

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE FILOSOFIA E CIÊNCIAS HUMANAS  
CURSO DE GEOGRAFIA

LUCIANO ALBUQUERQUE ZASSO

**A ALTERAÇÃO NA DERIVA LITORÂNEA E NO BALANÇO DE  
SEDIMENTOS EM COSTAS ARENOSAS. ESTUDO DE CASO:  
MOLHES DO RIO MAMPITUBA E PRAIAS ADJACENTES**

Porto Alegre  
Novembro 2007

LUCIANO ALBUQUERQUE ZASSO

**A ALTERAÇÃO NA DERIVA LITORÂNEA E NO BALANÇO DE  
SEDIMENTOS EM COSTAS ARENOSAS. ESTUDO DE CASO:  
MOLHES DO RIO MAMPITUBA E PRAIAS ADJACENTES**

Monografia apresentada à Faculdade de Filosofia e Ciências Humanas, como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Geografia, da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul.

Orientador: Prof. Dr. Jorge Alberto Villwock

Co-Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Me. Tânia Rodrigues Ferrer

Porto Alegre

Novembro de 2007

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço aos meus pais, por me proporcionarem um ambiente saudável com as melhores condições possíveis durante todos os meus anos até aqui.

Aos meus mestres, que desde o início desta caminhada me transmitiram conhecimento, coragem e entusiasmo na busca de um objetivo alcançável. Agradeço de modo especial aos mestres orientadores, Professor Jorge Alberto Villwock e a Professora Tânia Ferrer, os quais foram sempre muito atenciosos frente aos meus questionamentos.

Ao importante auxílio da bióloga Karina Gonçalves, que presta seus serviços para a Prefeitura de Passo de Torres (SC), buscando sempre atender os interesses dos habitantes sem agredir o ambiente.

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

“Por horas seguidas, vendo aquele mar revoltado, refleti e meditei. Como somos pequenos e frágeis diante da imensidão do mar”.

Vilfredo Schurmann

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Imagem da planície costeira da região sul com os 5 locais onde ocorre um influxo de água doce considerável. .... 12
- Figura 2 - Imagem das ondulações geradas por tempestades atingindo a costa do Rio Grande do Sul e Santa Catarina. .... 19
- Figura 3 - Imagem da foz do Rio Araranguá (SC) em seu processo de migração, distante 5 km na direção norte da foz original .....26
- Figura 4 - Imagem da Foz atual do Rio Mampituba, visualizamos os guias de corrente, os molhes, o braço morto na parte superior a esquerda e a barra arenosa hoje urbanizada em Passo de Torres (SC), formada após a obra. O braço morto como resultado da migração da desembocadura em tempos pretéritos.....29
- Figura 5 - Praia de Itapirubá (SC), costão rochoso interrompendo o transporte de sedimentos de sul para o norte. A larga faixa de areia ao sul e em contrapartida a estreita praia ao norte do costão servindo como indicadores geomorfológicos de deriva litorânea. ....31
- Figura 6 - Imagem da erosão praias causada por construção na costa oeste do México. A erosão ao norte da estrutura evidencia que este caso a deriva costeira resultante é de sul para norte. ....32
- Figura 7 - Imagem da Barra do Mampituba: a praia com grande acúmulo de areia ao sul dos molhes e a estreita faixa de areia ao norte, indicam o sentido resultante da deriva litorânea atuante. ....34
- Figura 8 - Foto aérea da foz do Rio Mampituba antes da construção dos molhes. No canto superior direito a SAPT – primeira construção na região. ....36
- Figura 9 - Croquis 1: as partes pontilhadas não foram concluídas.....37

Figura 10 - Croquis 2: observar os bancos de areia na boca da barra.....	38
Figura 11 - Imagem da barreira arenosa, antigamente pertencente ao RS e que após a obra passou a fazer parte de SC. Hoje a barreira arenosa esta amplamente urbanizada (Pasárgada).....	39
Figura 12 - Embarcação passando dificuldades na saída da barra do Mampituba ...	41
Figura 13 - Os molhes na sua configuração atual com a Praia Grande no centro da foto .....	42
Figura 14 - Os molhes na sua configuração atual e as duas praias adjacentes.....	42
Figura 15 - Imenso campo de Dunas na Praia Grande em Torres, indica uma acumulação acentuada devido à quebra natural do balanço de sedimentos. ....	47
Figura 16 - Em contrapartida a forte acumulação na praia Grande em Torres a estreita faixa de praia na Praia de Passo de Torres evidencia um forte processo erosivo.....	48
Figura 17 - Perspectiva aérea da foz do Rio Tweed e praias adjacentes. No lado esquerdo podemos visualizar o píer de captação de areia.....	59
Figura 18 - Navio draga em atividade próximo ao Rio Tweed.....	60
Figura 19 - Vista aérea das praias ao norte do Rio Tweed, já recuperadas das fortes erosões que outrora ocorria, via alimentação artificial. ....	61
Figura 20 - Imagem do sistema de alimentação artificial de areia das praias ao norte do Rio Tweed.....	61
Figura 21 - Mapeamento do fundo na entrada do Rio Tweed, as profundidades indicam a eficácia do processo de dragagem, mesmo que na extremidade do molhe sul ainda possamos verificar uma pequena quantidade de areia acumulada (em verde). ....	62

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2 ASPECTOS GEOLÓGICOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO SUL DO BRASIL....</b>	<b>10</b>
<b>3 FATORES DO CONDICIONAMENTO GLOBAL DE REGIÕES COSTEIRAS.....</b>	<b>13</b>
3.1 DINÂMICA GLOBAL.....	13
3.1.1 Tectônica de placas .....	13
3.1.2 Clima .....	14
3.1.3 Variações paleoclimáticas e mudanças no nível do mar.....	14
3.2 FATORES DA DINÂMICA COSTEIRA NA COSTA EM ESTUDO.....	15
3.2.1 Ondas .....	15
3.2.2 Correntes litorâneas e transporte de sedimentos.....	19
3.2.3 Regime de marés.....	21
3.2.4 Ventos .....	22
<b>4 A MIGRAÇÃO DA FOZ DE UM RIO COMO INDICADOR DE DERIVA LITORÂNEA .....</b>	<b>24</b>
<b>5 PARA QUE SERVEM ESTRUTURAS TAIS COMO MOLHES E GUIAS DE CORRENTE NA FOZ DE UM RIO OU CANAL .....</b>	<b>27</b>
<b>6 DERIVA LITORÂNEA: ALTERAÇÕES DECORRENTES DE ESTRUTURAS TAIS COMO MOLHES E GUIAS DE CORRENTE .....</b>	<b>30</b>
6.1 OBSERVAÇÕES GERAIS .....	30
6.2 AS ALTERAÇÕES NA DERIVA LITORÂNEA, VERIFICADAS NA REGIÃO EM ESTUDO .....	32

<b>7 O QUE OCORREU E O QUE VEM OCORRENDO NA COSTA EM ESTUDO? ...</b>	<b>35</b>
7.1 ANTECEDENTES.....	35
7.2 O PROJETO DE CONSTRUÇÃO.....	36
7.3 O QUE REALMENTE FOI CONSTRUÍDO .....	38
<b>8 CONSEQUÊNCIAS PROMOVIDAS PELA CONSTRUÇÃO DOS MOLHES HOJE E NO FUTURO .....</b>	<b>43</b>
8.1 CONSEQUÊNCIAS A CURTO PRAZO.....	43
8.2 O AQUECIMENTO GLOBAL E A SUBIDA DO NÍVEL DO MAR DENTRO DESTE CONTEXTO.....	48
<b>9 GERENCIAMENTO COSTEIRO .....</b>	<b>50</b>
9.1 GERENCIAMENTO COSTEIRO: UMA SOLUÇÃO VIÁVEL?.....	50
9.2 O GERENCIAMENTO COSTEIRO ATUANDO NA ÁREA EM ESTUDO .....	53
9.3 RIO TWEED NA COSTA AUSTRALIANA: O EXEMPLO QUE DEU CERTO ..	56
<b>10 CONCLUSÃO .....</b>	<b>63</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A recente Planície Costeira do Rio Grande do Sul constitui-se de um ambiente frágil, passível de contínuas modificações. Esses ambientes também chamados de praia, são regiões onde os processos geomorfológicos se alteram constantemente provocando assim um repetido processo de (re)organização. Somando-se ao fato de serem as regiões costeiras palco de rápidas mudanças geomorfológicas e físicas sabemos que estas áreas apresentam uma considerável ocupação humana. Desse modo acredito ser indispensável uma avaliação ambiental periódica destas áreas, tal como este trabalho se propõe.

Ao falarmos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul e extremo sul de Santa Catarina estamos falando de uma longa e retilínea costa, arenosa com um perfil muito semelhante ao longo de seus mais de 600 quilômetros.

Tendo em vista essa longa faixa costeira, este estudo procurará analisar questões relativas a um processo chamado de Deriva Litorânea que acontece sistematicamente nesta região e resulta no processo mais significativo de transporte de sedimentos ao longo de costas arenosas.

Durante os mais de 600 km de planície costeira encontramos apenas cinco quebras significativas no equilíbrio no balanço de sedimentos em virtude de alterações da dinâmica litorânea existente. Esses locais são: o Arroio Chuí, o canal de Rio Grande, a desembocadura da Lagoa de Tramandaí, a foz do Rio Mampituba na cidade de Torres no extremo norte do estado fazendo divisa com a cidade de Passo de Torres já em Santa Catarina e por fim o Rio Araranguá.

Sendo assim o presente trabalho buscará fazer uma investigação das causas e conseqüências desta quebra do equilíbrio do balanço sedimentar. Como não poderia deixar de ser usaremos para estudo de caso a foz do Rio Mampituba, fronteira natural entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, e as praias adjacentes, procurando esclarecer a todos os interessados além do sistema causa/efeito possíveis soluções para essas questões.

Para isso, esta monografia está dividida em nove capítulos, os quais se apresentam da seguinte forma: no segundo e no terceiro capítulos serão abordados os aspectos geológicos da planície costeira sul brasileira e os fatores globais que condicionam essas regiões. Após apresentar os elementos que regem estas áreas de costa, contemplaremos aspectos mais específicos visando às alterações no movimento sedimentar na costa em questão. Com isso o capítulo quatro analisará o comportamento da foz de um rio sem a presença de estruturas tais como molhes e guias de corrente. No capítulo cinco e seis se buscará explicar como funcionam essas estruturas e quais as alterações na deriva litorânea que elas provocam. A partir do capítulo sete o enfoque passa a ser o caso dos molhes do Rio Mampituba e as praias adjacentes, buscando trazer além da construção em si, seus antecedentes, a situação atual da região e uma breve análise futura. O gerenciamento costeiro como alternativa de preservar e recuperar áreas litorâneas integrará o capítulo nove, fechando assim o trabalho.

## 2 ASPECTOS GEOLÓGICOS DA PLANÍCIE COSTEIRA DO SUL DO BRASIL

O Brasil é um país de dimensões continentais, apresentando uma costa com mais de nove mil quilômetros de linha real, toda ela banhada pelo Oceano Atlântico. Ao longo deste litoral encontramos uma grande variedade de aspectos geomorfológicos costeiros, condicionados por diferentes fatores geológicos e climáticos.

No extremo sul do Brasil, região que abrange o presente trabalho, encontramos, segundo Villwock et. al. (2002), uma ampla planície costeira, com aproximadamente 700 quilômetros de extensão e até 120 quilômetros de largura em certos pontos. Dentro desta planície, coberta por campos de dunas, um sistema múltiplo de barreiras arenosas forma um grande sistema lagunar, sendo a maior delas a Laguna dos Patos. A partir de seu limite norte, o Cabo de Santa Marta, até cidade de Tramandaí, a planície costeira é mais estreita ficando delimitada pela borda do Planalto Meridional a oeste, a qual chega até a linha de costa atual, na cidade de Torres ocorrendo ali às únicas formações rochosas da costa do Rio Grande do Sul. Após Tramandaí, rumo ao sul a costa sofre um alargamento, abrangendo assim as grandes Laguna dos Patos e Mirim e tendo como limite a oeste, as elevações já muito desgastadas do Escudo Sul-Riograndense. Assim, com tais dimensões esta praia oceânica cujos aspectos do comportamento geomorfológico serão analisados pode ser considerada como uma das mais longas e contínuas praias arenosas do mundo.

A presente planície costeira teve seu processo de formação no quaternário, período em que o planeta foi marcado por alternar períodos glaciais e interglaciais. O resultado disso foram flutuações no nível do mar, as quais ocasionaram as transgressões e regressões da linha de costa, flutuações que foram diretamente responsáveis pelo processo de formação da planície referida. Segundo Villwock (1994), os sedimentos trabalhados por pelo menos quatro grandes ciclos de regressão e transgressão são na sua grande maioria sedimentos clásticos terrígenos, acumulados em ambientes continentais, transicionais e marinhos. Eles originaram-se de depósitos na costa, constituintes da porção superior de numerosos

sistemas de leques deltaicos instalados na borda interna da Bacia de Pelotas. Esses sedimentos constituem atualmente as areias das praias que encontramos em toda extensão da costa e serão um dos focos de estudo deste trabalho.

Nos dias de hoje, conforme coloca Villwock (1992), esta extensa área de costa aberta, retilínea e arenosa tem sua morfogênese controlada por regimes de micromarés (baixa amplitude entre a maré baixa e a alta), sendo francamente dominada pela ação das ondas e pelas correntes por elas induzidas. Além disto na maior parte do tempo apresenta um perfil dissipativo com uma superfície plana e uma escarpa quase permanente no cordão de dunas frontais que revelam um comportamento mais erosivo que deposicional.

