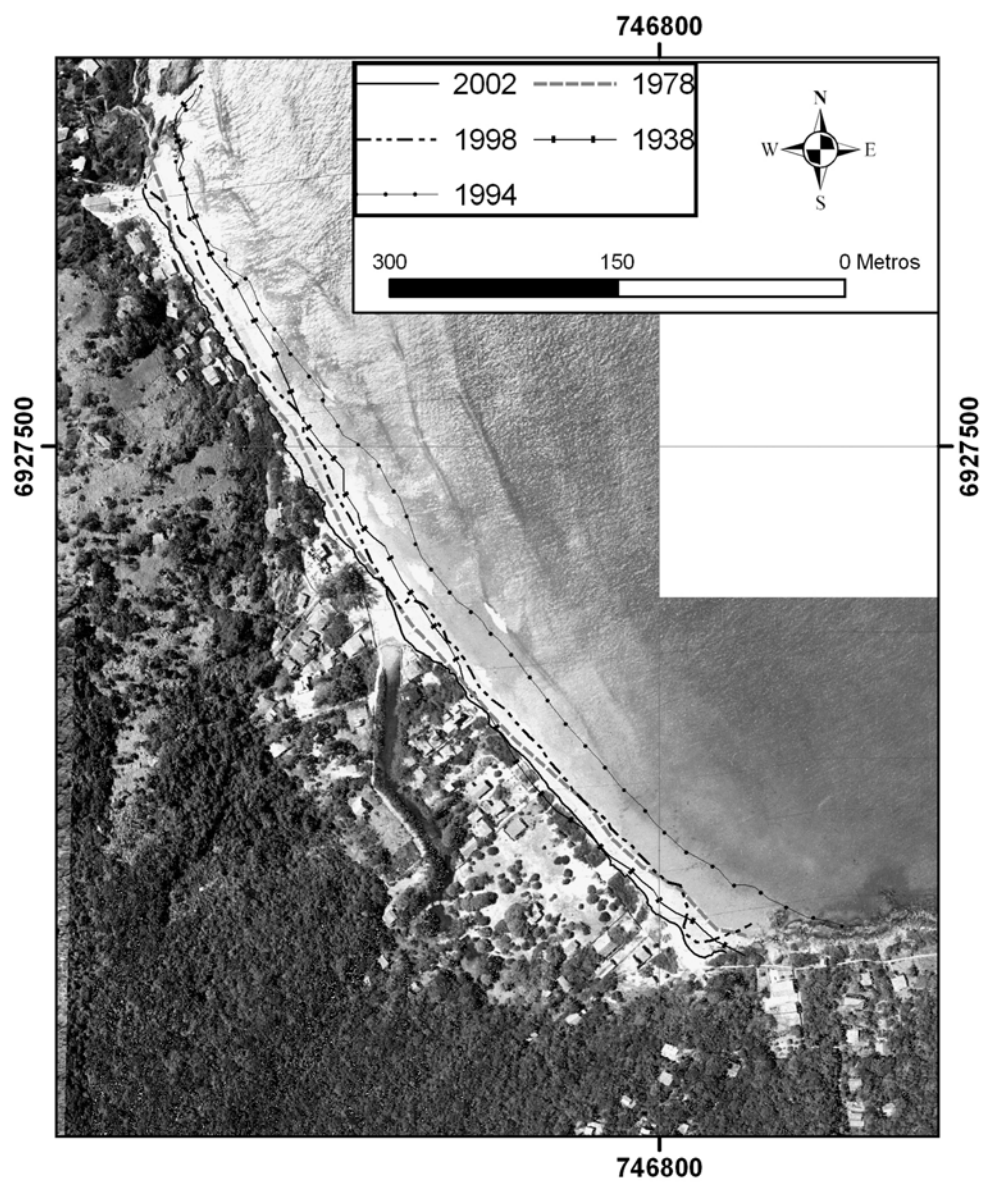


Figura 6. Variações temporais na posição da linha de costa na praia do Matadeiro.

