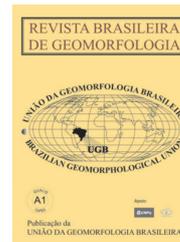


www.ugb.org.br
ISSN 2236-5664

Revista Brasileira de Geomorfologia

v. 19, nº 4 (2018)

<http://dx.doi.org/10.20502/rbg.v19i4.1156>



CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTOLÓGICA DA PRAIA DE ARAMBARÉ, LAGUNA DOS PATOS, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

SEDIMENTOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE ARAMBARÉ SANDY BEACH, PATOS LAGOON, RIO GRANDE DO SUL, BRASIL

Elaine Baroni de Oliveira

*Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande
Av. Itália, Km 8, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP 96.203-900. Brasil
E-mail: elaine.bo@hotmail.com*

João Luis Nicolodi

*Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande
Av. Itália, Km 8, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP 96.203-900. Brasil
E-mail: joaoluiznicolodi@gmail.com*

Chayonn Marinho

*Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande
Av. Itália, Km 8, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP 96.203-900. Brasil
E-mail: chayonn@hotmail.com*

Valério Costa Machado Júnior

*Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande
Av. Itália, Km 8, Rio Grande, Rio Grande do Sul. CEP 96.203-900. Brasil
E-mail: lelocassineiro@hotmail.com*

Informações sobre o Artigo

Recebido (Received):
21/03/2018
Aceito (Accepted):
08/05/2018

Palavras-chave:

Granulometria; Praia; Lagoa dos Patos

Keywords:

Granulometry; Beach; Lagoa dos Patos

Resumo:

A praia de Arambaré, situada na margem oeste da laguna dos Patos, Rio Grande do Sul (RS), é dividida em dois setores (Norte e Sul) pelo arroio Velhaco, que deságua no local. Apesar da Lagoa dos Patos apresentar diferenças sedimentares visíveis ao longo de suas margens, estudos que descrevem os depósitos praias lagunares e suas diferenças são escassos. Neste contexto, o presente trabalho caracteriza sedimentologicamente a praia de Arambaré, no Rio Grande do Sul. A metodologia utilizada incluiu a coleta e análise granulométrica de 56 amostras distribuídas ao longo da extensão da praia. Os resultados mostraram que as porções ao norte e ao sul do Arroio possuem características distintas e uma tendência de diminuição do grão ao sul. A porção ao norte possui areias grossas e muito grossas, e grau de seleção predominante moderadamente selecionado, enquanto a porção ao sul apresenta areias médias a finas e grau de seleção moderadamente a pobremente selecionados. Essa gradação lateral dos sedimentos é explicada pela direção das ondas (E-NE) que geram correntes longitudinais em direção ao

sul. Outra característica comum a ambas as praias é a distribuição polimodal dos sedimentos, a qual é reflexo da herança geológica e das condições energéticas da Lagoa dos Patos.

Abstract:

The *Arambaré* beach, located in the west margin of the *Patos* lagoon, *Rio Grande do Sul* (RS), is divided in two parts (North and South) by *Velhaco* river, which flows into the beach. Despite the *Patos* Lagoon shows visible granulometric characteristics through its length, studies describing these features are scarce. In this context, the present work describes the sedimentology of *Arambaré*, in RS. The methodology included collection of 56 samples and granulometric analysis in laboratory. The results showed that both parts (at North and South of *Velhaco* river) have distinct characteristics and the existence of a size's decreasing trend to south. The North part has coarse to very coarse sand, and moderately sorted sand, while the South shows medium to fine sands and moderately to poorly sorted sand. This gradation is explained by the directions of the waves (E-NE), which generates longshore currents towards south. Other characteristic similar in both parts is the polymodal distribution of the grains, which is a reflex of the geological inheritance and of the energetic conditions of the *Patos* lagoon.

1. Introdução

As praias promovem o interesse humano através do desenvolvimento de atividades comerciais, de lazer, turísticas, ecológicas, dentre outras. Independentemente do tamanho, origem ou aparência, as praias possuem valor ecológico e antrópico, sendo, portanto, locais cruciais de preservação (Fisher, 2005). A preservação de praias requer um entendimento dos processos costeiros, incluindo o movimento das ondas e correntes litorâneas, a distribuição granulométrica, a textura sedimentar, o transporte de sedimentos e a resultante variação na morfologia da praia (Komar, 1998).

A textura de sedimentos naturais contém informações acerca da fonte, modo e nível de energia do transporte, enquanto a distribuição do tamanho do grão contém informações sobre a fonte e o mecanismo e intensidade de transporte dos sedimentos (Liu & Zarillo, 1989). Essa informação é de difícil interpretação visto que os processos de transporte incluem variáveis randômicas com dificuldades avaliativas (Gessler, 1971).

Vários esquemas têm sido empregados para decifrar a distribuição de frequência granulométrica dos sedimentos. Estes esquemas incluem tanto o uso de parâmetros granulométricos estatísticos, como média, mediana, seleção e assimetria, para caracterizar o depósito de sedimentos de uma área (Taney, 1961), quanto os métodos para dividir a população sedimentar em subpopulações que, presumivelmente, representam diferentes modos de transporte (Visher, 1969). Esforços também têm sido aplicados para ligar (ou predizer) a

distribuição textural dos sedimentos com os atributos naturais, como a hidrodinâmica, a declividade e a existência de irregularidades topográficas (Miller & Zeigler, 1964; Murray, 1967; Graf, 1976).

O gradiente da distribuição granulométrica é relacionado às interações entre os diferentes processos de transporte, assim como o tamanho de grão disponível no litoral. Entretanto, se um perfil litorâneo é afetado por uma fonte artificial ou se o sedimento é fornecido por processos naturais, com tamanhos de grãos diferentes do depósito original, uma nova distribuição granulométrica é estabelecida (Guillén & Hockstra, 1996).