Para complementar podemos salientar que durante toda a extensão da planície costeira sul brasileira contamos com apenas cinco locais onde existe um influxo de água doce em quantidade considerada entrando de forma perene em contato com o oceano. Esses locais correspondem ao Arroio Chuí, que faz a fronteira sul do Brasil com o Uruguai, ao canal de Rio Grande, ligação da Laguna dos Patos com o mar. Seguindo em direção ao norte encontramos o canal da laguna de Tramandaí. Já no extremo norte do estado encontramos a foz do Rio Mampituba, o qual marca a divisa do Rio Grande do Sul com o Estado de Santa Catarina, sendo exatamente este o ambiente a ser analisado nesta pesquisa. Por fim encontramos a migrante foz do Rio Araranguá situado na parte norte da extensa e arenosa planície em questão. Com relação a essas correntes fluviais vindas do continente, o pesquisador Villwock (1992), afirma que elas podem afetar a sedimentação costeira, seja pelo aporte de novos sedimentos ou pelas modificações locais no padrão de circulação litorânea devido ao escoamento fluvial.



Figura 1 - Imagem da planície costeira da região sul com os 5 locais onde ocorre um influxo de água doce considerável.

- Rio Araranguá
- Rio Mamapituba
- Barra de Tramandaí
- Barra de Rio Grande
- Arroio Chui

Fonte: Googleearth.com, 2007.

## **3 FATORES DO CONDICIONAMENTO GLOBAL DE REGIÕES COSTEIRAS**

### **3.1 DINÂMICA GLOBAL**

Quando falamos em dinâmica global, estamos nos referindo a uma série de fenômenos de magnitude planetária, os quais exercem influência sobre a morfologia de regiões costeiras. Os movimentos entre as placas continentais e oceânicas determinam o tipo de costa e a sua orientação quanto à exposição às correntes. O clima mundial afeta o desenvolvimento dos organismos terrestres e marinhos, controla a erosão dos continentes e, sobretudo é responsável pelas flutuações no nível do mar. As respostas geológicas do planeta às variações em peso das capas de gelo que se acumulam nas regiões polares e aos enormes volumes de água provenientes de sua fusão modificam o geóide, produzindo mudanças adicionais no nível relativo do mar, de efeito regional ou local (VILLWOCK et. al., 2002). A seguir analisaremos cada um dos condicionantes que causam conseqüências na costa brasileira.

#### **3.1.1 Tectônica de placas**

Ao contrário da costa pacífica da América do Sul, a qual apresenta uma margem continental ativa, a costa do Oceano Atlântico, está desenvolvida sobre uma margem continental passiva. Como conseqüência de maior calma tectônica esta última desenvolveu amplas planícies costeiras com uma plataforma continental também extensa.

A área continental adjacente a costa brasileira foi palco de acontecimentos tectônicos, como flexuras, soerguimentos, basculamentos, os quais entre outros eventos proporcionaram o levantamento do planalto, formando a escarpa da Serra Geral. Desse modo segundo Villwock (1994), os rios da vertente atlântica, recém formados, começaram a erodir a encosta, levando os sedimentos para linha de

costa. Comparando a morfologia da costa sudeste com da costa sul concluímos que a tectônica global foi responsável pelas diferenças existentes entre as duas. Enquanto a costa sudeste foi submetida a eventos tectônicos, os quais formaram uma costa com um relevo bastante recortado, a costa sul foi palco de maior calma tectônica, o que possibilitou o aplainamento do embasamento e o desenvolvimento da ampla planície arenosa, sujeita a ação de grande movimentação e transporte de sedimentos que abordaremos mais adiante neste trabalho (VILLWOCK, 1994).

### **3.1.2 Clima**

Muitas das características geomorfológicas das regiões costeiras estão intimamente ligadas ao clima e seus fatores em diferentes regiões do globo. Segundo Villwock, (1994), os ventos, evaporação, precipitações, variações de temperatura, ondas, correntes litorâneas e tempestades são os principais mecanismos que regulam a circulação dos oceanos e da atmosfera. Estes são condicionados basicamente pela soma da radiação solar recebida pela superfície do planeta com as influências do movimento de rotação da Terra, caracterizando assim o clima de cada região do globo e (re)definindo características geomorfológicas de zonas de costa.

### **3.1.3 Variações paleoclimáticas e mudanças no nível do mar**

Segundo observações de Suguio e Martin (1987), durante o Holoceno, no final da última grande transgressão (por volta de 5.000 A.P.), a maior parte do litoral brasileiro esteve 5 metros acima do nível de hoje, sendo que o posterior recuo foi responsável pelo desenvolvimento da porção mais recente da planície costeira atual. Essas variações cíclicas no nível do mar, conhecidas por regressões e transgressões marinhas, estão claramente ligadas com as variações paleoclimáticas, e seus ciclos de períodos glaciais e interglaciais, como vimos anteriormente. Embora

a observação de que as planícies costeiras estão em avanço nos últimos milênios, elas têm se comportado como costas associadas a processos de submersão e/ou erosão nos últimos séculos, como veremos de forma bastante evidente em áreas em processo de intensa erosão abordadas neste trabalho.

### 3.2 FATORES DA DINÂMICA COSTEIRA NA COSTA EM ESTUDO

A dinâmica costeira é a principal responsável pelo desenvolvimento de praias arenosas e pelos processos de erosão e deposição que mantêm as áreas litorâneas em constante transformação (VILLWOCK, 1994).

O deslocamento de areia ao longo da linha de costa é o que se convencionou chamar de “deriva litorânea de sedimentos”. Esta transferência de sedimentos promovida basicamente pela atividade das ondas que incidem obliquamente à linha de costa, há muitos anos é reconhecida como dos mais importantes fatores responsáveis pela configuração das praias (TOMAZZELI e VILLWOCK, 1992).

Para que as ondas e as correntes por elas originadas, agentes diretamente responsáveis pela dinâmica costeira, atuem é necessário o vento. Ele é o componente inicial deste processo. Dessa forma estes fatores atuam de forma ininterrupta sobre os sedimentos existentes provocando o transporte, a deposição e a erosão dos mesmos ao longo da linha de costa.

#### 3.2.1 Ondas

Segundo Villwock (1994), as ondas de maneira geral são formadas pelos ventos que sopram sobre a superfície d'água. Sendo que dependem basicamente da velocidade dos ventos, da duração deste vento e do “fetch” área de atuação ou pista onde o vento atua.

Existem algumas exceções à regra, que são ondas geradas por abalos sísmicos, os maremotos ou tsunamis. Estes são fenômenos, muito raros e restrito a algumas regiões, que apesar de terem alto poder de destruição não se mostram muito relevantes nos processos costeiros da costa brasileira.

Para fins deste trabalho, as ondas consideradas relevantes são as geradas pelos ventos, principalmente as formadas por tempestades que atuam como importantes trocadores de energia, transferindo a energia obtida dos ventos pela vastidão dos oceanos. O final deste processo contempla esta energia sendo descarregada pelas ondas nas zonas costeiras, desta maneira ocasionando diversos tipos de correntes, sendo o principal fator de erosão e transporte de areia pela costa gaúcha e sul catarinense em um processo lento e contínuo.

Quando os fortes ventos sopram no oceano e formam uma tempestade, ondas são geradas podendo ser propagadas por milhares de quilômetros. Logo nos primeiros momentos após serem geradas as ondas não apresentam formas definidas, estando ainda desordenadas em meio ao oceano. Após algum tempo, o que se verifica é a formação de um trem regular, ordenado de ondas ou ondulação, também chamado de “swell”. Essa ondulação viaja pelo oceano dissipando pouquíssima energia até chegar em seu destino final, uma linha de costa. Deste modo as ondas que promovem erosão em uma linha de costa podem, ter tido origem a milhares de quilômetros de distância (VILLWOCK, 1990).

Em águas profundas a velocidade de propagação é proporcional ao período das ondas (distância entre duas cristas), entretanto, à medida que o trem de ondas se aproxima da costa a espessura da lâmina d’água começa a diminuir diminuindo assim a velocidade e absorvendo energia. Na medida que as ondas atingem zonas mais rasas ocorre um aumento da altura das cristas, adquirindo elevada esbeltez. À proporção que a ondulação avança e a profundidade diminui, as ondas se instabilizam e quebram produzindo o que conhecemos por arrebentação. O tipo de arrebentação por mergulho (“plunging”) ou por derramamento (“spilling”), dependem da esbeltez inicial da onda e da declividade da antepraia (VILLWOCK, 1990).

A planície costeira sul brasileira apresenta praias com baixa declividade desta forma depois da arrebentação as ondas transformam-se em pequenas vagas que viajam pela zona de surf até derramar-se na face da praia, a zona de espraiamento. Conforme já vimos é nesta etapa final, em uma faixa relativamente estreita, que ocorre a dissipação de uma enorme quantidade de energia trazida pela ondulação oceânica. Desse modo, o perfil de determinada praia, bem como o tamanho do grão dos sedimentos praias dependem da quantidade de energia liberada na praia, a qual é determinada em função do trem de ondas e do tipo de arrebentação encontrada na mesma. Dessa forma concluímos que a morfologia dos perfis de praias arenosas, em determinada região, é função do nível energético das ondas (VILLWOCK, 1990). O reflexo deste fenômeno em praias arenosas é a movimentação de grandes volumes de areia de acordo com a época do ano. Dessa forma está relacionada com a variação dos regimes de ondulações e ocorrência de tempestades ou ressacas. Acompanhando essas oscilações o perfil da praia tende a variar ciclicamente acompanhando as variações normalmente associadas com a época do ano. Nas praias onde se realiza esta pesquisa, é verificado que em uma situação de alta energia, decorrentes de grandes ondulações ou tempestades, as quais tendem a ocorrer durante os meses de inverno, as ondas erodem a praia, retirando a areia que se deposita em bancos de areia sob a zona de arrebentação. Em contrapartida em condições de baixa energia, em nossa costa verificada nos meses de verão o que ocorre é um lento e contínuo transporte de areia em direção à praia promovendo a (re)construção das bermas e ampliando as zonas de pós-praia.

O trecho sul da costa brasileira em estudo, apresenta condições de constante exposição à energia trazida pelas ondas, durante o ano inteiro. Além disto, sua configuração retilínea sem a presença de baías ou irregularidades maiores, lhe confere um caráter aberto propício para a ação de ondas de media a alta energia. De acordo com Motta (1967), as ondulações que atingem a costa em estudo têm duas direções predominantes: a leste-nordeste e a sudeste. As primeiras são chamadas de vagas, que são ondas originadas pela ação de ventos locais, mais freqüentes na região em enfoque. O fato de situarem-se dentro da própria zona geradora, ou seja próximo a costa, faz com que as vagas sejam irregulares, com

período curto entre 8 e 9 segundos e com altura média de 1,5 metros em uma profundidade de 20 metros. Essas características não apresentam variações significativas ao longo do ano. Já as ondulações com direção sudeste não são formadas por ventos locais, mas se propagaram de distantes zonas de geração. Segundo Davies (1980), o principal centro de geração desta ondulação está no cinturão tempestuoso subpolar do Atlântico Sul, posicionado em torno da latitude 60° S, ou seja, milhares de quilômetros da zona costeira em foco. Essas ondulações são mais regulares, apresentando um período mais longo e também maior altura e energia. Dessa forma constituem em ondas de maior agressividade e capacidade no transporte litorâneo de sedimentos nas áreas aqui envolvidas.

Segundo Tomazelli e Villwock (1990), as ondas de tempestade, embora raras nas praias gaúchas e catarinenses correspondem às ondas de maior energia que atingem a região de estudo. Estas grandes ondulações são formadas por fortes ventos que ocorrem dentro ou próximo da região costeira em análise, conforme imagem abaixo. Tendo em vista a grande energia destas ondas, elas são causadoras de grandes impactos na costa. Além de estarem associadas a elevações na maré na área atingida (maré de tempestade), são responsáveis por intensos processos erosivos. Como consequência destes processos, temos uma grande movimentação de sedimento junto à praia que por hora podem afetar gravemente áreas costeiras como veremos mais adiante.

