

Sedimentologia e suas Implicações na Morfodinâmica das Praias Adjacentes às Desembocaduras da Linha de Costa do Rio Grande do Sul

Figueiredo S.A. & Calliari L.J.*

* Laboratório de Oceanografia Geológica - Depto. Geociências - Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Av. Itália, s/nº km 8, Campus Carreiros. Rio Grande – RS. CEP: 96201-900.



RESUMO

A costa do Rio Grande do Sul é caracterizada por uma barreira arenosa dominada por ondas apresentando quatro desembocaduras permanentes fixadas ao longo de 640 km de praia. O presente trabalho visa detalhar as características sedimentológicas das praias adjacentes as principais desembocaduras da costa do RS, verificando se estes corpos de água contribuem com sedimentos e como influenciam o comportamento morfodinâmico. As praias adjacentes ao Rio Mampituba e à Laguna de Tramandaí apresentaram uma distribuição de tamanho de grão bastante homogênea ao longo da costa, não sendo observada nenhuma tendência regional expressiva, e a diferenciação entre os sub-ambientes praias foi clara. O padrão de distribuição textural verificado nestas praias fornecem indícios de que o rio e a laguna não fornecem sedimentos para o sistema costeiro. Nas praias adjacentes à Laguna dos Patos, a distribuição apresenta um padrão heterogêneo caracterizado por tendências regionais influenciadas pelos percentuais muito elevados da classe textural areia muito fina nos sedimentos e pelos padrões de circulação próximo da estrutura. O padrão identificado fornece indícios de que a laguna é fonte natural de sedimentos para a plataforma interna e praias contíguas, podendo ser amplificada por atividades portuárias. A associação da distribuição espacial de areia muito fina alcançando maiores distâncias para o norte até km 23, enquanto que para o sul somente até km 16, e a seu aumento junto ao molhe leste, reforçam a observação de outros pesquisadores de que a deriva litorânea nesse setor costeiro é mais efetiva para NE. A contribuição atual proveniente do Arroio Chuí é inexpressiva e a definição dos sub-ambientes praias não foi clara. A associação entre os parâmetros morfométricos e as características de tamanho de grão indicaram que o aumento no índice de mobilidade da praia estava relacionado à presença de areia média em maiores percentuais que os de areia muito fina, fornecendo indicações de que a mobilidade da praia é fortemente influenciado pela presença de areia média.

ABSTRACT

Only four permanent inlets linked to rivers and coastal lagoons are present along the wave dominated microtidal barrier, which characterize the Rio Grande do Sul (RS) coastline. The main objective of this study is to investigate if these inlets represent a source of sandy sediments to the coast and what effects they play on the sediment characteristics and morphodynamics at the nearby beaches. Samples were taken at one kilometer intervals along the beaches adjacent to each inlet. Results indicate that Patos Lagoon inlet is the only one which contributes with a representative amount of very fine sand imprinting modifications to the cross-shore and alongshore sediment patterns as well as beach morphodynamic behavior. Changes in cross-shore textural pattern are due to both, the presence of the very fine sand and the sand trapping effect at the root of the west jetty. These great percentages of very fine sand, observed in the samples of Cassino and Mar Grosso beaches, were related to both the great magnitude of the Patos Lagoon drainage basin and its high lagoonal discharge. Sediments become increasingly better sorted and with a smaller size as they approach the west jetty. The spatial distribution of very fine sand, reaching greater distances toward North along with other geomorphological evidences, reinforces previous observations that the net littoral drift along this sector of the barrier is towards NE. Beaches adjacent the other three inlets presented a homogeneous alongshore textural distribution but a better sub-environment differentiation, probably related to the lack of sediment contribution through out the inlets, as a consequence of its small drainage basin and low discharge.

INTRODUÇÃO

Na costa do Rio Grande do Sul são verificadas somente quatro canais de ligação importantes na barreira arenosa, na forma de desembocaduras fluviais e lagunares, todas fixadas por obras de engenharia. Na região norte da barreira arenosa as aberturas estão representadas pela foz do Rio Mampituba e o canal da Laguna de Tramandaí. Na região sul as comunicações estão representadas pelo canal do Rio Grande, única ligação da Laguna dos Patos com o oceano, e o Arroio Chuí, no limite sul do estado. Diferenças significativas na magnitude e volume dos corpos d'água e extensão da bacia de drenagem associada a cada sistema são notórias.

O Rio Mampituba apresenta uma bacia de drenagem com cerca de 1.224 km², e em sua fase final, é caracterizado por um regime fluvial meandrante, de baixa energia, drenando áreas associadas aos terraços lagunares dos Sistemas de barreira Laguna III e IV, sendo classificado como um rio de pequeno porte (SOARES, 1995).

O complexo Lagunar Tramandaí-Armazém possui aproximadamente 18,5 km² de área e $20,2 \times 10^6$ m³ de volume, com profundidade média de 1,5 m (SCHWARZBOLD & SCHAFFER, 1984). Medições da vazão no canal do Rio Tramandaí, sentido lagoa-mar (MOTTA, 1969), demonstram que vazões médias estão em torno de 130 m³/s.

A Laguna dos Patos apresenta um comprimento de 279 km e largura máxima de 57 km, totalizando 10.360 km² de área (DELANEY, 1965). A extensão da bacia drenada por estes rios, incluindo a superfície da própria laguna, alcança 180.000 Km², com vazões máxima, média e mínima de vazante da ordem de 14.000 m³/s, 5.100 m³/s e 3.800 m³, respectivamente (BICALHO, 1883). Segundo VAZ (2003), períodos de descargas maiores que as normais estão associadas aos eventos de "El Niño" e vazões mais baixas a "La Niña". Na grande enchente de 1941 registraram-se valores de vazão da ordem de 20.000 m³/s (VASSÃO, 1951).

O Arroio Chuí com 66 km de extensão, classificado como um curso de água se origina em zonas alagadas situadas entre as partes sul das lagoas Mirim e Mangueira e se comunica com o oceano Atlântico através de um estreito canal. O regime hidrológico deste Arroio é influenciado diretamente pelo volume das chuvas da região e apresenta uma contribuição inexpressiva (GOMES *et al.*, 1987), pois drena zonas de banhados tanto no lado brasileiro quanto uruguaio. Devido as diferentes magnitudes das bacias drenadas e intensidade de vazão em cada desembocadura, a influência destas na zona costeira também apresenta características peculiares em cada local.

Vários trabalhos enfocando as características granulométricas e mineralógicas gerais dos sedimentos praias do litoral do RS foram realizados, entre eles: MARTINS (1967), ALVAREZ *et al.* (1981), ALVAREZ *et al.* (1983), CALLIARI & KLEIN (1993), WESCHENFELDER *et al.* (1997) TOLDO Jr. *et al.* (1993) e SIEGLE (1996). Estudos específicos voltados à sedimentologia dos ambientes adjacentes às desembocaduras são escassos. Estes ambientes, entretanto, podem apresentar padrões sedimentológicos e morfodinâmicos diferenciados do restante da costa devido à processos dinâmicos únicos ocorrentes nessas áreas de interação entre a drenagem continental e o oceano. Estudos sedimentológicos detalhados podem caracterizar padrões peculiares de cada local ainda não evidenciados, os quais podem fornecer informações valiosas para o planejamento e manejo destas áreas.

O principal objetivo deste trabalho é verificar se existem anomalias no padrão sedimentológico longitudinal e transversal nas praias adjacentes aos sistemas fluvio-lagunares e que papel as mesmas desempenham na morfodinâmica das praias adjacentes.

