

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ALTERAÇÕES NA DERIVA LITORÂNEA E  
NO BALANÇO SEDIMENTAR: MOLHES DO RIO  
MAMPITUBA E PRAIAS ADJACENTES, DIVISA ENTRE  
OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA  
CATARINA**

**LUCIANO ALBUQUERQUE ZASSO**

Porto Alegre - 2012

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**ALTERAÇÕES NA DERIVA LITORÂNEA E  
NO BALANÇO SEDIMENTAR: MOLHES DO RIO  
MAMPITUBA E PRAIAS ADJACENTES, DIVISA ENTRE  
OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA  
CATARINA**

**LUCIANO ALBUQUERQUE ZASSO**

ORIENTADOR – Prof. Dr. Eduardo Guimarães Barboza

CO – ORIENTADOR – Prof. Dr. Nelson Luiz Sambaqui Gruber

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Ricardo Norberto Ayup-Zouain – Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Prof. Dr. César Goso Aguilar – Facultad de Ciencias, Universidad de La República. Montevideo

Prof. Dr. Rubén Álvaro López – Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires

Dissertação de Mestrado apresentada  
como requisito parcial para obtenção  
do Título de Mestre em Geociências.

Porto Alegre - 2012

## CIP - Catalogação na Publicação

Zasso, Luciano Albuquerque  
ALTERAÇÕES NA DÉRIVA LITORÂNEA E NO BALANÇO  
SEDIMENTAR: MOLHES DO RIO MAMPITUBA E PRAIAS  
ADJACENTES, DIVISA ENTRE OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO  
SUL E SANTA CATARINA / Luciano Albuquerque Zasso. --  
2012.  
58 f.

Orientador: Eduardo Guimarães Barboza.  
Coorientador: Nelson Luiz Sambaqui Gruber.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Instituto de Geociências,  
Programa de Pós-Graduação em Geociências, Porto  
Alegre, BR-RS, 2012.

1. Deriva Litorânea. 2. Balanço de Sedimentos. 3.  
Molhes do Rio Mampituba. I. Barboza, Eduardo  
Guimarães, orient. II. Gruber, Nelson Luiz Sambaqui,  
coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os  
dados fornecidos pelo(a) autor(a).

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a minha família por todo o amparo desde o início da minha jornada até presente momento, o suporte deles foi fundamental, proporcionando ambiente amplamente favorável para realização dos meus estudos.

À convivência com meus colegas de curso no CECO-UFRGS, os quais se tornaram amigos: Rogério, Luana, Felipe, Julio, Renato Há, Anderson, Leonardo Thunder, Thomas e Heitor, com quais aprendi o tempo todo dentro do âmbito teórico e prático, aprendizados esses que levarei adiante ao longo da vida.

Aos colegas do LABGERCO: Rafael, Ricardo, Caetano, Tabajara, Professora Tânia e em especial ao coordenador Professor Nelson pelo suporte dado durante todo o trabalho, principalmente nos campos realizados nos quais Rick e Rafa tiveram papel fundamental.

Ao meu orientador, Professor Eduardo, pela objetividade a qual abordou questões do trabalho e pela amizade desenvolvida.

Ao Professor Nelson pela amizade, acompanhamento e oportunidades por ele promovidas ao longo desta caminhada.

Aos demais professores do CECO pelas aulas e saídas de campo de altíssima qualidade.

À Caroline, minha amada companheira que encontrei ao longo do trabalho e me apoiou em todos os sentidos.

Por fim, acredito que nada seria possível fora da Vontade de Deus.

## RESUMO

O Rio Mampituba deságua no Oceano Atlântico e demarca a fronteira litorânea dos Estados de Santa Catarina (SC) e Rio Grande do Sul (RS) na Planície Costeira Sul Brasileira. Ao longo deste limite costeiro existem duas interrupções na deriva litorânea, uma composta pelos afloramentos de rochas da Bacia do Paraná no município de Torres-RS e a outra pelo Rio Mampituba. A quebra na deriva litorânea neste ponto já existia naturalmente, devido à barreira hidráulica constituída pela foz natural do rio, porém seus efeitos eram brandos. Em meados da década de 70 foram construídos dois guias correntes que se prolongam mar adentro, constituindo dois molhes, um ao sul e outro ao norte na desembocadura do rio. A partir dessa construção começaram a surgir modificações morfodinâmicas, que alteraram os setores costeiros a montante e a jusante dos molhes. São duas as praias adjacentes aos molhes que há quase quatro décadas convivem com as consequências da obra: a Praia Grande no município de Torres (RS) ao sul, e a Praia de Passo de Torres (SC) na cidade de mesmo nome ao norte do rio. Os métodos utilizados nesse trabalho são compostos de observação e diagnóstico periódico de campo com levantamento de perfis topográficos ao longo dos dois segmentos praias adjacentes aos molhes durante um ano. Aliados a esse método, foram coletadas amostras de sedimentos e também foi realizada uma classificação morfodinâmica dos segmentos. Além disso, foi elaborado um levantamento multitemporal com imagens de satélite e fotos aéreas em um período de 45 anos. Desse modo, foi possível quantificar as taxas de erosão na praia no setor extremo norte à sotamar das estruturas na praia de Passo de Torres e de deposição nos demais setores os quais provocaram um processo de (re) organização do espaço praias. Os segmentos praias próximos aos molhes foram caracterizados como zonas de sombra para as ondulações por apresentarem variações morfodinâmicas distintas dos demais segmentos. Por fim, este estudo propõe subsídios para um melhor gerenciamento dos setores costeiros afetados.

## **ABSTRACT**

The Mampituba River inlet flows into the Atlantic Ocean and demarks the coastal border between the states of Rio Grande do Sul (RS) and Santa Catarina (SC) in the South Brazilian Coastal Plain. By this coastal limit, there are two interruptions in the longshore drift, one composed by the granite outcrops of the Paraná Basin in the city of Torres (RS) and the other by the Mampituba River. The interruption in the longshore drift in this place already happened but was a natural process that exist due the hydraulic barrier that the inlet naturally do, but the effects weren't so intense. During the early seventies two jetties were built, one in the south and another one in the north side of the inlet. After this construction morphodynamics changes started to happen and the changes occur in the two streches of coast, upper and downdrift of the jetties. They are two beaches, adjacent of the inlet, that are living with the consequences of the work by almost four decades: the Praia Grande in the city of Torres (RS) located south and the beach of Passo the Torres (SC), in the city with the same name in the north side of the river. The methods used in this research are the periodic field observation and diagnosis with topographic profiles survey in both beaches over a year. Combined with this method, sediment samples were collect, and a morphodynamic classification of the beach segments was also performed. Beside this, was developed a multitemporal survey with satellite images and aerial photographs over a period of 45 years. With this method, it was possible quantify the rates of erosion in the further north sector, downdrift of the jetties in Passo the Torres beach and accretion in other sectors, which caused a reorganization process in the beach environment. The beach segments near the jetties were characterized like shadows zones for the waves by presenting differents morphodynamics variations comparing with the other segments. Finally, this study proposes subsidies for a better management of affected coastal areas.

## SUMÁRIO

1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS .....	5
1.1 INTRODUÇÃO .....	5
2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	14
3. CORPO PRINCIPAL .....	16
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	42
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	49
ANEXO 1 – Carta de submissão do artigo .....	50
ANEXO 2 – Figura e Tabelas adicionais .....	51

## **ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO**

**INTRODUÇÃO:** apresenta condicionantes geológicos e processos costeiros atuantes na área de estudo. Contém os objetivos propostos, os métodos utilizados e as Referências Bibliográficas da Introdução.

**CORPO PRINCIPAL:** contém o artigo científico “Alterações na Deriva Litorânea e no Balanço Sedimentar: Molhes do Rio Mampituba e Praias Adjacentes, Divisa entre os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina”. Este artigo foi submetido à Revista Pesquisas em Geociências.

**CONSIDERAÇÕES FINAIS:** inclui a justificativa, a aplicabilidade do trabalho e as referências bibliográficas utilizadas.

**ANEXOS:** no anexo 1 encontra – se a carta confirmando o recebimento do artigo submetido. No anexo 2 figura e tabelas adicionais que foram utilizadas como suporte ao estudo.



## 1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

### 1.1 INTRODUÇÃO

A costa do Rio Grande do Sul é classificada como dominada por ondas. A mesma possui uma configuração aberta e retilínea onde o litoral fica exposto a ação de ondas de média a alta energia (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1992). As ondas que atingem a área de estudo podem ser classificadas em três diferentes tipos que por vezes atuam simultaneamente em uma determinada área da costa: ondulação (*swell waves*), vagas (*sea waves*) e ondas de tempestades ou ressacas (*storm waves*). Segundo MOTTA (1967), as ondas que predominam sobre o litoral em estudo são as ondulações provindas de sudeste (SE), mais regulares, de maior período, geradas afastadas da costa no cinturão tempestuoso subpolar do Atlântico Sul em torno da latitude 60°S (DAVIES, 1980), (Fig. 1). Esta ondulação atinge a costa de forma oblíqua e associada à inclinação da linha de costa promove uma corrente litorânea longitudinal à linha de costa. Essas correntes resultam um processo chamado deriva litorânea, sendo este o principal meio de transporte de sedimentos em costas arenosas. Cabe ressaltar que devido a configuração ampla e rasa da plataforma continental em questão, ocorre uma acentuada refração na ondulação provinda de SE, o que de acordo com TOMAZELLI e VILLWOCK, (1992) reduz os ângulos com relação a normal à linha de costa o que diminui o processo de deriva litorânea. Ao longo do extenso litoral arenoso do Estado do Rio Grande do Sul, junto com a porção sul do litoral do Estado de Santa Catarina a deriva litorânea se processa em ambos os sentidos, conforme a época do ano. Entretanto estudos morfodinâmicos e indicadores geomorfológicos mostram que a deriva litorânea na referida área tem sentido resultante nordeste (NE) conforme TOMAZELLI e VILLWOCK, (1992). Apesar de ocorrerem durante todo o ano, as referidas ondulações são mais atuantes entre o outono e o inverno.

ANÁLISE 01/09/2005 CPTEC/INPE/MCT  
PREVISÃO (42h); 02/09/2005 18Z WWATCH\REGIONAL  
Altura significativa (m) e Direção da Onda

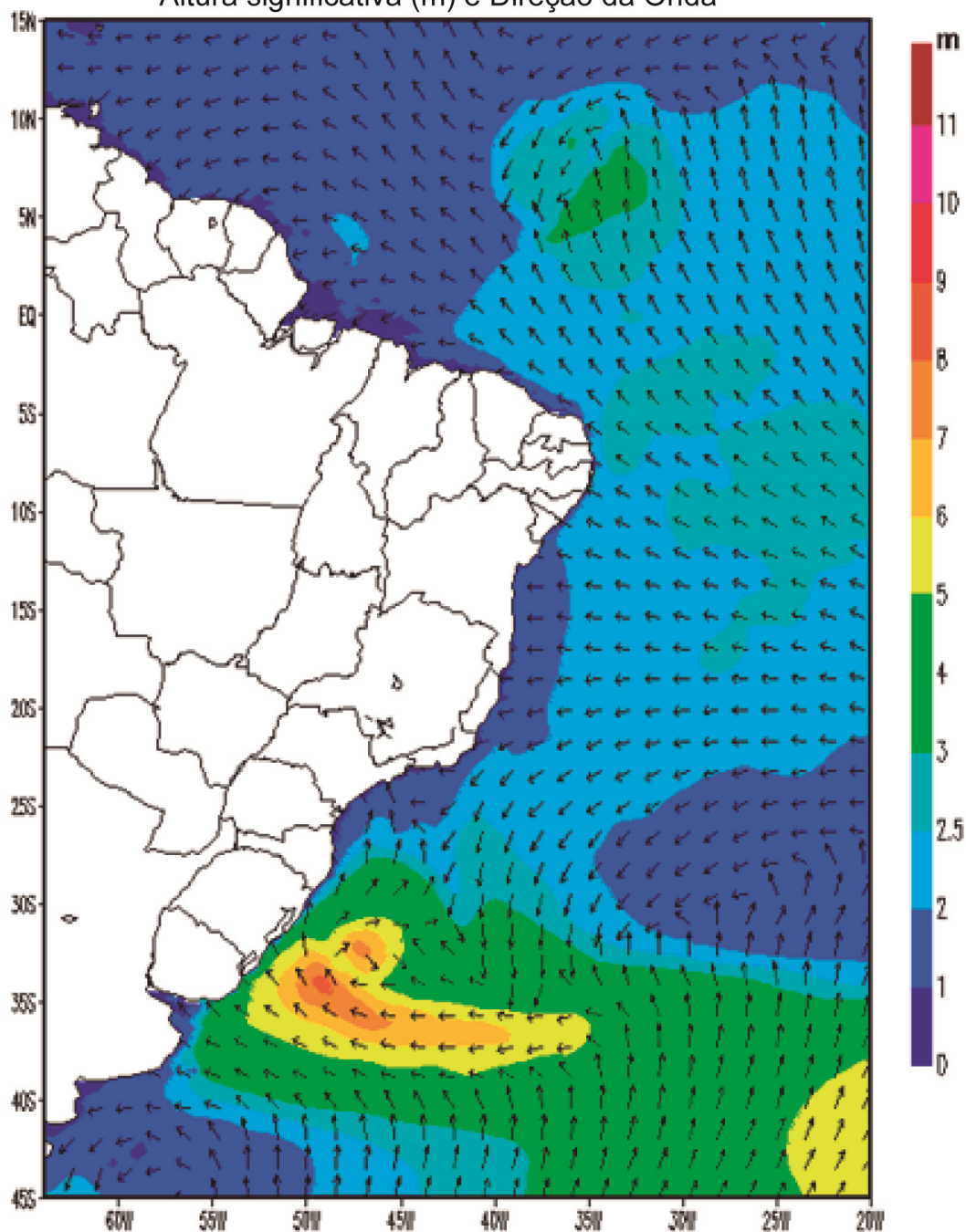


Figura 1. Modelo das ondulações geradas por tempestades atingindo a costa do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. Fonte: cptec.inpe.br, 2005.

As vagas são ondas geradas por ventos locais, portanto são mais irregulares com cristas agudas e período reduzido, normalmente atuam superimpostas à ondulação. Na costa em estudo, as vagas predominam nos meses de primavera e verão devido a ventos oceânicos provenientes de E e

NE fazendo com que está seja também a direção prevalecente das vagas, fato constatado por TOMAZELLI (1990) e MOTTA (1967).