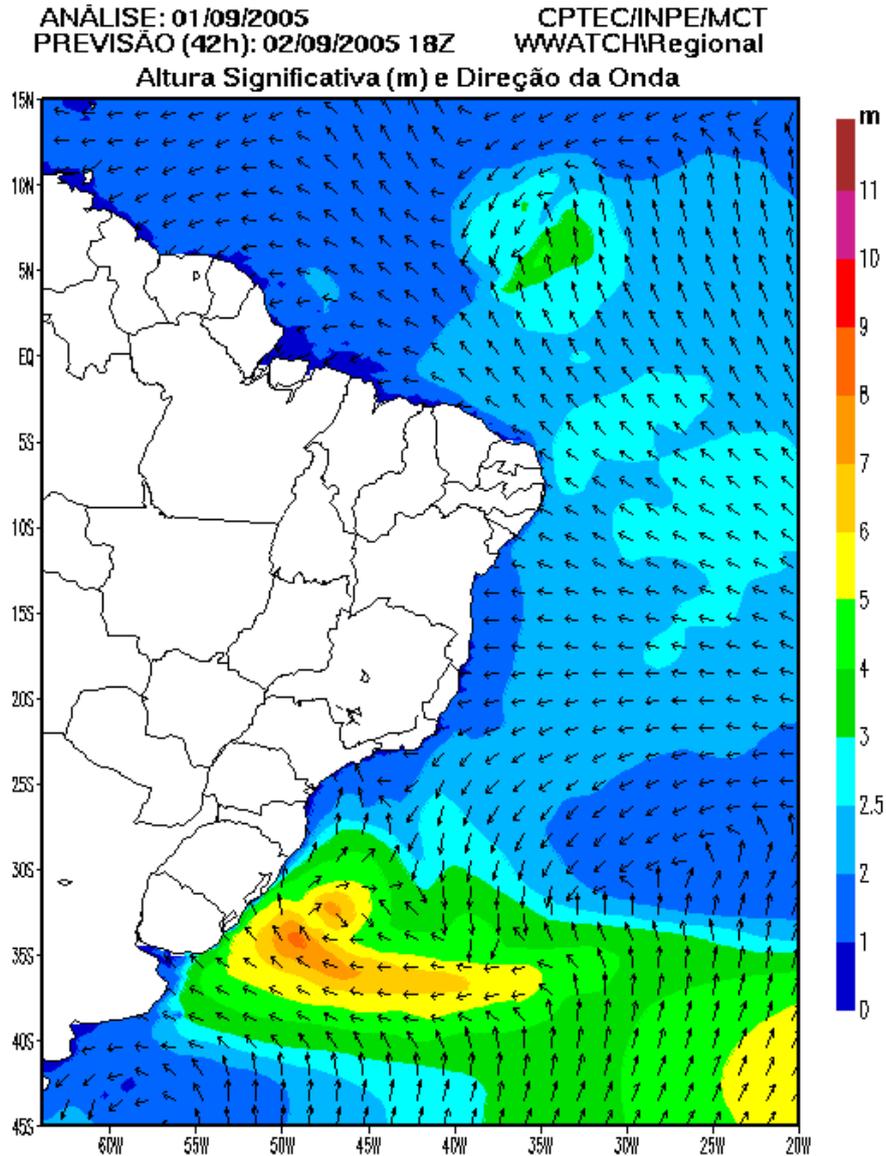


Figura 2 - Imagem das ondulações geradas por tempestades atingindo a costa do Rio Grande do Sul e Santa Catarina.

Fonte: cptec.inpe.br, 2005.

### 3.2.2 Correntes litorâneas e transporte de sedimentos

As correntes litorâneas verificadas próximas à costa de acordo com Villwock (1994), são geradas pelas ondas que chegam na praia. Essas correntes são as responsáveis pela movimentação de grandes quantidades de sedimentos. Como já

vimos no início do capítulo esta movimentação de areia configura um dos processos mais significativos de transporte de sedimentos em costas arenosas.

Sabemos que as ondas, responsáveis pelas correntes, podem variar em sentido e em energia com os quais chegam na costa. Como resultado, temos iguais variações no sentido e na força das correntes, conseqüentemente alterações na capacidade e na direção do transporte de sedimentos praias.

Este processo de deslocamento de material sedimentar na linha de costa, presente em toda costa sul catarinense e gaúcha provocado pela energia das ondas também é chamado deriva litorânea de sedimentos. Sendo a movimentação lateral de sedimentos de modo geral resposta à atividade das ondas que incidem obliquamente à linha de costa, incidência bastante comum na linha da costa em questão.

Embora a determinação quantitativa da deriva litorânea em uma determinada área envolvendo medidas no terreno, ou cálculos a partir de registros de ondas, não seja tarefa muito fácil ou precisa, é possível de se fazer importantes observações quantitativas a partir da análise de indicadores geomorfológicos da costa e de considerações genéricas sobre o regime de ondas (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1990). Pesquisadores inclusive afirmam que dados analisados via indicadores naturais se mostram mais confiáveis na avaliação da deriva resultante do que estudos com dados quantitativos. Dessa maneira acredito ser de grande eficácia análises desses indicadores para atribuir dados quantitativos e qualitativos a esta pesquisa, já que levantamentos por métodos mensuráveis tradicionais iriam recorrer recursos indisponíveis.

Segundo Motta (1967) no extenso e arenoso litoral sul brasileiro a deriva se processa tanto no sentido sudoeste (SW) como no sentido nordeste (NE), tendo em vista que as ondas incidem na costa em ambas direções. Ocorre que como vimos, em nossa costa as ondas com maior poder de movimentação de sedimentos são as de direção sudeste (SE), provindas do cinturão tempestuoso subpolar, dessa maneira elas empurram os sedimentos no sentido NE resultando, portanto uma

deriva litorânea resultante para a direção NE. Estas considerações sobre a deriva predominante na costa em questão são produtos da observação e análise dos indicadores de deriva litorânea, somados a dados sobre o regime das ondas. Devo considerar também que análises de indicadores geomorfológicos e sedimentológicos na área da foz do Rio Mampituba, mas adiante especificados, também trazem claramente o sentido NE como predominante da deriva litorânea.

Deve-se salientar também neste capítulo a participação, mesmo que de importância secundária, das correntes fluviais que ocorrem de modo significativo em apenas cinco pontos no litoral extremo sul brasileiro, os quais descrevemos no capítulo 1. Sendo estes, com participação tanto no aporte de novos sedimentos quanto em modificações locais no padrão de circulação litorânea devido ao escoamento fluvial, como veremos mais adiante no caso da foz do Rio Mampituba.

### **3.2.3 Regime de marés**

O Regime de marés está diretamente relacionado a mudanças no posicionamento entre o sol, a lua e a terra. Essas contínuas variações no posicionamento dos astros resultam num fenômeno chamado marés astronômicas nos grandes corpos d'água, como os oceanos.

Estas marés astronômicas e as respectivas correntes que se formam entre a variação de períodos de baixa mar e preamar são significativas no processo de transporte de sedimentos em regiões onde temos um regime de marés com grandes variações (macromarés), como por exemplo a costa norte e nordeste do Brasil.

A costa sul do Brasil apresenta um regime do tipo micromarés, decorrente do seu posicionamento latitudinal (28° S a 34° S), e sua configuração retilínea e aberta sem reentrâncias ou baías, as quais poderiam aumentar a amplitude destas marés. De acordo com a tábua de marés fornecida pelo Instituto de Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) a variação média das marés astronômicas na área abrangida pelo

estudo é de 50 cm. Tendo em vista estes dados consideramos que as marés astronômicas não constituem um fator responsável pelo transporte de sedimentos na região.

Desse modo explica-se as maiores oscilações do nível do mar que se percebe na costa sul brasileira com outro tipo de fenômeno: as marés de tempestades. Estas, atingem a costa ocasionalmente, na maioria das vezes ocorrem quando fortes ventos deslocam grandes volumes de água para a praia elevando consideravelmente o nível do mar. Este fenômeno também é chamado de ressaca, e nestas ocasiões sim provoca grandes movimentações de material sedimentar, como se tem observado ao longo da costa do Rio Grande do Sul, conforme Villwock e Martins (1972) e Martins et al. (1983).

#### **3.2.4 Ventos**

Conforme Villwock (1987), os ventos são os grandes responsáveis pela deriva litorânea. Como vimos eles são os agentes geradores das ondas que por sua vez originam as correntes que acabam por dar início aos processos de deriva costeira de material sedimentar. Ocorre que além de ser o ponto de partida para todo o processo de movimentação sedimentar ele ainda tem importância fundamental ao realizar o transporte final dos sedimentos uma vez que eles são depositados na praia. Desse modo esta areia transportada pela deriva litorânea do oceano até a praia, é exposta ao ar de maneira a secar e submeter-se novamente ao regime de ventos recomeçando sua movimentação por saltação ou arraste. Assim ocorrem grandes deslocamentos de areia ao longo da linha de costa. Quando os ventos sopram do mar para a terra levam esse material da praia provocando seu empilhamento, formando os grandes campos de dunas.

Observando a formação e o posicionamento destes campos de dunas como indicadores chega-se à resposta de qual direção o vento predomina em dada região. No caso da zona costeira pesquisada, a configuração dos campos de dunas deixa

claro que o vento predominante é o nordeste. Este vento tem sentido oblíquo a linha de costa na qual incide, todavia é um vento que sopra do mar em direção a terra, desse modo contribuindo para a constante acumulação do material sedimentar em questão no campo de dunas adjacente a linha de costa (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1990).

Veremos no decorrer do trabalho que ocasionalmente a areia transportada pelo vento invade zonas urbanizadas, como é o caso do que ocorre na Praia Grande em Torres. Neste local, após dias de forte vento nordeste a areia do campo de dunas em frente à Avenida Beira Mar se desloca em grandes quantidades para dentro da mesma, provocando assim transtornos à comunidade. Além disto é comum na costa sul do Brasil outros problemas decorrentes deste processo tais como: assoreamento de portos, estuários e lagoas.

#### 4 A MIGRAÇÃO DA FOZ DE UM RIO COMO INDICADOR DE DERIVA LITORÂNEA

Como já mencionamos no presente trabalho, o trecho sul da costa brasileira em estudo apresenta cinco locais onde temos um influxo considerável de água doce, entrando em contato com mar de forma perene. Destes cinco locais, onde a foz de rios ou canais encontra o mar, apenas um ainda não sofreu modificações por construção humanas, tais como guias de corrente ou molhes. Estamos falando da foz do Rio Araranguá, o qual lança suas águas próximas à cidade de mesmo nome a aproximadamente 60 quilômetros ao norte da cidade de Torres, já no Estado de Santa Catarina.

Sabemos que elementos de variação geomorfológicos e sedimentológicos são indicadores para interpretarmos e determinarmos a direção prevalecente na deriva litorânea de uma região costeira (SCHWARTZ e TAGGART, 1987). Entre outros elementos indicadores para determinação da deriva costeira predominante, encontramos o processo de migração de foz em rios.

Observamos que, ocorre no Rio Araranguá no decorrer dos anos um processo de migração de sua foz na direção norte, tal como nos mostra a imagem 3. Relatos locais de antigos veranistas e pescadores da praia de Morro dos Conventos, município de Araranguá afirmam que a foz, do rio vem migrando ano após ano sendo que hoje ela já se encontra situada a quase 5 quilômetros da desembocadura original. Outro ponto observado pelos frequentadores locais é que a foz do rio movimenta-se de maneira mais acelerada nos meses de outono e inverno.

Segundo Schwartz e Taggart (1987), o fato de a foz de um rio migrar para um dos lados da praia é um excelente indicador qualitativo e por que não dizer quantitativo da deriva litorânea dos sedimentos em um segmento de costa. Segundo eles, o canal ou um rio quando entra em contato com o oceano aberto tende a migrar na direção da deriva litorânea atuante no local. O fato ocorreria da seguinte maneira: os sedimentos acumulariam no lado contrário ao da deriva (lado sul no caso da foz do Rio Araranguá) decorrente de um bloqueio natural destes sedimentos provocados pelo fluxo de água que corre através do talvegue ou canal deste curso

d'água. Desta maneira, tendo em vista este acúmulo de sedimentos na lateral ou até mesmo em frente ao canal, ocorre um estreitamento gradual do mesmo. Dessa maneira se o volume acumulado de sedimentos na desembocadura do canal exceder a capacidade de remoção da corrente do canal, essa mesma corrente de água do talvegue do rio começa a migrar. Dessa forma pressiona sua saída na direção da deriva litorânea local e conseqüentemente forma uma longa barra arenosa que acompanha esta migração se posicionando entre o canal migrante e o mar. Esta migração pode variar de alguns metros a quilômetros dependendo da intensidade da força predominante da deriva.

Sendo assim analisando o caso da foz do Rio Araranguá como um indicador confiável, concluímos que a deriva resultante na costa sul brasileira ocorre na direção sul-norte. Como visto, esta direção decorre de vários aspectos condicionantes, como direção do vento, direção predominante das ondas e correntes litorâneas existentes nesta parte da costa. Também devemos salientar que o sentido da deriva costeira pode variar de direção conforme o regime de ventos, ondas e correntes, os quais normalmente variam no decorrer da época do ano. Dessa forma, como concluiu Villwock (*apud* MOTTA, 1967), apesar das variações, o sentido da deriva litorânea que predomina na referida região costeira é de sul para norte. Junto a isso confirmam-se os relatos locais de que a migração da foz do Rio Araranguá é mais acelerada nos meses de outono e inverno. Essa aceleração é simplesmente conseqüência das grandes frentes frias geradas nesta época que se deslocam de sul para norte fazendo com que ocorra uma intensificação dos fatores geradores da deriva litorânea predominantes, somados com uma intensificação dos índices de precipitação na região, fato que aumenta o volume de água escoado por esta foz e aumentando assim o poder de migração do rio.



Figura 3 - Imagem da foz do Rio Araranguá (SC) em seu processo de migração, distante 5 km na direção norte da foz original

Fonte: Googleearth.com, 2007.

## **5 PARA QUE SERVEM ESTRUTURAS TAIS COMO MOLHES E GUIAS DE CORRENTE NA FOZ DE UM RIO OU CANAL**

No último capítulo do trabalho, tratou-se de analisar comportamento da foz de um rio quando em contato com o oceano, como indicador geomorfológico para determinarmos as características da deriva litorânea ocorrente na costa extremo sul brasileira. Contudo tivemos como base a foz migrante do Rio Araranguá, o qual sabemos, deságua suas águas livremente no oceano, isto é sem a presença de molhes ou guias de corrente. Essas estruturas são normalmente construídas a base de rochas ou concreto e tem por finalidade conduzir o influxo das águas da foz de um rio ou canal numa direção previamente determinada, pelos responsáveis pela construção. Molhes e guias de corrente são erguidos como paredes de pedras ou concreto, e apresentam comprimento variável podendo se estender desde centenas de metros antes da praia seguindo até a zona de arrebentação já em ambiente oceânico, delimitando está área de contato. Em certos lugares podem inclusive ultrapassar a zona de arrebentação e se prolongar por mais de quilômetros oceano adentro, como é o caso dos molhes que dão acesso ao Porto de Rio Grande.