ÁREA DE ESTUDO

A área estudada corresponde às praias adjacentes as quatro desembocaduras ocorrentes ao longo da barreira arenosa, todas atualmente fixadas por molhes (Fig. 1).

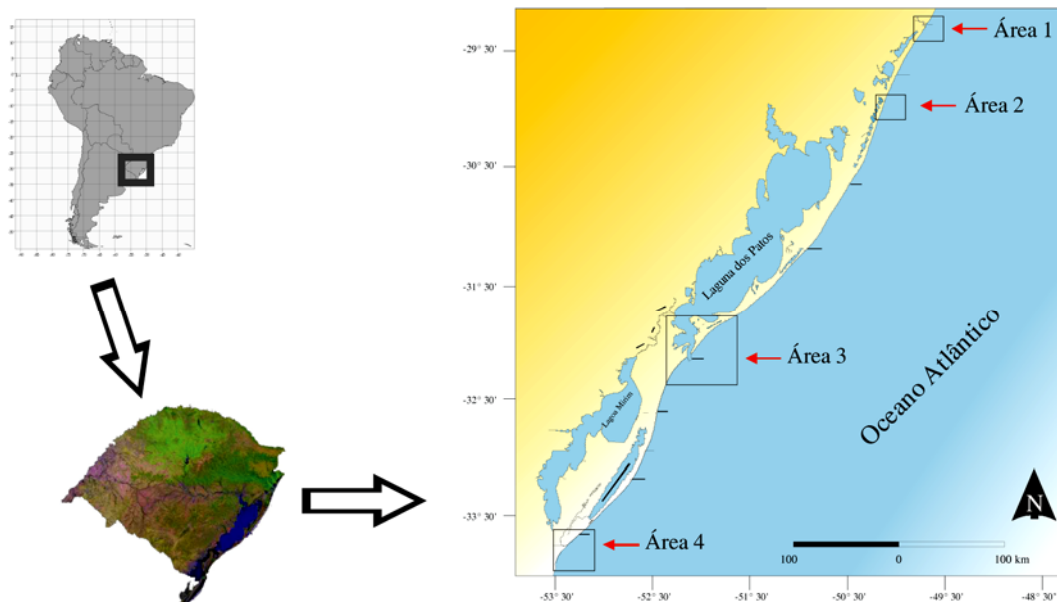


Figura 1. Localização das áreas de estudo: Área 1 – Rio Mampituba; Área 2 – Laguna de Tramandaí; Área 3 – Laguna dos Patos; Área 4 – Arroio Chuí.

DERIVA LITORÂNEA

Na costa do RS a deriva litorânea se processa nos dois sentidos, SW-NE e NE-SW MOTTA (1969), sendo o transporte líquido para NE. Apesar dos ventos predominantes serem de NE, as ondulações de SE são mais efetivas, transportando sedimentos arenosos para nordeste.

LIMA *et al.* (2001) estimando a capacidade do transporte longitudinal dos sedimentos na costa do Rio Grande do Sul, a partir de dados de ondas, verificaram que as maiores taxas eram da ordem de $-2.900.000 \text{ m}^3/\text{ano}$ e $-2.600.000 \text{ m}^3/\text{ano}$ para NE, ao longo da praia do Hermenegildo e entre a praia do Cassino e a praia da Solidão, respectivamente. A evidência do transporte líquido para NE encontra suporte em vários indicadores geomorfológicos como evidenciado pela migração histórica da desembocadura lagunar de Tramandaí e das desembocaduras fluviais do Rio Mampituba e do Arroio Chuí antes de sua fixação por obras de engenharia. A deposição de sedimentos no setor sul adjacente aos molhes de Rio Grande e Torres, devido ao efeito de barreira à deriva litorânea causando progradação da linha de praia consubstanciam essas observações (CALLIARI *et al.*, 1998). LÉLIS

(2003) confirma tal fato de forma quantitativa considerando variações na largura de praia, através do cálculo de taxas de acresção e erosão nas adjacências destas estruturas.

Evidências atuais estão representadas pela migração da barra de outros corpos d'água menores como as lagoas do Peixe e Estreito no litoral médio do RS bem como pelo comportamento dos sangradouros ao longo de todo litoral.

METODOLOGIA

Amostras foram coletadas no estirâncio, berma, pós-praia e duna frontal nas praias adjacentes às desembocaduras. Na praia Grande em Torres, praia de Tramandaí, e na praia de Imbé, o intervalo entre as amostras foi de 500 m, nas demais praias a amostragem foi feita a intervalos de 1 km. A análise granulométrica foi feita através da peneiragem mecânica. O intervalo de abertura de malha entre as peneiras foi de $\frac{1}{4}$ de phi da escala de WENTWORTH (1922). O material retido foi analisado segundo a metodologia sugerida por FOLK & WARD (1957). Objetivando verificar o grau de significância das correlações texturais com a distância foi aplicada a estatística do teste *t* de Student para os coeficientes de correlação

linear de Pearson. Foi então calculado o valor de r para cada conjunto de dados, e este comparado os valores de r padrão mínimos para que se obtivesse um grau de correlação significativo.

As características morfodinâmicas das praias foram estudadas através de seqüências de

perfis disponíveis no banco de dados do LOG (Tab. 1). Os perfis praias foram efetuados através de nivelamentos topográficos com nível e régua graduada, seguindo o Método da Estadia (BIRKMEIER, 1981).

Tabela 1. Descrição dos levantamentos topográficos, onde n= número de meses de levantamento.

Local	Período	n	Autor
Praia Grande	27/02/96-16/05/97	7	Pivel (1997)
Tramandaí Calçada	02/06/95-15/05/97	10	Pereira <i>et al.</i> (2003)
Mar Grosso	28/04/95-29/08/96	21	Silva & Calliari (2001)
Querência	07/02/91-29/10/93	45	Calliari & Klein (1993); Tozzi (1995)
Navio Altair	18/11/91-15/08/92	8	Banco de dados LOG
Hermenegildo	13/08/91-18/10/96	36	Calliari & Klein (1993); Tozzi (1999)
Barra do Chuí	16/01/02-18/02/02	11	Calliari & Klein (1993); Tozzi (1999)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Padrão sedimentológico ao longo da praia

Nas praias adjacentes ao Rio Mampituba o tamanho médio de grão, desvio padrão e assimetria apresentaram-se homogêneos ao longo da praia, não sendo observadas correlações lineares significativas destes com a distância.

Padrão similar ao que ocorre nas adjacências do Rio Mampituba é verificado na distribuição granulométrica ao longo das praias adjacentes à Laguna de Tramandaí. Padrões de

variação são considerados homogêneos ao longo da praia, não sendo observadas tendências significativas com a distância ao longo da mesma.

Nas praias adjacentes à Laguna dos Patos, se destaca a variação nos parâmetros tamanho médio de grão (Fig. 2) e grau de seleção, o qual é mais evidente ao longo da praia do Cassino. Correlações lineares significativas (Tab. 2) são observadas, demonstrando que os sedimentos se tornam mais finos e melhor selecionados na proximidade do molhe.

Tabela 2. n= número de amostras, r_c = valores críticos de coeficientes de correlação r de Pearson, r = valor de correlação na amostra, Mz= tamanho médio de grão, D.p.= desvio padrão, Sk= assimetria.

