

## SEDIMENTOLOGIA E MORFODINÂMICA DAS PRAIAS OCEÂNICAS ADJACENTES ÀS EMBOCADURAS LAGUNARES E FLUVIAIS DO RS

Salette Amaral de Figueiredo<sup>1</sup>; Lauro Júlio Calliari<sup>2</sup>; Nikolai Speranski<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Laboratório de Oceanografia Geológica Fundação Universidade Federal do Rio Grande,  
e-mail: [salettefigueiredo@bol.com.br](mailto:salettefigueiredo@bol.com.br)

<sup>2</sup> Laboratório de Oceanografia Geológica Fundação Universidade Federal do Rio Grande,  
e-mail: [tsclauro@furg.br](mailto:tsclauro@furg.br)

<sup>3</sup> Instituto de Oceanologia P.P. Shirshov da academia de Ciência da Rússia, Moscou.  
e-mail: [nik@super.msk.ru](mailto:nik@super.msk.ru)

### RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo da distribuição longitudinal e transversal do tamanho de grão nas praias vizinhas a desembocaduras lagunares e fluviais da costa do Rio Grande do Sul. Parâmetros estatísticos foram utilizados para a comparação da distribuição sedimentar ao longo da costa e entre os sub-ambientes praias. Os resultados demonstraram que o sistema lagunar dos Patos é fonte de material arenoso muito fino e bem selecionado para as praias adjacentes. O material muito fino limita a mobilidade dos perfis restringindo a variação de volume e as feições tridimensionais nestas praias, nas quais o tamanho médio de grão situa-se entre 2.2 e 3 phi. Esta influência estende-se lateralmente na escala de dezenas de quilômetros. As porcentagens de areia muito fina alcançam 80% na proximidade do molhe. As desembocaduras do Rio Mampituba, Lagoa de Tramandaí não contribuem com material mais fino para as adjacências e o tamanho de grão se mantém entre 2.2 e 2.7 phi, e seus perfis demonstram maiores variações de volume e presença de feições tridimensionais. Variações do tamanho médio de grão de (0.03 phi ~1 mm) influenciam de forma significativa o comportamento morfodinâmico das praias.

### ABSTRACT

This work presents a study of the long shore and cross-shore grain size distribution of oceanic beaches adjacent to fluvial and lagoonal inlets along the Rio Grande do Sul coastline. The different percentage of the grain size distribution and statistical parameters were used for comparisons. The results demonstrated that the Patos Lagoon system is a source of very fine and well sorted sands which modifies the beach morphodynamic behavior at both sides of the inlet. The fine material limits the mobility of the profile restricting the variation in the volume and the tridimensional features on these beaches, in which the mean grain size varies between 2.2 and 3 phi units. This influence extends along the coast in a scale of tens' of kilometers. The percentages of very fine sand reach 80% close to the jetty. Mampituba River and Tramandaí Lagoon do not contribute with fine material for its adjacencies and the mean grain size is kept between 2.2 and 2.7 phi units. The profiles display higher volume changes and tridimensional features are present, showing that variation of 0.03 phi units, does play significant role in beach behavior.

Palavras-Chave: tamanho de grão, distribuição longitudinal, morfodinâmica.

### 1. INTRODUÇÃO

Variações de tamanho de grão ao longo da costa e transversalmente a ela são observadas em diversas praias em todo o mundo, sendo controlada por fatores geológicos (área-fonte) hidrodinâmicos e eólicos atuando de forma distinta sobre os sedimentos. Estudos abordando a distribuição sedimentar ao longo das praias e fatores condicionantes foram feitos objetivando um melhor entendimento das condições reinantes no momento de sua deposição e retrabalhamento.

Na costa do RS a deriva litorânea se processa nos dois sentidos, SW-NE e NE-SW, sendo o transporte líquido no sentido nordeste (Almeida *et al.*, 2001; Alfredini, 1997). Este fato pode ser confirmado pela orientação, deslocadas no sentido da deriva, de várias lagunas, arroios, rios, e alguns sangradouros permanentes. A deposição de sedimentos a montante de grandes estruturas antrópicas (molhes de Rio Grande e Torres) causando progradação da linha de praia nos dois sistemas praias, evidenciam o sentido do transporte líquido (Lélis, 2003).