Em um primeiro momento, a presença de molhes e condutores têm o objetivo de facilitar a entrada e a saída de embarcações através de uma foz, de modo a manter fixa permanentemente. Desta forma, com um canal fixado e com uma barreira artificial para as ondas, evitar que as embarcações fiquem sujeitas à força das ondulações existentes na zona de arrebentação, que por vezes oferecem riscos bastantes sérios as mesmas. Além disto à fixação da foz ou barra tem a finalidade de facilitar a drenagem hídrica de bacia hidrográfica. Por último podemos citar como objetivo estabilizar as áreas ao entorno, principalmente as outrora situadas na barreira arenosa formada entre o antigo canal e o mar. Este processo, como já vimos no capítulo anterior, é resultado da pressão das águas do canal no sentido da deriva litorânea predominante, sendo que através da estabilização da foz, fazer com que novos terrenos com bom potencial econômico possam ser urbanizados.

De acordo com o que vimos, são quatro os pontos da costa sul catarinense e gaúcha em que as estruturas em questão estão presentes: molhes do Arroio Chuí,

os molhes leste e oeste do canal de Rio Grande. O guia de corrente norte na desembocadura da lagoa de Tramandaí e os guias de corrente e molhes do Rio Mampituba, localizados entre os municípios de Torres e Passo de Torres.

No caso das estruturas erguidas em Torres do ano de 1970 a 1972 podemos dizer que atingiram parcialmente seus objetivos. Apesar de melhorar as condições de navegação pelo canal, uma vez que antes da obra este variava constantemente junto com os movimentos da foz do rio, acabou não resolvendo o problema. Veremos mais adiante que em razão da configuração do molhe sul e da ineficiência do pequeno molhe norte as embarcações continuam enfrentando dificuldades de acesso ao porto pesqueiro da pequena cidade de Passo de Torres. Por outro lado os interesses do governo em facilitar o escoamento fluvial e dos maiores proprietários de terras da área em voga foram plenamente alcançados com a fixação da foz.

Sabemos que o Rio Mampituba marca a linha de fronteira entre os estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Com o processo de migração rumo ao norte permanente do trecho final do rio essa delimitação fronteira era variável e, portanto motivo de discussão entre administradores de ambos os estados. Com a fixação da barra após a obra, a linha de fronteira se tornou definitivamente demarcada. Diante disso, uma boa parte das terras que ficavam no Estado do Rio Grande do Sul passaram a pertencer ao estado de Santa Catarina, como veremos mais adiante. Com relação aos proprietários dos maiores lotes de terras da área em litígio pode-se dizer que a estabilização deste trecho final atendeu aos seus interesses, pois definiu uma área considerável de terra em uma posição estável, livre das oscilações que antes ocorriam na barra. Dessa maneira colocando a disposição destes proprietários terrenos muito próximos à orla tendo assim uma localização privilegiada e alto valor (Figura 4).

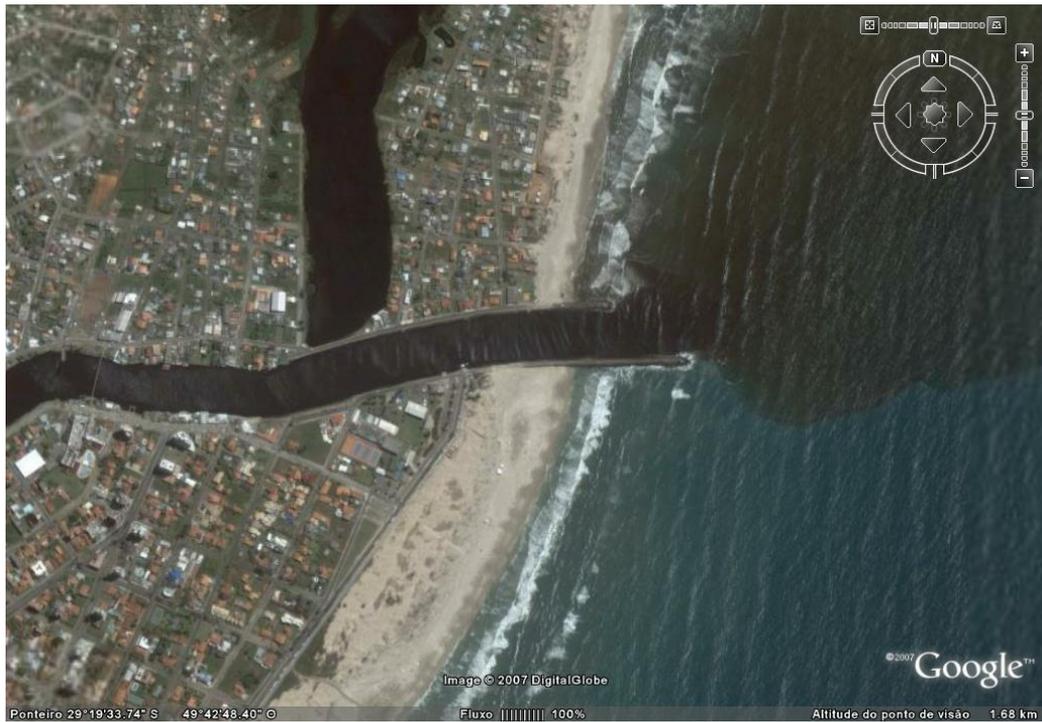


Figura 4 - Imagem da Foz atual do Rio Mampituba, visualizamos os guias de corrente, os molhes, o braço morto na parte superior a esquerda e a barra arenosa hoje urbanizada em Passo de Torres (SC), formada após a obra. O braço morto como resultado da migração da desembocadura em tempos pretéritos.

Fonte: Googleearth.com, 2007.

## **6 DERIVA LITORÂNEA: ALTERAÇÕES DECORRENTES DE ESTRUTURAS TAIS COMO MOLHES E GUIAS DE CORRENTE**

### **6.1 OBSERVAÇÕES GERAIS**

No capítulo anterior vimos para que servem certas estruturas erguidas em regiões costeiras. Citando o exemplo dos molhes construídos na foz do Rio Mampituba, foi procurado elencar as razões que levam os homens a buscar essa alternativa na tentativa de sanar problemas. Contudo, conforme veremos mais á frente neste trabalho, que muitas destas obras realizadas décadas atrás não tiveram como suporte estudos mais aprofundados a respeito de possíveis impactos que as mesmas trariam sobre a costa. Os resultados vão desde a não efetivação dos objetivos diretos da construção, como foi colocado no capítulo quatro, até uma alteração na deriva litorânea predominante, existente na costa antes de ser afetada por tais estruturas. Sendo assim, obras desta ordem, construídas sem um planejamento adequado, implantadas para resolverem certos problemas acabam por criarem novos e maiores transtornos, por hora com conseqüências ainda mais graves.

Segundo Schwartz e Taggart, (1987), quando se constrói um condutor de correntes ou um molhe, estamos criando uma barreira física para um elemento presente ao entorno dos mesmos. Basicamente os elementos que ficam sujeitos a esta barreira são os sedimentos arenosos transportados por um sistema de correntes: a deriva costeira. Dessa forma, como afirma Jacobsen e Schwartz (1981), a existência de uma barreira em uma região costeira arenosa provoca uma interrupção na deriva litorânea local provocando assim uma acumulação a montante da direção de deriva seguida de uma erosão de sedimentos arenosos a jusante. Em outras palavras há uma quebra no perfil de equilíbrio do balanço sedimentar nas praias adjacentes a esta construção.

Do mesmo modo que estruturas construídas por mãos humanas podem afetar o balanço sedimentar de uma porção da costa, elementos naturais também podem

alterar de maneira semelhante à deriva litorânea e o balanço de sedimentos. De acordo com Schwartz e Taggart (1987), devido a essa alteração, a presença de promontórios rochosos, usualmente chamado de costões, são excelentes indicadores geomorfológicos para podermos saber quais são as direções na deriva litorânea predominante nas praias que o cercam. Com isso verificamos que estas estruturas naturais também atuam como barreiras físicas que interrompem o transporte de areia através da costa, de maneira a provocarem erosão e acumulação nas praias adjacentes a esta estrutura natural, tal como visualiza-se nas Figuras 5 e 6 a seguir.

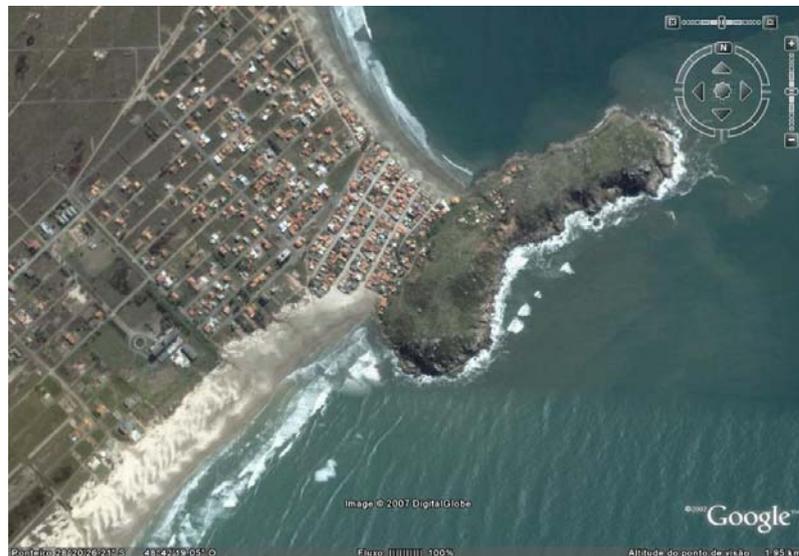


Figura 5 - Praia de Itapirubá (SC), costão rochoso interrompendo o transporte de sedimentos de sul para o norte. A larga faixa de areia ao sul e em contrapartida a estreita praia ao norte do costão servindo como indicadores geomorfológicos de deriva costeira.

Fonte: Googleearth.com. 2007.

Segundo autores, como Schwartz e Taggart, (1987) e Jacobsen e Schwartz, (1981) e Schwartz e Anderson, (1986), os indicadores que aparecem nestes locais são uma intensa acumulação e conseqüente progradação da praia na porção a barlar da estrutura / barreira, quer ela seja natural ou artificialmente construída. Em contrapartida o que ocorre na porção de praia a sotamar desta barreira é um déficit no suprimento de areia provocando conseqüentemente um processo de erosão praial.

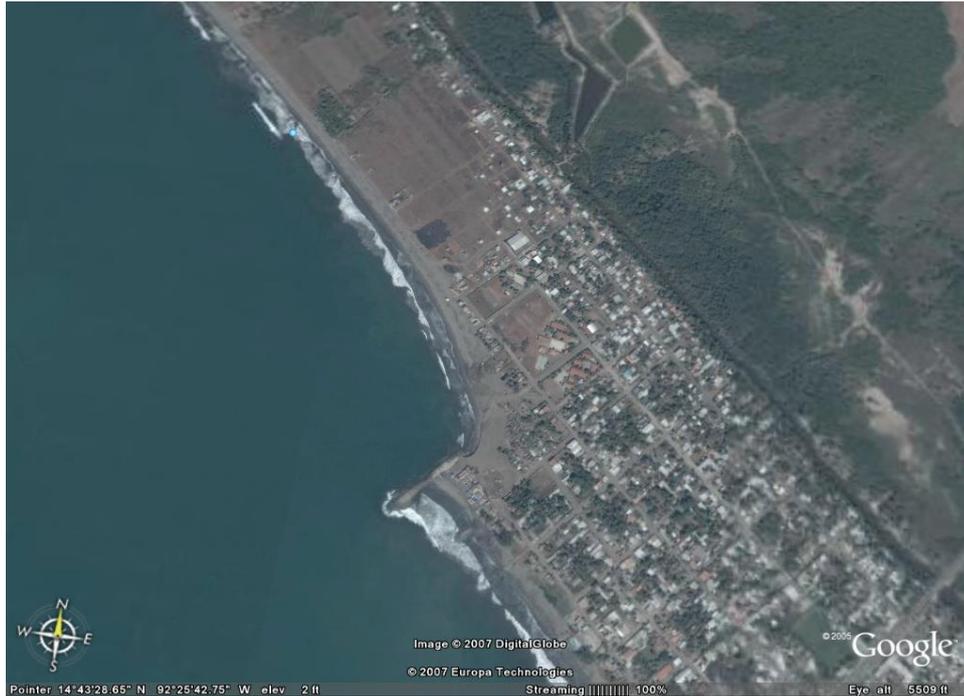


Figura 6 - Imagem da erosão praial causada por construção na costa oeste do México. A erosão ao norte da estrutura evidencia que este caso a deriva costeira resultante é de sul para norte.

Fonte: Googleearth.com, 2007.

## 6.2 AS ALTERAÇÕES NA DERIVA LITORÂNEA, VERIFICADAS NA REGIÃO EM ESTUDO

De acordo com o que foi levantado no capítulo 3 e 4, sabemos que levando em conta estudos preliminares, concluímos que na costa sul do Brasil, em questão, a deriva litorânea predominante ocorre de sul para norte. Mesmo assim caso não soubéssemos sua direção nesta área, poderíamos lançar mão dos indicadores geomorfológicos mencionados acima para revelarmos qual é o sentido da deriva litorânea predominante no local.