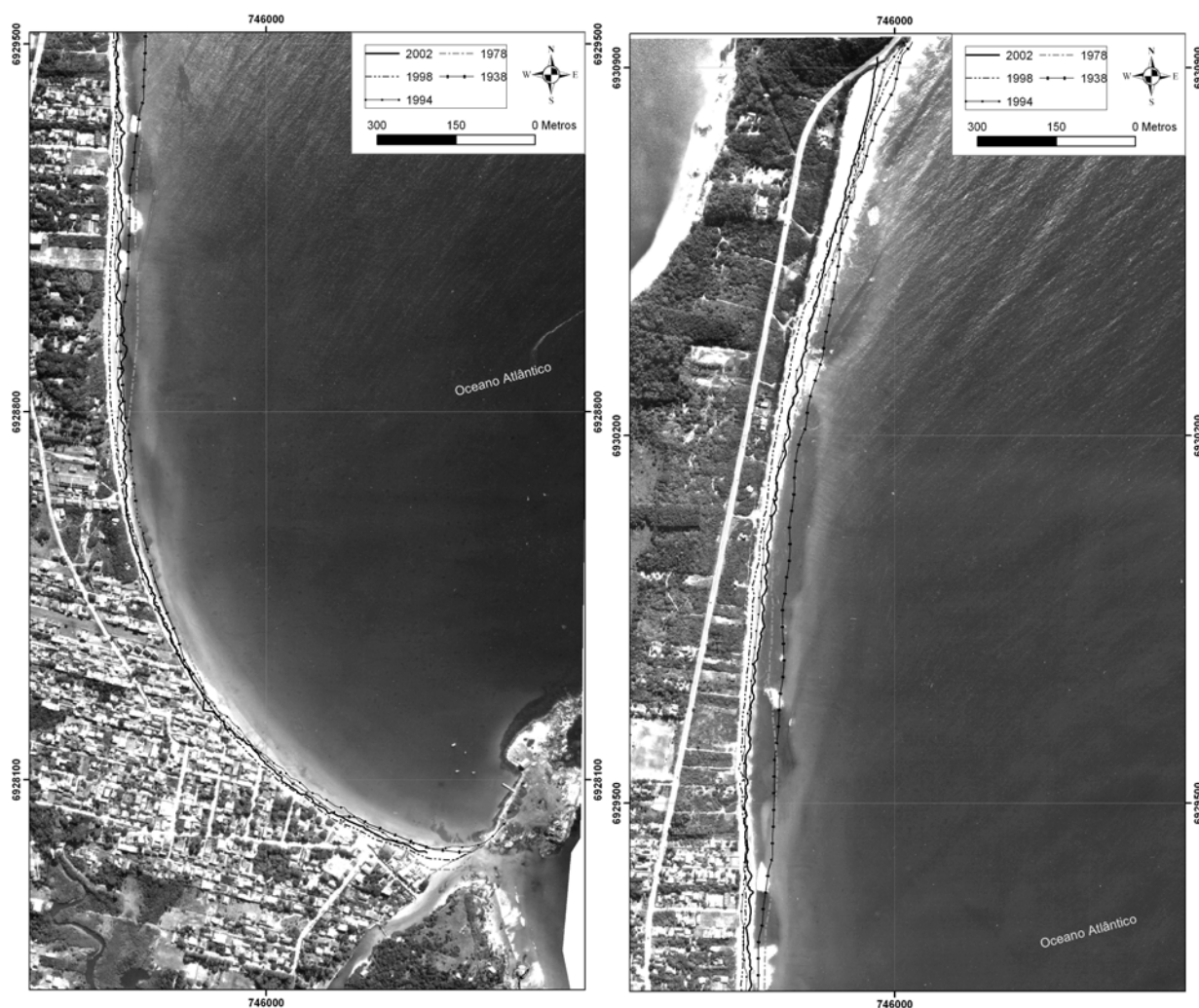


Figura 7. Variações temporais na posição da linha de costa na Praia da Armação.

5. Discussão

5.1. Tendências da linha de costa em longo prazo

Conforme Stive *et al.* (2002), a tendência evolutiva da linha de costa é relacionada à escala de longo prazo, representada no presente trabalho pelas variações em escala interdecadal (64 anos). A variação negativa da linha de costa em escala interdecadal, indica sua tendência erosiva. No entanto, a ampla dispersão em torno da média geral de recuo da linha de costa, reflete a desigualdade na área de estudo (Tab. 3 e Fig. 2). As maiores taxas de variação negativas ocorrem no trecho sul da área de estudo, no embaiamento que comporta as praias da Solidão e do Açores-Pântano do Sul.

Na praia da Solidão, a linha de costa teve mobilidade mais homogênea ao longo da praia, enquanto que o trecho praiar Açores-Pântano do

Sul apresentou taxas de variação negativas de baixo valor e nulas em alguns segmentos, como nas porções mais protegidas do extremo nordeste (Figs. 2B e 4). Em tais porções, a ocupação sobre as dunas frontais, fixou a linha de costa em muros e alicerces de edificações de bares e casas, as quais exibem evidências de processo erosivo, conforme Gre *et al.* (1997). No entanto, nesta mesma praia, a taxa de variação é maior na sua porção central e nas proximidades do promontório que faz limite com a praia da Solidão. Nestes dois locais, as maiores taxas de erosão, que atingiram cerca de $-1,80$ m/ano, refletem o aumento gradual de energia de onda no sentido SW (Mazzer, 2007). A elevada energia de ondas, combinada com trechos onde ocorre variação entre o perfil dissipativo e intermediário, ocasiona recuos da linha de costa entre 40 a 70 m em 64 anos. Tal ocorrência corrobora com as constatações de Mazzer (2004) e Oliveira (2004)

que haviam apontado para esta localidade, conhecida como Balneário dos Açores, a associação do processo erosivo com a maior exposição e convergência de raios de onda.