Coeficientes de correlação		Mz/distância	D.p./distância	Sk/distância
Passo de Torres	n=.10 r_c =0,63	r .=0,08	r .=0,08	r = 0,25
Praia Grande	n=.5 r_c =0,89	r .=0,66	r .=0,47	r = 0,33
Tramandaí	n=.10 r_c =0,63	r .=0,09	r .=0,35	r = 0,02
Cassino	n=.23 r_c =0,40	r .=0,89	r .=0,57	r = 0,06
Mar Grosso	n=.23 r_c = 0,40	r .=0,18	r .=0,56	r = 0,29
Barra do Chuí	n=.30 r_c =0,36	r .=0,05	r =0,17	r = 0,36
Barra del Chuy	n=.4 r_c =0,95	r .=0,93	r = 0,68	r = 0,97

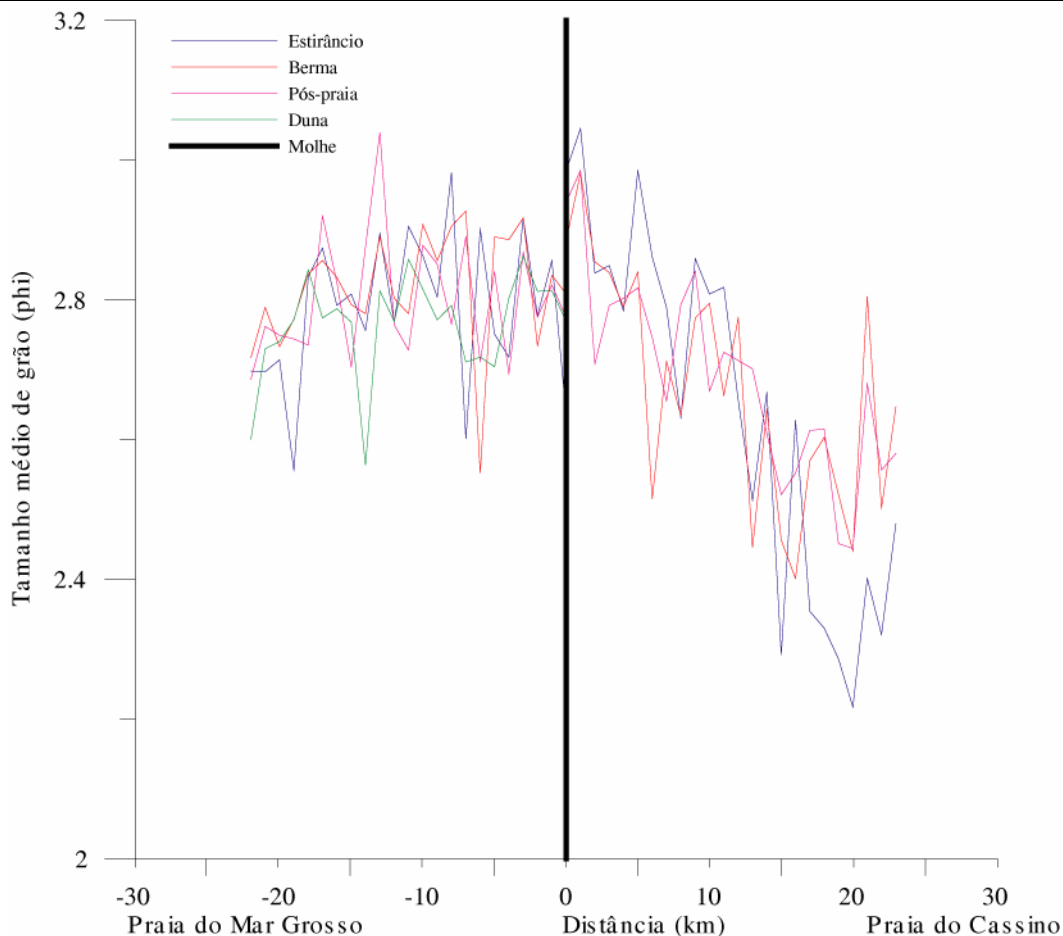


Figura 2. Tamanho médio de grão ao longo das praias do Cassino e Mar Grosso.

Adicionalmente, percentuais muito elevados de areia muito fina são verificados,

tanto na praia do Cassino, como na praia do Mar Grosso (Fig. 3).

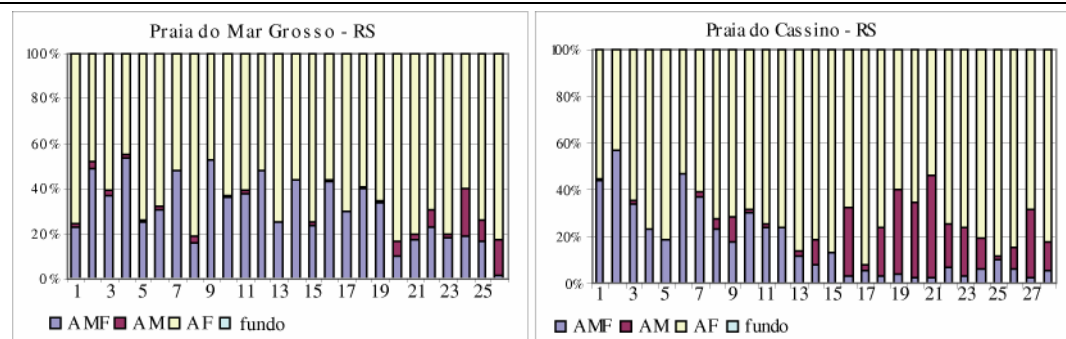


Figura 3. Percentuais de classes de tamanho de grão nas amostras das praia do Cassino e Mar Grosso.

Na praia do Cassino próximo ao molhe oeste, a granulometria é mais fina, porém ocorre uma brusca elevação no tamanho médio de grão

em direção ao sul. A diferença de tamanho de grão alcança quase uma unidade de phi em apenas 20 km de extensão. Devido às grandes

variações nos parâmetros texturais, o tamanho médio obtido para todo trecho não é um bom representante de suas características granulométricas, as quais são mais bem ilustradas quando se divide o trecho amostrado de 23 km em três setores distintos (Fig. 4). O primeiro trecho denominado Setor Molhe apresenta o tamanho médio de grão mais fino (2,9 Φ) de toda costa do RS. Este padrão se estende até o km 7, a partir da base do molhe; o segundo setor denominado Setor Central

apresenta 2,7 Φ de tamanho médio o qual se prolonga até o km 15; o último setor denominado Setor Navio Altair apresenta valores em torno de 2,3 Φ e atinge a distância de 23 km. A assinatura de cada setor é mais evidente no estrâncio, pois este é o subambiente mais sujeito às variações hidrodinâmicas, embora esta se reflita também nos demais subambientes.