Voltamos ao caso dos molhes do Rio Mampituba. Podemos com uma breve análise do comportamento das praias adjacentes ter um consistente indicador para determinar assim o sentido da deriva costeira ali existente. Vejamos o que acontece no local: na foz do Rio Mampituba foram construídos dois molhes de pedras, um em

cada margem do rio. O molhe sul, no município de Torres é visivelmente maior adentrando em torno de 260 metros no mar, o molhe norte por sua vez, já no município de Passo de Torres no Estado de Santa Catarina é mais curto e avança no mar não mais que 100 metros. Essa obra de engenharia ocasionou uma alteração na deriva litorânea observada no local, interrompendo como uma barreira o transporte de sedimentos em condições normais ao longo da costa. Conseqüentemente, conforme Villwock (1990), houve uma quebra no balanço de sedimentos, que existia naquela parte da costa. Na prática, o que podemos observar em campo é um acúmulo de sedimentos arenosos na praia ao sul do molhe sul. De maneira que a Praia Grande de Torres, como é chamada vem sendo palco de um grande acúmulo de areia dentro de uma faixa de mais de um quilômetro ao longo da praia, ocorrendo ali a progradação da mesma. Dessa maneira os sedimentos transportados pela deriva costeira são barrados pela estrutura e acabam se depositando na praia anterior à mesma ocasionando esta grande acumulação de areia. Em contrapartida no lado norte dos molhes na praia de Passo de Torres o que se verifica é um intenso processo de erosão sedimentar, já que a areia que outrora aportava ali, fica retida na Praia Grande, como vimos, ao sul da construção (fato confirmado na Figura 7).

Sendo assim podemos afirmar que, de acordo com Schwartz e Taggart (1987), analisando o comportamento dos indicadores geomorfológicos e sedimentológicos em ambientes costeiros tais como os descritos acima, podemos dizer a deriva litorânea que se processa em determinada região. A partir desta análise, novamente podemos afirmar que a deriva atuante na costa em estudo se dá de sul para norte.

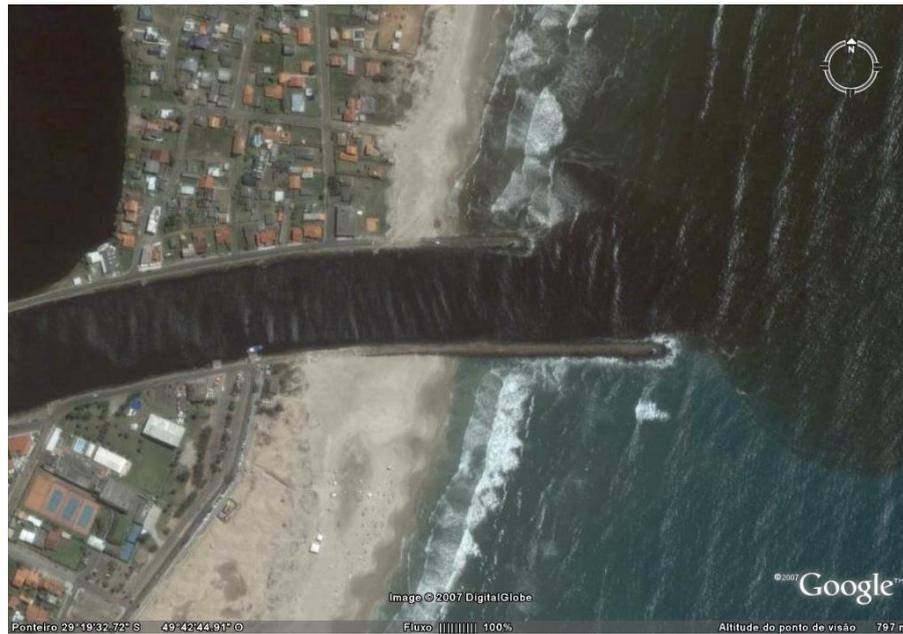


Figura 7 - Imagem da Barra do Mampituba: a praia com grande acúmulo de areia ao sul dos molhes e a estreita faixa de areia ao norte, indicam o sentido resultante da deriva litorânea atuante.

Fonte: Googleearth.com, 2007.

## 7 O QUE OCORREU E O QUE VEM OCORRENDO NA COSTA EM ESTUDO?

### 7.1 ANTECEDENTES

Em meados da década de 60 a comunidade de Passo de Torres, ainda município de São João do Sul, começou a crescer. Este crescimento populacional esteve baseado na atividade pesqueira, a qual era praticada ainda sob condições precárias devido à falta de estrutura para estes pescadores. Eles ficavam sujeitos as condições naturais, tais como profundidade da barra e a força das ondas para alcançarem as regiões pesqueiras no oceano. Basicamente eles usavam a foz do Rio Mampituba, ainda instável e migratória, para entrar e sair ao mar, conforme nos mostra a Figura 8). Dessa maneira somente pequenas embarcações tinham condições de acesso devido a pouca profundidade do canal. Mesmo assim ficavam expostas sob a força das ondas, as quais muitas vezes impediam esta passagem, quando não raras às vezes, levava a embarcação ao naufrágio (Memórias da SAPT - Sociedade Amigos da Praia de Torres, 1996).

As reivindicações dos pescadores da comunidade de Passo de Torres e da pequena colônia de pescadores da cidade de Torres, na margem oposta ficaram recorrentes junto aos governantes para solucionar a questão e beneficiar assim a economia local. Junto a isso proprietários e posseiros de terrenos nessa região também demonstravam interesse em estabilizar a área, já que a mesma, como já vimos, ficava sujeita as constantes migrações da desembocadura do rio. Por fim outro objetivo apontado para a regularização da barra era proporcionar um melhor escoamento hídrico da bacia hidrográfica do Mampituba, evitando assim inundações durante as cheias à montante. Tendo em vista essas questões em 1967 o Ministério dos Transportes solicitou ao então DNPVN – Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis um estudo de viabilidade econômica para a fixação da Barra do Mampituba (CHAIEB; DINIZ; MIRANDA, 1996).

O DNPVN, não concluiu os projetos, passando estes a cargo do Instituto de Pesquisas Geográficas – INPH. Entretanto dentro dos estudos realizados não se tem

notícia de um levantamento de possíveis impactos costeiros, nem de possíveis comportamentos futuros na distribuição sedimentar no local das obras. Mesmo assim o governo federal deu andamento no projeto e as obras foram iniciadas sob comando da empresa de engenharia Sultepa e pela ex-Portobrás.



Figura 8 - Foto área da foz do Rio Mampituba antes da construção dos molhes. No canto superior direito a SAPT – primeira construção na região.  
Fonte: Museu da SAPT, 1953.

## 7.2 O PROJETO DE CONSTRUÇÃO

O projeto inicial da obra determinava a construção de um condutor em cada margem do rio cortando sua barra exatamente no ponto onde ela iniciava seu deslocamento rumo ao norte correndo paralelo à praia, fato que ocorre por força da deriva litorânea na foz de rios em condições naturais, isto é sem a presença de guias de corrente (conforme já detalhamos em capítulos anteriores). Desse modo esses guias de corrente, erguidos a base de rochas cortariam esse fluxo natural para o norte, canalizando as águas do rio diretamente para oceano de forma a cortar a

faixa arenosa de praia na direção leste, ou seja, transversalmente. À medida que o rio fosse chegando próximo ao contato com o mar já na zona de praia, o projeto indicava o levantamento de dois molhes paralelos construído à base de pedras e estruturas de concreto (tetrapodes), os quais entrariam mar adentro e seriam responsáveis diretos pela abertura de um passe permanentemente navegável (DEPARTAMENTO DE EDIFICAÇÕES E OBRAS HIDRÁULICAS DO ESTADO DE SANTA CATARINA, 1999).

Segundo documentos datados de 1999, levantados junto ao INPH, os dois molhes paralelos a serem construídos na extremidade leste da barra do Rio Mampituba deveriam ter a seguinte configuração: O molhe norte deveria ter um comprimento de 230 metros avançando no mar de maneira retilínea praticamente perpendicular a linha de costa. O molhe sul por sua vez deveria ter 423 metros, sendo que deste total 300 metros em linha reta e os 123 metros finais deveriam ser curvados para norte com sua extremidade formando um ângulo de  $38^{\circ} 50'$  com a parte retilínea. Na extremidade de ambos os molhes seriam construídas estruturas arredondadas, chamadas de cabeça (desenho a seguir).

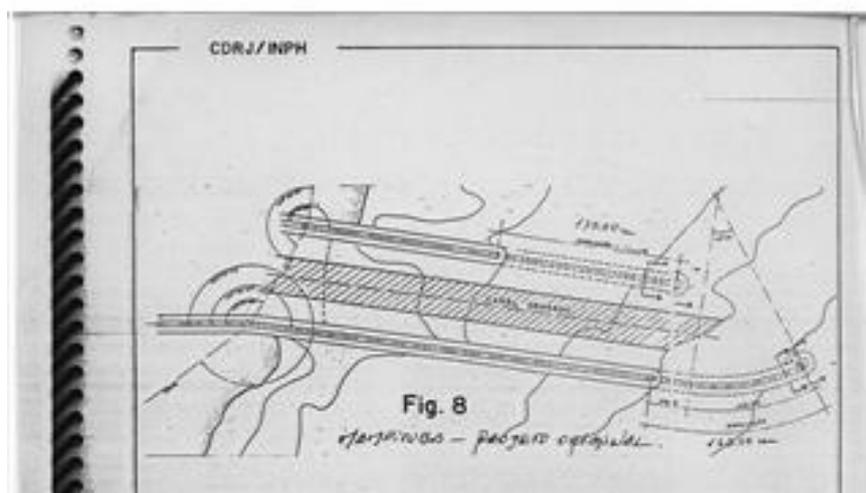


Figura 9 - Croquis 1: as partes pontilhadas não foram concluídas  
Fonte: INPH, 1999, p. 8.

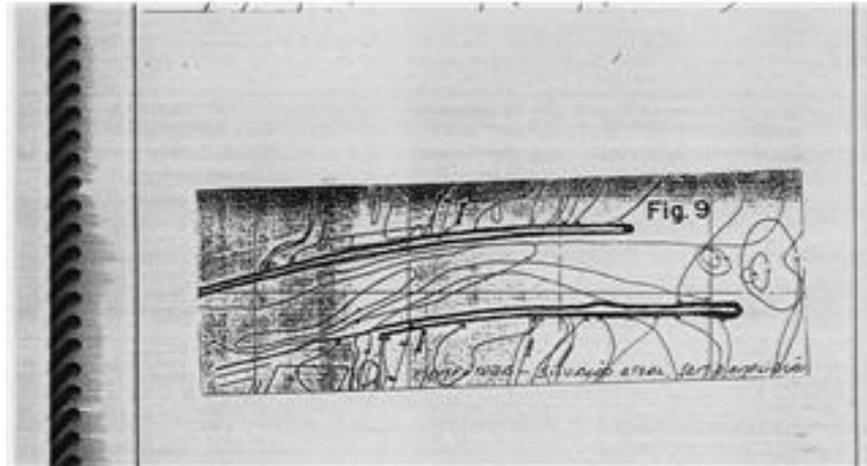


Figura 10 - Croquis 2: observar os bancos de areia na boca da barra  
 Fonte: INPH, 1999, p. 8.

### 7.3 O QUE REALMENTE FOI CONSTRUÍDO

Depois de aprovado o projeto concluído pelo INPH em 1968 a obra começou a ser executada pelas empresas já mencionadas. Os guias de correntes foram erguidos, canalizando o trecho inicial da foz do rio logo nos fundos da Sociedade dos Amigos da Praia de Torres – SAPT. Com isso a nova foz deixou para trás o antigo caminho percorrido pelo rio, o qual forçado pela pressão da dinâmica costeira atuante na área, rumo a uma desembocadura outrora mais ao norte da atual, processo semelhante ao que ainda é verificado no Rio Araranguá, bem como vimos no capítulo 4.

Com a nova direção estabelecida pela canalização o braço de água que corria na direção norte parou de receber as águas do rio e passou a ser chamado pelos moradores de Braço Morto, ficando com a aparência de um lago longo e estreito. Espremida entre este braço de água e o mar formou-se uma longa barreira de areia, que uma vez estabilizada pela fixação da foz do rio começou a ser povoada, constituindo a principal área para construção de casas de veraneio da cidade de Passo de Torres. A Pasárgada, como é atualmente chamada esta faixa de terra,

pertencia ao Estado do Rio Grande do Sul, com a canalização do rio, essa área uma vez ficando a norte do Mampituba, passou a pertencer ao Estado de Santa Catarina, (o traço vermelho na imagem abaixo estabelece a antiga linha de fronteira).



Figura 11 - Imagem da barreira arenosa, antigamente pertencente ao RS e que após a obra passou a fazer parte de SC. Hoje a barreira arenosa esta amplamente urbanizada (Pasárgada).

Fonte: Gogleearth.com, 2007.

Quando a construção dos guias de correntes chegou à linha de costa foi à vez dos molhes serem erguidos. Em razão de ficarem expostos a intempéries oceânicas os molhes ganharam um reforço na estrutura, de modo a ter uma maior altura do que os condutores. Além de serem levantados com rochas também tiveram um reforço de estruturas de concreto, os tetrapodes. Dessa forma foram penetrando no mar e a obra, segundo moradores entrevistados, agradava a todos e causava uma boa expectativa.