Já no local da área de estudo mais exposto às ondulações (praia da Lagoinha do Leste), a taxa de variação média foi menor frente a estas praias. Não obstante, ocorre ampla mobilidade ao longo de seu trecho praial, com uma taxa média de -0,14 m/ano e um desvio padrão de 0,35, ou seja, superior ao dobro de sua média (Tab. 3, Figs. 2C e 5).

Tal comportamento singular entre as praias analisadas sugere que as trocas de sedimentos sejam mais efetivas nesta praia, devido a maior exposição às ondas e ao estágio intermediário, com bancos e calhas, ora longitudinais, ora paralelos e favorecendo alto grau de troca de sedimentos longitudinalmente à linha de costa.

No entanto, vale ressaltar que as maiores mudanças de posição da linha de costa da praia da Lagoinha do Leste, de amplitude de 20 a 25 m, localizam-se nas adjacências da desembocadura da laguna homônima (Fig. 5). A mobilidade da desembocadura contribui para elevar o desvio padrão, já que está sujeita às variações promovidas pelas forçantes relacionadas à vazão da laguna, além daquelas promovidas pelo mar.

A alta mobilidade apresentada pela praia da Lagoinha do Leste parece estar associada ao seu estágio morfodinâmico dissipativo a intermediário. Comparando parâmetros entre os estágios morfodinâmicos de praias Short (1999) atribui ao estágio intermediário uma alta mobilidade. Apesar deste comportamento dinâmico da linha de costa, esta praia não apresenta intenso processo erosivo, o que está representado por baixo recuo médio em escala interdecadal (Tab. 3 e Figs. 2C e 5).

Na praia do Matadeiro, a taxa média é de apenas +0,01 m/ano, porém, o seu recuo médio foi de cerca de 13 m. Possivelmente, tal discrepância esta relacionada a transferências longitudinais à praia, ou seja, rotação praial no período de 64 anos (Figs. 2C e 5), pois percebe-se grande a alternância de variação entre os perfis dos extremos do arco praial. Conforme Short & Masselink (1999), rotação praial refere-se ao movimento periódico de areia de um extremo a outro da praia, geralmente associado à alternâncias cíclicas de direção de transporte de sedimento, como resposta à variação temporal do regime de ondas. Além disso, o resultado da taxa

média de variação foi suavizado pelo método de regressão linear iterativa *Jackknife*, o qual, ao desconsiderar uma das posições temporais da linha de costa em cada iteração, mascara o efeito de rotação praial, compensando a amplitude entre as variações nas médias de cada perfil. Pelo método de obtenção de taxa média de variação EPR (*End Point Rate*), a mesma praia apresentou cerca de -0,20 m/ano.

A praia da Armação apresenta, no extremo norte, perfil reflexivo, e variações positivas da linha de costa, apresentando taxa máxima de até +0,22 m/ano, enquanto, em seu extremo sul, onde o perfil passa a apresentar-se dissipativo, as taxas de variação são negativas e podem alcançar -1,34 m/ano (Tab. 3, Figs. 7 e 9). No trecho central da praia ocorrem as maiores taxas de variação negativa, associadas à maior exposição às ondulações, bem como à situação de transição entre o perfil reflexivo e dissipativo, ou seja, trechos de perfil intermediário, conforme Mazzer (2005).

O alto valor de desvio padrão encontrado nos transectos da Praia Armação, de forma similar à Praia Açores-Pântano do Sul (Tab. 3), pode estar associado à variação do estágio morfodinâmico ao longo da praia (Castilhos, 1995; Mazzer, 2005), ainda que no primeiro caso tal variação seja mais ampla. Souza & Suguio (2003) encontram uma relação entre estágio morfodinâmico praial, mobilidade da linha de costa e suscetibilidade à erosão costeira nas praias do litoral paulista. Na praia da Armação, a erosão diminui nos trechos onde o perfil é reflexivo e aumenta nos perfis intermediários, voltando a diminuir na porção dissipativa, mais abrigada. O mesmo comportamento é observado na praia de Pântano do Sul-Açores, com a diferença de que nesta última não existem trechos com perfil reflexivo.

Na costa do Paraná, as variações da linha de costa foram estudadas por Angulo (1993), em quatro décadas, que encontrou variações na escala de dezenas a centenas de metros, com valores (positivos e negativos) entre 50 a 200 m entre os períodos de 1952 a 1980. Caso as taxas de variação anuais fossem calculadas diretamente, os valores alcançariam cerca de 1,8 a 7 m/ano. Apesar do valor elevado, deve-se relevar que as maiores variações encontram-se associadas às desembocaduras de grandes estuários costeiros (baías de Paranaguá, de Guaratuba e Mar de Ararapira).