Embora não atinjam o litoral com tanta frequência as ondas de tempestade, identificadas na modelagem apresentada na Figura 1, são as de maior energia e poder de transformação das áreas litorâneas. Geram normalmente uma elevação do nível do mar. A alta energia das ondas de tempestade são responsáveis por impactos na costa relacionados a grande movimentação sedimentar promovendo processos erosivos nas praias afetadas. Segundo MOTTA (1967), à profundidade de 20 m, ondas com alturas de 4 m ocorrem pelo menos uma vez por ano, porém a costa em questão pode sofrer impactos de ressacas geradas por ondas de até 7 m em um período de recorrência provável de 30 anos.

As ondas que chegam a costa apresentam características diferenciadas, as de maior altura, quebram mais afastadas da costa em profundidades maiores. Já as ondas de altura reduzida quebram mais próximas a praia em ambientes mais rasos. Essa zona de dimensões variada é a zona de arrebentação, onde a onda dissipa boa parte da sua energia. Após passar pela arrebentação as ondas diminuem e deslizam pela zona de surfe até dissipar o restante de sua energia na zona do estirâncio ou de espraimento (Figura 2). É nessa faixa relativamente estreita onde se dissipa toda energia trazida pelas ondas oceânicas que há uma maior remobilização dos sedimentos. Da quantidade de energia liberada, função do trem de ondas e do tipo de arrebentação dependem o perfil da praia e o tamanho de grão dos sedimentos praias. Quase sempre quando maior o tamanho de grão, mais íngreme o perfil praias. (VILLWOCK, 1987).

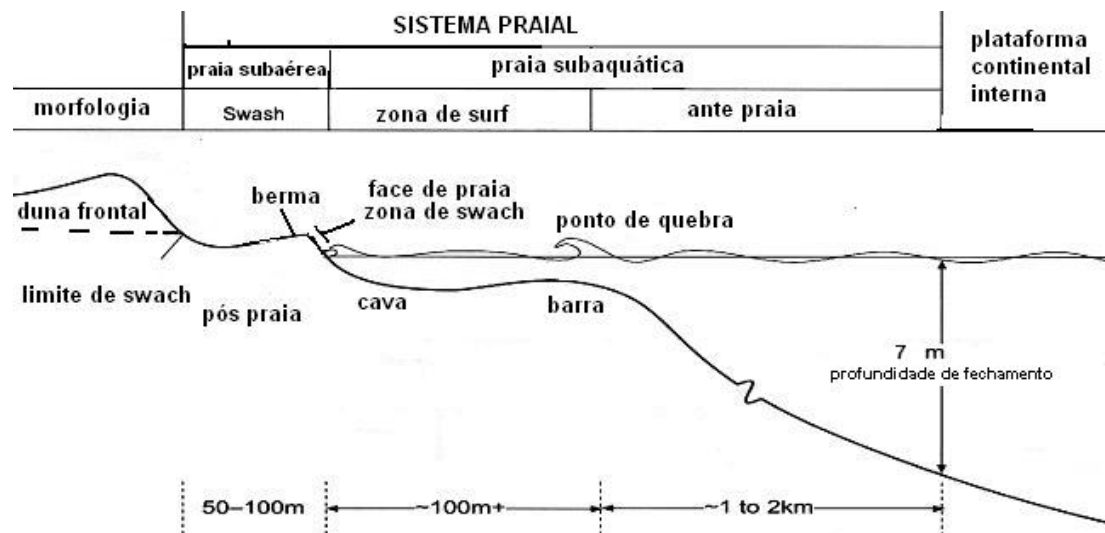


Figura 2. Classificação e terminologia de perfil praiial de uma praia arenosa. Modificado de Short (1999).

Quanto ao tipo de arrebatção as ondas podem variar segundo a declividade e a granulometria encontradas na praia. São caracterizadas pelo tipo deslizante ou progressiva comum em praias de baixa declividade com areia fina a muito fina, típica em costas com estágio dissipativo. Ou ainda por ondas do tipo mergulhante, as quais são encontradas em praias com maior declividade e com um maior tamanho de grão gerando por vezes praias intermediárias. Por fim ondas ascendentes são verificadas em praias com declividade acentuada e com tamanho de grão de médio para grosso encontradas com mais frequência em praias reflectivas. Também, deve-se considerar que a planície costeira em questão apresenta uma suave declividade e que segundo TABAJARA (1999) e PIVEL (1997), as ondas atuantes na área de estudo alternam-se entre o tipo deslizante e mergulhante conforme a configuração dos bancos e a altura da onda. Já quanto ao estágio morfodinâmico as praias da área de estudo estão classificadas como dissipativas e intermediárias variando segundo o ângulo e a altura das ondas incidentes.

Em costas arenosas a implantação de estruturas rígidas transversais a linha de costa interferem diretamente na circulação de correntes costeiras, pois modificam o ângulo de incidência das ondas alterando a morfodinâmica, o regime sedimentar, e a orientação da linha de

costa. Conforme SCHWARTZ e TAGGART (1987), obras costeiras, como molhes geram uma barreira física para os sedimentos transportados pela ação da deriva litorânea. A existência de uma barreira em uma praia arenosa provoca uma interrupção nas células de deriva litorânea local afirma JACOBSEN e SCHWARTZ (1981), ocasionando um acúmulo (progradação) à montante da direção da deriva seguida por erosão a jusante (retrogradação), configurando uma quebra no sistema praial de equilíbrio nas praias adjacentes a construção.

Segundo KOMAR (1983) a relação entre perdas e ganhos de sedimentos em uma praia é denominada balanço sedimentar. Quando o balanço sedimentar na praia for negativo, predominará a erosão, com a perda de sedimentos, do contrário quando o aporte predominar o balanço será positivo (Quadro 1).

Quadro 1. Balanço sedimentar de uma praia, modificado de Komar (1983).

<b>Aporte de sedimentos</b>	<b>Déficit de Sedimentos</b>
Aporte por deriva litorânea	Retirada ao longo da praia – ação da deriva litorânea
Provenientes de rios e canais de maré	Transportados para o continente pela ação de rios e canais de maré
Sedimentos de costões rochosos, praias e depósitos marinhos frontais.	Abrasão e solução
Trazidos da plataforma continental por correntes geradas por ondas e marés	Transportados para a plataforma por correntes de retorno
Proveniente das dunas – transportadas por ventos e ondas	Removido para as dunas - ação de ventos e ondas
Ação antrópica - alimentação artificial.	Mineração nas areias de praia e nas desembocaduras (dragagem)

Áreas com problemas erosivos são aquelas que apresentam pelo menos uma das seguintes características, segundo CLARK (1993): a) altas taxas de erosão ou erosão significativa recente; b) taxas de erosão baixa ou moderada em praias com estreita faixa de areia e localizadas em áreas altamente urbanizadas; e c) praias reconstruídas artificialmente. Mesmo que os problemas de erosão sejam levados mais a sério quando afetam áreas urbanas de forma a causar prejuízos econômicos, eles também devem ser considerados quando percebidos em regiões não habitadas Estes

terrenos perdidos, como esclarece SOUZA et al. (2002), podem levar ao colapso importantes ecossistemas costeiros, como dunas, e a vegetação de restinga, situação semelhante a que ocorre no segmento de costa erosivo encontrado no extremo norte da área de estudo.

Com relação às ondas atuando próximas a costa em questão, infere-se que sofrem mudanças decorrentes dos efeitos de características encontradas na plataforma continental interna, na antepraia e na planície costeira. As praias de Torres apresentam-se compartimentadas, divididas por costões rochosos (Figura 3) os quais por refração e difração modificam o ângulo de incidência das ondas alterando a energia com que as mesmas incidem nas praias. Além disso, a presença da Ilha dos Lobos a sudeste e dos molhes ao norte da Praia Grande também interagem com a batimetria da antepraia provocando um padrão de ondas específico para aquela região. Guardadas estas particularidades pode-se dizer que a morfologia dos perfis de praias arenosas é função do nível energético com que as ondas atingem as praias.

Na costa em questão, visto que, está submetida a diferentes regimes de ondulações conforme a estação do ano somado a ocorrência de tempestades periódicas, podemos verificar variações cíclicas nos perfis de praia, através da movimentação contínua de significativos volumes de areia. De modo geral, segundo VILLWOCK (1987), esse movimento se dá com ondas em condições de alta energia erodindo a praia retirando areia e depositando em bancos construídos sob a zona de arrebenção. Em contrapartida, o processo se reverte quando em períodos de baixa energia, há um lento e contínuo transporte dos sedimentos na direção da costa, o que principalmente no verão, (re)constrói feições deposicionais, tais como (bermas) na porção emersa da praia. Cabe salientar que os processos de erosão praial são mais acelerados que os de deposição, podendo uma praia sob ação de ondas de alta energia perder para o oceano uma quantidade de sedimentos que a mesma levou, por vezes, meses para acumular. Segundo TABAJARA (2008), a mudança na geometria dos perfis praias dependem, das condições de onda e do perfil antecedente, com o ciclo de erosão iniciado no outono dependente do aumento na frequência de formação do anticiclone no Atlântico Sul, atingindo um máximo no final do inverno.

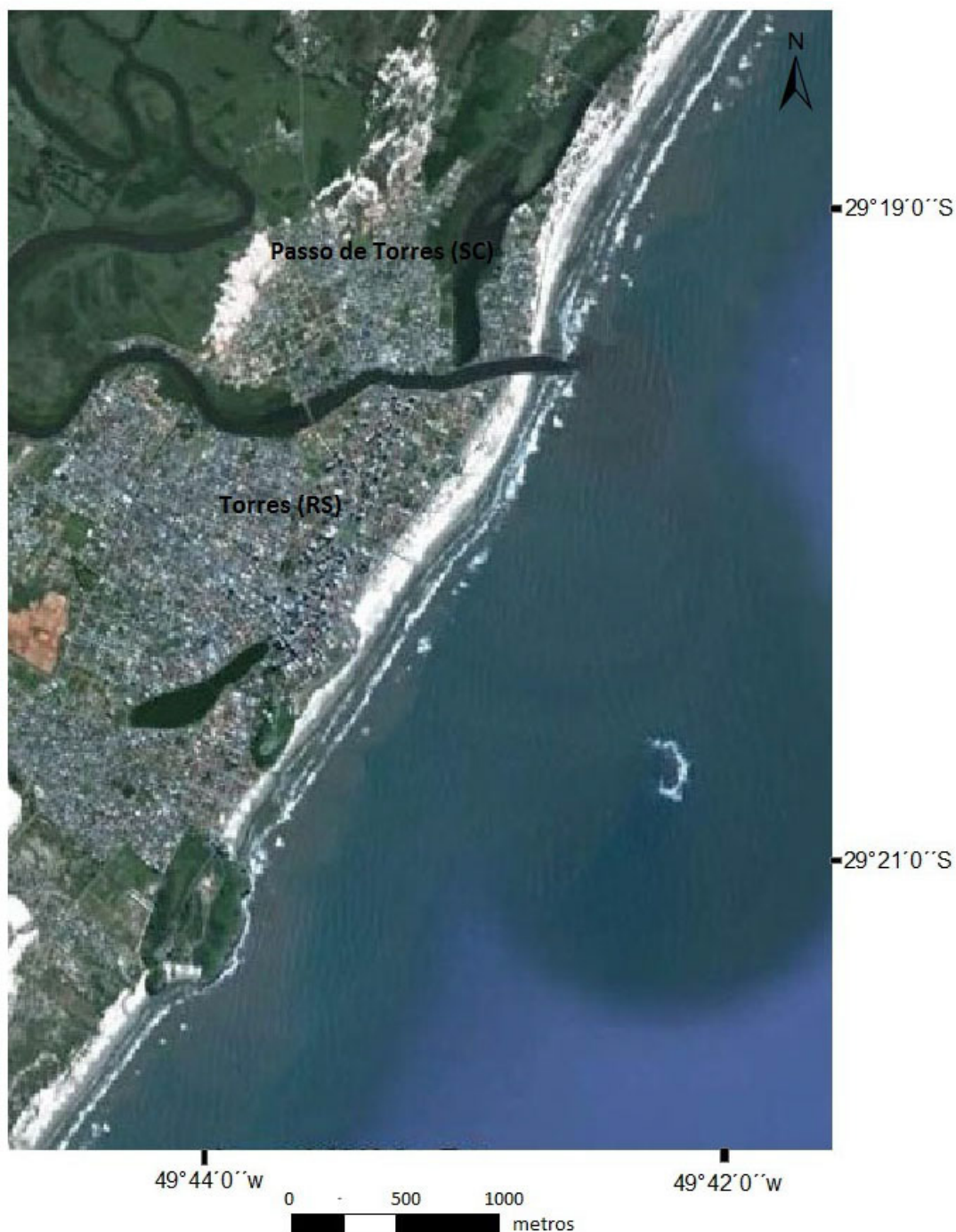


Figura 3. Presença de costões rochosos, ao sul da imagem, da Ilha dos Lobos a sudeste e dos molhes no centro norte: feições naturais e antrópicas compartimentando a costa em praias com diferentes características morfodinâmicas (PIVEL, 1997). Fonte: Imagem de fundo Google Earth® (23/03/2011).

Nestas condições a linha de costa sofre retração e a praia subárea torna-se côncava, apresentando redução em sua dimensão, com um provável escarpamento na duna frontal. Com o retorno das condições de

maior calma, com a redução da energia das ondas entre a primavera e o verão, há uma retomada do transporte de sedimentos em direção à costa. Os sedimentos voltam a se depositar na face da praia, construindo bermas e alargando o pós - praia. Este aumento nas dimensões do pós - praia ocorre a partir da primavera quando os ventos do quadrante NE aumentam em frequência e velocidade. (TOMAZELLI, 1993). Somado a este fator, o clima mais seco da estação atua para favorecer o suprimento de areia da praia para a duna (TABAJARA et. al., 2004). No perfil de verão, ainda segundo TABAJARA (2008), ocorre progradação das dunas frontais em direção à linha de costa, quando a acresção máxima é normalmente atingida, deixando a morfologia do pós-praia convexa, ajustando a morfologia das feições praias as condições de maior calma hidrodinâmica (Figura 4).

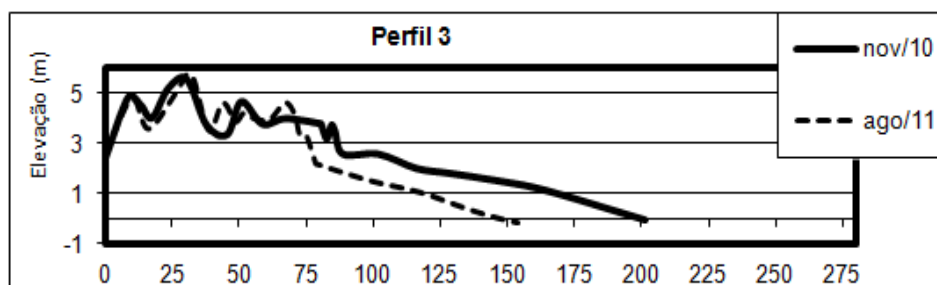


Figura 4. Comparação entre o perfil de novembro, com pós-praia alargado e convexo com a duna frontal mais próxima à linha de costa e o perfil de agosto, com pós-praia reduzido e duna frontal mais recuada e escarpada. Segmento 3 - localizado na porção norte da Praia Grande - Torres (RS).