O presente trabalho tem como objetivo principal detalhar a distribuição dos sedimentos nas praias adjacentes às

desembocaduras lagunares e fluviais da costa do RS, a fim de verificar se estes influenciam a sedimentologia e morfodinâmica das praias adjacentes. Foram obtidas amostras sedimentares dos primeiros 30 cm a intervalos de 1 km nos diferentes sub-ambientes do perfil praias, (estirâncio, berma, pós-praia e duna). As mesmas passaram por análises granulométricas e estatísticas tradicionais. A análise integrada da granulometria e seus parâmetros derivados, com a morfodinâmica e morfometria praias e evidências de progradação da linha de costa foram utilizados como ferramentas adicionais para verificar possíveis alterações adjacentes a estas desembocaduras.

### 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 2.1 Sistema praias adjacente aos molhes de Rio Grande.

O gráfico da figura 1 demonstra que o tamanho médio de grão aumenta para ambos os lados da desembocadura. Ao norte do molhe, na Praia do Mar Grosso o tamanho médio dos grãos é mais uniforme ao longo da praia, entretanto se mostra levemente mais grosseiro que no setor sul adjacente ao molhe oeste com extensão de 4 km. Neste os sedimentos são inicialmente mais finos, entretanto nota-se

a partir daí uma significativa elevação no tamanho médio na direção sul. No Mar grosso o tamanho médio de grão se mantém no intervalo de 3 a 2.5 phi, no Cassino o tamanho médio de grão está compreendido entre 3 e 2.2 phi, ambos pertencentes à classe areia fina. No Cassino sedimentos de menor granulometria estão restritos a uma área espacial menor.

Diferenças no tamanho médio de grão entre as duas praias estão relacionadas às porcentagens de areia muito fina nas amostras, as quais são resultantes do clima de ondas das duas praias. No Cassino, a energia de ondas é notoriamente atenuada pela presença de um bolsão de lama (Calliari *et al*, 2001). Como consequência, a energia disponível para remobilizar sedimentos praias é menor. Devido à direção do transporte litorâneo a concentração deste material na porção mais próxima do molhe é favorecida. Siegle (1996) verificou que o tamanho médio de grão era mais fino (entre 2,5 e 2,9 phi) nas adjacências da Laguna dos Patos que no restante da costa. O material aportado por este canal é fino, resultante da erosão de dunas e cordões litorâneos holocênicos adjacentes as margens estuarinas, sendo transportado e depositado na plataforma interna (Calliari & Fachin, 1993).

Variações no tamanho médio de grão na praia do Mar Grosso estão relacionadas à circulação existente no local, sendo esta influenciada pela presença do molhe. O molhe faz com que as ondas incidentes dos quadrantes E e SE sofram difração resultando numa diminuição na altura das ondas na porção mais próxima do molhe, gerando uma célula de circulação a qual próximo da praia transporta sedimentos na direção do molhe (NE-SW). Estas correntes são responsáveis pela retirada e transporte preferencial de sedimentos mais finos situados a distâncias de 0.8 a 6.4 Km do molhe leste, depositando-os junto ao molhe. Tal mecanismo é consubstanciado pelo trabalho de Lélis (2003) o qual demonstra que a parte inicial do Mar Grosso (800 m da base do molhe) esta sofrendo uma pequena acreção e o trecho logo a seguir com 5,6 km de extensão encontra-se em erosão. Desta maneira podemos explicar o menor tamanho médio de grão verificado no trecho inicial e o aumento nestes valores no trecho que se segue. Em seguida uma nova diminuição no tamanho médio de grão é observada num trecho onde se verifica uma estabilidade na linha de costa no período de 1974-2000 (Lélis, op. cit.), provavelmente devido ao aporte sedimentar provindo do corpo lagunar adjacente, pois neste local são encontradas as maiores porcentagens de areia muito fina. No trecho final é observado novamente um aumento na granulometria das amostras, relacionado a uma outra fonte da antepraia provavelmente originária de antigos depósitos fluviais pleistocênicos.