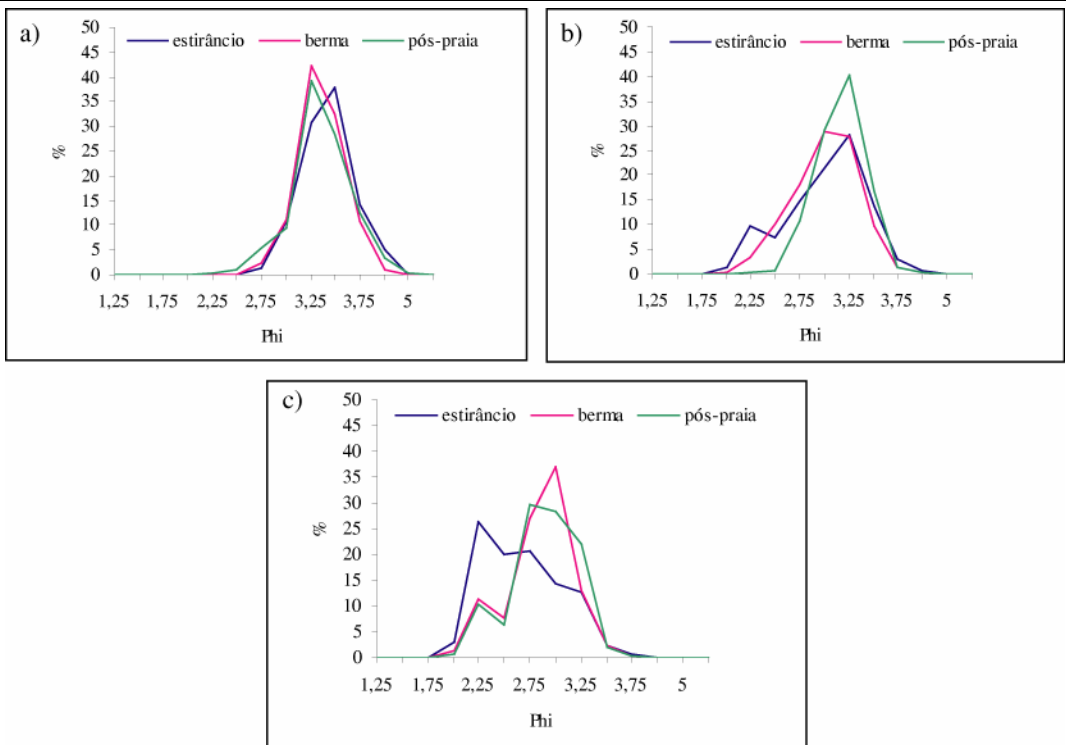


Figura 4. Gráficos de frequência simples das amostras dos setores onde as diferenças de tamanho de grão são evidentes: a) 2 km do molhe, setor Molhe; b) 9 km do molhe, setor Central; c) 16 km do molhe, representando setor Navio Altair.

As variações verificadas nas amostras correspondentes a cada setor não se restringem ao parâmetro calculado, tamanho médio de grão, sendo também constatadas na assinatura da amostra como um todo; isto é, em toda sua distribuição granulométrica, incluindo variações na moda e assimetria. Observa-se uma tendência da moda a tornar-se mais grossa e a assimetria mais negativa com o aumento da distância dos molhes.

SIEGLE (1996), analisando a variação textural entre o Farol da Conceição e a barra do

Chuí, verificou a dominância de areia fina definindo padrões distintos ao longo da área, caracterizados pela existência de sedimentos mais finos nas proximidades dos molhes de Rio Grande e sedimentos mais grossos nos setores entre o Farol da Conceição e Estreito e na praia dos Concheiros ao sul do Farol do Albardão. Padrão semelhante foi verificado por CALLIARI & KLEIN (1993), os quais associaram a granulometria mais fina as características dissipativas dos perfis praias no Cassino.

A anomalia de areia muito fina nas proximidades da barra de Rio Grande indica que este local é a área fonte destes sedimentos. Segundo CALLIARI (1980), a margem oeste do Canal do Norte, composta predominantemente por areia fina e muito fina, sofreu uma forte erosão a uma razão de 18 m/ano no período de 1866 a 1894. A erosão se estendeu cerca de 10 km resultando ao longo de 28 anos em 70 milhões de m³ ou aproximadamente 2,5 milhões de m³/ano; sem contar a erosão sofrida pelos depósitos eólicos os quais cobriam a metade da faixa de terra escavada. O autor ressalta que através da comparação das cartas de 1776 e 1936 a margem oeste sofreu uma erosão em torno de 736 m, o que resulta em uma taxa de 4,6 m/ano. A redução da erosão nesta margem deveu-se ao fato de terem sido implantadas instalações portuárias após a construção dos molhes (1914), as quais visaram à proteção das margens através de enrocamentos. Atualmente, este material encontra-se em trânsito na região da desembocadura pela ação das correntes e ondas, contribuindo para formação de uma barra móvel e exercendo influência nos sedimentos das praias adjacentes.

Além disso, a presença significativa desta fração no fundo estuarino foi observada conforme descrito por CALLIARI (1980). ANTIQUEIRA (2003) verificou a presença da fração areia muito fina nas áreas próximas do pontal. MARTINS (1971) sugere que a contribuição atual de sedimentos através da Laguna dos Patos seja pequena e se restrinja a área adjacente, justamente o local focado no presente trabalho.

Desta forma, os elevados percentuais da classe areia muito fina verificados nas praias do Mar Grosso e Cassino, como em nenhuma outra praia da costa do Rio Grande do Sul, e o padrão de dispersão apresentado, fornecem fortes indicações de que sua proveniência seja do corpo lagunar. Este padrão indica juntamente com outras evidências apontadas anteriormente, que o transporte litorâneo líquido ao longo da costa do Rio Grande do Sul se processa no sentido NE.

Na praia da Barra do Chuí os sedimentos apresentam um intervalo de tamanho médio de grão bastante amplo, onde são verificadas amostras com tamanho médio desde 1,5 até 2,7 Φ . Nas proximidades da Barra do Chuí, CALLIARI & KLEIN (1993), verificaram

que os sedimentos apresentavam tamanho médio de grão de 2,5 Φ , sendo classificados como a classe textural das areias finas. Entretanto, o padrão longitudinal não apresenta uma tendência significativa definida, sendo verificados diversos picos no tamanho médio de grão ao longo do trecho estudado. Apenas a assimetria demonstrou uma correlação significativa com o aumento da distância do molhe, demonstrando uma tendência longitudinal definida, tornando-se mais positiva (de -0,2 a 0) na praia da Barra del Chuy (lado uruguaio) e mais negativos (de 0 a -0,3) na praia da Barra do Chuí. Sugere-se que esta possa estar relacionada ao regime eólico, o qual concentra sedimentos com assimetria mais positiva junto ao molhe, refletindo a expressiva deposição de sedimentos mais finos por ação eólica devido à formação de uma zona de deposição junto à estrutura na praia da Barra del Chuy.

Diferenciação dos subambientes praias

SHIDELER (1973) descreve que os sedimentos do estirâncio, berma, e duna são considerados como distintas populações genéticas e texturais, isto é, cada subambiente reflete a predominância de um processo dinâmico associado. A população do estirâncio é gerada predominantemente por processos aquosos, com mínima atuação de processos eólicos, refletindo as condições médias da energia das ondas. EVANS (1939) sugere que o menor grau de seleção ocorre nas amostras da berma. Segundo SHIDELER (1973), os sedimentos pertencentes a berma são mais heterogêneos que os do estirâncio, porque estão sujeitos à ação tanto dos processos de espraiamento durante elevações de nível do mar, como também de processos eólicos. O campo de dunas compreende os sedimentos mais homogêneos, refletindo a ação predominantemente eólica. BASCOM (1951); FOX *et al.* (1966) e SELF (1977) defendem que os sedimentos mais grossos e menos selecionados estão no estirâncio, sendo a melhor seleção verificada nas dunas.