Os objetivos deste trabalho são identificar setores praias acrescivos e erosivos nas praias adjacentes aos molhes do Rio Mampituba. Calculando para isso, a variação das taxas do balanço de sedimentos de cinco setores consecutivos de costa ao norte e ao sul das estruturas em uma período de tempo histórico contemplando diferentes momentos: antes e depois da construção da referida obra. Também teve como objetivo relacionar as variações no comportamento morfodinâmico dos segmentos praias da área de estudo com as variações climáticas sazonais ao longo de um ano.

Por fim, tendo em vista as alterações no balanço sedimentar nesta área de costa, promovidos por modificações antrópicas, o presente estudo tem por objetivo dar subsídios ao gerenciamento costeiro. Dessa



forma, contribuindo na busca por soluções eficientes, sem gerar novos desequilíbrios ambientais.

Para atingir os objetivos propostos foram usados como métodos, tendo como base técnicas de geoprocessamento e sistema de informações geográficas (SIG), um levantamento multitemporal com imagens de satélite e fotografias aéreas da área de estudo dentro de um período de 45 anos. Este método se mostrou indispensável para identificar as alterações no estoque sedimentar e na linha de costa durante o período de tempo mencionado. Os métodos utilizados revelaram uma alteração significativa nas taxas de deposição e erosão de sedimentos antes e depois da construção dos molhes, apresentando setores acrescivos ao sul da obra, na Praia Grande no município de Torres (RS). Já os trechos de costa ao norte da obra na praia do município de Passo de Torres (SC) se mostraram relativamente estáveis com tendências erosivas, sendo que o setor extremo norte foi identificado como erosivo.

Para fins de relacionar as alterações morfodinâmicas e as mudanças morfológicas nas feições praias na área envolvida pela pesquisa foram construídos cinco perfis praias altimétricos, monitorados durante um ano, em cada uma das estações. O levantamento de parâmetros morfodinâmicos (Ômega e Surfe) baseados nos trabalhos de WRIGHT e SHORT (1984) e WESCHENFELDER e AYUP-ZOUAIN (2002), junto com a análise granulométrica dos sedimentos coletados em cada um dos perfis apresentaram dados adicionais que aliados com as informações fornecidas através dos perfis altimétricos contribuíram para caracterização dos segmentos praias em estudo. Os dados coletados apresentaram resultados com consideráveis variações, tanto sazonais como entre os consecutivos segmentos de praia. Os setores próximos aos molhes apresentaram comportamento diferenciado dos demais setores, sugerindo uma zona de sombra, nos trechos de praias logo ao norte e ao sul dos mesmos. Além disso, os resultados sugerem uma inversão sazonal da deriva litorânea.

## 2. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

DELANEY, P.J.V. **Considerações sobre a Fisiografia e a Geologia da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**. Avulso, 2 Escola de Geologia, UFRGS, Porto Alegre, 31p. 1962.

IMAGENS SATÉLITE. Disponível em: [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)>. Acesso em: 04.11.2011.

INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 14 out. 2007.

KOMAR, P.D.; **Handbook of Coastal Process and Erosion**. CRC Press. Boca Raton, Flórida, 305 p. 1983.

JACOBSEN, E.E.; SCHWARTZ, M.L. The Use of Geomorphology Indicators to Determine the Direction of Net Shore-Drift. **Shore and Beach**, Caswell Beach, NC, v. 22, p.38-43, 1981.

MOTTA, V.F. **Relatório - Análise e Previsão das Alturas de Onda em Tramandaí**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Porto Alegre. (Inédito). 1963.

MOTTA, V.F. **Estudo em Modelo Reduzido da Regulamentação da Embocadura Lagunar de Tramandaí, RS**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1967.

PIVEL, M.A.G. Caracterização Morfodinâmica e Sedimentológica das Praias de Torres, RS. Fundação Universidade de Rio Grande, RS. **Monografia em Oceanologia**, 74p.1997.

SIEGLE, E.; ASP, N.E. Wave Refraction and Longshore Transport Patterns Along the Southern Santa Catarina Coast, Brasil. **Brazilian Journal of Oceanography**, v. 55(2) p. 109-120, 2007.

SOUZA, C.R.G. et. al. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: **Quaternário do Brasil**. São Paulo, 2002.

TAGGART, B.E.; SCHWARTZ, M.L. Net Shore Drift Direction Determination: A Systematic Approach. **Shoreline Management**, Washington, v.3, p. 285-309, 1988.

TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Considerações Sobre o Ambiente Praial e a Deriva Litorânea de Sedimentos ao Longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil. **Revista Pesquisa**, Porto Alegre, v. 19, p. 3 -12, 1992.

VILLWOCK, J.A. et. al. Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras. In: SOUZA, C.R.G. et. al. **Quaternário no Brasil**. São Paulo, 2002.

VILLWOCK, J.A. A Costa Brasileira: Geologia e Evolução, Brasil. **Notas Técnicas 7** Porto Alegre p. 38-49, 1994.

WESCHENFELDER, J.; AYUP-ZOUAIN, R.N. Variabilidade Morfodinâmica das Praias Oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS, Brasil. **Pesquisas em Geociências**, Porto Alegre, v. 29(1) p. 3-13, 2002.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamic Variability os Surf Zones and Beaches: A Syntesis. **Marine Geology**, v.56, p. 93-118, 1984.

ZASSO, L.A. 2007, A Alteração na Deriva Litorânea e no Balanço de Sedimentos em Costas Arenosas: Estudo de Caso: Molhes do Rio Mampituba e Praias Adjacentes. Pontificia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, **Monografia em Geografia**, 67p

### 3. CORPO PRINCIPAL

ALTERAÇÕES NA DERIVA LITORÂNEA E NO BALANÇO SEDIMENTAR: MOLHES DO RIO MAMPITUBA E PRAIAS ADJACENTES, DIVISA ENTRE OS ESTADOS DO RIO GRANDE DO SUL E SANTA CATARINA.

Zasso<sup>1</sup>, L. A., Barboza<sup>2</sup>, E. G., Gruber<sup>2</sup>, N. L. S.

<sup>1</sup> Programa de pós-graduação em Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS,

<sup>2</sup> Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica – CECO / UFRGS

<sup>1,2</sup> (Av. Bento Gonçalves 9500, Agronomia CEP:91509-900, Porto Alegre, RS, Brasil)  
[lucianozasso@hotmail.com](mailto:lucianozasso@hotmail.com), [eduardo.barboza@ufrgs.br](mailto:eduardo.barboza@ufrgs.br), [nelson.gruber@ufrgs.br](mailto:nelson.gruber@ufrgs.br)

**Resumo** O presente trabalho apresenta como estudo de caso as praias arenosas adjacentes aos molhes da foz Rio Mampituba para analisar os efeitos de obras costeiras sobre a deriva litorânea e o balanço de sedimentos. Para tanto foram utilizados métodos baseados em fotointerpretação, através do levantamento multitemporal das variações da linha de costa na área de estudo dentro de um período de 45 anos. Aliado a isso, cinco segmentos costeiros em ambos os lados da desembocadura do rio foram monitorados ao longo de um ano através de perfis praias topográficos, os quais permitiram estimar o balanço sedimentar em cada segmento. Estudos complementares foram realizados por análise granulométrica. Os resultados evidenciaram “zonas acrescivas” com significativa progradação a montante dos molhes devido à interrupção parcial na deriva litorânea provocada pelos mesmos. Em contrapartida, o estudo demonstra “zonas erosivas” e com tendências erosionais em setores a jusante dos molhes em razão de um déficit no suprimento arenoso. O monitoramento anual indica que as feições morfológicas de ambas as praias sofrem influência da oscilação energética das ondas em função do ângulo de incidência e da sazonalidade, apresentando erosão entre o outono e o inverno e deposição entre a primavera e o verão. As variações dos perfis, nos segmentos próximos aos molhes, ao longo do ano também sugerem uma inversão sazonal na deriva litorânea.

Palavras chave: Deriva litorânea; Erosão costeira; Estoque sedimentar; SIG.

**Abstract** LONGSHORE DRIFT AND SEDIMENT BUDGET CHANGES IN SANDY BEACHES: JETTIES OF THE MAMPITUBA INLET AND ADJACENT BEACHES, BORDER OF THE STATES OF RIO GRANDE DO SUL AND SANTA CATARINA.

This paper presents as a case of study the sandy beaches adjacent of the Mampituba River inlet jetties to analyzing the coastal engineering works effects on the longshore drift and the sediment budget. For this purpose have been used methods based on aerial photointerpretation through the multitemporal survey of the coastline changes over a period of 45 years involving the study area. Combined with this, five coastal segments in the both sides of the inlet were monitored over a year through topographic beach profiles that allowed estimate the sediment budget in each beach segment. Complementary studies were performed by granulometric analyses. The results displayed “accretion sectors” with highly progradation rates updrift of the inlet due a partial interruption in the longshore drift caused by the jetties construction. However, the study demonstrates “erosion sectors” and with erosion trends in downdrift sectors, due a deficit in sediment budget. The annual monitoring indicates that the morphologic features in both beaches are influenced by the waves energetic oscillation in function of the incidence angle and the seasonality, displayed erosion between autumn and winter and accretion between spring and summer. The profiles variations, in sectors near the jetties, throughout the year also suggest a seasonality inversion in the longshore drift.

Keywords: Longshore drift; Coastal erosion; Sediment budget; GIS.

## INTRODUÇÃO

A Planície Costeira junto aos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina constitui um ambiente dinâmico passível de contínuas modificações. Boa parte desse ambiente, caracterizado por uma faixa onde depósitos de sedimentos arenosos acumulam-se por ação de ondas é chamado de praia. É nas praias onde os processos morfológicos se alteram constantemente provocando mudanças dentro do sistema praias e nas suas adjacências. A dinâmica costeira, a qual se processa em função da ação dos ventos, correntes, ondas e marés é a principal responsável e pelo desenvolvimento das praias arenosas.

Somando-se o fato de serem as regiões costeiras palco de rápidas transformações, sabemos que estas áreas apresentam uma considerável ocupação humana, principalmente nos meses de verão.

Ao falar da Planície Costeira do Rio Grande do Sul refere-se a uma costa aberta, sendo um sistema costeiro do tipo Laguna-Barreira com suaves embaiamentos e projeções que se estende por mais de 640 km (DILLENBURG, 2000). Considerando esta porção do litoral do Rio Grande do Sul somado ao seu prolongamento na Planície Costeira localizada no extremo sul do Estado de Santa Catarina, contabilizam-se mais de 700 km de extensão. Essa ampla faixa costeira tem como limite no extremo sul do país o Arroio Chuí, o qual demarca a divisa com o Uruguai, avançando na direção norte até o Cabo de Santa Marta já em Santa Catarina. Ao longo de toda sua extensão, essa costa é dominada por ondas, apresentando uma alternância de setores em acresção e erosão. As ondas de moderada a alta energia com eventos ocasionais de tempestade, principalmente no outono e inverno, geram uma deriva litorânea com direção resultante de sudoeste para nordeste, sendo este processo o principal meio de transporte de sedimentos em costas arenosas, conforme TOMAZELLI e VILLWOCK, (1992).

Ao longo da Planície Costeira referida, do Arroio Chuí (RS) ao Cabo de Santa Marta (SC), são encontradas quatro interrupções significativas no equilíbrio no balanço de sedimentos em virtude de alterações na deriva litorânea devido a desembocaduras fluviais perenes. A foz do Rio Mampituba constitui uma delas.

Um dos objetivos deste trabalho foi identificar setores praias erosivos e deposicionais nas praias adjacentes aos molhes do Rio Mampituba decorrentes de alterações na deriva litorânea devido a obras costeiras em uma escala multitemporal. Outro objetivo está relacionado às variações morfodinâmicas nos segmentos de praia da área de estudo com variações climáticas e oceânicas sazonais ao longo das quatro estações do ano. Como contribuição este estudo apresenta subsídios ao gerenciamento costeiro para mitigar os possíveis efeitos negativos causados pela influência de obras costeiras.

Como estudo de caso o presente estudo abrange as duas praias adjacentes aos molhes do Rio Mampituba. Para tanto, foram utilizadas técnicas de fotointerpretação e de geoprocessamento em imagens de satélites de modo a efetuar um levantamento multitemporal (últimas cinco décadas) da área de estudo. Concomitantemente, foram executadas observações e diagnósticos periódicos em campo através da aquisição de cinco perfis praias altimétricos nas praias a montante e a jusante dos molhes. Como métodos para suporte a pesquisa também foram utilizados dados processados através de análises granulométricas dos sedimentos praias. Dentro dos estágios propostos pela escola australiana descritos por WRIGHT e SHORT, (1984) foi feita à classificação morfodinâmica dos setores costeiros envolvidos.

## **ÁREA DE ESTUDO**

A foz do Rio Mampituba localiza-se na divisa dos estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (Fig. 1). Construídos no início da década de 70, os molhes do rio estabilizaram a desembocadura do mesmo, fixando a foz do rio entre a Praia Grande no município de Torres (RS) ao sul e a Praia de Passo Torres (SC) no município de mesmo nome ao norte.

Primeiramente, a presença dos molhes teve por objetivo facilitar o acesso de embarcações através da foz, de modo a mantê-la estável. Além de fixar o canal, teve como propósito levantar uma barreira artificial para as ondas, evitando que as embarcações fiquem sujeitas à energia das

ondulações existentes na zona de arrebetamento. Somado a isto, à fixação da desembocadura teve a finalidade de facilitar a drenagem hídrica da bacia hidrográfica adjacente.