Soares *et. al.* (1994) estimaram a variação

de volumes e área da linha de costa do Balneário de Pontal do Sul, Estado do Paraná, a partir de aerofotos datadas de 1953 e 1993 (em escalas de 1:2.000 e 1:10.000, respectivamente), juntamente com perfis praias. Estes autores encontraram valores de centenas de metros, superiores a 500 m de variação positiva, além de alcançar em determinado intervalo temporal, taxa de variação de até +14,8 m/ano.

Já na América do Norte, costa de Maryland, EUA, Crowel *et al.* (1993) determinaram uma taxa de recuo da linha de costa de -0,63 e -0,69 m/ano em 127 anos (1847-1971) e 63 anos (1908-1971), respectivamente. Os autores enfatizam o aumento da taxa de erosão associado com a diminuição do intervalo de tempo medido. Este mesmo comportamento foi constatado na área do presente estudo. Além disso, os autores destacam que os locais com maior influência antrópica nem sempre apresentam as maiores taxas médias de recuo, tal qual observado nas praias da Lagoinha do Leste. Na área de estudo, ocorreram maiores variações temporais da linha de costa nas praias mais extensas situadas em embaçamento espiral. Tal fato sugere uma relação entre o balanço de sedimentos e o sistema de células costeiras em embaçamentos em espiral, onde, conforme Carter (1988), a instalação de uma zona de fluxo de retorno (*downdrift*) torna-se ponto potencial de balanço sedimentar negativo. Nas praias dos Açores-Pântano do Sul e Armação, os pontos de maior erosão estão associados a correntes de retorno, conforme já indicado em outros trabalhos (Castilhos, 1995; Mazzer, 2004, 2007; Oliveira, 2004).

5.2. Variações diferenciadas entre as escalas

As taxas de variação média da linha de costa no trecho estudado foram de $-0,59 \pm 0,49$, em 64 anos, e $-0,22 \pm 3,21$ m/ano, em 4 anos (Tab. 3). Conforme Carter (1988), a sensibilidade da linha de costa como elemento morfológico pode ser medida em diversos intervalos de tempo. Cada intervalo representa uma resposta a processos costeiros, que ocorrem em diferentes frequências.

Os dados médios encontrados, além de expressarem uma tendência erosiva em diferentes escalas, ressaltam que ocorre uma dispersão maior ao longo das praias e entre estas, na escala interanual. Este comportamento pode ser decorrente de variações de alta frequência no

balanço sedimentar ao longo das praias relacionadas, por exemplo, a mudanças no regime de ondas ligadas a fenômenos de “*El nino*” e “*La nina*”, conforme já destacado em Souza & Angulo (2003).

Crowel *et al.* (1991) observam que, quanto maior é o intervalo de tempo utilizado, menores são os “ruídos”, ou seja, a influência das variações de maior frequência (ex. variações sazonais) nos dados. Tal influência tende a diminuir na medida em que aumenta o intervalo temporal das observações (Fig. 2).

A ampla dispersão na taxa média interanual denota respostas da linha de costa de maior frequência, provavelmente relacionadas a processos de curto prazo, tais como mudanças no perfil praias devido à incidência de ondas de tempestades, variações sazonais, entre outros. Igualmente, a diminuição do desvio padrão na escala interdecadal pode estar representando a filtragem das condições variantes de escala sazonal e interanual da linha de costa.

Short & Trembanis (2004) encontraram a partir da análise de série temporal de 26 anos de perfis praias (Narrabeen, Austrália), maior variabilidade da linha de costa na escala interanual (1 a 5 anos).

No entanto, apesar da taxa média de erosão em escala interdecadal ser superior a quase o triplo da média em escala interanual, em segmentos específicos de algumas praias o recuo da linha de costa em escala interanual foi superior em cerca de 30% frente a escala interdecadal.

Souza & Angulo (2003) avaliaram as variações da linha de costa no município de Itapoá (SC) na escala decadal, através de aerofotos entre o período de 1957, 1978 e 1995 (escala de 1:25.000), e através de perfis topográficos praias na escala interanual. Os autores encontraram variações negativas superiores a 250 m em 38 anos, remetendo à taxa média de erosão anual acima de -6,5 m/ano, enquanto que em três anos a taxa média foi de -2,3 m/ano (entre 1997 a 2000). Neste caso, a taxa média interdecadal é cerca de três vezes superior às variações interanuais, mostrando-se de forma similar ao comportamento da linha de costa na área de estudo.

A correlação linear entre escala interanual e interdecadal das respostas da linha de costa das praias estudadas, expressas em taxas de variação anual média, foi verificada para situações com e sem a Praia da Armação. Devido

ao baixo coeficiente observado no primeiro caso (Fig. 8A), foi considerado apenas o segundo (Fig. 8B), cujos dados médios demonstram correlação inversa aceitável (em $p < 0.005$). Nesta figura observa-se que, de forma geral, no trecho entre a praia da Solidão e Praia do Matadeiro, quanto maior é a taxa média de recuo em escala interdecadal, menores são as taxas médias de recuo em escala interanual. Tal fato sugere que essas praias apresentam respostas semelhantes às variações, nas escalas analisadas.