MASON & FOLK (1958) na tentativa de diferenciar os subambientes praias elaboraram diagramas dispersos confrontando parâmetros sedimentológicos tais como assimetria versus curtose mostrando que tal enfoque podia diferenciar areias de praia, duna e

planícies eólicas. A diferenciação dos ambientes foi possível, apesar do tamanho médio de grão apresentar-se bastante uniforme. FRIEDMAN (1961) demonstra que a plotagem do diâmetro médio contra a assimetria foi eficaz na diferenciação de areias de praia e duna. As diferenças entre as amostras esta quase que inteiramente na porção caudal das curvas.

De acordo com os valores médios do tamanho médio de grão ($Mz \Phi$) na praia do Cassino, na área de influência do corpo lagunar a diferenciação entre os subambientes não é clara (Tab. 3) e os mesmos demonstram grande similaridade. Através do desvio padrão e do tamanho médio de grão, observa-se que o estirâncio é o subambiente onde as maiores variações são verificadas ao longo do trecho estudado. O grau de seleção ($\sigma \Phi$) decresce do pós-praia em direção ao estirâncio, demonstrando que as amostras são menos selecionadas no estirâncio. A diferenciação dos subambientes conforme a descrição de MASON & FOLK (1958) e SHIDELER (1973) parece não ser eficaz nesta praia.

A influência de sedimentos mais finos nas adjacências da laguna mascara a diferenciação no setor Molhe (Fig. 4a). Em algumas amostras o menor tamanho médio de grão foi observado no estirâncio, contrariando o padrão sedimentológico esperado. No setor Central algumas diferenças entre os

subambientes são verificadas, onde se observa que o estirâncio apresenta a granulometria mais grossa dos demais subambientes (Fig. 4b). Diferenças significativas começam a ser observadas a partir do km 16, Setor Navio Altair, onde o estirâncio apresenta os maiores valores de tamanho médio de grão comparativamente aos demais sub-ambientes (Fig. 4c). A maior distinção entre os subambientes praias na praia do Cassino está intimamente relacionada ao grau de influência dos sedimentos de granulometria muito fina, provenientes da Laguna dos Patos, pois, à medida que aumenta a distância da desembocadura e diminui o percentual de areia muito fina nas amostras, a diferenciação se torna mais clara.

No setor junto ao molhe a atuação do vento predominante de direção NE, transporta areia do campo de dunas em direção ao estirâncio mascarando o padrão de diferenciação neste local, contrariando os padrões descritos por BASCOM (1951), FOX *et al.* (1966) e SELF (1977). No setor Navio Altair ocorre uma melhor caracterização em função de uma menor influência do material mais fino proveniente da laguna, conforme citado anteriormente, além da mudança de orientação da linha de praia em relação à direção predominante do transporte eólico, transportando areia em direção as dunas.

Tabela 3. Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia do Cassino. $Mz \Phi$ - tamanho médio de grão ; $\sigma \Phi$ - grau de seleção.

	$Mz \Phi$	$\sigma \Phi$
Sub-ambiente	Média	Desvio Padrão
Estirâncio	2,64	0,25
Berma	2,67	0,16
Pós-praia	2,68	0,13

Na tentativa de diferenciar subambientes, a utilização de diagramas dispersos confrontando alguns parâmetros texturais, conforme sugerido por FRIEDMAN (1961), não demonstrou eficiência para diferenciar as areias do pós-praia e estirâncio e entre dunas e estirâncio respectivamente nas praias do Cassino e Mar Grosso. Apesar de terem sido utilizadas na praia do Cassino amostras do pós-praia e não correspondentes a

duna na diferenciação entre os subambientes, ficou evidente a similaridade das características texturais. Nesta praia a melhor diferenciação foi obtida através da plotagem da assimetria versus o grau de seleção (Fig. 5). Apesar desta ainda não ser satisfatória para separação de populações distintas. Devemos ressaltar, entretanto, que uma melhor diferenciação dos subambientes praias aparece no setor Navio Altair (km 18) como se observa na Figura 4c.

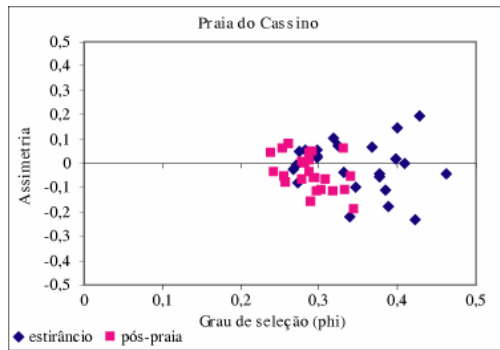


Figura 5. Diagrama disperso da assimetria versus grau de seleção nas amostras do estirâncio e pós-praia na praia do Cassino.

Na praia do Mar Grosso a média aritmética ($Mz \Phi$) apresenta valores absolutos mais elevados no estirâncio do que nos demais subambientes, demonstrando a presença de sedimentos mais finos. O tamanho médio se

mantém praticamente uniforme ao longo do trecho neste subambiente, sendo este fato confirmado pelos baixos valores de desvio padrão (D.p.) na Tabela 4. O grau de seleção ($\sigma \Phi$) é bastante similar entre os subambientes, apresentando também pouca variação ao longo do trecho estudado da praia do Mar Grosso.

O padrão apresentado neste setor para os subambientes, contraria o padrão descrito por diversos autores, entre eles: BASCOM (1951), FOX *et al.* (1966) e SELF (1977), os quais descrevem que os sedimentos de maior granulometria e menor grau de seleção estão concentrados na região do estirâncio. Somente a 20 km da desembocadura o estirâncio apresenta seu tamanho médio de grão levemente mais grosso que os demais subambientes, correspondendo aos padrões esperados em ambiente praial. Fica assim evidente que, em ambas as praias a separação de populações distintas entre subambientes é mais clara longe da influência do aporte lagunar.

Tabela 4. Tamanho de grão e grau de seleção em cada subambiente com respectivos desvios padrão, Praia do Mar Grosso. $Mz \Phi$ - tamanho médio de grão; $\sigma \Phi$ - grau de seleção.

Sub-ambiente	$Mz \Phi$	$\sigma \Phi$
	Média	Desvio Padrão
Estirâncio	2,78	0,10
Berma	2,58	0,28
Pós-praia	2,59	0,25
Duna	2,58	0,22

Implicações na morfodinâmica praial

Índices de mobilidade elevados foram verificados na Praia Grande (Tab. 5) coincidindo com as maiores porcentagens de areia média nas amostras do estirâncio. As maiores larguras de praia foram observadas na praia Grande e segundo LÉLIS (2003) esta sofreu uma acreção de 71,67 m entre 1974 e 1989. O conjunto de perfis pode ser visualizado na Figura 6, onde seu envelope define uma morfologia convexa.

Nas adjacências da Laguna de Tramandaí foi analisado um perfil na praia de Tramandaí este localizado a 2 km do molhe. O envelope de perfis pode ser visualizado na Figura 7, e através de seus parâmetros

morfométricos dispostos na Tabela 5, observa-se que este apresenta grande mobilidade.

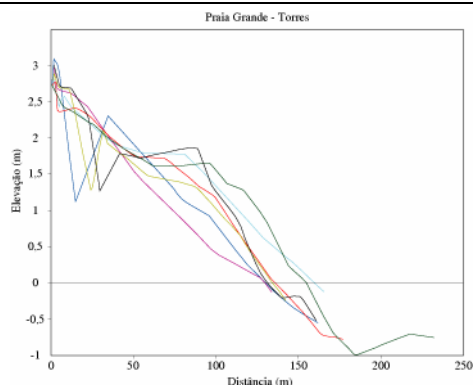


Figura 6. Envelope de perfis na Praia Grande.