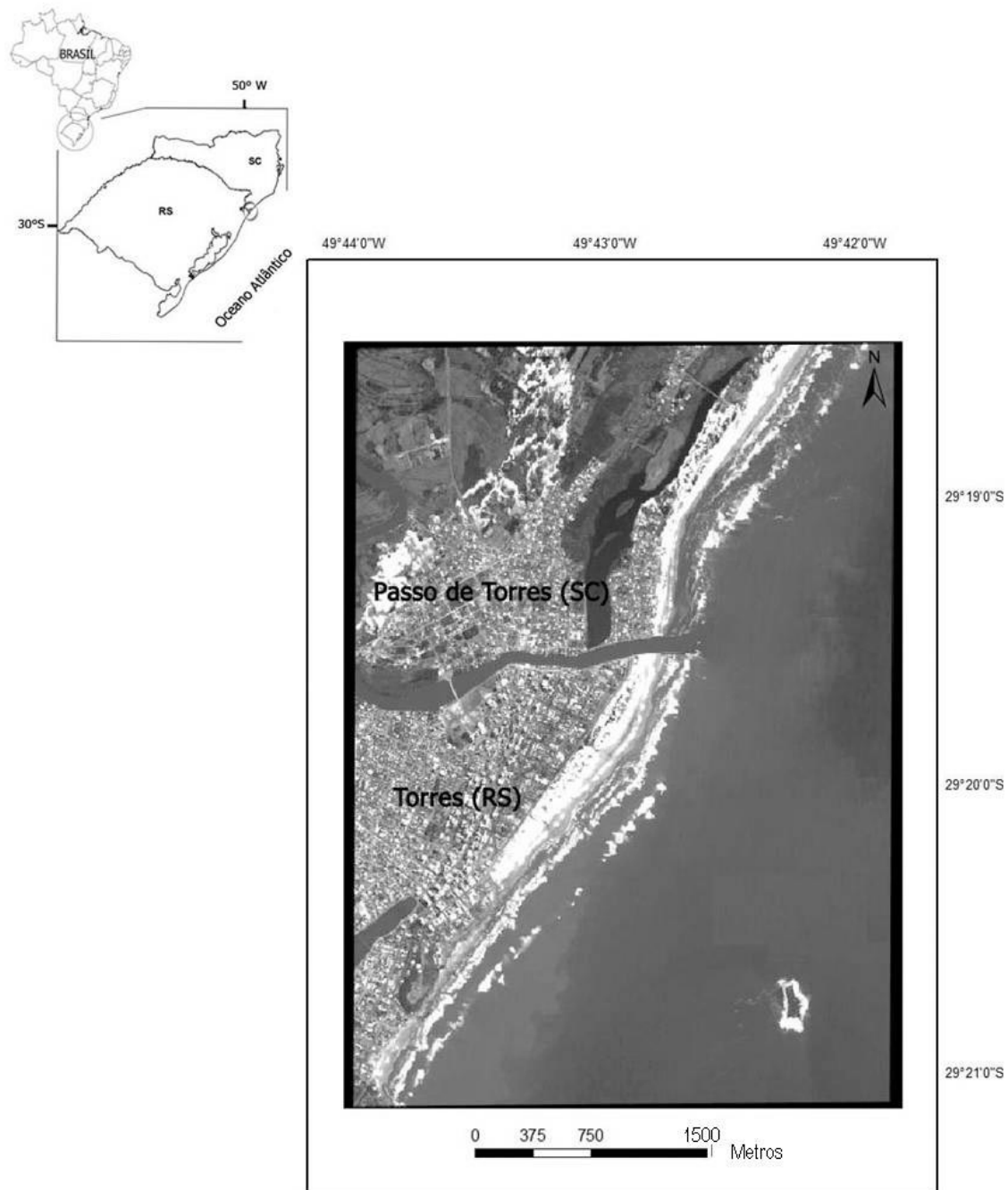


Figura 1. Carta Imagem com a localização da área de estudo, com a Praia de Passo de Torres ao norte da desembocadura e a Praia Grande em Torres ao sul da mesma. Imagem de fundo Google Earth® (18/11/2010).

Apesar de melhorar as condições de navegação no canal, com a estabilização, a obra acabou não resolvendo o problema. Ocorrências



relatando encalhes e naufrágios são recorrentes desde o término da construção. Os acidentes ocorrem pela ineficiência dos molhes, que devido as suas dimensões reduzidas não são capazes de proporcionar um passe navegável adequado para as embarcações usadas pelos pescadores da área. Segundo o levantamento realizado pelo órgão catarinense, os prejuízos vêm ocorrendo em virtude da dificuldade de transposição dos bancos de areia submersos que causam além do encalhe, a arrebentação sucessivas das ondas incidentes (DEOH, 1999).

Tendo em vista a vocação voltada ao turismo (na cidade de Torres – RS) e a pesca (no município de Passo de Torres – SC), novos projetos de ampliação dos molhes já estão em discussão nos órgãos competentes. Associado a isto, à construção de um terminal portuário voltado a indústria pesqueira já se encontra em vias de estudo de impacto ambiental em Passo de Torres (SC).

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

No trabalho de campo realizado entre novembro de 2010 e outubro de 2011, foram coletados cinco perfis altimétricos praias perpendiculares à linha de praia. Destes, três localizados na Praia Grande e dois na Praia de Passo de Torres não equidistantes, porém em feições praias representativas com diferenças entre os mesmos devido à morfologia. Os levantamentos abrangeram uma área desde um referencial de nível (RN) situado no reverso do campo de dunas até o estirâncio inferior. Estas coletas de dados foram realizadas contemplando a sazonalidade, buscando uma melhor representatividade em função das variações climáticas ao longo de um ano. O equipamento utilizado foi um nível da marca Berger®, o método utilizado foi estádia, através do nivelamento expedito descrito por BIRKMEIER (1981), com marcos temporários posicionados em cada um dos perfis. As coordenadas geográficas dos RN foram marcadas com um equipamento GPS da marca Garmin®.

Ainda na etapa campo, buscando uma correlação entre os setores erosivos e acrescivos com as dimensões dos sedimentos, foram

coletadas amostras sedimentares na zona do estirâncio dos cinco perfis. As coletas ocorreram em cada uma das estações do ano para estudo da variação granulométrica sazonal e também entre os perfis. Segundo método proposto por WENTWORTH (1922), em virtude da ocorrência de areia fina a muito fina com ausência de lama a preparação das amostras para análise mecânica constituiu na separação em intervalos de 0,5 phi abrangendo intervalos de 0,350 até 0,062 mm. Aliado as coletas dos perfis e das amostras também foi utilizada interpretação baseada em acompanhamento fotográfico de campo registrando as modificações nas feições morfológicas no período da pesquisa tais como dunas, pós-praia, face da praia e tipo de arrebentação.

Na etapa executada no Laboratório de Gerenciamento Costeiro - CECO-UFRGS foi realizado o processamento dos perfis nos programas computacionais MICROSOFT EXCEL® e GRAPHER® nos quais foram obtidas as variações na altimetria, largura e volume praias dos perfis. Assim foi possível caracterizar segmentos em acreção ou erosão relativa entre perfis e estações do ano consecutivas.

A análise das amostras sedimentares foi realizada no Laboratório de Sedimentologia (CECO – UFRGS). Nesta etapa foram utilizadas as divisões propostas por FOLK e WARD (1957), além da construção de histogramas representativos para cada perfil em determinada época do ano, utilizando o software SYSGRAM®. Através da integração das informações granulométricas com as informações coletadas através dos perfis e dos dados de ondas (altura significativa e período de pico) foi possível classificar os setores praias. Essa classificação foi estabelecida com base nos estágios morfodinâmicos utilizando o parâmetro Escalar de Surfe e o parâmetro Ômega, propostos na escola australiana e descritos por WRIGHT e SHORT (1984) e WRIGHT et al. (1983).

Posteriormente, foi realizada através de técnicas de geoprocessamento com a sobreposição e comparação de fotos aéreas e imagens de satélite, uma análise multitemporal da evolução do sistema praias em questão. Este método permitiu obter através de uma correlação nas variações da linha de costa dos segmentos praias (setores em erosão e acreção) entre uma escala temporal de décadas e as variações sazonais de

um ano. Dessa maneira, foram utilizados como referenciais para fim de mensurar as variações na linha de costa ao longo das décadas, os segmentos representados pelos cinco perfis levantados em campo. Esse método, utilizando sobreposição de imagens e fotos aéreas, foi baseado nos estudos de DOLAN et al. (1980), LEATHERMAM (1983), os quais trabalharam com interpretação de fotografias aéreas na costa leste americana. Com as imagens de satélite e aéreo - fotos (Tabs. 1 e 2) foi possível determinar as variações na linha de costa nas últimas cinco décadas. Para isso as mesmas foram devidamente georreferenciadas, através de uma série de pontos de controle adquiridos no campo com GPS (precisão 10 m) e plotados nas fotos e imagens via programa ArcGIS<sup>®</sup>. Após, as variações na linha de costa durante o período foram determinadas tendo como parâmetro a *higher water line* (HWL), definida como a linha que diferencia a parte seca do pós - praia da parte úmida da face da praia. Cabe ressaltar que foi considerada uma faixa de erro ou incerteza. Essa faixa estabelece um valor de 20 m devido às variações da dinâmica natural do ambiente e a falta de precisão na captação das fotos aéreas devido às técnicas utilizadas no passado, LÉLIS (2003), além da diferença na dimensão dos pixels entre as fotos aéreas e as imagens de satélite. Dessa forma, foram mensuradas as variações na linha de costa nas duas praias adjacentes aos molhes, antes e depois da construção do mesmo.

Tabela 1. Fotos aéreas utilizadas pelo trabalho.

ANO	ESCALA	RESOLUÇÃO	FONTE
1965	1:60.000	5,2	DAER
1974	1:20.000	2,0	EXÉRCITO

Tabela 2. Imagens de satélites utilizadas pelo trabalho.

ANO	CARACTERÍSTICAS
2004	RESOLUÇÃO 2,5 SPOT 5 – BANDA PANCROMÁTICO
2010	IMAGEM GOOGLE DE 18/11/2010

## RESULTADOS

### Resultados obtidos através da fotointerpretação

Antes da estabilização do Rio Mampituba as praias em seu entorno eram controladas pela vazão das águas do rio e pela corrente de deriva longitudinal dos sedimentos induzido pela ação das ondas.

Sendo um ambiente praias de moderada a alta energia, a desembocadura alternava constantemente de posição conforme as condições climáticas. Analisando as fotos aéreas anteriores à construção dos molhes verifica-se uma tendência de migração da foz do rio para o norte, indicando uma deriva litorânea resultante para nordeste. Uma barreira parcial na deriva litorânea e conseqüentemente uma quebra no balanço de sedimentos já ocorria, devido ao efeito molhe, MARTIN et al. (1983) constituído pela barreira hidráulica da foz em função do fluxo fluvial, o qual tinha seus efeitos acentuados durante períodos chuvosos com aumento na vazão.

Conforme a interpretação das fotos aéreas, a linha de praia e o estoque sedimentar entre os anos de 1938 até 1965 nos dois setores praias adjacentes ao rio não apresentaram consideráveis variações com valores até 20 m (dentro da faixa de erro ou incerteza). Entretanto as imagens de 1938 e 1957 não abrangem na totalidade os segmentos de praia do estudo.

Para uma melhor análise comparativa das modificações do ambiente praias em questão, a partir de 1965 os resultados gerados pela interpretação das fotos e imagens aéreas foram setorizados através dos cinco perfis praias já estabelecidos e mencionados nos materiais e métodos, (Fig. 2). Desse modo, comparando as fotos aéreas de 1965 com as fotos de 1974, adquiridas logo após construção dos molhes em 1972, nota-se uma acentuada progradação, com uma regressão da linha de costa, decorrente de uma ampliação dos depósitos arenosos tanto a sul, na Praia Grande em Torres, quanto logo a norte das estruturas, na praia de Passo de Torres. (Fig. 2). A exceção ocorreu no segmento praias nas proximidades do perfil 5, na porção mais ao norte da área em estudo, onde verificou-se erosão. Cabe-se salientar que a Praia Grande teve maior progradação neste primeiro

momento pós-estruturas, sendo que no segmento praial junto aos limites do perfil 2, observa-se um pronunciado setor de praia (megacúspide), (Tab.4). O setor mais ao sul da Praia Grande (próximo ao promontório rochoso) e a faixa de praia logo a norte dos molhes, nas imediações do perfil 4 na praia de Passo de Torres, progradaram com taxas menores (Tabs. 3, 4, 5 e 6).

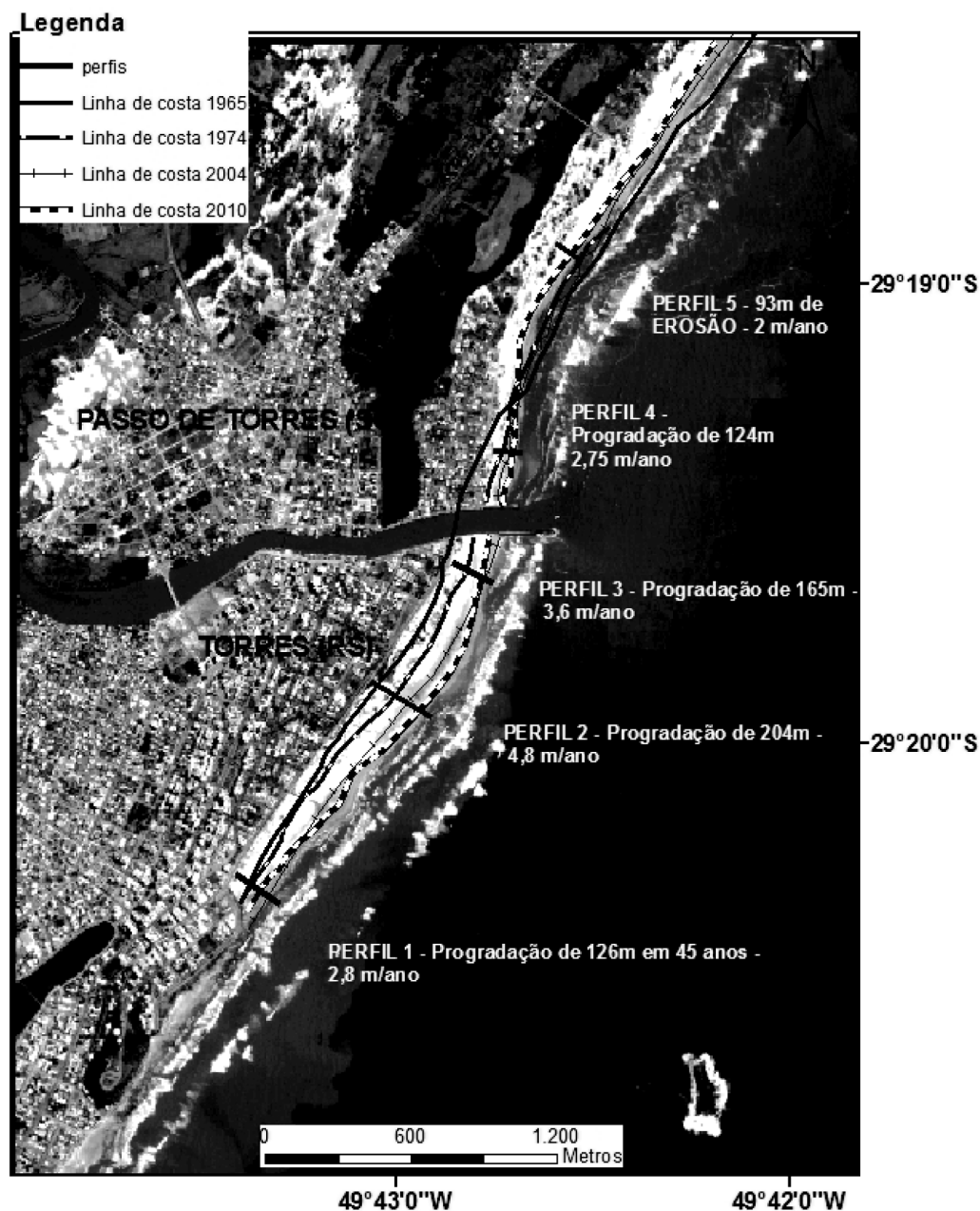


Figura 2. Carta Imagem ilustrando as variações da linha de costa entre 1965 a 2010, associada à posição dos perfis. Observam-se a progradação da costa ao sul dos molhes e em contrapartida setores em retrogradação ao norte dos mesmos. As maiores taxas de acresção são encontradas no perfil 2 – caracterizando um megacúspide. Já o perfil 5 ao norte da imagem apresenta taxas erosivas. Imagem de fundo Google Earth® (18/11/2010).