5.3. Variações da linha de costa ao longo das praias

As praias analisadas apresentaram comportamentos distintos quanto às taxas de variação ao longo de cada compartimento praiial, conforme se observa nas tabelas 3 e 4. A correlação entre os transectos (perfis) nas diferentes escalas só foi observada nas praias de Pântano do Sul, Lagoinha do Leste e Praia da Armação, sugerindo uma resposta semelhante em diferentes escalas, ainda que com magnitudes distintas.

Tabela 4 - Índice de correlação de *Pearson* entre perfis de cada praia, frente sua variação em escala interanual e escala interdecadal.

Nome da praia	Índice de correlação (r) (Pearson) ($p < 0,05$)
Praia da Solidão	0,3
Praia dos Açores- Pântano do Sul	0,52
Praia da Lagoinha do Leste	0,63
Praia do Matadeiro	0,27
Praia da Armação	0,4

A praia da Solidão apresentou-se em erosão, de forma geral em prazo maior, seguida pelo Arco praiial Açores - Pântano do Sul. No entanto, as maiores taxas na escala interanual ocorrem nas extremidades da praia próximas aos promontórios rochosos, geralmente relacionados à ocorrência de correntes de retorno, convergência dos raios de onda, ou, no caso do Pântano do Sul, ocupação generalizada sobre dunas frontais.

As taxas de variação da linha de costa no intervalo de 4 anos apresentaram oscilação marcante nos pontos centrais da praia, ocorrendo

alternâncias entre perfis deposicionais e erosionais.

Na praia da Lagoinha do Leste, que apresentou o maior coeficiente de correlação (Tab. 4), as variações ao longo do arco praiial tiveram comportamento correlato entre as escalas analisadas. De forma semelhante à porção sul da praia dos Açores-Pântano do Sul, esta praia apresenta-se mais exposta e mostrou a maior taxa de erosão, com valor elevado (-11,6 m/ano).

A praia do Matadeiro mostrou-se estável ao longo de 68 anos, no entanto em 4 anos as taxas de variação de linha de costa apresentaram-se com alta amplitude e alternadamente oscilantes, exibindo respostas bem distintas nas escalas analisadas, assim como a Praia da Solidão (Tabelas 3 e 4).

Já na Praia da Armação, as variações entre os distintos períodos foram fracamente correlacionadas, sendo que apenas as tendências de avanço da linha de costa nos extremos da praia apontam semelhanças.

Em todas as praias analisadas em escala interanual, as oscilações longitudinais das taxas de variação, ou seja, ao longo dos arcos praiiais, são muito mais evidentes. Estas oscilações ocorrem em espaçamentos constantes. Nas praias mais expostas (praia da Armação, Lagoinha do Leste e Açores) tal comportamento mostra-se rítmico, sugerindo a existência de células costeiras permanentes. Estas células podem indicar a ocorrência da transferência de sedimentos entre o pós praia e a antepraia. Para Crowell *et al.* (1991) as trocas sedimentares entre a plataforma continental interna e a porção subaérea da praia ocorrem em escala interanual, as quais estariam ocultadas nas análises de longo prazo. No entanto, Stive *et al.* (2002) consideram que a antepraia, especialmente a zona de surfe, possui ciclos sedimentares naturais em escala interdecadal, porém, a presença de estruturas e modificações antrópicas podem induzir a mudanças em escala interanual. No mesmo sentido, sugere-se que a diferença entre as praias estudadas, no que se refere a suas taxas médias de variações interanuais, decorre da influência de fatores como: nível de exposição, estágio morfodinâmico, interferência antrópica e, sobretudo, questões relacionadas a ajustes de curto prazo no balanço sedimentar próprio de cada compartimento praiial.

A diminuição do desvio padrão e da amplitude de variação (valores mínimos e máximos), da escala interanual para a escala interdecadal, indicam que tais oscilações estabilizam-se em menos de 64 anos.

Já as variações em escalas interdecadais parecem ressaltar mais a influência de aspectos ligados à evolução costeira e processos de longo em médio prazo, tais como: variações no regime de ondas, migração de ondas de areia (*sand waves*) (Stive *et al.*, 2002), rotação praial e balanço sedimentar.

Devido à escala interanual apresentar variações de largura praial proporcionalmente maiores, sua consideração para fins de planejamento costeiro é de extrema importância, porque tais variações indicam a existência de praias com maior sensibilidade aos processos morfodinâmicos e modificações antrópicas, como

são exemplos a Praia da Lagoinha do Leste e a Praia do Matadeiro. O mesmo ocorre ao longo dos perfis que apresentam grandes amplitudes de variação na mesma praia, indicando pontos de instabilidade, independente de a variação ser positiva ou negativa. Tais respostas da linha de costa, aliadas a sua tendência em escala interdecadal, não só permitem distinguir o trecho de cada praia pelo seu comportamento em termos de mobilidade, como também relacioná-los ao estágio morfodinâmico de praia e a configuração fisiográfica.