Tabela 5. Parâmetros na praia Grande e na praia de Tramandaí.

Parâmetros (Pivel, 1997)	Praia Grande	Tramandaí (Pereira <i>et al.</i> , 2003)
N	8	9
Mz (phi)	2,3	2,2
Declividade (graus)	1,56	2,4
Yb (m)	133,7	117,4
σYb (m)	19,2	17,2
CV (%)	15	14,6
Vv (m ³ /m)	34	-8,5
σVv (m ³ /m)	24,4	41,6
areia média (%)	24,3	30,8
areia muito fina (%)	3,2	2,86

A alta mobilidade com valores de (σYb) elevados indicando características intermediárias já descritas por TOLDO Jr. *et al.* (1993). Os maiores índices de mobilidade foram verificados nas praias de Torres. Valores de CV(%) apresentaram-se elevados indicando uma praia móvel. Valores intermediários de declividade são observados na praia de Tramandaí. Na maior parte das amostras a classe areia média se sobrepôs a areia muito fina. Desta maneira as características de maior mobilidade desta praia podem estar relacionadas aos elevados percentuais de areia média verificados na face da praia.

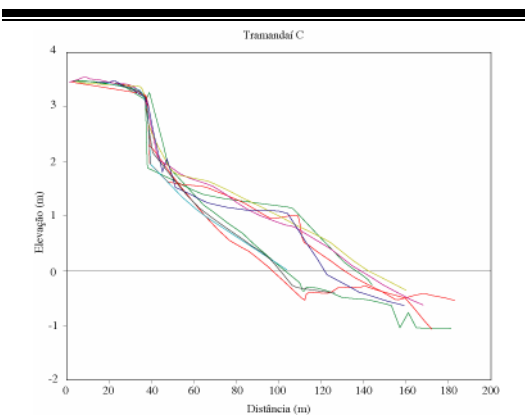


Figura 7. Envelope de perfis na praia adjacente à Laguna de Tramandaí.

A presença de areia muito fina tem implicações diretas na diferenciação morfodinâmica das praias estudadas. Foi

verificado que os perfis da Querência, localizado 9 km ao sul do molhe oeste, apresentam menor mobilidade (Tab. 6), forma mais côncava, característica essa associada a percentuais mais elevados de areia muito fina. O envelope dos perfis na localidade do naufrágio do Navio Altair, 18 km ao sul do molhe oeste, onde grandes percentuais de areia média são verificados, apresenta maior mobilidade.

Através da Tabela 6 verificamos que os baixos índices de mobilidade da linha de praia (σYb) na Querência, é acompanhado de uma ampla largura e baixa declividade de praia. No Navio Altair são verificados maiores índices de mobilidade da linha de praia (σYb), declive mais acentuado, apesar da largura de praia ser elevada. Os menores valores de CV (%) foram verificados na Querência, e no Navio Altair. O Vv (m³/m) apresentou valores reduzidos no Navio Altair sendo estes intermediários na Querência, os quais devem estar relacionados às menores trocas de sedimentos devido a menor hidrodinâmica, consequência de depósitos de lama existentes na ante-praia destes locais.

Através de observações visuais destas praias pode-se verificar na face da praia do Navio Altair, a presença de feições características de praias intermediárias, ou seja, cúspides praias e bermas mais desenvolvidas durante períodos de acreção. Neste local também foi observada uma maior dificuldade de tráfego de veículos devido a menor compactação do sedimento que apresenta elevados percentuais de areia média.

Tabela 6. Parâmetros morfométricos das praias adjacentes à Laguna dos Patos.

Parâmetros	Mar Grosso (Silva & Calliari, 2001)	Querência (Calliari & Klein, 1993)	Navio Altair (Tozzi, 1999)
N	21,0	15,0	8,0
Mz (phi)	2,8	2,5	2,3
Declividade	2,0	1,9	2,6
Yb (m)	92	134,0	131,3
σYb (m)	12,7	7,0	10,3
CV (%)	6,64	5,0	7,9
Vv (m ³ /m)	-0,3	4,0	1,2
σVv (m ³ /m)	13,1	3,0	19,6
areia média(%)	1,73	1,30	36,16
areia muito fina(%)	53,22	30,16	3,95

No Mar Grosso o índice de mobilidade da linha de praia (σYb) foi elevado, sendo superior aos índices das praias ao sul da embocadura apresentando (CV %) com valores intermediários. As variações de volume (Vv m³/m) apresentaram balanço negativo, com σVv (m³/m) elevado. Segundo LÉLIS (2003) no local do perfil na praia do Mar Grosso, a 3 km da base do molhe, a linha de praia sofreu retrogradação localizada no período de 1974 a 2000. SILVA & CALLIARI (2001) verificaram um balanço sedimentar de -18,55 m³/m. Eventos de tempestade acarretaram a retração de 6,7 m do cordão de dunas frontais, condição que perdura até hoje. A alta mobilidade da linha de praia pode estar relacionada à erosão localizada, sendo que o balanço de sedimentos é negativo, mas também refletem as características menos dissipativas deste local.

O tamanho de grão é peça chave no comportamento morfodinâmico das praias (WRIGHT & SHORT, 1984). Nas praias acima mencionadas tal fato pode ser comprovado, pois a menor granulometria é encontrada na Querência e Mar Grosso, enquanto sedimentos de maior granulometria são verificados no local do naufrágio do Navio Altair. Uma relação mais significativa foi verificada entre as quantidades de areia muito fina e areia média nas amostras e o comportamento morfodinâmico de uma praia.

O baixo índice de mobilidade verificado nos perfis da Querência indica características de praias dissipativas, e coincidem com elevados percentuais de areia muito fina. Percentuais de areia muito fina também foram utilizados por PINO & JARAMILLO (1992) na classificação morfodinâmica das praias chilenas. Foi verificado pelos autores, que os maiores percentuais de areia muito fina correspondiam a praias dissipativas. Percentuais acima de 10% foram considerados altos neste estudo. Nos perfis da Querência os percentuais de areia muito fina estão acima de 20%.

Os maiores índices de mobilidade de praia e presença de feições morfológicas secundárias (cúspides praias e escarpas na face da praia), indicando maior tridimensionalidade, coincidiram com maiores percentuais de areia média e menores valores de areia muito fina, na praia onde se localiza os destroços do Navio Altair. Os demais locais apresentaram elevadas quantidades de areia muito fina e perfis de menor mobilidade. Através do envelope de perfis (Fig. 8) observamos que perfis mais côncavos são verificados na praia do Mar Grosso (São José do Norte) a enquanto que perfis de morfologia mais convexa são verificados na Querência e Navio Altair.