Comparando a foto aérea de 1974 com as imagens de satélite de 2004 e 2010 percebe-se uma continuidade da tendência acrescida anterior, entretanto com taxas reduzidas. O setor erosivo nas imediações do perfil 5 tendeu a estabilização entre os anos de 1974 a 2004, retornando a apresentar acentuadas taxas de erosão entre 2004 e 2010 (Fig. 2 e Tab. 7).

Nos três segmentos da Praia Grande observou-se entre os anos de 1974 e 2004 uma tendência à estabilização das taxas de progradação seguido de um posterior aumento nas taxas entre 2004 e 2010 (Tabs. 3, 4 e 5).

Tabela 3. Valores referentes às TAXAS de variação do sistema praial e eólico no PERFIL 1 – Praia Grande – Torres (RS).

<b>PERÍODO</b>	<b>VARIAÇÃO</b>	<b>Nº DE ANOS</b>	<b>TAXA DE VARIAÇÃO</b>
1965 – 1974	30 metros	9 anos	3,3 m/ano
1974 – 2004	58 metros	27 anos	2,14 m/ano
2004 – 2010	33 metros	6 anos	5,5 m/ano
<b>TOTAL</b>	<b>126 metros</b>	<b>45 anos</b>	<b>2,8 m/ano de acresção</b>

Tabela 4. Valores referentes às TAXAS de variação do sistema praial e eólico no PERFIL 2 - Praia Grande - Torres (RS).

<b>PERÍODO</b>	<b>VARIAÇÃO</b>	<b>Nº DE ANOS</b>	<b>TAXA DE VARIAÇÃO</b>
1965 – 1974	91 metros	9 anos	10 m/ano
1974 – 2004	47 metros	27 anos	1,7 m/ano
2004 – 2010	66 metros	6 anos	11 m/ano
<b>TOTAL</b>	<b>204 metros</b>	<b>45 anos</b>	<b>4,5 m/ano de acresção</b>

Tabela 5. Valores referentes às taxas de variações do sistema praial e eólico no PERFIL 3 – Praia Grande – Torres (RS).

<b>PERÍODO</b>	<b>VARIAÇÃO</b>	<b>Nº DE ANOS</b>	<b>TAXA DE VARIAÇÃO</b>
1965 – 1974	100 metros	9 anos	11 m/ano
1974 – 2004	87 metros	27 anos	3,2 m/ano
2004 – 2010	22 metros	6 anos	3,7 m/ano
<b>TOTAL</b>	<b>165 metros</b>	<b>45 anos</b>	<b>3,6 m/ano de acresção</b>

Tabela 6. Valores referentes às taxas de variações do sistema praial e eólico no PERFIL 4 – Praia de Passo de Torres (SC).

PERÍODO	VARIAÇÃO	Nº DE ANOS	TAXA DE VARIAÇÃO
1965 – 1974	84 metros	9 anos	9,3 m/ano
1974 – 2004	28 metros	27 anos	1 m/ano
2004 – 2010	12 metros	6 anos	2 m/ano
<b>TOTAL</b>	<b>124 metros</b>	<b>45 anos</b>	<b>2,75 m/ano de acresção</b>

Tabela 7. Valores referentes às taxas de variações do sistema praial e eólico no PERFIL 5 – Praia de Passo de Torres (SC).

PERÍODO	VARIAÇÃO	Nº DE ANOS	TAXA DE VARIAÇÃO
1965 – 1974	- 46 metros	9 anos	5,1 m/ano de erosão
1974 – 2004	13 metros	27 anos	0,5 m/ano
2004 – 2010	- 60 metros	6 anos	10 m/ano de erosão
<b>TOTAL</b>	<b>- 93 metros</b>	<b>45 anos</b>	<b>2 m/ano de EROSAO</b>

### **Resultados através da análise dos perfis praias topográficos. Variabilidade entre os perfis e ao longo do período de monitoramento**

O setor sul da Praia Grande (imediações do perfil 1) apresenta orientação da costa sudoeste-nordeste e fica junto a um pequeno costão rochoso, o qual avança poucos metros na zona de surfe. Este trecho da praia é o mais densamente ocupado não apresentando dunas frontais, tendo o calçadão e restaurantes posicionados logo ao final do pós - praia. Observa-se ao longo deste segmento representado pelo perfil 1, (Fig. 3 e Tab.8) uma variação morfológica na face de praia com o aumento da declividade entre novembro e maio manifestando uma tendência deposicional. Já entre maio e agosto diminui consideravelmente a declividade, sugerindo uma tendência erosiva. Essa tendência erosional também pode ser relacionada com uma considerável redução na largura e no volume praial dos sedimentos no mesmo período.

A parte central da Praia Grande onde foi fixado o perfil 2, é marcado por uma feição pronunciada da linha de costa, possivelmente resultado de uma zona de influência gerada pela Ilha dos Lobos, situada 1,7 km a sudeste deste local. Essa feição morfológica marca um ponto de inflexão, onde a orientação da linha de costa se torna sul-norte. Nesse segmento da praia encontram-se dunas frontais bem desenvolvidas e

depósitos eólicos consolidados em um campo de dunas com mais de 150 m de largura, deixando o calçadão, e as residências mais afastados da linha de praia do que no segmento ao sul. O perfil 2 apresentou menor mobilidade na face praial do que o perfil 1, porém uma maior variação morfológica na área de pós-praia e no cordão de dunas frontais. Nesse ponto os resultados mostram uma tendência deposicional na face praial de novembro a maio, marcados por aumento da declividade e surgimento de bermas. Após, a ausência da berma e uma menor declividade na face da praia sugerem erosão até o mês de agosto, bem como ocorrido no perfil 1. Corroboram com isso uma redução na largura da praia e no estoque sedimentar do sistema praial com recuo e escarpamento da duna frontal no perfil de inverno (Fig. 3 e Tab.9).

Na porção norte da praia, próximo ao molhe sul da barra do Rio Mampituba localiza-se o perfil 3. Bem como no segmento anterior (perfil 2), encontra-se nesse ponto um campo de dunas que avança 70 m até o calçadão. Esse segmento praial fica exposto às ondulações de sul e leste, porém o molhe abriga o setor de ondulações e ventos provindos de nordeste. O perfil 3 apresentou maior variação no estoque sedimentar que os perfis anteriores. Ao contrário deles, apesar de aumentar a declividade da face da praia de novembro para fevereiro ocorreu, uma redução na largura da zona do estirâncio e do pós-praia, o qual foi recuperado no início do outono, fato demonstrado no perfil de maio (Fig. 3 e Tab. 10).

O primeiro segmento praial adjacente ao molhe norte, já no município de Passo de Torres, apresenta condição geomorfológica, morfodinâmica e um perfil de ocupação diferenciado dos demais. Neste setor, o qual ainda permanece com orientação da linha de costa norte – sul, o perfil 4 indica uma face praial consideravelmente mais íngreme, principalmente nos meses de primavera e verão, do que nos demais perfis. O molhe, posicionado ao sul da praia, produz uma zona de sombra ficando este setor parcialmente abrigado das ondulações do quadrante sul. Quanto à ocupação urbana, verifica-se uma série de residências sobre as dunas frontais. O perfil 4 apresentou uma relativa estabilidade na posição e no estoque sedimentar das dunas frontais. Variações no pós - praia foram detectadas entre os meses de novembro e maio com um maior estoque de sedimentos praias



medidos em fevereiro com formação de berma entre o verão e o outono. Entretanto o período de maior acresção praial foi verificado de maio a agosto, supostamente em função da ação antrópica, fato que será abordado no capítulo seguinte, porém observou-se uma menor declividade de face de praia. (Fig. 3 e Tab. 11).

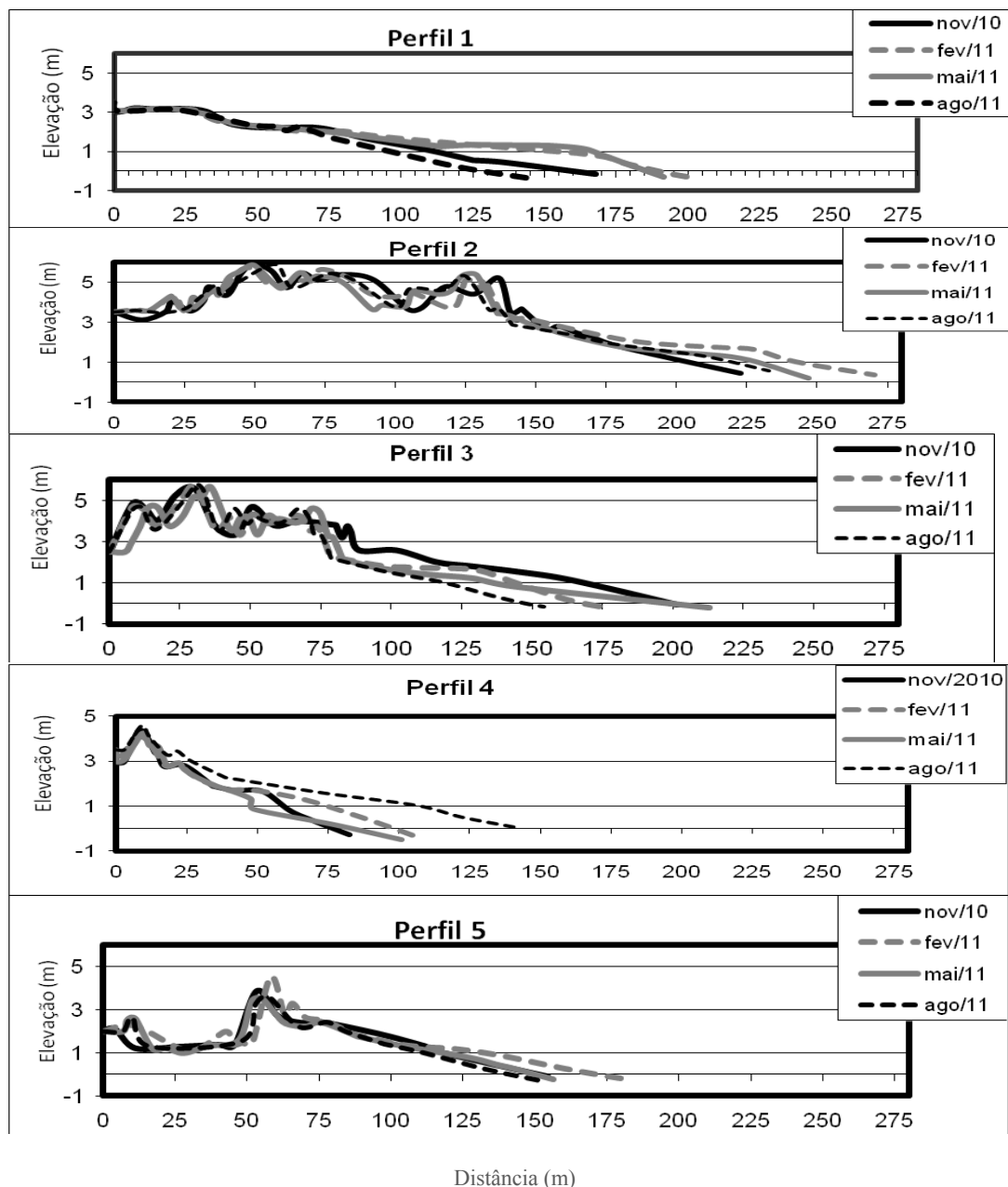


Figura 3. Envelope morfológico dos cinco perfis monitorados, durante as quatro campanhas de monitoramento. Perfis 1, 2 e 3 posicionados ao sul dos molhes, na Praia Grande, Torres (RS). Ao norte, perfis 4 e 5 na Praia de Passo de Torres (SC). Observam-se tendências acrescivas ao final do verão (fevereiro) e erosivas no final do inverno (agosto). Exceções foram verificadas nos perfis 3 e 4.

O trecho no extremo norte da área de estudo, ao entorno do perfil 5 não apresenta edificações, sendo uma área de praia desabitada. Essa parte da costa na cidade de Passo de Torres é limitada a oeste pelo braço morto do Rio Mampituba e sua orientação passa a ser novamente nordeste-sudoeste, voltando a ser uma costa exposta às ondulações de maior energia. A presença de uma seqüência de cúspides praias foi verificada em todas as campanhas e a declividade da face de praia apresentou pequena variação durante o monitoramento. Com exceção do perfil medido no verão, eles apresentaram ausência de bermas com pós-praia côncavo sugerindo uma tendência erosional (Fig. 3 e Tab.12).

Tabela 8. Volume dos sedimentos da praia subaérea, declividade da face de praia e largura do pós – praia. - Perfil 1.

MÊS	VOLUME	DECLIVIDADE da face de praia	LARGURA DO PÓS – PRAIA
NOVEMBRO /2010	127 m <sup>3</sup> /m	1,06°	136 m
FEVEREIRO/2011	170 m <sup>3</sup> /m	1,53°	170 m
MAIO/2011	164 m <sup>3</sup> /m	2,11°	163 m
AGOSTO/2011	67 m <sup>3</sup> /m	1,39°	120 m

Tabela 9. Volume dos sedimentos da praia subaérea, declividade da face de praia e largura do pós - praia - Perfil 2.