Desta forma, a presente abordagem multitemporal, mostra-se útil para fins de planejamento e gestão costeira, pois permite realizar análise de alternativas de ocupação (entre praias e trechos costeiros) a partir do cruzamento de tendências de maior prazo e respostas de curto prazo.

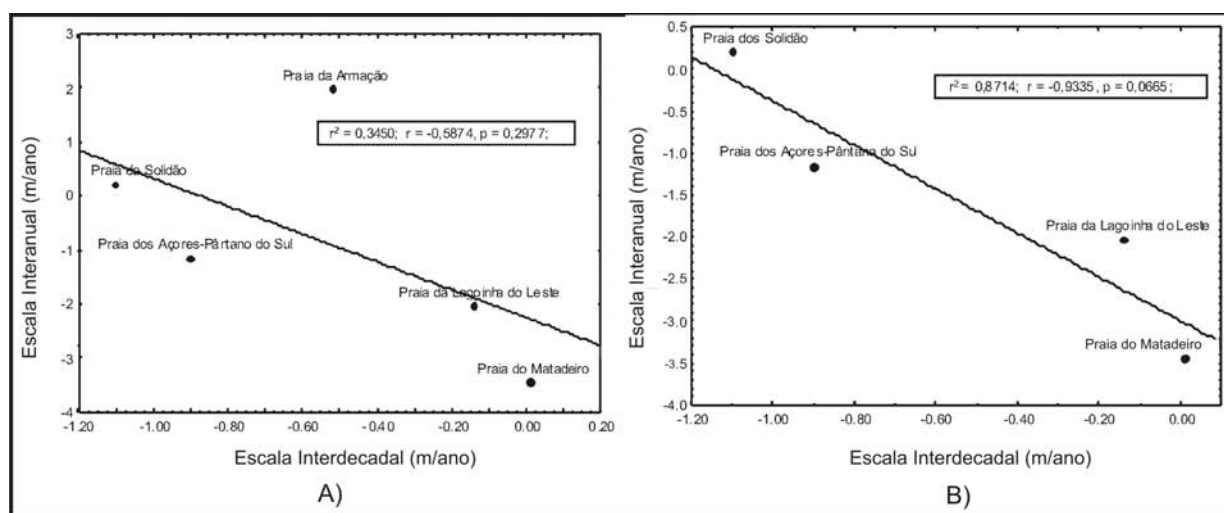


Figura 8. Regressão linear entre as taxas médias de variação de linha de costa em escalas interanual (1998-2002) e interdecadal (1938-2002); (A) todas as praias; (B) sem a presença da Praia da Armação.

6. Considerações finais

O processo erosivo predomina no trecho do sudeste da Ilha de Santa Catarina. As variações de respostas em escala interdecadal entre as praias ressaltam a influência da configuração espacial (orientação, exposição) e dos aspectos morfodinâmicos de médio prazo (estágio morfodinâmico, rotação praial). Já em escala interanual refletem as respostas aos processos ligados a eventos de alta energia e variações sazonais e interanuais, nas condições hidrodinâmicas e meteorológicas.

Tal avaliação corrobora a maior parte dos trabalhos quanto à necessidade de se utilizar

intervalos de tempo superiores a décadas, afim de se obter dados mais filtrados das variações de freqüências maiores para repostas mais precisas sobre processos erosivos. Dessa forma, as avaliações em longo prazo são mais adequadas para se trabalhar na escala histórica, assim como colocado por Crowell *et al.* (1991, 1993), Leathermann (2003), Galgano & Douglas (2000), entre outros.

Para fins de planejamento e gerenciamento costeiro, ambas as escalas - interdecadal e interanual - são importantes dentro do contexto de escala histórica. Enquanto as tendências de longo prazo proporcionam cenários futuros e a delimitação de recuos para a ocupação da faixa

litorânea, expressando tendências erosivas, as variações interanuais permitem avaliar a amplitude da extensão retrabalhada em curto prazo. Isso indica que as áreas contíguas à linha de costa possuem condições de restrição a usos e atividades antrópicas, por expressarem instabilidade morfodinâmica, mesmo que essas áreas se recuperem em períodos posteriores, como parte da ciclicidade de processos morfodinâmicos.

A relação entre as respostas da linha de costa a processos costeiros em diferentes escalas ainda precisa ser melhor entendida, necessitando de maiores investigações sobre a influência que uma escala exerce sobre a outra, em diferentes tipos de praia.

De forma geral, a avaliação da variação temporal da linha de costa constitui-se em uma ferramenta de grande utilidade para fins de pesquisa e aplicações em gestão ambiental, sendo desejável a avaliação de diferentes escalas temporais de forma separada, para serem posteriormente integradas na análise de um contexto histórico.