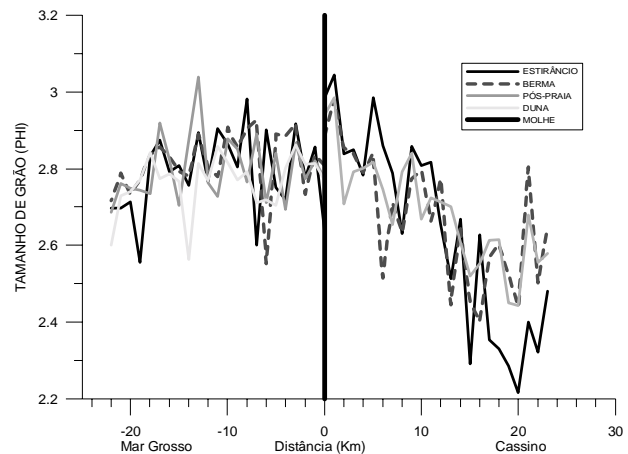


Figura 1- Tamanho médio de grão na Praia do Cassino e Mar Grosso.

Segundo Bascom (1951); Fox *et al*, (1966); os maiores tamanhos de grão são encontradas na base do estirâncio, logo depois do espraiamento no qual, conforme indicam as observações, é o ponto de máxima turbulência. Tamanho de grão mais elevado encontra-se também no topo da berma, especialmente em perfis acrescionais remobilizado na base do estirâncio quando o material grosseiro é mantido em suspensão e transportado pelo espraiamento. Os sedimentos mais finos da praia são encontrados nas dunas. Fox *et al* (op. cit.), diz que a base do estirâncio é o sub-ambiente onde são encontrados sedimentos de maior granulometria que nos demais sub-ambientes. Siegle (1996) estudando a distribuição sedimentar no trecho compreendido entre o Farol da Conceição e o Arroio Chuí verificou grande semelhança entre os ambientes, porém o estirâncio se mostrou um pouco mais grosso que no pós-praia.

Entretanto, na área de influência do corpo lagunar na Praia do Cassino há uma nítida alteração neste padrão, onde o tamanho médio de grão no estirâncio inicialmente apresenta-se mais fino que nos demais ambientes. Somente a 16 km do molhe o padrão descrito na bibliografia é verificado. Na Praia do Mar grosso não se observa uma clara diferenciação entre os ambientes na maior parte da área amostrada, entretanto a 20 km da desembocadura o estirâncio apresenta seu tamanho médio de grão levemente mais grosso que os demais ambientes. A maior extensão da areia muito fina para o norte (20 km) e a concentração do material muito fino na base do molhe na Praia do Cassino atingindo menores distâncias para o sul (16 km) e com aumento brusco do tamanho de grão corroboram juntamente com evidências geomorfológicas (migração de embocaduras para o norte (Tomazelli & Villwock, 1992), progradação da linha de praia a jusante das grandes estruturas (Silva e Calliari, 2001; Lélis, 2003), deriva litorânea (Almeida, 2001), que a transporte litorâneo líquido é para NE.

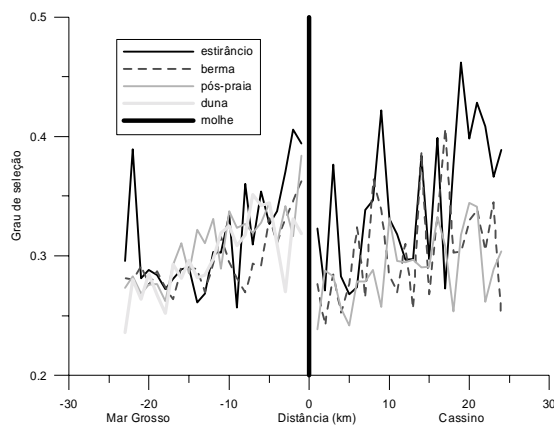


Figura 2 – Grau de seleção na Praia do Cassino e Praia do Mar Grosso.