MÊS	VOLUME	DECLIVIDADE da face de praia	LARGURA DO PÓS –PRAIA
NOVEMBRO /2010	78 m <sup>3</sup> /m	1,75°	35 m
FEVEREIRO/2011	141 m <sup>3</sup> /m	1,35°	76 m
MAIO/2011	116 m <sup>3</sup> /m	2,35°	69 m
AGOSTO/2011	98 m <sup>3</sup> /m	1,97°	63 m

Tabela 10. Volume dos sedimentos da praia subaérea, declividade da face de praia e largura do pós - praia - Perfil 3.

MÊS	VOLUME	DECLIVIDADE da face de praia	LARGURA DO PÓS – PRAIA
NOVEMBRO /2010	147 m <sup>3</sup> /m	1,82°	76 m
FEVEREIRO/2011	93 m <sup>3</sup> /m	1,55°	84 m
MAIO/2011	93 m <sup>3</sup> /m	0,8°	61 m
AGOSTO/2011	54 m <sup>3</sup> /m	1,42°	68 m

Tabela 11. Volume dos sedimentos da praia subaérea, declividade da face de praia e largura do pós - praia - Perfil 4.

MÊS	VOLUME	DECLIVIDADE da face de praia	LARGURA DO PÓS – PRAIA
NOVEMBRO /2010	43 m <sup>3</sup> /m	2,80°	28 m
FEVEREIRO/2011	61 m <sup>3</sup> /m	2,65°	57 m
MAIO/2011	30 m <sup>3</sup> /m	1,75°	29 m
AGOSTO/2011	123 m <sup>3</sup> /m	1,35°	83 m

Tabela 12. Volume dos sedimentos da praia subaérea, declividade da face de praia e largura do pós - praia - Perfil 5.

MÊS	VOLUME	DECLIVIDADE da face de praia	LARGURA DO PÓS - PRAIA
NOVEMBRO /2010	88 m <sup>3</sup> /m	1,70°	56 m
FEVEREIRO/2011	98 m <sup>3</sup> /m	1,30°	88 m
MAIO/2011	79 m <sup>3</sup> /m	1,38°	81 m
AGOSTO/2011	72 m <sup>3</sup> /m	1,60°	77 m

### Variabilidade morfológica das dunas frontais

As dunas frontais são formadas por deposição de areia na vegetação de pós-praia (HESP, 2005). Segundo HESP 2002, a evolução morfológica das dunas frontais depende basicamente: da disponibilidade de areia, da cobertura vegetal existente, da taxa de acresção ou erosão eólica dos sedimentos, frequência e intensidade das ondulações incidentes e dos impactos antrópicos. Essas feições morfológicas do sistema praial são de particular importância, pois oferecem proteção em eventos de tempestades e “ressacas” ao ambiente situado no reverso das mesmas. Tendo em vista a relevância dessas feições, o presente estudo através do levantamento dos perfis mensurou as variações de altura das dunas e seu deslocamento perpendicular à linha de costa, tendo como referência marcos fixados a sotamar das mesmas (referenciais de nível).

O segmento de praia ao entorno do perfil 1 (P1) não apresenta duna frontal, estendendo-se o pós-praia até os limites do calçadão.

Já o perfil 2 (P2) apresentou pouca mobilidade vertical, ocorrendo uma leve ampliação do sistema entre fevereiro a maio. Quanto ao deslocamento horizontal observa-se um avanço na direção do mar nos meses de verão com um posterior recuo do cordão de dunas frontais no outono/inverno para posição medida em novembro.

O perfil 3 (P3), ao norte da Praia Grande, próximo ao molhe indicou um aumento por volta de 1 m na altura da duna frontal iniciado no verão e tendo continuidade no outono, ficando estável no perfil de inverno. Houve um recuo continuado horizontal, em relação à linha de costa, do sistema de dunas frontais do verão até agosto.

As dunas frontais no trecho a sotamar dos molhes, medidas pelo perfil 4 (P4) se mostraram estáveis, sem variações significativas na cota altimétrica e sem recuo ou avanço no sistema praial.

No segmento praial mais afastado do molhe norte, perfil 5 (P5) observa-se alterações significativas na posição vertical das dunas frontais. Após uma ampliação de quase 1 m entre a primavera e o verão ocorreu uma redução em mais de 1 m entre o verão e o outono. Em contrapartida, foi medida uma alternância no deslocamento horizontal, com avanço da duna em direção a linha de costa em 7 m entre a primavera e o verão e seu recuo à posição inicial no perfil de outono e novamente um avanço de 4 m em direção do mar entre o outono e o inverno. Dunas embrionárias ausentes no perfil de novembro foram identificadas em fevereiro com posterior redução a partir do outono e inverno. O diferente padrão encontrado no perfil 5, com uma maior mobilidade nas dunas frontais pode sugerir relação com a suscetibilidade do segmento à erosão. Sendo este padrão associado a uma maior exposição das dunas a alta energia das ondas incidentes nesta área da costa.

### **Análise Granulométrica**

Em cada um dos perfis foi coletada uma amostra de sedimento na zona do estirâncio, em cada uma das estações do ano para posterior preparação e análise dentro dos parâmetros estatísticos propostos por FOLK e WARD (1957). Depois de analisadas, as características granulométricas das praias adjacentes à desembocadura do Rio Mampituba revelaram que o tamanho dos sedimentos praias são correspondentes ao da areia fina (entre 2,0 e 3,0 phi), com a maioria das amostras muito bem selecionadas, segundo classificação de WENTWORTH (1927). Quanto à assimetria as amostras revelaram uma tendência à simetria, com poucas amostras levemente negativas, devido ao meio com alta energia no qual foram coletadas. A curtose revela curvas de tendência platocúrtica, sendo uma curva de configuração achatada com melhor índice de classificação nas terminais do que na parte central da distribuição.

Com base na granulometria pode-se mencionar também que as amostras coletadas no perfil 4, (segmento de praia mais próximo à foz do rio) bem como as coletadas nos demais perfis demonstraram areia fina entretanto com tendência a areia média (2 a 2,5 phi). Cabe ressaltar que também no perfil 4 foi encontrada uma maior concentração de minerais pesados. Em contrapartida o sedimento coletado no perfil 1, segmento praias mais afastado da foz, mostrou areia fina com tendência a muito fina (3 phi) como pode-se visualizar na Figura 4. Cabe ressaltar que não houve diferenças granulométricas entre o setor erosivo (P5), no extremo norte da área de estudo e os segmentos de maior acreção (P2 e P3), ao sul dos molhes.

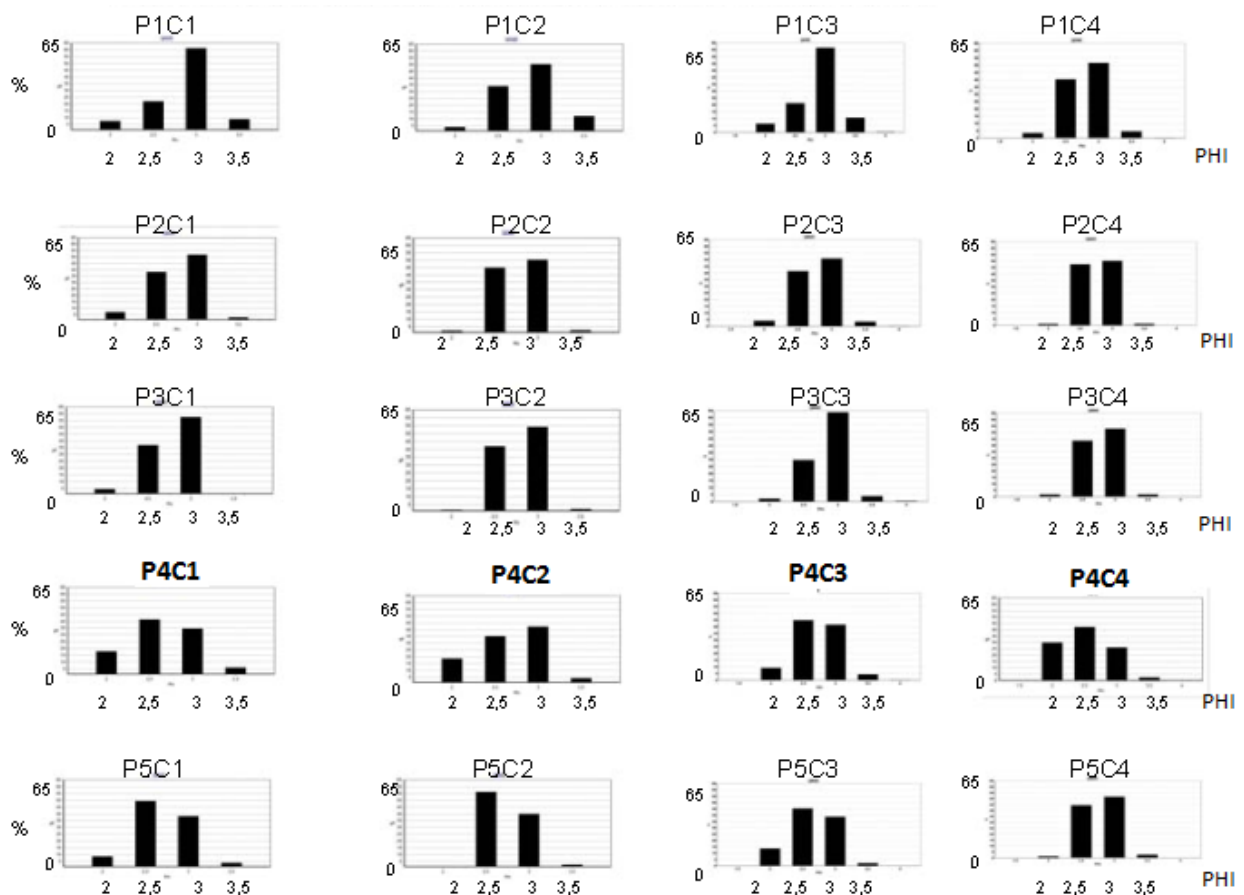


Figura 4. Histogramas das análises granulométricas das amostras sedimentares coletadas nos cinco perfis (P1, P2, P3, P4 e P5) ao longo das quatro campanhas de monitoramento (C1, C2, C3 e C4). Amostra de sedimentos com dimensões entre 2 e 3,5 phi . Histograma do perfil 4 apresenta maior presença de grão com maior tamanho - 2 phi, (em negrito).

### Classificação morfodinâmica dos segmentos praiais

Os cinco segmentos praiais representados pelos perfis dentro das duas praias estudadas permitiram traçar uma tendência de comportamento morfodinâmico dentro dos estados morfológicos propostos pela escola australiana WRIGHT et al. (1980), SHORT e HESP (1982), WRIGHT e SHORT (1984) (Tab. 11).

Tabela 11. Parâmetros Morfodinâmicos propostos por WRIGHT e SHORT (1984).

<b>Parâmetro Escalar de Surfe: (E)</b>	<b>Até 2</b>	<b>Entre 2 e 20</b>	<b>Maior que 20</b>
Estágio	Reflectivo	Intermediário	Dissipativo
<b>Parâmetro Omega (w)</b>	<b>Até 1,5</b>	<b>De 1,5 a 5,5</b>	<b>Maior que 5,5</b>
Estágio	Reflectivo	Intermediário	Dissipativo

Para tanto foram utilizados parâmetros como: altura da onda na arrebentação, período de onda, tamanho médio do sedimento e declividade da face praial. Com base nesses dados coletados em cada um dos perfis durante as estações do ano, dentro do parâmetro Omêga e do parâmetro Escalar de Surfe foi classificado por época do ano cada um dos cinco segmentos de praia. Desse modo, houve uma ampla tendência das duas praias estudadas pelo estado dissipativo, com presença de duas barras longitudinais alternadas por cavas ao longo da antepraia. Essa característica é encontrada na ampla maioria das praias do Rio Grande do Sul e do sul de Santa Catarina. Exceções foram verificadas na campanha de agosto em segmentos praiais, os quais mostraram uma tendência ao estado intermediário em função de apresentarem altura de onda reduzida frente às campanhas anteriores. O perfil 4, diferentemente dos outros, apresentou tendência ao estado intermediário na primavera e verão com as barras sendo acopladas em um único banco de areia transversal junto face praial, declividade acentuada da mesma e presença de correntes de retorno próximas ao molhe. Segundo TABAJARA (2008), em praias intermediárias os bancos internos se fundem e a onda dissipa sua energia mais próxima à costa. Esta condição é mais comum entre os meses de primavera e verão quando os sedimentos são transportados em direção à praia subaérea

ocorrendo um aumento das declividades na zona de surfe. No caso do segmento praias em questão, (P4) contribui para a condição acima descrita a zona de sombra às ondulações de S/SE, atuante ao longo da maior parte do ano, promovida pela ação molhes. A característica encontrada na morfodinâmica do referido segmento não se repete em outros setores sob as mesmas condições de onda. Sugerindo assim ser um comportamento relacionado à presença do molhe, podendo estar correlacionado a setores praias com tendências erosivas (Tabs. 12, 13 e 14).

Tabela 12. Valores da H: altura de onda (em metros); DFP: declividade da face de praia (em graus); E: Parâmetro Escalar de Surfe; W: Parâmetro Ômega; referentes aos perfis 1 e 2 ao longo dos meses de novembro (2010); fevereiro; maio; ago (2011).

Perfil	P1nov	P1fev	P1mai	P1ago	P2nov	P2fev	P2mai	P2ago
<b>H (m)</b>	1,45	1,55	1,70	1,00	1,55	1,50	1,70	1,00
<b>DFP(°)</b>	1,06	1,53	2,11	1,39	1,75	1,35	2,35	1,97
<b>E</b>	107	67	32	60	42	89	25	26
<b>W</b>	6,63	7,97	7,77	5,14	7,1	7,70	7,75	5,14

Tabela 13. Valores da H: altura de onda (em metros); DFP: declividade da face de praia (em graus); E: Parâmetro Escalar de Surfe; W: Parâmetro Ômega; referentes aos perfis 3 e 4 ao longo dos meses de novembro (2010); fevereiro; maio; ago (2011).

Perfil	P3nov	P3fev	P3mai	P3ago	P4nov	P4fev	P4mai	P4ago
<b>H (m)</b>	1,62	1,80	1,70	0,7	1,68	1,60	1,70	1,20
<b>DFP(°)</b>	1,82	1,55	0,80	1,43	2,80	2,65	1,75	1,35
<b>E</b>	39	79	195	39	<b>17</b>	<b>18</b>	41	87
<b>W</b>	7,31	9,25	7,75	3,6	7,68	8,23	7,75	6,17

Tabela 14. Valores da H: altura de onda (em metros); DFP: declividade da face de praia (em graus); E: Parâmetro Escalar de Surfe; W: Parâmetro Ômega; referentes ao perfil 5 ao longo dos meses de novembro (2010); fevereiro; maio; ago (2011).