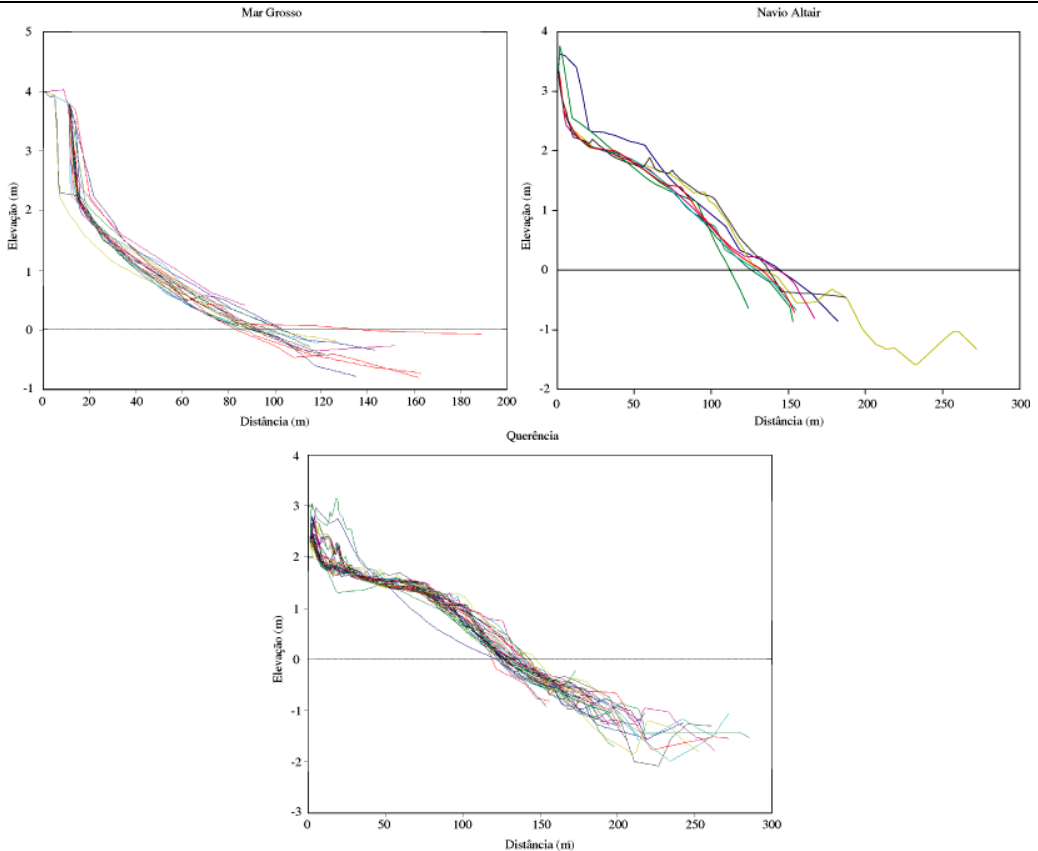


Figura 8. Envelope dos perfis nas praias adjacentes à Laguna dos Patos.

Na praia do Hermenegildo índices maiores de mobilidade (Tab. 7) são apresentados, comparativamente com o perfil localizado mais próximo do molhe da Barra do Chuí. Uma praia de maior declive e um pouco mais estreita é característica do Hermenegildo. Valores de V_v (m^3/m) e σV_v (m^3/m) são bastante similares entre as duas praias (Tab. 7). O envelope de perfis efetuados pode ser

visualizado na Figura 9.

Os perfis analisados para este trecho apresentam características bastante similares. Além disso, vale ressaltar que existe grande similaridade entre o envelope de perfis do Hermenegildo e do Mar Grosso, provavelmente pelo fato de que ambos são perfis típicos erosivos.

Tabela 7. Parâmetros das praias adjacentes ao Arroio Chuí.

Parâmetros	Hermenegildo (Calliari & Klein, 1993)	Barra do Chuí (Calliari & Klein, 1993)
N	7	5
Mz (phi)	2,5	2,5
Declividade	2,6	2,2
Yb (m)	118	147
σYb (m)	15	12
CV (%)	12	8
V_v (m^3/m)	19	20
σV_v (m^3/m)	11	12
areia média (%)	13,9	66,4
areia muito fina (%)	9,84	1,09

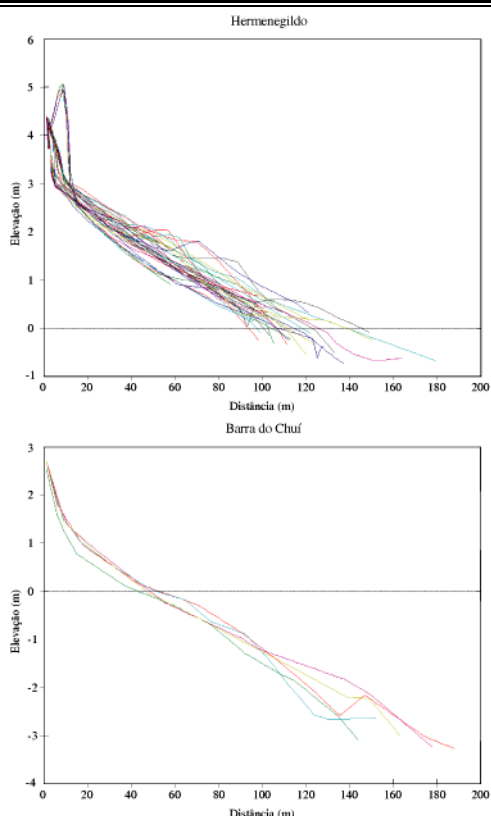


Figura 9. Envelope de perfis nas praias adjacentes ao Arroio Chuí.

CONCLUSÕES

Os resultados obtidos permitiram a identificação dos padrões sedimentológicos associados a cada desembocadura. A homogeneidade dos parâmetros granulométricos nas praias adjacentes ao Rio Mampituba, Arroio Chuí e à Laguna de Tramandaí esta última apresentando areia muito fina no corpo lagunar (TABAJARA & DILLENBURG, 1997) indica que não há contribuição significativa de sedimentos através das desembocaduras. Por outro lado, o padrão heterogêneo de distribuição dos sedimentos ao longo das praias adjacentes à Laguna dos Patos indica que o material representado pela classe textural areia muito fina, o qual gera alterações na mobilidade dos perfis adjacentes tem como fonte a Laguna dos Patos. Nestas praias, ocorrem diferenciações sedimentológicas e morfodinâmicas evidentes.

Em locais sujeitos a influência de sedimentos da classe areia muito fina, a diferenciação dos subambientes é bastante

difícil, podendo inclusive haver inversões no padrão de diferenciação transversal esperado. Neste tipo de diferenciação, os diagramas dispersos confrontando parâmetros granulométricos, principalmente assimetria e tamanho médio, apesar de não terem mostrado eficiência para diferenciação transversal dos sedimentos na praia do Cassino e Mar Grosso, ainda representa o método mais eficaz. Nas demais praias a diferenciação entre os subambientes foi mais clara.

As maiores variações de volume, mobilidades de praia, a presença de feições morfológicas secundárias, associados aos comportamentos morfodinâmicos intermediários de uma praia, estão intimamente relacionados aos maiores percentuais de areia média e a menores percentuais de areia muito fina nas amostras. Este padrão foi verificado nas praias adjacentes ao Rio Mampituba, à Laguna de Tramandaí, ao Arroio Chuí, e nas adjacências da Laguna dos Patos somente no perfil do Navio Altair, onde não foi observada a influência de sedimentos provenientes dos corpos d'água adjacentes. Os perfis adjacentes à Laguna dos Patos, na área de influência de sedimentos da classe areia muito fina, apresentaram características mais bidimensionais, onde observa-se a ausência de cúspides praias e bermas desenvolvidas, baixa declividade no estirâncio, fornecendo a estas praias características dissipativas, sendo caracterizadas por menores variações de volume e menores mobilidades de praia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, J.A.; GRÊ, J. & TOLDO Jr., E.E. 1981. Estudos da praia a nordeste do molhe de Rio Grande, Rio Grande do Sul. **Pesquisas 14**: p. 131-147.
- ALVAREZ, J.A.; GRÊ, J. & TOLDO Jr., E.E. 1983. Estudos oceanográficos e sedimentológicos preliminares da praia de Tramandaí, RS. **Pesquisas 15**: p. 66-85.
- ANTIQUÊIRA, J.A.F. 2003. **Evolução geomorfológica de um pontal arenoso na extremidade sul da Laguna dos Patos/RS**. Rio Grande, Dissertação de mestrado, FURG. 150p.
- BASCOM, W.N. 1951. The relationship between sand-size and beach face slope.