O grau de seleção reflete a capacidade dos agentes geológicos em selecionar com maior ou menor habilidade um determinado sedimento. As amostras são classificadas como muito bem selecionadas e bem selecionadas. Em ambas as praias (figura 2), verifica-se um aumento no grau de seleção no sentido do transporte litorâneo. Na Praia do Cassino o grau de seleção aumenta em direção a embocadura a partir de 16 km da base do molhe. No Mar Grosso, o grau de seleção tende a aumentar até 20 km de distância do molhe, quando as amostras se tornam menos selecionadas. Nesta praia, inicialmente os valores de desvio padrão são inicialmente bastante incrementados provavelmente devido à mistura dos sedimentos mais finos provindos da laguna com sedimentos de granulometria um pouco mais grossa presente na praia. O aumento no grau de seleção na área de influência está relacionado a então dominância dos sedimentos finos provindos da laguna. Na porção final os sedimentos se tornam menos selecionados devido à entrada de areia mais grossa provinda de outra fonte conforme citado anteriormente. O ambiente praial apresenta uma assimetria negativa pelo enriquecimento de material grosseiro ou retirada de grãos finos. Estes critérios devem ser utilizados com cautela, pois algumas praias podem apresentar assimetria positiva, dependendo da área fonte de seus sedimentos.

Na Praia do Cassino (figura 3), inicialmente, as amostras apresentam-se aproximadamente simétricas, provavelmente devido ao enriquecimento de material fino provindo da lagoa. Em seguida podemos observar amostras com assimetria negativa, e depois uma tendência a serem assimétricas para o lado dos finos. Na Praia do Mar Grosso, este parâmetro se mostra bastante oscilante na área amostrada, apresentando desde assimetria muito negativa até muito positiva. As amostras com a assimetria mais negativa estão localizadas na Praia do Mar Grosso na proximidade do molhe, pois neste ponto a classe modal dominante é areia fina, mas há uma cauda de material grosseiro bastante significativa, que torna a assimetria negativa. Uma tendência das amostras se tornarem mais simétricas e com assimetria positiva é observada à medida que nos afastamos da embocadura lagunar.

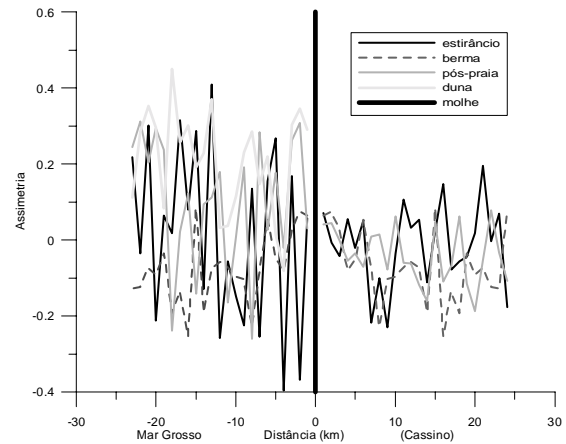


Figura 3 – Assimetria das amostras da Praia do Cassino e Mar grosso.