Referências

- Anders, F.J. & Byrnes, M.R.; 1991. Accuracy of shorelines change rates as determined from maps and aerial photographs. *Shore and Beach*, 59 (1):17-26.
- Angulo, R.J. 1993. Variações na configuração da linha de costa no Paraná nas últimas quatro décadas. *Boletim Paranaense de Geociências*, 41: 52-72.
- Araújo, C.E.S., Franco, D., Melo, E. & Pimenta, F. Wave regime characteristics of the southern brazilian coast. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON COASTAL AND PORT ENGINEERING IN DEVELOPING COUNTRIES, CODEPEC, 6., 2003, Colombo, Sri Lanka. *Proceedings...* Colombo, Sri Lanka, p. 1- 15.
- Bigarella J.J.; Becker R.D. & Santos G.F. 1994. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. Florianópolis, UFSC, 429 p.
- Bird, E.C.F. 1985. *Coastline Changes: a global review*. Chinchester, John Wiley & Sons, 219 p.
- Brunn, P. 1962. Sea level rise as a cause of shoreline erosion. *Journal of Waterways and Harbor*, 88: 117-130.
- Camfield, F.E. & Morang, A. 1996. Defining and interpreting shoreline change. *Ocean and Coastal Management*, 32 (3):129-151.
- Caruso Júnior, F. 1993. Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina: texto explicativo e mapa. *Notas Técnicas*, (6): 1-28. Escala: 1:100.000.
- Carter, R.G.W. 1988. *Coastal Environments: an introduction of physical, ecological and cultural systems*. London, Academic Press, 617p.
- Castilhos, J.A. 1995. *Estudo evolutivo, sedimentológico e morfodinâmico da planície costeira e Praia da Armação - Ilha de Santa Catarina, SC*. Florianópolis, 134 p. Dissertação de Mestrado, Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Crowell, M., Leatherman, S.P. & Buckley, M.K.; 1991. Historical shoreline change: error analysis and mapping accuracy. *Journal of Coastal Research*, 7 (3):839-852.
- Crowell, M., Leatherman, S.P. & Buckley, M.K. 1993. Shoreline change rate analysis: long term versus short term data. *Shore and Beach*, 61(2):13-20.
- Cruz, O. 1996. *A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo: um estudo de geomorfologia costeira*. Florianópolis, UFSC, 276 p.
- Dominguez, J.M.L., Bittencourt, A.C. da S.P. 1996. Regional assessment of long-term trends of coastal erosion in Northeastern Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68 (3):355-371.
- MARINHA DO BRASIL. Centro de Hidrografia da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. *Tabua de marés: porto de Florianópolis-SC*. Disponível em: <<http://www.mar.mil.br/dhn/chm/tabuas/60245Jan2005.htm>>. Acesso em: 22 ago. 2005.
- Dillenburg, S., Esteves, L.S. & Tomazelli, L. 2004. A critical evaluation of coastal erosion in Rio Grande do Sul, Southern Brazil, *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 76 (3):611-623. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/aabc/v76n3/a14v76n3.pdf>>. Acesso em: 25 nov. 2005.
- Dolan, R., Fenster, M.S. & Holme, S.J. 1991. Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*, 7(3): 723-744.
- Galgano, F.A. & Douglas, B.C. 2000. Shoreline prediction: methods and errors. *Environmental Geosciences*, 7 (1):23-31.
- Gre, J.C.R.; Castilho, J.A. & Horn Filho, N.O. 1997. Quaternary deposits of the pântano do sul beach, Santa Catarina Island, Brazil. In: COLÓQUIO FRANCO-BRASILEIRO DE MANEJO COSTEIRO DE ILHA DE SANTA CATARINA, 1997, Florianópolis. *Atas...*, Florianópolis, UFSC, p. 211-218.
- INTERNATIONAL PANEL OF CLIMATE CHANGE. 2001. *Climate Change 2001: impacts, adaptation and vulnerability*. Geneva, IPCC. Disponível em: <<http://www.ipcc.ch/ipccreports/tar/wg2/index.php?idp=0>>. Acesso em: 02 mar. 2006.
- Leatherman S. 1983. Map accuracy and errors: shoreline mapping. *Shore and Beach*, 7:28-33.
- INSTITUTO DE PLANEJAMENTO URBANO DE FLORIANÓPOLIS. 2002. *Levantamento aerofotogramétrico da Ilha de Santa Catarina*. Florianópolis, Aeroconsult Aerolevantamentos e Consultoria S/A. 20 ortofotocartas. Escala 1:2.000. Fotos 3,4,8,10, 13,14,15,16,18,23,24,26,35,42,43, 48,49,50,55,60.
- Leatherman, S. 2003. Shoreline change mapping and