Embora a comunidade de ambas as margens estivessem esperançosas, elas desconheciam os detalhes do projeto. Foi então em 1973 que as empresas responsáveis pela execução da obra deram-na como concluída. A estrutura foi inaugurada exatamente com a configuração encontrada nos dias de hoje, ou seja,

totalmente incompleta. Dos 300 metros em linha reta do molhe sul, foram erguidos 260 metros. Os 123 metros programados para serem curvados para o norte, que segundo o projeto seria indispensável para manter o canal de navegação com uma profundidade estável suficiente para que as embarcações naveguem seguras sem risco de encalhar ou serem danificadas pela ação das ondas, não saíram do papel. Do mesmo modo o molhe norte ficou mais curto em relação ao que o projeto mencionava. Ao invés de 230 metros ficou com 100 metros, sendo assim 130 metros a menos do que o planejado no projeto, o qual afirmava que essas dimensões também seriam fundamentais para garantir um canal livre do assoreamento (DEOH,1999).

Desde então o que parecia ser uma solução vem sendo palco de constantes acidentes com embarcações, sendo muitos deles fatais. Apesar dos objetivos secundários da obra em questão terem sido alcançados, o objetivo principal que era a criação de um passe navegável, seguro para a comunidade pesqueira, como vimos não foi atingido. Segundo os últimos relatórios do DEOH (1999), 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, conforme podemos observar na foto a seguir. Segundo o levantamento realizado pelo órgão catarinense, os acidentes 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).



Figura 12 - Embarcação passando dificuldades na saída da barra do Mampituba  
Fonte: Googleearth.com, 2007.

Conforme estudos realizados por Tomazelli e Villwock (1992), em áreas onde o acesso de embarcações é feito em condições semelhantes às encontradas nos molhes do Rio Mampituba, bem como na barra da lagoa de Tramandaí podemos reforçar as considerações realizadas anteriormente. Segundo suas análises o que ocorre é o seguinte: uma feição de sedimentos subaquosa cria, nas imediações da desembocadura, um padrão de circulação complexo que dificulta o processo de ingresso ou saída das embarcações pelo canal (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1992).



Figura 13 - Os molhes na sua configuração atual com a Praia Grande no centro da foto  
Fonte: Gogleearth.com, 2007.



Figura 14 - Os molhes na sua configuração atual e as duas praias adjacentes  
Fonte: Gogleearth.com, 2007.

## **8 CONSEQUÊNCIAS PROMOVIDAS PELA CONSTRUÇÃO DOS MOLHES HOJE E NO FUTURO**

### **8.1 CONSEQUÊNCIAS A CURTO PRAZO**

No capítulo anterior levantamos os antecedentes, o projeto e a execução da obra de engenharia que canalizou a foz do Rio Mampituba e fixando-a em contato permanente com o mar através de estruturas de rochas e concreto, chamadas molhes.

Como mencionamos, apesar de levantamentos envolvendo viabilidade econômica, estudos mais abrangentes como de possíveis impactos ambientais não foram realizados para efetivação da obra. Além disso, o próprio projeto que foi elaborado levando-se em conta o objetivo prioritário e principal da obra (o acesso a embarcações pesqueiras) não foi cumprido, ficando a construção inacabada, sendo porem colocada a disposição da comunidade mesmo de maneira incompleta. As conseqüências deste descumprimento do projeto já foram trazidas no capítulo 6, como vimos, vêm provocando inúmeros casos de danos e naufrágios de embarcações e inclusive a morte de tripulantes.

Dentro do contexto ambiental a construção dos molhes na barra do rio trouxe uma série de transformações. Essas modificações são observadas dentro dos aspectos geomorfológicos e sedimentológicos que envolvem a região da costa em análise. Sabemos que segundo Villwock (2000), as praias são os ambientes mais dinâmicos, complexos e sensíveis à ação dos homens. Desse modo concluímos que qualquer construção humana levantada dentro deste ambiente muito provavelmente levaria a reflexos no mesmo. De posse destas premissas podemos relatar as conseqüências, as quais são visivelmente notáveis nas praias adjacentes a tal obra. De modo geral as conseqüências observadas na área estão ligadas a alteração da deriva litorânea local, promovida pela construção dos molhes, bem como fora relatado no capítulo 6, atuam como uma barreira física interrompendo a deriva dos sedimentos arenosos praias. Diante disso, temos como conseqüências, alterações

na geomorfologia praial, as quais também já foram descritas no capítulo 6, e serão aqui retomadas.

Trata-se de uma quebra no balanço natural de sedimentos. De acordo com Souza et. al. (2002), qualquer modificação introduzida pelo homem no sistema de deriva litorânea afeta o equilíbrio do estoque natural de areia ao longo das praias, afetando as taxas de erosão ou deposição. Obras de construção civil, como molhes, portos, aterros e dragagens, têm sido responsáveis por erosão de muitos trechos ao longo da costa brasileira.

O rompimento do equilíbrio no estoque natural de areia citado acima por Souza, é observado com clareza na erosão da praia de Passo de Torres situada ao norte da estrutura. Dessa forma essa faixa de praia a sotamar dos molhes, conforme podemos observar na figura 15, sofre um déficit no suprimento de areia. Esses sedimentos que aportavam no local antes da construção dos molhes eram transportados pela deriva litorânea, a qual sabemos se processa de sul para norte na costa sul brasileira.

Mas para onde estaria indo esta areia que outrora chegava à praia de Passo de Torres? Segundo estudos e observações em campo, grande parte dessa areia que em uma condição de equilíbrio deste segmento costeiro chegaria normalmente à praia de Santa Catarina acabou sendo bloqueada pelos molhes. Dessa forma fica retida ao sul da obra ou a barlar dela. A mesma deriva litorânea, a qual em razão da construção, vem provocando a erosão da praia ao norte dos molhes, também provoca um intenso aporte de sedimentos na praia ao sul, chamada de Praia Grande em Torres no Rio Grande do Sul. Este acúmulo de areia na praia gaúcha 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 que reside próxima à orla.

Segundo Villwock (1990), estudos que abordem a quantificação do estoque arenoso e a avaliação quantitativa dos fatores que interveem no seu equilíbrio são de grande importância quando o homem deseja interferir no sistema, seja pela

execução de obras de engenharia, seja por mineração de depósitos praias. Estudos estes, como já mencionados, não fizeram parte da cartilha adotada pelos responsáveis na execução da obra. Como resultado deste despreparo no passado, acabamos tendo desagradáveis surpresas ocorrendo no presente.

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 existia antes da obra, porém ele era um processo de pequena intensidade e provavelmente ocorria devido à própria foz do rio que em razão do influxo das águas atuava como uma pequena barreira a qual interrompia, mesmo que em pequena escala, o balanço sedimentar (JACOBSEN e SCHWARTZ, 1981). Ocorre que desde a construção dos molhes, segundo esses moradores e a administração do município este processo erosivo começou a se intensificar. De acordo com as informações deles 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 as dunas mais de 20 metros, escavando as mesmas, e assustado os proprietários das casas mais avançadas à praia. Conforme Souza et. al. (2002), a erosão costeira pode trazer várias conseqüências, dentre elas, a redução na largura da praia, perda e desequilíbrio de habitats naturais, aumento na freqüência de inundações decorrentes de ressacas, aumento da intrusão salina no aquífero costeiro, destruição de estruturas construídas pelo homem perda do valor paisagístico e conseqüentemente, do potencial turístico da região.

Este ano, durante as ressacas mais intensas verificadas nos meses de outono e inverno a praia de Passo de Torres voltou a sentir os impactos de uma forte erosão. Segundo integrantes da Colônia de Pescadores da cidade, a praia vinha se mantendo estável nos últimos anos, fato que permitia que as próprias dunas frontais tivessem uma declividade suave. Após este outono e inverno a linha de praia diminuiu bastante e além disto as dunas constituem uma prova desta nova elevação do mar e sua conseqüente erosão. Estas dunas frontais hoje apresentam uma declividade similar a uma falésia com uma inclinação de quase 90 graus. Segundo Villwock (1990), este é um processo que se encaixa perfeitamente a uma zona costeira que vem apresentando um perfil erosivo.

Em contrapartida, as conseqüências ocorridas na praia do lado gaúcho em razão desta quebra do balanço natural de sedimentos, como já vimos, é uma acumulação demasiada de areia na faixa de costa logo ao sul dos molhes, promovida pelo aporte de sedimentos via deriva costeira, (acumulação pode ser verificada na Figura 16). Esta intensa acumulação na Praia Grande de Torres também é motivo de preocupações e transtornos. Vejamos como esta situação pode vir a gerar certos problemas: de acordo com Villwock (1990), os ventos além de serem os grandes responsáveis pela dinâmica costeira, também agem no transporte de areia num segundo momento, isto é em terra firme, na beira da praia. Quando os ventos sopram do mar para terra, situação bastante comum na costa em questão, movimentam grandes quantidades de areia que chegam à praia, empilhando-na em grandes campos de dunas. Em situações onde temos uma grande quantidade de areia aportando na costa, como é o caso da Praia Grande, esta areia transportada pelo vento acumula-se nas dunas e posteriormente continua se deslocando acabando por invadir zonas urbanizadas próximas a orla. Devemos lembrar aqui que este é um processo dinâmico e sofre influência direta das variações climáticas sazonais (VILLWOCK, 1990). Dito isto, conclui-se que devido a sazonalidade este processo acontece com mais intensidade na praia em questão nos meses primaveris, quando o vento nordeste se faz presente na costa gaúcha e catarinense de forma constante e intensa. 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. A situação nesse caso só é solucionada após uma patrula da prefeitura remover os sedimentos, desbloqueando assim a avenida. Por vezes essa areia pode ainda se depositar nos pátios e até mesmo no interior das casas situadas na mesma via, criando uma situação de extremo desconforto para os proprietários.

Em uma situação extrema, segundo Dean (1988), o acúmulo e a erosão de areia na costa em ambos os lados dos molhes não é a mais grave das conseqüências, tendo em vista as condições de recuperação ambiental através do gerenciamento costeiro, situação que será abordada no próximo capítulo. De acordo com o autor, a maior conseqüência desta construção são os milhões de metros

cúbicos de areia que são dragados e depositados de forma praticamente imperceptível em áreas muito afastadas da costa tornando impossível seu retorno para áreas afetadas pela dinâmica costeira. Em outras palavras, trata-se da perda desta areia a qual poderia ser usada para recuperação ambiental de um determinado trecho de costa. Conforme o mesmo autor, esta perda irreparável se deve claramente a ação de uma deriva litorânea alterada em razão da interferência do homem e suas construções sem estudos detalhados de possíveis impactos na área costeira.



Figura 15 - Imenso campo de Dunas na Praia Grande em Torres, indica uma acumulação acentuada devido à quebra natural do balanço de sedimentos.

Fonte: Autor, 2007.



Figura 16 - Em contrapartida a forte acumulação na praia Grande em Torres a estreita faixa de praia na Praia de Passo de Torres evidencia um forte processo erosivo.

Fonte: Autor, 2007.

## 8.2 O AQUECIMENTO GLOBAL E A SUBIDA DO NÍVEL DO MAR DENTRO DESTE CONTEXTO

Conforme as evidências geomorfológicas apresentadas nos primeiros capítulos as variações no nível do mar influenciaram diretamente na construção e na evolução da planície costeira em análise neste trabalho. Desta forma conforme Suguio e Martin (1987), apesar de estas planícies terem sido costas em avanço devido à diminuição do nível do mar nos últimos milênios, elas têm se comportado como costas em recuo nos últimos séculos, associadas a processos de erosão.

Segundo previsão dos cientistas do Comitê Executivo do Programa Internacional da Geosfera e Biosfera haverá um acréscimo de 2 graus Celsius na temperatura da Terra nos próximos 50 anos. Como conseqüência espera-se um derretimento na calota polar, o que promoverá um aumento no nível do mar na ordem de 0,25 a 1,25m. Outras previsões indicam um aumento de 1,5m a 5,0m dentro de 100 anos. Segundo o comitê este aquecimento se deve ao efeito estufa. Os processos de erosão e as inundações em zonas litorâneas serão os primeiros efeitos, deste fenômeno (VILLWOCK, 2000).

Dentro da costa sul do Brasil, conforme Tomazelli e Villwock (1989), já é possível observar que existem fortes evidências de que a mesma vem enfrentando processos erosivos devido a uma provável subida do nível do mar em resposta ao efeito estufa, bem como as tendências globais. É possível também que essa elevação no nível relativo do mar seja consequência de modificações climáticas cíclicas que vem se traduzindo pelo aumento na frequência e na intensidade das tempestades, ocasionando ressacas que incidem na costa do Rio Grande do Sul (TOMAZELLI e VILLWOCK, 1989).

Estas evidências do processo erosivo, são encontradas em na área costeira abordada por este estudo. Bem como vimos, a praia ao norte da barra do Rio Mampituba, apresenta uma grande área marcada pela erosão constante, provocada pelo déficit de areia em razão da alteração do balanço sedimentar e da deriva costeira atuante no local. Porém esta erosão pode estar sendo intensificada por uma tendência contemporânea da elevação do nível relativo do mar. Dentro deste panorama analisado nos parágrafos acima, é importante considerarmos que praias com o perfil semelhante aos da praia localizada em Passo de Torres, devem ser passivas de estudos sobre impactos ambientais que poderão ocorrer em suas linhas de costa. Em suma podemos novamente dizer que ecossistemas e áreas urbanas estão correndo sérios riscos de sofrerem danos irreparáveis no caso de a Terra continuar sua tendência de aquecimento e o consequente aumento do nível do mar sem que haja ações cautelosas de parte dos seres humanos, uma vez que somos os maiores interessados na preservação de nossos sistemas costeiros.