McLaren (1981) e McLaren & Bowles (1985) desenvolveram um modelo o qual utiliza as tendências espaciais na textura dos sedimentos para determinar a direção do transporte sedimentar. No modelo, a distribuição dos sedimentos em transporte está relacionada a sua fonte por uma função de transferência de sedimentos, a qual define a probabilidade que um grão num intervalo de classe particular será erodido e transportado. McLaren & Bowles (1985) demonstraram que, dependendo do nível energético da função de transferência, na direção do transporte os sedimentos quando em erosão mostram que a probabilidade de qualquer grão ser transportado aumenta com a diminuição do tamanho. Isto faz com que o sedimento em transporte se torne mais finos, bem selecionados e com assimetria mais negativa que a sua fonte enquanto que o sedimento restante deve se tornar mais grosso e com assimetria mais positiva. Após a análise dos três parâmetros descritos no modelo de McLaren, podemos dizer que este modelo não pode ser aplicado na região estudada, primeiramente por que este se baseia no fato de que os sedimentos são originados da erosão de uma única fonte sedimentar, o que não acontece na área de estudo. As praias estudadas têm como fonte de sedimentos a plataforma interna e a erosão cordões litorâneos com campos de dunas. Os últimos apresentam alto grau de seleção, pois estes depósitos são resultado de processos eólicos pretéritos com grande competência para selecionar os sedimentos. Além disso, o transporte litorâneo é bidirecional, não permitindo que os padrões de assimetria descritos no modelo sejam verificados de forma clara. Na Praia do Cassino os sedimentos se tornam mais finos e melhor selecionados no sentido do transporte efetivo, porém na assimetria o padrão descrito no modelo não é verificado, esta oscila bastante, mas apresenta uma tendência de se tornar mais negativa. No Mar Grosso os sedimentos se tornam mais grossos, o grau de seleção aumenta, a assimetria apresenta uma tendência a se tornar mais positiva.

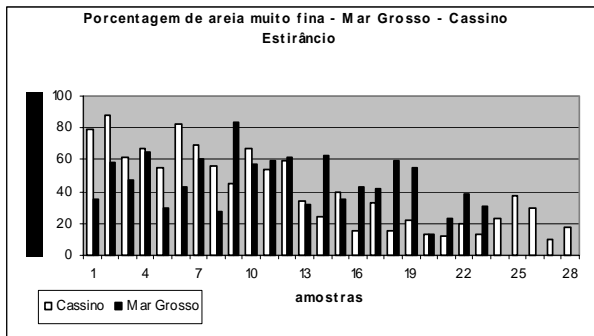


Figura 4 – Porcentagem de areia muito fina na Praia do Cassino e Mar Grosso

A Praia do Cassino apresenta as maiores concentrações de areia muito fina (3 a 4 phi) nos primeiros quilômetros, alcançando valores superiores a 80%. Em torno do km 16 esta porcentagem decai para menos de 20%. Na praia do Mar Grosso a porcentagem, inicialmente, não é tão significativa como no Cassino, entretanto alcança valores mais elevados em torno do km 8. Em seguida se observa um decréscimo na porcentagem de areia muito fina, assim como no Cassino, porém de forma mais sutil. Elevadas porcentagens de areia muito fina no trecho inicial da Praia do Cassino, estão relacionadas à: presença da lama, que atenua a energia das ondas; e do molhe, que barra o transporte de sedimento ao longo da costa, retendo-o na proximidade do mesmo. A brusca redução na porcentagem de areia muito fina nas amostras da Praia do Cassino é mais uma evidência de que o transporte litorâneo efetivo se processa no sentido SW-NE, visto que este sedimento de menor granulometria não avança tanto na direção sul. A análise descrita acima foi feita para o estirâncio, mas comportamento semelhante foi verificado para os demais sub-ambientes estudados. Pequenas variações nas porcentagens de areia muito fina nas praias interferem no seu comportamento morfodinâmico. À medida que a porcentagem de areia média aumenta, e areia muito fina diminui, mesmo que de forma sutil (0,03 phi) a praia pode apresentar um estágio modal mais intermediário. Embora os resultados sejam preliminares, estes indicam que a mínima porcentagem de areia muito fina para que a praia apresente um estágio modal dissipativo esta em torno de 30%. Os limites na granulometria ao longo da praia coincidem com a nítida mudança nas características morfodinâmicas das praias. Conforme demonstram os perfis realizados por Silva & Calliari (2001) os perfis para a Praia do Cassino e do Mar Grosso apresentam pouca variação de volume durante o período estudado. A mobilidade dos perfis é baixa e as praias apresentam características dissipativas, feições tridimensionais são ausentes.