- Transactions American Geophysics Union**, 32: p. 866-874.
- BICALHO, H. 1983. **Relatório da Comissão de Melhoramento da Barra do Rio Grande. Obras do Porto e da Barra do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre, Oficinas Gráficas da Federação. 3.
- BIRKEMEIER, W.A. 1981. Fast accurate two person beach surveys. Coastal Engineering Technical Aid 81-11. **Coastal Engineering Research Center**, Vicksburg: 1-22.
- CALLIARI, L.J. 1980. **Aspectos sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Lagoa dos Patos**. Porto Alegre, Dissertação de mestrado em Geociências, Instituto de Geociências, UFRGS. 190p.
- CALLIARI, L.J. & KLEIN, A.H.F. 1993. Características morfodinâmicas e sedimentológicas das praias oceânicas entre Rio Grande e Chuí, RS. **Pesquisas**, 20(2-1): p. 48-56.
- CALLIARI, L.J.; TOZZI, H.A.M. & KLEIN, A.H.F. 1998. Beach morphology and coast line erosion associated with storm surges in Southern Brazil - Rio Grande to Chuí. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**: p. 231-247.
- DELANEY, P.J.V. 1965. **Fisiografia e Geologia de Superfície da Planície costeira do Rio Grande do Sul**. Escola de Geologia da UFRGS. Publicação Especial nº6.
- EVANS, J. 1939. Sorting and transportation of material in the swash and backwash. **Journal of sedimentary petrology**, 9(1): p. 28-31.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, 27(1): p. 3-26.
- FOX, W.T.; LADD, J.W. & MARTIN, M.K. 1966. A profile of the four moment measures perpendicular to a shore line, South Haven, Michigan. **Journal of Sedimentary Petrology**, 36(4): p. 1126-1130.
- FRIEDMAN, G.M. 1967. Dynamic processes and statistical parameters compared for size frequency distribution of beach and river sands. **Journal of Sedimentary Petrology**, 37(2): p. 327-354.
- GOMES, L.; TRICART, J. & TRAUTMANN, J. 1987. **Estudo ecodinâmico da Estação Ecológica do Taim e seus arredores**. Porto Alegre. Editora da univ. UFRGS, 84p.
- LÉLIS, R.F. 2003. **Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do Sul**. Rio Grande, Monografia de graduação, FURG. 81p.
- LIMA, S.F.; ALMEIDA, L.E.S.B. & TOLDO Jr., E.E. 2001. Estimativa da capacidade do transporte longitudinal de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul. **Pesquisas**, 28(2): p. 99-107.
- MARTINS, I.R. 1971. **Sedimentologia do Canal do Rio Grande**. Curso de pós-graduação em Geociências. Instituto de Geociências. Porto Alegre, UFRGS. Dissertação de Mestrado: 38p.
- MARTINS, L.R. 1967. Aspectos texturais e deposicionais os sedimentos praias e eólicos da planície costeira do Rio grande do sul. **Publicação Especial Escola de Geologia**, UFRGS, Porto Alegre: 102p.
- MASON, C.C. & FOLK, R.L. 1958. Differentiation of beach, dune, and aeolian flat environments by size analysis, Mustang Island, Texas. **Journal of Sedimentary Petrology**, 28(2): p. 211-226.
- MOTTA, V.F. 1969. **Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela Barra do Rio Grande**. Instituto de Pesquisas Hidráulicas, UFRGS, Inédito.
- PEREIRA, P.S.; AREJANO, T.B; CARON, F. & CALLIARI, L.J. 2003. A morfodinâmica praial como ferramenta para segurança dos banhistas da praia do Cassino: estudo de caso temporada 2002. II Congresso sobre Planejamento e Gestão Ambiental das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa. IX Congresso da ABEQUA. II Congresso do Quaternário dos Países de Língua Ibéricas. **Anais...** Recife, PE.
- PINO, M. & JARAMILLO, E. 1992. Morphology, Texture and Mineralogical Composition of Sandy Beaches in the South of Chile. **Journal of Coastal Research**, 8(3): p. 593-602.
- PIVEL, M.A.G. 1997. **Caracterização morfodinâmica e sedimentológica das praias de Torres (RS)**. Rio Grande, Monografia de graduação, FURG. 72p.

- SCHWARZBOLD, A. & SCHÄFER, A. 1984. Gênese das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul- Brasil. **Amazoniana**, **9**: p. 87-104.
- SELF, R.P. 1977. Long shore variation in beach sands Nautla area, Veracruz, Mexico. **Journal of Sedimentary Petrology**, **47(4)**: p. 1437-1443.
- SHIDELER, G.L. 1973. Textural trend analysis of coastal barrier sediments along the middle Atlantic Bight, North Carolina. **Sedimentary Geology**, **9**: p. 195-220.
- SIEGLE, E. 1996. **Distribuição dos sedimentos litorâneos entre o Farol da Conceição e Farol do Chuí, RS, e fatores condicionantes**. Rio Grande, Monografia de graduação. Departamento de Geociências, FURG. 88p.
- SILVA, A.R.P. & CALLIARI, L.J. 2001. Erosão versus progradação da linha de costa de praias expostas e contíguas a grandes estruturas. VIII Congresso da ABEQUA **Resumos...** Mariluz, Imbé, RS - Brasil.
- SOARES, C.F. 1995. **Caracterização e diagnóstico ambientais do município de Torres, litoral norte do Rio Grande do Sul**. Dissertação de mestrado. Rio Grande, FURG. 150p.
- TABAJARA, L.L. & DILLENBURG, S.R. 1997. Batimetria e sedimentos de fundo da Laguna de Tramandaí - RS. **Notas Técnicas**, **10**: p. 21-33.
- TOLDO Jr., E.E.; DILLENBURG, S.R.; ALMEIDA, L.E.S.B.; TABAJARA, L.L.; MARTINS, R.R. & CUNHA, L.O.B.P. 1993. Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, RS. **Pesquisas**, **20(1)**: p. 18-26.
- TOZZI, H.A.M. & CALLIARI, L.J. 2000. Morfodinâmica da praia do Cassino, RS. **Pesquisas em Geociências**, **27**: p. 29-42.
- VASSÃO, C.M. 1951. **Estudos sobre a salinidade e temperatura das águas no Porto de Rio Grande. Relatório interno do ministério da viação e obras públicas – 18º distrito** (inédito).
- VAZ, A.C. 2003. **Efeito da descarga de água doce nos processos ocorrentes no estuário da Lagoa dos Patos**. Rio Grande, Monografia de Graduação. FURG. 68 p.
- WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, **30**: p. 377-392.
- WESCHENFELDER, J.; AYUP-ZOUAIN, R.N., ZOMER, S.L.C. & SOUTO, R.P. 1997. Caracterização morfológica das praias oceânicas entre Imbé e Arroio do Sal, RS. **Notas Técnicas**, **10**: p. 35-48.