## 9 GERENCIAMENTO COSTEIRO

### 9.1 GERENCIAMENTO COSTEIRO: UMA SOLUÇÃO VIÁVEL?

Quando falamos em problemas envolvendo a costa, o litoral, a praia, ficamos sujeitos muitas vezes a processos os quais ainda desconhecemos. Mesmo sendo áreas densamente povoadas não só no Brasil mas em todo o mundo, as soluções para alguns problemas ainda não parecem bem claras. É bem provável que ocorra essa dificuldade por serem as praias os ambientes mais sensíveis do planeta e por isso passíveis de constantes transformações geomorfológicas. Em razão desta dinamicidade esses lugares exigem uma análise ampla e detalhada e uma maior velocidade na tomada de qualquer decisão em ações que os envolvam. Porém segundo Villwock (1990), muitas vezes a interferência do homem nos processos naturais, pode ser desastrosa e por isso exige uma soma de cuidados. Uma atitude que inicialmente possa parecer a solução imediata para pequenos problemas, poderá facilmente se transformar no longo prazo em uma catástrofe irreparável (VILLWOCK, 1990). Coates (1981), também coloca que quando se manipula áreas costeiras na tentativa de restauração e preservação normalmente se observa uma situação paradoxal. Os planos que objetivam restaurar acabam resultando na maioria das vezes uma maior destruição. Isto geralmente ocorre quando obras de engenharia são levantadas para controlar processos costeiros (COATES, 1981 *apud* VILLWOCK, 2000).

É justamente dentro desse contexto que entra em cena o gerenciamento costeiro, sua finalidade principal é permitir o conhecimento dos sistemas naturais antes que as características da região sejam irreversivelmente modificadas pelos impactos humanos (VILLWOCK, 2000). Em outras palavras tem a função de analisar e agir, prevendo e recuperando de modo correto áreas costeiras expostas ao risco. Esta técnica, de eficiência já bastante reconhecida é levada a sério nos países em desenvolvimento, sendo utilizada com sucesso em muitos casos onde ocorreu a necessidade da manutenção e recuperação de áreas na costa. No Brasil os estudos nesta área começam a ocorrer, mas ainda são incipientes, além disso, ainda

herdamos as conseqüências de um passado recente, um período no qual o gerenciamento costeiro ainda não atuava (SOUZA et. al, 2002). Conforme nos coloca Villwock (2000), podemos exemplificar algumas destas conseqüências em episódios ocorridos na costa brasileira, onde fica claro que os efeitos da interferência humana têm se feito sentir:

- Dragagem na barra da baía de Guaratuba e a erosão da praia de Caiobá, no Paraná;
- Obras na costa de Recife e erosão das praias de Olinda em Pernambuco;
- Construção do porto de Mucuripe e a erosão da praia de Iracema, em Fortaleza, Ceará.

Outros exemplos trazidos por Souza et. al. (2002):

- Praia de Camboriú em Santa Catarina: erosão provocada pela construção de mureta em concreto;
- Praia de Canapaun, em Macaú no Rio Grande do Norte: e espigões de pedra causando interrupção de correntes de deriva litorânea.

A tendência atual de aumento das áreas em risco de erosão costeira, em razão de construções e da ocupação desordenada de zonas litorâneas trouxe a tona uma maior preocupação das comunidades para gerenciar o problema, segundo Pilkey (*apud* SOUZA, 1991), três tipos de ações podem ser adotadas para contornar o problema dos processos erosivos:

- \* Abandonar a área ameaçada: no caso de o custo para recuperá-las ser maior do que os valores expostos ao risco;
- \* Restringir a ocupação das áreas em risco: regulamentar os locais e os tipos de ocupação tolerados pelos processos erosivos, esta parece ser a melhor opção para costas pouco urbanizadas;
- \* Implementar medidas de proteção costeira: usada em áreas onde os valores em riscos são significativos. Podem ser de dois tipos: obras de engenharia rígidas ou flexíveis e obras de engenharia passiva. O primeiro

tipo de técnica inclui estruturas paralelas à costa como muros e anteparos ou mesmo perpendiculares, como o caso de molhes, espigões, guias de corrente, normalmente construídos a base de rocha, concreto etc. As técnicas envolvendo engenharia passiva consistem em reconstruir dunas e praias artificialmente.

Segundo expõe Souza et. al. (2002), os métodos de proteção costeira agem de forma a retardar temporariamente os efeitos da erosão até por que não eliminam as causas do processo em si. Sendo assim requerem uma manutenção periódica para que preservem sua função. Cabe aqui ressaltar que a construção de estruturas rígidas em zonas costeiras é bastante questionável, pois como sabemos, elas alteram a deriva costeira dos sedimentos, agravando na maioria dos casos os riscos de erosão, sendo que estudos detalhados são extremamente necessários.

Ainda segundo Souza et. al. (2002), os estudos de erosão costeira podem ser efetuados por meio de métodos diretos ou indiretos, para a determinação e identificação de processos erosivos. O método direto consiste no monitoramento das áreas costeiras através de perfis topográficos (análise morfológica e sedimentológica da área junto com o cruzamento de dados meteorológicos e oceanográficos). É normalmente usado no Brasil sendo em geral utilizado para identificação de eventos erosivos de baixa frequência ou sazonais.

Os métodos indiretos são mais utilizados para identificar processos de erosão costeira de longo período, são eles:

- Cálculo de taxas de retração da linha de costa, normalmente baseado em análises de fotografias aéreas.
- Estimativas de taxas de retração da linha de costa (metros / anos), usando formulas que levam em conta parâmetros como: elevação do nível do mar, profundidade máxima de troca de sedimentos entre a costa e a plataforma e a distância máxima entre esse local e a linha de costa atual.
- Monitoramento da posição da linha de costa através do GPS e a posterior comparação entre as linhas de costas obtidas hoje e mapas topográficos

mais antigos. Inclusive podemos citar que usando este método, Toldo Jr et. al. (1999) comparando as linhas de costas do Rio Grande do Sul obtidas entre 1997 e 2000 com mapas de 1975 concluíram que cerca de 80% das praias gaúchas encontram em um processo erosivo.

- A identificação de indicadores de erosão costeira: método o qual já foi abordado em particular neste trabalho e mostram claras evidências de erosão no trecho de costa aqui abordado.

Segundo os estudos de Dean (1988), para preservar costas através de um gerenciamento de areia, algumas perguntas devem ser respondidas antes de tomarmos algumas decisões:

- a) Qual seria o afastamento ideal do mar para começarmos a construir?
- b) Qual é o tempo necessário para recuperar naturalmente a erosão causada por uma grande tempestade?
- c) Quais são os efeitos na costa de construções como molhes, píeres, guias de corrente, enfim estruturas erguidas em ambientes costeiros?

Conforme nos trás Dean (1988), com uma projeção de subida do nível do mar de forma mais acelerada acentuamos a urgência de entender os processos costeiros, trazendo assim alternativas para os processos erosivos verificados. Ainda segundo esse autor a retirada ou o abandono; a construção de estruturas pesadas de estabilização da costa e a estabilização por alimentação artificial são algumas das alternativas para atenuar os efeitos verificados em áreas litorâneas (DEAN, 1988).

## 9.2 O GERENCIAMENTO COSTEIRO ATUANDO NA ÁREA EM ESTUDO

No caso das praias adjacentes ao molhes do Rio Mampituba, o gerenciamento costeiro atuaria de maneira a administrar os recursos litorâneos com foco em mitigar os efeitos causados pela erosão. Além disso, outros problemas costeiros encontrados no local, os quais levantamos no decorrer deste trabalho

poderiam ser em parte solucionados. Vimos durante o presente estudo que boa parte destes efeitos são conseqüências de uma falta de planejamento de parte dos responsáveis que atuaram na área sem um estudo adequado e acabou por desencadear além do processo de erosão da praia em Passo de Torres, o assoreamento do canal junto à foz do Mampituba e a deposição de areia em excesso na Praia Grande de Torres.

Segundo documentos da secretaria de obras da Prefeitura de Passo de Torres (2007) e do DEOH (1999), em relação ao problema do assoreamento do canal de navegação na barra do rio referido acima, o projeto inicial será retomado no início de 2008. Evidentemente ele será revisado e atualizado, considerando que houve bastante alteração sedimentológica na área desde sua elaboração, décadas atrás. Essa atualização do projeto deverá ser precedida de um amplo levantamento topohidrográfico na barra e nas praias adjacentes que o próprio DEOH tem condições de executar (DEOH, 1999).

Ainda segundo DEOH (1999), após o prolongamento dos molhes, seria feita a dragagem de um canal navegável, que em virtude de um maior comprimento dos mesmos mar adentro, deixaria o canal mais estável e o assoreamento ocorreria de forma mais lenta. Além disso, o risco das embarcações sofrerem algum dano em virtude do impacto com as ondas incidentes diminuiria, pois os molhes serviriam como barreira física para as ondulações já que ultrapassariam as linhas de arrebentação.

Desde 1999 até os dias de hoje, enquanto as providencias acima ainda não foram efetivadas o que ocorreu foram constantes prejuízos as comunidades fixadas junto a foz do Rio Mampituba como vimos no capítulo 5 e 6 deste estudo. Acidentes, mortes e perdas econômicas vêm sendo uma constante para aqueles que se obrigam a utilizar a única comunicação viável com o Oceano Atlântico para embarcações pesqueiras de pequeno e médio porte em um raio de mais de 150 km. Dessa forma uma solução emergencial teve de ser pensada para possibilitar em curto prazo a passagem com menos riscos as embarcações. Essa medida seria, tendo em vista ainda os documentos do DEOH de 1999 uma solução emergencial

baseada na realização de dragagens periódicas na barra do rio. Ocorre que o sistema de dragagem proposto não é eficiente por muito tempo em virtude do curto comprimento dos molhes. Sendo que dessa forma, uma dragagem de 50.000 metros cúbicos de areia (volume estimado pela Petrobrás como ideal para os objetivos propostos) custaria na época (1999) R\$ 240.000,00. Diante disso a solução emergencial foi realizada, contudo sua manutenção não foi mantida devido a inviabilidade econômica.

Com relação ao uso de técnicas de gerenciamento costeiro para desacelerar os processos erosivos e de acumulação de areia nas praias adjacentes aos molhes da foz do Mampituba, evidenciados em observações in loco e os quais já foram discutidos nos capítulos 6 e 8 podemos considerar: um estudo detalhado enfocando o balanço no estoque de sedimentos das áreas deve ser realizado para assim poder avaliar a situação de créditos e débitos no estoque arenoso periodicamente. Através deste monitoramento baseado na atuação das múltiplas áreas do conhecimento decisões devem ser tomadas. Dentro destas decisões devemos levar em conta o ambiente como um todo. Situações idênticas a essas ocorridas em feições costeiras semelhantes devem ser analisadas para que as decisões certas sejam tomadas. Sistemas de *by-passing*, técnica utilizada em alguns países estão apresentando bons resultados quando bem administrados. Conforme Villwock (1990) esta é uma técnica que consiste na alimentação artificial das praias erodidas por meio de dragagem hidráulica dos excessos de areia acumulados à montante das estruturas. Dentro desta técnica, algumas variações podem ser adotadas conforme veremos mais adiante.

Com relação às áreas localizadas na praia Grande em Torres, onde ocorre uma deposição acentuada de areia, bem como nas praias adjacentes em processo de erosão é necessário medir a variação do perfil de equilíbrio durante um ciclo anual para determinar o volume de sedimentos acumulados no período (VILLWOCK, 1990). Após saber o volume de areia acumulado anualmente, medidas no sentido de retirar o excesso podem ser levadas adiante. Entretanto a retirada anual das areias retidas nas dunas não poderá ultrapassar ao volume total acumulado, subtraindo deste total a quantidade que poderá ser usada para suprir a erosão da praia ao norte

dos molhes. Ainda de acordo com Villwock (1990), não se deve eliminar as dunas frontais, pois são elas que garantem a proteção das construções junto à orla em caso de ressacas, fenômeno que vêm se tornando cada vez mais freqüentes em nossa costa. Somado ao fato das ressacas os efeitos decorrentes de uma provável subida do nível relativo do mar, como vimos no capítulo anterior também podem ser mitigados por essas dunas. Além disso, visando atenuar os efeitos negativos do processo natural movido pelo vento, o qual transporta a areia das dunas para as edificações na orla devemos plantar uma vegetação apropriada acima da faixa de póspraia. Com relação a areia que hoje sobrepassa as dunas e se acumula na avenida, uma vez retirada pode ser perfeitamente utilizada para aterros (VILLWOCK,1990).

### 9.3 RIO TWEED NA COSTA AUSTRALIANA: O EXEMPLO QUE DEU CERTO

Conforme mencionamos no início do capítulo existem um grande número de casos semelhantes ao verificado na barra do Rio Mampituba espalhados pelo planeta. Os problemas verificados aqui são os mesmos que ocorrem na maioria dos outros lugares: erosão acentuada a jusante das estruturas e em contrapartida uma acumulação a montante, a qual muitas vezes promove o assoreamento do trecho final do canal de navegação. Como já relatamos no capítulo 6 a deposição dos sedimentos na entrada da barra é decorrente do próprio processo de acumulação em razão da interrupção da deriva litorânea pela barreira física que se constitui os molhes.