- management along the U.S. East Coast. *Journal of Coastal Research*, (38): 5-13. Número especial.
- IPUF - Instituto de Planejamento Urbano de Florianópolis. 1994. Levantamento aerofotogramétrico: aglomerado urbano de Florianópolis. Florianópolis, Esteio Engenharia e Aerolevantamentos S.A 16 foto aéreas. Escala: 1.25.000. Faixas 7B,8A,9A,10B. Fotos 7B-24, 7B-25, 7B-26, 8A-30,8A-31, 9A - 269A-27,9A-28, 9A-29, 9A-30, 9A- 35, 9A-36, 10B-01, 10B-02,10B-03,10B-04
- Mazzer, A.M. 2004. Análise da vulnerabilidade costeira com uso de sistema de informação geográfica: uma aplicação ao trecho litorâneo sul da Ilha de Santa Catarina.. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 5., 2004, Santa Maria. *Anais...* Santa Maria, Brazil. 1 CD-Rom.
- Mazzer, A.M. 2005. Aplicação de taxas de variação da linha de costa na Praia da Armação. In: CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO, 10., 2005, Guarapari. *Anais...* Guarapari. 1 CD-ROM.
- Mazzer, A.M. 2007. *Proposta metodológica de análise de vulnerabilidade da orla marítima à erosão costeira: aplicação na costa sudeste da Ilha de Santa Catarina, Florianópolis-SC, Brasil*. Porto Alegre, 169p. Tese de Doutorado, Programa de Pós-graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Miot, G. 2004. *Efeito do estado de equilíbrio em planta na sedimentologia de praias desenvolvidas entre promontórios*. Porto Alegre, 134p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Moore, L.J. 2000. Shoreline mapping techniques. *Journal Coastal Research*, 16(1):111-124.
- Nimer, E. 1979. *Climatologia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, 421 p.
- Oliveira, U.R. 2004. *Comportamento morfodinâmico e granulometria do arco praial Pântano do Sul - Açores, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil*. Florianópolis, 102 p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Curso de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Porto Filho, E. 1993. *Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição - Ilha de Santa Catarina*. Florianópolis, 343p. Dissertação de Mestrado em Geografia, Curso de Pós-graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- Rosa, O.R. & Herrman, M.L. 1986. Geomorfologia. In: SANTA CATARINA. Gabinete de Planejamento e Coordenação Geral. *Atlas de Santa Catarina*. Rio de Janeiro: Aerofoto Cruzeiro, p. 31-32.
- Silveira, J.D. 1964. Morfologia do litoral. In: Azevedo, A. (Ed.). *Brasil: a terra e o homem*. São Paulo, Nacional, p. 253-305. (As bases físicas, v.1).
- Short, A.D. 1999. Wave dominated beaches. In: Short, A.D. (Ed.) *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester, Wiley & Sons, 379 p.
- Short, A.D. & Masselink, G. 1999. Embayed and structurally controlled beaches. In: Short, A.D. (ed.) *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. Chichester, Wiley & Sons, 379 p.
- Short, A.D. & Trembanis A.C. 2004. Decadal scale patterns in beach oscillation and rotation narrabeen beach, Australia - time series, PCA and wavelet analysis. *Journal of Coastal Research*, 20 (2):523-532.
- Soares, C.R., Paranhos Filho, A.C., Souza, M.C., Branco, J.C., Fabianovicz, R., Prazeres Filho, H. & Kogut, J.S. 1994. Variações na linha de costa no Balneário Pontal do Sul (PR) no período 1953-1993: um balanço sedimentar. *Boletim Paranaense de Geociências*, 42 :161-171.
- Souza, C.R.G. 1997. *As células de deriva litorânea e a erosão nas praias do Estado de São Paulo*. São Paulo, 184 p. Tese de Doutorado em Geologia, Instituto Geológico, Universidade Federal de São Paulo.
- Souza, M.C. & Angulo, R.J. 2003. Decadal and inter-annual variations of shoreline and beach volumes in Itapoá (Santa Catarina, Brazil). *Journal of Coastal Research*, 35 : 202-208. Número especial.
- Souza, C.R.G. & Suguio, K. 2003. The coastal erosion risk zoning and the São Paulo State Plan for Coastal Management. *Journal of Coastal Research*, 35: 530-547. Número especial.
- Stive, J.F., Aarninkhof, H. L., Hanson, H., Larson, M., Winjnberg, K.M., Nicholls, R.J. & Capobianco, M. 2002. Variability of shore and shoreline evolution. *Coastal Engineering*, 47:211-235.
- Thieler, E.R., Martin, D. & Ergul, A. 2003. The digital shoreline analysis system, version 2.0: shoreline change measurement software extension for ArcView. *USGS Open-File Report*, p. 3-76.
- Trucollo, E.C. 1998. *Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul - SC*. Florianópolis, 100p. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Zanini, L.F.P., Branco, P.M., Camozzato, E. & Ramgrab, G.E. (orgs.) 1997. *Programa de levantamentos geológicos básicos do Brasil: carta geológica. Florianópolis/Lagoa. Folha SG. 22-Z-D-V/VI. Estado de Santa Catarina*. Brasília, DNPM/CPRM, 223 p. Escala 1:100.000.