Perfil	P5 nov	P5 fev	P5 mai	P5 ago
<b>H (m)</b>	1,62	1,80	1,70	0,7
<b>DFP(°)</b>	1,70	1,30	1,38	1,60
<b>E</b>	45	96	77	37
<b>W</b>	6,8	7,05	8,23	3,6

## DISCUSSÃO

As variações da linha de costa na área de estudo, segundo a interpretação das fotos aéreas e imagens de satélite, mostraram comportamentos distintos, em função do tempo e considerando uma deriva litorânea resultante de sudoeste para nordeste. Primeiramente um período relativamente estável, em razão da deriva litorânea agir sem encontrar a barreira física constituída pelos molhes. Sugerindo, portanto um equilíbrio parcial no estoque de sedimentos entre os setores costeiros, uma vez que a foz do rio era forçada pela própria deriva a se deslocar continuamente para o norte. Em seguida, logo após a construção dos molhes, uma quebra no balanço arenoso em função da interrupção na deriva gerou um processo de progradação na Praia Grande e também na praia de Passo Torres próximo ao molhe norte (Tab. 9). A deposição arenosa, logo a sotamar das estruturas (perfil 4), indica a presença de sedimentos provenientes do próprio Rio Mampituba. Soma-se a isto, o montante de areia que atravessa a desembocadura devido ao molhe norte ter dimensões reduzidas, ficando parcialmente retidas naquele segmento praial em função da zona de sombra às ondas de S/SE. Com relação ao segmento praial situado no extremo norte da área de estudo, pode-se inferir que a interrupção na deriva, bloqueando parte dos sedimentos a sul dos molhes somado a zona de sombra promovida pelos molhes sobre ondas no segmento anterior (perfil 4) e a reorientação da linha de costa (SW – NE), expondo a mesma a ondas de maior energia sugerem erosão neste ponto compreendido pelo perfil 5. Entre 1974 e 2004 a tendência progradante continuou sendo verificada na Praia Grande, entretanto com taxas menores, por uma provável retomada no equilíbrio morfodinâmico da praia já ajustado aos novos parâmetros pós-estruturas. Não foram encontradas variações mais significativas neste período ao norte dos molhes.

A intensa ocupação das dunas frontais na praia de Passo de Torres remetem uma interrupção da tendência progradacional nesse setor. A análise entre os anos de 2004 e 2010 revela um aumento nas taxas de progradação no setor central da Praia Grande (perfil 2). As taxas de erosão no setor extremo norte na praia de Passo de Torres, após um período estável



voltaram a ter um aumento considerável, sugerindo uma continuidade na falta de suprimento sedimentar, a qual pode estar associada a um aumento no processo de ocupação sobre as dunas frontais logo ao sul da área em erosão.

As análises dos cinco perfis praias sugerem um comportamento com tendência erosiva nos meses de outono/inverno provavelmente relacionado à maior energia das ondulações. Nos meses de primavera e verão há uma inversão, tendendo a um padrão deposicional, supostamente devido a redução de energia. Os perfis 1 e 2 apresentaram variação de largura e volume praias (Tabs. 8 e 9) com evolução linear entre as estações com tênues modificações morfológicas, inferindo estarem em zonas mais abrigadas das ondulações de maior energia, tendo em vista o promontório rochoso a sul do perfil 1, e a ilha do Lobos a sudeste do perfil 2 (Fig. 1). O perfil 3 mostrou uma tendência diferente dos demais, com uma alternância nas dimensões dos perfis (Tab. 10). Este fato sugere que uma inversão da deriva litorânea (sentido sudoeste) entre o final da primavera e o verão, atenuou o transporte de sedimentos através dos molhes, reduzindo a deposição ao sul dos mesmos. Este comportamento é correlato ao perfil 4, na praia ao norte da estrutura, onde ao contrário do segmento 3, ocorreu um perfil de verão acrescivo. Cabe destacar que em agosto o trecho costeiro ao entorno do perfil 4 apresentou acresção intensa (Tab. 11). Neste caso infere-se essa ocorrência a soma de três fatores: o aumento das chuvas trazendo maior quantidade de material orgânico via fluvial, a zona de sombra atuando mais efetivamente frente a um período típico com ondas de sul/sudeste e o empilhamento por parte dos habitantes locais do material proveniente do rio próximo às dunas frontais. Fato este que segundo os próprios moradores é de pleno interesse, pois resulta em um rápido acúmulo de areia, ampliando a praia. O perfil 5, setor com maior exposição as ondulações, apresentou face de praia e pós-praia típicos de costas em erosão durante primavera, outono e inverno provavelmente ligados a eventos de alta energia (Tab. 12). A exceção foi verificada no verão, onde um pós-praia convexo e uma maior declividade da face praias indicam leve acresção decorrente de baixa energia de ondas.

O tamanho do grão dos setores estudados: areia fina, já era esperado dado uma praia com tendência ao estado dissipativo, perfil praiial de baixa declividade e ambiente de moderada a alta energia de ondas, permitindo constante retrabalhamento dos sedimentos. Entretanto pode-se inferir que nas imediações do perfil 4 as amostras tendem a areia média, possivelmente em razão da descarga fluvial somado a zona de influência dos molhes, na qual sob baixa energia, os grãos maiores não são totalmente remobilizados. A concentração de minerais pesados, mais densos, encontrados também nas amostras do perfil 4 também sugerem uma dinâmica costeira diferenciada neste local.

## **CONCLUSÕES**

Os estudos fotointerpretativos aliados com o monitoramento de perfis praiiais altimétricos e a morfodinâmica das praias adjacentes a foz do Rio Mampituba contribuíram para compreensão das causas e consequências da alteração da deriva litorânea e no balanço de sedimentos nestes segmentos de costa dentro dos seguintes aspectos:

- Os métodos utilizados se mostraram eficientes, permitindo avaliar em duas escalas temporais a evolução dos segmentos costeiros propostos neste trabalho.
- A utilização do sensoriamento remoto permitiu com relativa precisão analisar as praias adjacentes à desembocadura comparando-as em uma escala multitemporal.
- O levantamento altimétrico dos perfis praiiais foi uma ferramenta importante para o monitoramento da área em questão, sendo possível verificar as modificações morfológicas sazonais em consecutivos segmentos praiiais.
- A existência de setores acrescivos e erosivos evidenciam uma alteração na deriva litorânea decorrente da interrupção parcial da mesma pela construção de uma barreira física constituída pelos molhes.

- As variações no estoque de sedimentos e nas feições morfológicas estão condicionadas as modificações na orientação da linha de costa, ao grau de exposição das ondas incidentes dentro de um regime sazonal e as alterações promovidas na deriva litorânea por obras costeiras. O segmento costeiro logo ao norte dos molhes exemplifica um comportamento diferenciado dos demais, resultado dessas variações, apresentando granulometria diferenciada e estado intermediário com a presença de correntes de retorno.
- O comportamento dos perfis 3 e 4, ao sul e ao norte dos molhes respectivamente sugerem nos meses de verão uma tendência de inversão sazonal da deriva litorânea.
- O setor erosivo no extremo norte da área de estudo infere que a estabilização da desembocadura através dos molhes promoveu uma quebra no balanço de sedimentos, resultando em um déficit no estoque arenoso ao norte das estruturas, correlato com um superávit na praia ao sul.
- A ação antrópica através da implantação dos molhes e da ocupação irregular da costa promovem modificações no ambiente costeiro em questão. Tendo em vista as áreas costeiras urbanas abrangidas pelo estudo, os resultados obtidos sugerem ações que promovam um melhor gerenciamento da costa, visando um processo de ocupação adequado, principalmente nos setores mais vulneráveis devido à tendência erosivas.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao apoio do Programa de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela bolsa de Mestrado.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, J.A., GRÉ, J.C.R., TOLDO JR, E.E. 1983. Estudos Oceanográficos e Sedimentológicos Preliminares da Praia de Tramandaí-RS. **Pesquisas**, 66-85p.

BARBOZA, E.G., ROSA, M.L.C.C., TOMAZELLI, L.J., DILLENBURG, S.R., AYUP-ZOUAIN, R.N. 2011. Comportamento Regressivo/Transgressivo da linha de costa na Bacia de Pelotas durante o Holoceno Médio e Tardio. In: **Problemática De Los Ambientes Costeiros, Sur de Brasil, Uruguai y Argentina**, (Rúben A. López & Silvia C. Marcomini, org.) p.15-26. Editorial Croquis.

DIRETORIA DE OBRAS HIDRÁULICA. 1999. **Gerencia de Obras Costeiras - Inspeção técnica – Barra do Rio Mampituba**. Departamento de Edificações e Obras Hidráulicas – DEOH – SC.

DILLENBURG, S.R., ROY, P.S.; COWELL, P.J.; TOMAZELLI, L.J. 2000. Influence of Antecedent Topography on Coastal Evolution as Tested by the Shoreface Translation-Barrier Model (STM). **Journal of Coastal Research**, **16**: 71-81p.

DOLAN R.; HAYDEN, B. 1983. Patterns and prediction of Shoreline change. In: KOMAR, P. D. (editor). **Handbook of Coastal Processes and Erosion**. Boca Raton, Florida. CRC Press. 123-148p.

DOLAN, R.; HAYDEN, B.; MAY, S. 1980. The Reliability of Shoreline Changes Measurements from Aerial Photographs. **Shore and Beach**. v.48,22-29p.

GRUBER, N.L.S., STROHAECKER, T.M., AYUP-ZOUAIN, R.N., FARINA, F. 2011. Subsídios à Gestão Costeira: vulnerabilidades ambientais e aspectos legais para normativas de uso e ocupação. In: **Problemática De Los Ambientes Costeiros, Sur de Brasil, Uruguai y Argentina**, (Rúben A. López & Silvia C. Marcomini, org.) p.15-26. Editorial Croquis.

HESP, P. A. 2002 Foredunes and blowouts: initiation, geomorphology and dynamics. *Geomorphology* v.48: 245-268p.

HESP, P. A., DILLENBURG, S. R., BARBOZA E. G., TOMAZELLI, L.J., AYUP-ZOUAIN, R.N., ESTEVES L. S., GRUBER, N. L. S., TOLDO-Jr., E. E., TABAJARA, L. L.C. DE A., CLEROT L. C. P. 2005. Beach ridges, foredunes or transgressive dunefields? Definitions and an examination of the Torres to Tramandaí barrier system, Southern Brazil. In: **Anais da Academia Brasileira de Ciências**. v.77(3): 493-508p.

JACOBSEN, E.E.; SCHWARTZ, M.L. 1981. The use of geomorphology indicators to determine the direction of net shore-drift **Shore and Beach**.v.22, 38-49p.

LEATHERMAM, S. 1983. Shoreline mapping:a comparison of techniques: **Shore and Beach**, v.51,28-33p.

LÉLIS, R.J.F., CALLIARI L.J. 2006. Historical Shoreline Changes Near Lagoonal and River Stabilized Inlets in Rio Grande do Sul State, Southern Brazil. **Journal of Coastal Research** SI(39),301-305p.

MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P., DOMINGUEZ, J.M.L. 1983. O Papel da Deriva Litorânea de Sedimentos Arenosos na Construção das Planícies Costeiras Associadas às Desembocaduras dos Rios São Francisco (SE-AL), Jequitinhonha (BA), Doce (ES) e Paraíba do Sul (RJ). **Revista Brasileira de Geociências**, v.13(2), 98-108p.

MUEHE, D. 1996. Geomorfologia Costeira. In: **Geomorfologia Exercícios, Técnicas e Aplicações**. (Sandra B. Cunha & Antonio J. T. Guerra, org.), 191-235p. Editora Bertand Brasil.

OLIVEIRA, U.R., BARLETA, R.C.B., PEIXOTO, J.R.V., HORN FILHO, N.O. 2008. Variabilidade Morfológica da Praia do Pântano do Sul, Ilha de Santa Catarina, Brasil. **Revista Brasileira de Geociências**, 566-576p.

SOUZA, C.R.G., SOUZA FILHO, P.W.M., ESTEVES, L.S., VITAL, H., DILLENBURG, S.R., PACHINEELAM, S.M., ADDAD, J.E. 2005. Praias Arenosas e Erosão Costeira. In: Souza C.R.G., Suguio K, Oliveira A.M.S., Oliveira P.E. (eds.) **Quaternário do Brasil**. Holos Editora, 130-152p.

TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A. 2000. O Cenozóico do Rio Grande do Sul: geologia da planície costeira. In: Holtz, M.; De Ros, L.F. (eds.). **Geologia do Rio Grande do Sul**. Edições CIGO/UFRGS, Porto Alegre, 375-406p.

TOMAZELLI, L.J., VILLWOCK, J.A. 1992. Considerações Sobre o Ambiente Praial e a Deriva Litorânea de Sedimentos ao Longo do Litoral Norte do Rio Grande do Sul, Brasil, **Pesquisas**, v.19(1),3-12p.

VILLWOCK, J.A. et. al. 2002. Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras. In: SOUZA, C.R.G. et. al. **Quaternário no Brasil**. São Paulo.

VILLWOCK, J.A. A Costa Brasileira: Geologia e Evolução, Brasil. **Notas Técnicas 7** Porto Alegre p. 38-49, 1994.

WRIGHT, L.D., SHORT, A.D. 1983 Morphodynamics of beaches and surf zones in Australia In KOMAR, P. D (editor). **Handbook of Coastal Processes and Erosion**. Boca Raton, Florida. CRC Press. 35-62p.

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

#### 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dentro do contexto ambiental, sendo as praias os ambientes mais dinâmicos e sensíveis à ação dos homens, a construção dos molhes na barra do Rio Mampituba trouxe uma série de transformações. Essas modificações são observadas dentro dos aspectos geomorfológicos, morfodinâmicos e sedimentológicos que envolvem a região costeira em análise. A erosão verificada na praia de Passo de Torres é um processo que segundo moradores locais e informações da Secretaria de Obras da Prefeitura da cidade já era verificado antes da construção dos molhes. Ocorre que desde a construção, segundo esses moradores e a administração do município este processo erosivo começou a se intensificar. De acordo com as informações de antigos moradores a praia de Passo de Torres passou a ser literalmente “comida” pela erosão, em determinados anos. Em 1988 essa erosão foi tão intensa que o mar avançou em direção das dunas mais de 50 m, escavando as mesmas, e assustado os proprietários das casas mais avançadas à praia.