## 2.2 Sistema praiado adjacente aos molhes de Tramandaí.

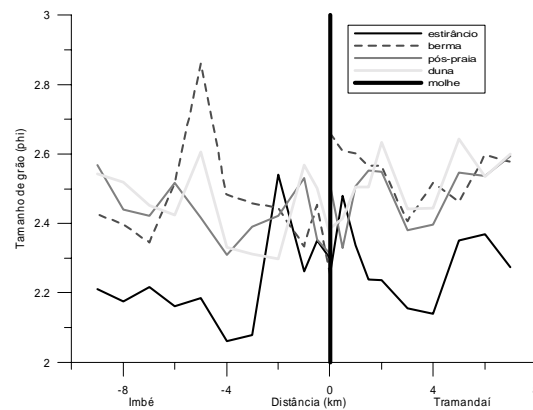


Figura 5 – Tamanho médio de grão na Praia de Imbé e Tramandaí.

O tamanho médio de grão na Praia de Tramandaí inicialmente é mais fino, seguido de aumento na granulometria até o km 4 da base do molhe quando começa a diminuir. O estirâncio apresenta-se mais grosseiro que os demais sub-ambientes. Na Praia de Imbé, em torno do km 5 e 6 há uma brusca diminuição no tamanho médio de grão. A partir deste ponto aumenta e no trecho final volta a diminuir. Até o km 6 podemos dizer que as amostras estão na área influenciada pela remobilização antrópica de areia na Praia de Imbé e por isso a diferenciação entre os ambientes é bastante dificultada. A partir daí o estirâncio apresenta maior tamanho médio de grão, entre 2,2 e 2,6 phi. As praias de Imbé, segundo Toldo Jr. *et. al.*, (1993), apresentam um comportamento intermediário. Nas Praias de Imbé e Tramandaí os sedimentos são classificados como muito bem selecionados e bem selecionados. Entretanto, este parâmetro não mostra nenhuma tendência significativa na área estudada sendo bastante homogêneo ao longo das praias. Indicando que a fonte de sedimentos para a praia é somente a ante praia, e que a que a Lagoa de Tramandaí não contribui com material para as adjacências. A assimetria no estirâncio destas praias varia de simétrica na proximidade do molhe à positiva. Nos demais ambientes a assimetria apresenta um padrão simétrico à levemente negativo. Sendo mais positiva no estirâncio, este fato deve estar relacionado à contribuição de pequenas quantidades de material um pouco mais grossos neste sub-ambiente devido à influência das ondas neste local.

### 2.3 Sistema praiial adjacente aos molhes de Torres.

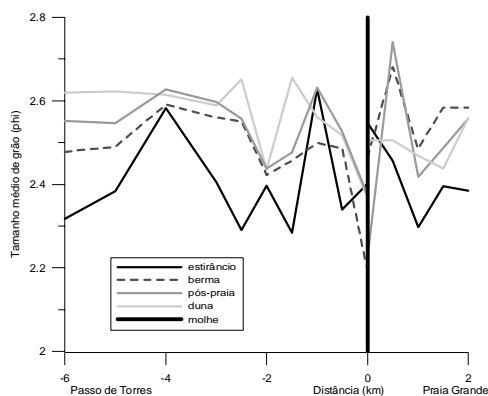


Figura 6 – Tamanho médio de grão na Praia de Passo de Torres e Praia Grande.

Nas praias de Torres o tamanho médio de grão se mantém entre 2,2 e 2,7 phi. Os ambientes apresentam uma boa diferenciação no seu tamanho de grão na Praia de Passo de Torres a partir do primeiro quilômetro, com o maior tamanho médio de grão no estirâncio, seguido pela berma, pós-praia e duna. Na praia Grande, a diferenciação dos ambientes em função do tamanho de grão na proximidade do molhe não é clara. Entretanto, logo na porção final da praia o estirâncio se apresenta mais grosso que os demais ambientes. Comparando o tamanho médio de grão das duas praias se observa que a Praia Grande apresenta a berma e o pós-praia com maior granulometria que a Praia de Passo de Torres. A Praia Grande teve um aumento na sua largura evidenciando sua tendência a acreção, a ponto de um grande volume de areia avançar sobre uma rua adjacente, resultando na fixação artificial das dunas (Pivel, 1997). O grau de seleção das amostras destas praias é bastante similar ao verificado nas praias de Imbé e Tramandaí. Ao longo da praia não se observa nenhuma tendência no grau de seleção ao longo da praia. Entre os sub-ambientes a seleção é maior na duna e menor no estirâncio. A assimetria na Praia de Passo de Torres apresenta uma tendência de ser mais positiva à medida que nos afastamos do molhe. Na Praia Grande a assimetria inicialmente aumenta depois decresce.