Exatamente como ocorre na divisa dos estados de Santa Catarina e do Rio Grande do Sul no Brasil, onde um rio atravessa a planície costeira exercendo o papel de fronteira natural, também acontece na divisa entre dois estados na Austrália. Lá o Rio Tweed divide os Estados de Queensland, que fica ao norte do rio e New South Wales situado ao sul. Governantes desses dois estados se reuniram em meados da década de 60 para realizar um projeto que visava a construção de dois molhes paralelos na foz do Rio Tweed. Essas estruturas teriam o objetivo de estabilizar a foz do rio e principalmente criar um passe navegável às embarcações

pesqueiras e de passeio, as quais encontravam extrema dificuldade de acessibilidade, tal como ocorria na foz do Mampituba, no Brasil. Concluído o projeto os molhes foram construídos e os efeitos dessa construção vieram logo em seguida.

Considerando que a deriva litorânea na costa leste australiana se processa de forma muito semelhante a atuante na costa sul do Brasil, portanto de sul para norte, a dinâmica de acumulação e erosão de sedimentos também ocorre de modo similar (WRIGHT e SHORT, 1982). Com isso uma grande acumulação de areia foi constatada a montante e na frente do molhe sul de maneira que a areia vinha provocando o assoreamento constante do canal de navegação. Essa areia depositada a montante da estrutura, em razão da interrupção da deriva litorânea, acabou não suprimindo as praias ao norte, as quais ficaram sujeitas a intensa erosão ([www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au), 2007). Como percebemos esse processo se assemelha muito com a área de estudo deste trabalho, entretanto o caso australiano guarda algumas diferenças. A maior delas é que toda área a norte da foz do Rio Tweed é intensamente urbanizada reunindo uma faixa de 30 quilômetros com construções junto à orla. Somado a isso sabemos que a Austrália desfruta da condição de país desenvolvido tendo assim plenas condições econômicas de investir em estudos, planejamento e ações adequadas à necessidade das costeiras áreas expostas a algum risco.

A Austrália se caracteriza por ser um país-ilha com a grande maioria de sua população concentrada em zonas costeiras. Dessa forma questões envolvendo áreas litorâneas ganham grande atenção e auxílio financeiro por parte dos governantes (CHAPMAM et al., 1983). Diante disso dois estados australianos uniram as forças no intuito de contornar a questão que envolvia a foz do Rio Tweed e as praias adjacentes. Diante disso após estudos multidisciplinares detalhados envolvendo todo o ambiente em uma grande área ao entorno da barra do rio, um projeto revolucionário foi proposto. Segundo informações publicadas no site oficial do governo de *New South Wales* acessado em outubro de 2007, este projeto de *bypassing* tinha como objetivo final levar benefícios a população dentro dos seguintes pontos:

- \* Criar uma maior proteção à erosão decorrentes de tempestades: levando-se em conta que a costa leste australiana fica na linha de atuação de ciclones de dezembro a março;
- \* Incrementar a economia local: dentro deste ponto podemos citar outros aspectos:
  - Criar um acesso permanente com canal seguro para navegação;
  - Pesca;
  - Turismo;
  - Manter a qualidade da água do rio devido ao não bloqueamento parcial da barra – esportes aquáticos;
  - Estabilização e recuperação das praias em processos erosivos – adequação dos bancos de areia para formação de uma área de surf com condições especiais.

Segundo o governo de New South Wales e Queensland, o modo de captar areia é o diferencial, pois depois de instalado apresenta baixos custos de operação e manutenção. Basicamente a estrutura consiste em um píer coletor de areia, com 450 metros perpendiculares à linha de praia, construído a barlar do molhe sul, exatamente na área onde ocorre uma constante acumulação de sedimentos (Figura 17). Uma série de sifões coletores de areia foram desenvolvidos e instalados em uma tubulação sob o píer percorrendo toda extensão do mesmo. Esses sifões operam por meio de bombas hidráulicas também submersas. Essa tubulação é mantida permanentemente sob o píer para assim permitir que o processo natural de deriva litorânea alimente com a areia que tende a se acumular a montante dos molhes. As bombas levam a areia, uma vez dentro da tubulação sob o píer, até um reservatório em terra onde a areia é depositada. Assim que haja a necessidade de suprimento de areia nas praias ao norte dos molhes, a mesma é transferida através de dutos sob o rio até chegar em dois pontos fixos e dois pontos temporários onde retornam ao ambiente praias, recuperando assim áreas afetadas pela erosão. Os dois pontos temporários podem ser movimentados de acordo com a necessidade de areia em determinada praia, podendo assim ter a opção de remanejar a areia para outros locais de tempos em tempos. Vale ressaltar que os sifões sob o píer somente

captam areia quando as condições de deriva litorânea sejam significativas (ventos, ondas e correntes marinhas) em contrapartida, em condições onde a deriva não se processa de maneira considerável o mecanismo de captação e o posterior bombeamento não são ativados.



Figura 17 - Perspectiva aérea da foz do Rio Tweed e praias adjacentes. No lado esquerdo podemos visualizar o píer de captação de areia.

Fonte: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au), 2007.

Outra alternativa de *by-passing* usada pelo governo dos dois estados australianos é a dragagem suplementar da entrada do canal do Rio Tweed através de um navio draga. Este navio tem a função de dragar a areia que fica assoreada no canal e posteriormente despejá-la em um ponto ao norte da barra, fazendo com que a própria deriva costeira atuante no local faça com que ela seja levada às praias erodidas (Figura 18).



Figura 18 - Navio draga em atividade próximo ao Rio Tweed

Fonte: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au), 2007.

Conforme o governo de New South Wales e Queensland, desde que foi adotada em meados de 2000 essa medida tem sido de grande valia para os problemas de erosão encontrados nesta parte da costa recorrentes há bastante tempo, conforme mostra foto 9. De acordo com os administradores, esse sistema equilibra o balanço sedimentar, mesmo que de forma artificial, podendo atingir áreas costeiras afetadas pela erosão por mais de 2 quilômetros ao norte. Dessa forma a medida trouxe melhorias em todos os sentidos, diminuindo de maneira considerável os problemas que provavelmente poderiam se acentuar em um futuro breve. Contando com o apoio da população que convive com os benefícios elencados a manutenção desta ação deve ser mantida na costa australiana por tempo indeterminado ([www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au), 2007).



Figura 19 - Vista aérea das praias ao norte do Rio Tweed, já recuperadas das fortes erosões que outrora ocorria, via alimentação artificial.

Fonte: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au), 2007.

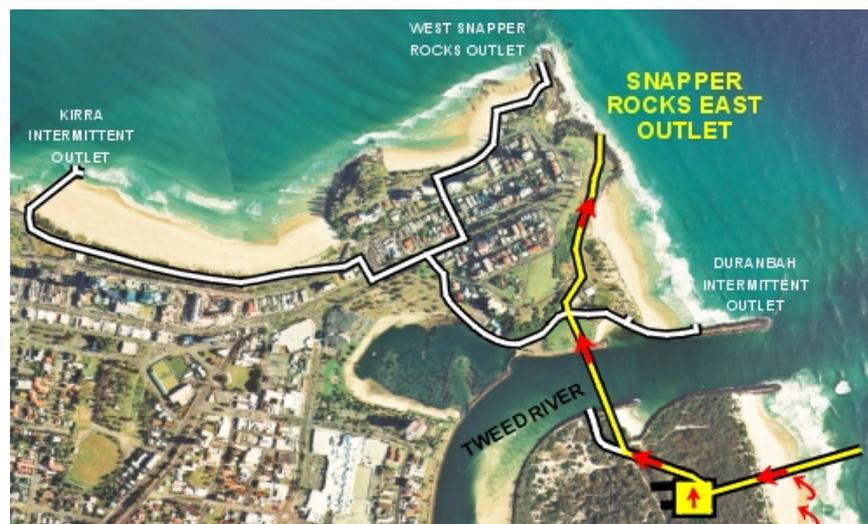


Figura 20 - Imagem do sistema de alimentação artificial de areia das praias ao norte do Rio Tweed.

Fonte: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au), 2007.

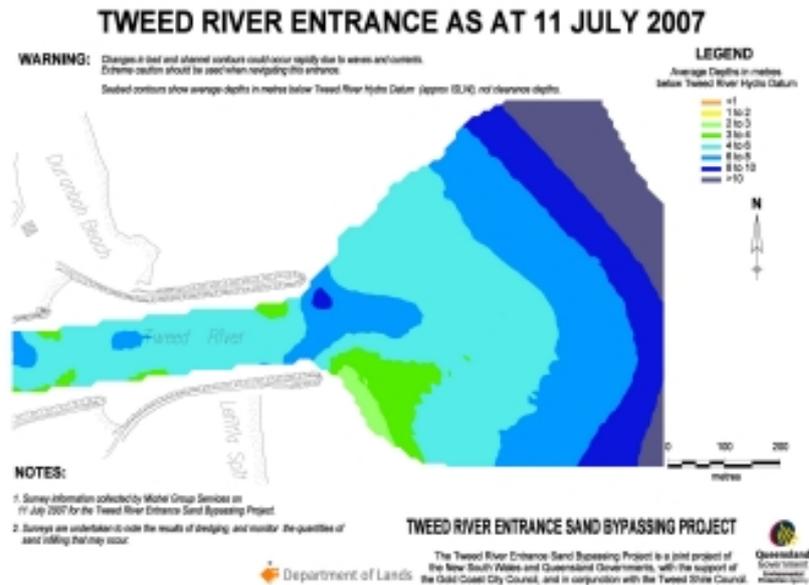


Figura 21 - Mapeamento do fundo na entrada do Rio Tweed, as profundidades indicam a eficácia do processo de dragagem, mesmo que na extremidade do molhe sul ainda possamos verificar uma pequena quantidade de areia acumulada (em verde).

Fonte: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au), 2007.

## 10 CONCLUSÃO

Até o ano de 1971 a paisagem encontrada na região costeira no entorno da divisa dos Estados de Santa Catarina e Rio Grande do Sul se apresentava de uma maneira. Em 1972 grandes modificações ocorreram e foram gradualmente sendo notadas no ambiente praias da área compreendida entre as cidades de Torres (RS) e Passo de Torres (SC). Estas modificações se deram devido a construção de guias de corrente e dos molhes na foz do Rio Mampituba, fazendo com que a dinâmica costeira de sedimentos sofresse alteração neste ponto do litoral, modificando assim a paisagem em sua volta. Conforme vimos essas mudanças acarretaram conseqüências de ordem geomorfológica, social, ambiental e até econômica.

Tendo em vista que a maior parte da população brasileira está concentrada no litoral, haja vista que 14 capitais de estados brasileiros são localizadas na beira da praia, estudos envolvendo fenômenos, que provocam erosão costeira são indispensáveis. Podemos conforme abordamos, somar a esse contexto uma possível elevação do nível relativo do mar nas próximas décadas. Dessa maneira deve-se considerar que somente investindo em pesquisas na área de geologia marinha poderemos estar preparados para enfrentarmos situações adversas que poderão surgir a curto e médio prazo.

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) 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 conseqüências 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.

Durante a realização deste estudo notou-se que pesquisas que envolvam o tema proposto na região abordada ainda são muito incipientes. Os habitantes locais de ambos os lados do rio, que sofrem as conseqüências dos processos aqui analisados demonstram interesse em recuperar estes ambientes antes que os danos se agravem. Para isso, recomendam-se novos trabalhos que envolvam a área litorânea aqui contemplada. Desse modo, novas alternativas no intuito de alcançar um equilíbrio no ambiente como um todo serão trabalhadas, refletindo assim no bem estar socioeconômico de toda comunidade.

## REFERÊNCIAS

- AUSTRÁLIA. **Imagens**. Disponível em: [www.tweedsandbypass.nsw.gov.au/](http://www.tweedsandbypass.nsw.gov.au/). Acesso em: 10 nov. 2007.
- CHAIEB, J.A.; DINIZ, P.D.; MIRANDA, J.B. **Memórias da SAPT**. Porto Alegre: [s.n.], 1996.
- CHAPMAN, D.M.; GEARY, M.; ROY P.S.; THOM, B.G. Historical Shorelines Change in New South Wales. In: **Coastal Evolution and Coastal Erosion in New South Wales, Sydney**. 1983. p. 111-150.
- DEAN, R.G. **Managing sand and preserving shorelines**. Woods Hole, MA, 1988. p. 49-55
- 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: 08 nov. 2007.
- INSTITUTO DE PESQUISAS ESPACIAIS. Disponível em: <<http://www.cptec.inpe.br>>. Acesso em: 14 out. 2007.
- INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS HIDROVIÁRIAS (INPH). **Documentos onde consta especificações do projeto original de construção dos molhes**. 1996.
- 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.
- SCHWARTZ, M.L.; ANDERSON, B.D.. Coastal Geomorphology of Padre Island, Mexico. **Shore and Beach**, Caswell Beach, NC, v. 54, p. 22-29, 1986.
- 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 Pesquisas**, Porto Alegre, v. 19, p. 3-12, 1992.
- VILLWOCK, J.A. **A costa brasileira: geologia e evolução**. Porto Alegre, 1994.
- \_\_\_\_\_. A Importância da Geomorfologia para o gerenciamento costeiro. In: CASTROGIOVANNI, A.C. et al. **Inquietações geográficas**. Porto Alegre, 2000.

VILLWOCK, J.A. et al. Geologia e Geomorfologia de Regiões Costeiras. In: SOUZA, C.R.G. et al. **Geologia e geomorfologia de regiões costeira**. São Paulo, 2002.

WRIGHT, L.D.; SHORT, A.D. Morphodynamics of beaches and surf zones in Austrália. In: **Morphodynamics of high energy beaches: a brief synthesis**. Sydney, 1982.