A própria construção, que interrompe parcialmente o transporte sedimentar e provoca erosão da praia ao norte dos molhes, também causa um intenso aporte de sedimentos no lado sul, na Praia Grande em Torres. Este acúmulo de areia vem formando um extenso campo de dunas, o qual se expande conforme a direção e a força dos ventos, podendo por vezes causar transtornos à população. A areia transportada pelo vento acumula-se nas dunas e posteriormente continua se deslocando acabando por invadir zonas urbanizadas próximas a orla. Devido à sazonalidade do clima este processo acontece com mais intensidade nos meses primaveris, quando o vento nordeste se faz presente na costa gaúcha e catarinense com maior intensidade. Conforme relatos de veranistas e moradores, durante os dias em que o “nordestão” sopra forte, a areia acumulada nas dunas se desloca em grandes quantidades para a avenida beira mar, provocando inclusive o seu bloqueio temporário.

Com relação ao uso de técnicas de gerenciamento costeiro para desacelerar os processos erosivos e acrescivos nas praias adjacentes aos molhes da foz do Rio Mampituba, podemos considerar necessário

primeiramente um estudo detalhado enfocando a busca por dados quantitativos no que diz respeito ao balanço no estoque de sedimentos dos segmentos costeiros envolvidos. Avaliando dessa forma, os créditos e débitos no estoque arenoso das praias afetadas periodicamente. Além deste monitoramento devemos levar em conta o ambiente como um todo, de modo a incluir a participação de profissionais de outras áreas afins. Situações idênticas a essas ocorridas em feições costeiras semelhantes também devem ser analisadas para que possíveis erros sejam minimizados. Uma solução viável seria a implementação de um sistema chamado *sand by-passing*, ou transferência de areia de setores a montante para setores a jusante. Essa técnica, bastante difundida em regiões costeiras com situações semelhantes, consiste em um movimento hidráulico ou mecânico da areia para contornar obstáculos tais como canais e desembocaduras estabilizadas por estruturas rígidas de uma área em progradação (à barlar) para outra em erosão (à sotamar). Em situações de erosão mais severas, tendo em vista a área de estudo, essa técnica poderia ser realizada com caminhões que levariam areia excedente da Praia Grande para segmentos praias em erosão ao norte da foz, na Praia de Passo de Torres. Deve-se ressaltar que levantamentos quantitativos envolvendo o volume depositado ao longo de um período determinado de tempo são necessários para que o volume retirado não exceda o montante depositado no mesmo período. Para dar subsídios a ocupação da zona costeira em questão deve-se levar em conta o levantamento das mudanças na linha de costa aliado com um estudo multitemporal das variações taxas de erosão e acresção (LEATHERMAN, 1983). Com esse fim foi construído um mapa de vulnerabilidade praial identificando segmentos praias acrescivos, estáveis, erosivos, e com tendências a erosão (Fig. 5). Sugere-se que levar em conta os dados mapeados deve ser pré-requisito para qualquer tipo de construção na orla compreendida por este estudo.

Ainda com relação à erosão costeira pode-se considerar que o sistema praial, com suas feições naturais em equilíbrio, é a melhor estrutura de proteção das zonas de costa. Dentro desta óptica, conclui-se que as dunas frontais são de fundamental importância, sendo que a competência das mesmas para absorver a energia das ondas incidentes está diretamente

ligada a sua altura e largura. Problemas ligados à erosão tendem a se intensificar, tendo em vista que a plataforma continental adjacente à área de estudo apresenta grande extensão e baixa declividade, características que podem aumentar o nível de energia das ondas, incrementando o risco de inundações por tempestades.



Figura 5. Carta Imagem de vulnerabilidade à erosão dos segmentos praias da área de estudo.



Considerando a área de estudo, infere-se que as alterações no equilíbrio do ambiente de modo a provocar um cenário erosivo envolvem as seguintes variáveis:

- Suprimento natural de areia – efeito dos molhes.
- Ocupação – Urbanização.
- Oscilação sazonal na direção e na intensidade da energia das ondas.
- Variações relativas do nível do mar.

Levando-se em conta essas premissas sugere-se que ações no sentido de melhor gerenciar as praias pesquisadas, devem ser avaliadas. Entre as ações sugeridas por este estudo estão:

- O monitoramento periódico com levantamento de dados topográficos e batimétricos dos segmentos afetados visando a aquisição de dados quantitativos sobre o volume de areia depositado e/ou erodido.
- A utilização do sistema de transferência de areia excedente a montante para áreas erosivas a jusante (*sand by-passing*).
- A remoção das edificações sobre as dunas frontais no segmento costeiro suscetível à erosão situado logo ao norte dos molhes na praia de Passo de Torres (SC), (Fig. 6).
- Manter o controle de conservação das dunas frontais do segmento erosivo situado no extremo norte da área de estudo – Passo de Torres (SC), (Fig. 7).
- A retirada das edificações para fins comerciais (restaurantes e bares) que se encontram no pós - praia do setor praias mais ao sul da Praia Grande – Torres (RS), (Fig. 8), e a recuperação das dunas frontais hoje inexistentes em substituição às construções.



Figura 6. Edificações sobre a duna frontal em segmento praial suscetível a erosão – logo ao norte dos molhes – Passo de Torres (SC). Fonte: Autor, 2011.



Figura 7. Segmento costeiro erosivo, sem edificações situado no extremo norte da área em estudo – Passo de Torres (SC). Fonte: Autor, 2011.



Figura 8. Restaurantes e bares sobre o pós - praia. Área com ausência de dunas frontais - setor costeiro situado ao sul da Praia Grande, Torres (RS). Fonte: Autor, 2011.

Considerando que a área costeira analisada neste estudo apresenta um significativo número de habitantes, em torno de 40.000 (número este que sobe para 300.000 nos meses de verão), (censo 2010, IBGE), e um grande número de construções junto à orla, entende-se ser importante estabelecer os processos naturais e suas modificações de modo a acompanhar sua evolução ao longo do tempo. Durante o trabalho avaliou-se que as modificações nos processos naturais na área costeira em questão estão provocando consequências que vêm sendo sentidas hoje, e muito provavelmente acarretarão em danos ainda mais sérios no futuro. Em resposta a isso este trabalho procurou mostrar através de métodos de gerenciamento costeiro, possíveis soluções a tais questões, tendo em vista nossa responsabilidade como profissional de traçar estratégias necessárias à manutenção, preservação e recuperação de nossos sistemas costeiros.

Dessa maneira deve-se considerar que investimentos em pesquisas na área de geologia costeira e marinha são fundamentais para enfrentarmos situações adversas que poderão surgir a curto e médio prazo.

Durante a realização desta pesquisa notou-se que estudos sobre o tema proposto na região ainda são incipientes. Os habitantes locais de ambos os lados da foz do rio, que sofrem as consequências dos processos aqui analisados, demonstram interesse em preservar e recuperar estes ambientes antes que os danos se agravem. Para isso, sugerem-se novos trabalhos que envolvam a referida área litorânea. Novas alternativas, no intuito de alcançar um equilíbrio no ambiente como um todo, devem ser discutidas e aplicadas refletindo assim no bem estar da comunidade envolvida.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CHAIEB, J.A.; DINIZ, P.D.; MIRANDA, J.B. **Memórias da SAPT**. Porto Alegre: [s.n.], 1996.

DEAN, R.G. **Managing sand and preserving shorelines**. Woods Hole, MA, p. 49-55, 1988.

DIRETORIA DE OBRAS HIDRÁULICA. **Gerencia de Obras Costeiras - Inspeção técnica – Barra do Rio Mampituba**. Departamento de Edificações e Obras Hidráulicas – DEOH – SC, 1999.

IMAGENS SATÉLITE. Disponível em: [www.googleearth.com](http://www.googleearth.com)>. Acesso em: 04.11.2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br> >. Acesso em 11 nov. 2011.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA - INMET. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: 04 out. 2011.

JACOBSEN, E.E.; SCHWARTZ, M.L. The Use of Geomorphologic Indicators to Determine the Direction of Net Shore-Drift. **Shore and Beach**, Caswell Beach, NC, v. 22, p. 38-43, 1981.

LEATHERMAN, S. Shoreline mapping: a comparasion of technics: **Shore and Beach**, 51, 28-33p, 1983.

SOUZA, C.R.G. et al. Praias arenosas e erosão costeira. In: **Quaternário do Brasil**. São Paulo, 2002.

ZASSO, L.A. A Alteração na Deriva Litorânea e no Balanço de Sedimentos em Costas Arenosas: Estudo de Caso: Molhes do Rio Mampituba e Praias Adjacentes. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, **Monografia em Geografia**, 67p., 2007.

## ANEXO 1 – Carta de submissão do artigo



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

*Pesquisas em Geociências*

---

Porto Alegre, 11 de dezembro de 2012.

Ao Luciano Zasso

Venho comunicar o recebimento em 30/11 p.p. do manuscrito abaixo listado, submetido para publicação em *Pesquisas em Geociências* órgão de divulgação científica editado pelo Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

Agradeço a seleção de *Pesquisas em Geociências* para a publicação de sua contribuição. O manuscrito será analisado quanto ao conteúdo e enquadramento nas normas de preparação, para que seja iniciado o processo de análise por pares.

Título: Alterações na deriva litorânea e no balanço sedimentar: molhes do rio Mampituba e praias adjacentes, divisa entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina

Autor (es): Luciano Zasso, Eduardo G. Barboza & Nelson L. S. Gruber

A tenciosamente,

Prof. Dr. Paulo Alves de Souza  
Editor Chefe

---

*Pesquisas em Geociências*

Instituto de Geociências – Departamento de Paleontologia e Estratigrafia

Av. Bento Gonçalves, n.º 9500 - Bloco 1 - Prédio 43127, Sala 209

CEP 91.540 -000, Porto Alegre, RS, Brasil.

Tel.: +55.51.33 08.7386 - Email: paulo.alves.souza@ufrgs.br

## ANEXO 2 – Figura e Tabelas adicionais

Diagramas de ventos durante o período do estudo

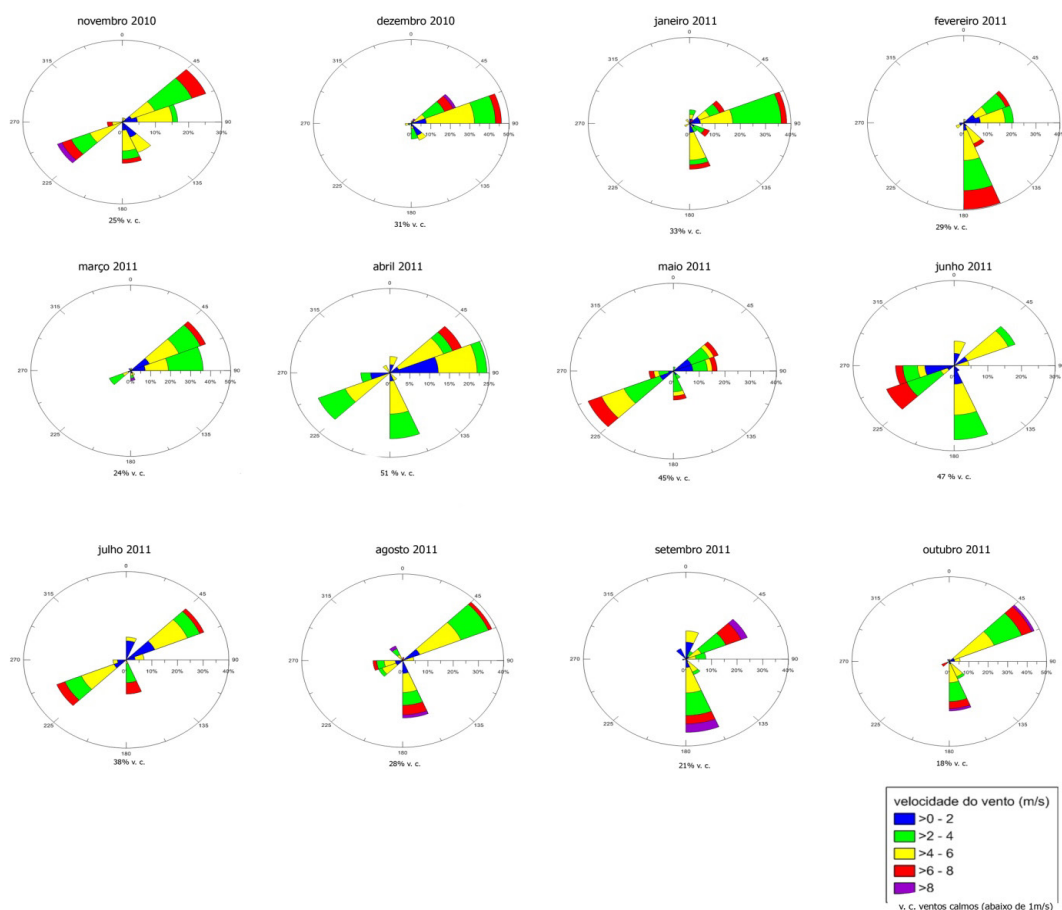


Diagrama de ventos durante o período do estudo Fonte: INMET – Estação Torres

Valores referentes à largura do sistema praiar e eólico sobre o PERFIL 1. Praia Grande - Torres (RS). Distância do molhe sul: 1.540 m.

ANO	LARGURA SIST. PRAIAL E EÓLICO
1965	55 m
1974	85 m
2004	143 m
2010	176 m
<b>TOTAL</b>	<b>126 metros de progradação</b>

Valores referentes à largura do sistema praiar e eólico sobre o PERFIL 2. Praia Grande – Torres (RS). Distância do molhe sul: 720 m.

<b>ANO</b>	<b>LARGURA SIST. PRAIAL E EÓLICO</b>
1965	28 m
1974	119 m
2004	166 m
2010	232 m
<b>TOTAL</b>	<b>204 metros de progradação</b>

Valores referentes à largura do sistema praiar e eólico sobre o PERFIL 3. Praia Grande – Torres (RS). Distância do molhe sul: 95 m.

<b>ANO</b>	<b>LARGURA SIST. PRAIAL E EÓLICO</b>
1965	- 38 m
1974	62 m
2004	149 m
2010	127 m
<b>TOTAL</b>	<b>165 metros de progradação</b>

Valores referentes à largura do sistema praiar e eólico sobre o PERFIL 4. Praia de Passo de Torres (SC). Distância do molhe norte: 204 m.

<b>ANO</b>	<b>LARGURA SIST. PRAIAL E EÓLICO</b>
1965	- 50 m
1974	34 m
2004	62 m
2010	74 m
<b>TOTAL</b>	<b>124 metros de progradação</b>

Valores referentes à largura do sistema praiar e eólico sobre o PERFIL 5. Praia de Passo de Torres (SC). Distância do molhe norte: 1.140 m.

<b>ANO</b>	<b>LARGURA SIST. PRAIAL E EÓLICO</b>
1965	168 m
1974	122 m
2004	135 m
2010	75 m
<b>TOTAL</b>	<b>93 metros de EROSÃO</b>