Em Imbé, Tramandaí, Passo de Torres e Praia Grande a fonte sedimentar são unicamente os depósitos da antepraia. As diferenças verificadas no tamanho médio de grão das três áreas estudadas estão relacionadas não somente a entrada de material mais fino do corpo lagunar, mas também a declividade geral da plataforma também deve ser considerada. Esta apresenta maior declividade justamente onde os maiores tamanhos médios de grão foram encontrados, desembocadura da Lagoa de Tramandaí e Rio Mampituba.

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alfredini, P. (1997). A estimativa do transporte de sedimentos litorâneos como ferramenta para o conhecimento relativo à erosão costeira. Congresso da ABEQUA, 6. Resumos... Curitiba, PR. Pp.377-382.

Almeida, L.E.S.B.; Lima, S.F. & Toldo Jr., E.E. (2001). Estimativa da capacidade de transporte de sedimentos a partir de dados de ondas para a costa do Rio Grande do Sul. Congresso da ABEQUA, 8. Resumos... Mariluz, Imbé, RS. Pp. 59-60.

Bascom, W.N. (1951). The relationship between sand size and beach face slope. Trans. Am. Geophys. Union. 32: 866-874.

Calliari, L.J. & Fachin, S. (1993). Laguna dos Patos. Influência nos depósitos lamíticos costeiros. Pesquisas, 20(1):57-69.

Calliari, L. J., Speranski N. S., Torronteguy, M. & Oliveira, M.B. (2001). The mud banks of Cassino Beach, Southern Brazil: Characteristics, Processes and Effects. Journal of Coastal Research, (ICS 2001 Proceedings), 00-00. New Zealand.

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): 1126-1130.

Lélis, R.J.F. (2003). Variabilidade da linha de costa oceânica adjacente às principais desembocaduras do Rio Grande do sul. Trabalho de Graduação do Curso de Oceanologia, FURG, RS, 116 p.

McLaren, P. (1981). "An interpretation of trends in grain size measures." Journal of Sedimentary Petrology, 51(2): 611-624.

McLaren, P. & Bowles, D. (1985). "The effects of sediment transport on grain-size distributions." Journal of Sedimentary Petrology, 55(4):457-470.

Pivel, M.A.G.(1997). Caracterização morfodinâmica e sedimentológica das praias de Torres (RS). Trabalho de graduação do curso de Oceanologia. Rio Grande, FURG: 1-72.

Siegle, E. (1996). Distribuição dos sedimentos litorâneos entre o Farol da Conceição e Farol do Chuí, RS, e fatores condicionantes. Trabalho de Graduação do Curso de Oceanologia. Rio Grande, FURG: 99 p.

Silva, A.R.P.& Calliari, L.J. (2001). Erosão versus progradação da linha de costa de praias expostas e contíguas a grandes estruturas. Congresso da ABEQUA, 8. Resumos...Mariluz, Imbé, RS. Pp. 55-56.

Toldo Jr. E. E., Dillenburg S. R., Almeida L. E. S. B., Tabajara L. L., Martins R. R., and Cunha L. O. B. P. (1993). "Parâmetros morfodinâmicos da praia de Imbé, Rs." Pesquisas, Porto Alegre, 20(1): 27-32.

Tomazelli L.J., & Villwock L.A. (1992). "Considerações sobre o ambiente praiial e a deriva litorânea de sedimentos ao longo do litoral norte do Rio Grande do Sul, Brasil." Pesquisas, Porto Alegre, 19(1): 3-16.