O tamanho do grão é a propriedade física mais básica de um depósito sedimentar (McManus, 1988; Poppe *et al.*, 2000; Watson *et al.*, 2013) e, por isso, a interpretação ambiental da distribuição granulométrica é de extrema importância. Segundo Reniers *et al.* (2013), a evolução temporal e espacial da distribuição granulométrica é uma informação crucial para a criação de modelos de formação e evolução da costa. De acordo com Abdulkarim *et al.* (2011), o conhecimento da distribuição granulométrica é importante para o entendimento dos princípios da dinâmica costeira, assim como para compreender os processos sedimentares regionais necessários para o planejamento e tomada de decisões de projetos costeiros. Outra aplicação da análise granulométrica está relacionada à interpretação dos sedimentos praias ao longo das desembocaduras fluviais.

Apesar da importância, muitas regiões não possuem mapeamento granulométrico, principalmente as regiões lagunares e fluviais. Calliari (1994) já atentava para a ausência de dados relacionada às praias

compostas por sedimentos bimodais ou polimodais, que é o caso das praias lagunares. Tal panorama foi muito pouco alterado desde então, o que reforça a pertinência de análises como a que se propõe este trabalho.

As praias lagunares são passíveis de modificações morfológicas, provocadas principalmente pelas variações de nível no corpo d'água. As variações de nível causadas pela sazonalidade da precipitação afetam significativamente as margens lagunares, alterando a morfologia: o maior alcance das águas modifica a intensidade das correntes e a distribuição vertical da energia da onda no perfil da praia, modificando sua largura (Fisher, 2005). Devido a tais oscilações e frente à necessidade de preservação, os processos envolvidos na morfologia de praias lagunares precisam ser entendidos.

A praia de Arambaré, localizada na laguna dos Patos, no estado do Rio Grande do Sul, possui peculiaridades e diferenças granulométricas visíveis ao longo de sua extensão provocadas pelo deságue do arroio Velhaco. Apesar destas diferenças sedimentares serem visíveis ao longo de toda a margem da Lagoa dos Patos, poucos são os estudos que descrevem os depósitos praias lagunares. Devido a essa carência e à importância de uma análise granulométrica, este trabalho objetiva caracterizar do ponto de vista textural a praia de Arambaré, destacando as particularidades existentes e as discutindo sob o ponto de vista morfológico.

2. Área, materiais e métodos

2.1 Localização da área

A área de estudo localiza-se na planície costeira do Rio Grande do Sul, entre as coordenadas UTM 452246E, 6578548S e 453144E, 6581012S; às margens da laguna dos Patos, conforme Figura 1.

O Rio Grande do Sul é dividido em províncias geomorfológicas denominadas Planalto, Depressão Periférica, Escudo Sul-Rio-Grandense e Planície Costeira (Carraro *et al.*, 1974). A planície costeira do RS é uma costa retilínea entre as latitudes 29°S e 34°S com uma área aproximada de 33,000 km² (Tomazelli *et al.*, 2000). A laguna dos Patos faz parte do Sistema lagunar Patos-Mirim.

O desenvolvimento da Planície Costeira ocorreu durante o Quaternário através do retrabalhamento

dos depósitos de leques aluviais acumulados na parte mais interna da planície, junto às terras adjacentes. Esses depósitos foram retrabalhados durante os ciclos transgressivos-regressivos glacioeustáticos do Quaternário, responsáveis pela geração de quatro sistemas deposicionais do tipo laguna-barreira, denominados de sistemas I, II, III e IV. (Villwock, 1984; Villwock *et al.*, 1986; Villwock & Tomazelli, 1995; Tomazelli & Villwock, 2000).

Toldo Jr. (1994) descreveu a laguna dos Patos como um corpo d'água costeiro extenso (10.000km²), raso (profundidade média de 6m) e com largura variando entre 10 e 60km. O comprimento total chega a 240km.

A ação do vento (local e remota) é o principal fator de controle da circulação na região. A ação remota do vento causa elevação ou abaixamento no nível de água junto à costa, por transporte de Ekman, enquanto o efeito local causa desníveis entre as extremidades da lagoa. A combinação do efeito local e remoto se manifesta na produção de desníveis entre a zona costeira e a desembocadura da laguna, favorecendo a descarga fluvial ou a introdução de águas oceânicas (Möller Jr. *et al.*, 2001).

O regime de níveis da laguna apresenta uma sazonalidade bem definida: nos meses de primavera e verão, ventos do Norte e baixa descarga fluvial condicionam a ocorrência de desvios negativos ou abaixo da média; enquanto nos meses de outono e inverno, ventos do Sul forçam a elevação das águas no interior da laguna (Möller Jr. *et al.*, 2001).

Ventos de nordeste contribuem para a descarga da laguna, conquanto ventos do sul, principalmente sudoeste, produzem efeito contrário, promovendo a entrada de água salgada (Möller Jr. *et al.*, 2001).

A maré astronômica, predominantemente semidura, possui média diária anual de 0,47m. A amplitude da força da maré ainda sofre redução no interior da laguna. Esta redução é comum em sistemas costeiros fechados (ou em sistemas que se comportam como fechados, como no caso da laguna dos Patos) já que o canal estreito que conecta ao oceano funciona como um mecanismo de filtro, diminuindo a amplitude da maré. Devido a isso, observa-se picos diurnos da maré com uma ordem de magnitude menor em Arambaré, quando comparadas ao estuário em Rio Grande (Möller Jr. *et al.*, 1996).

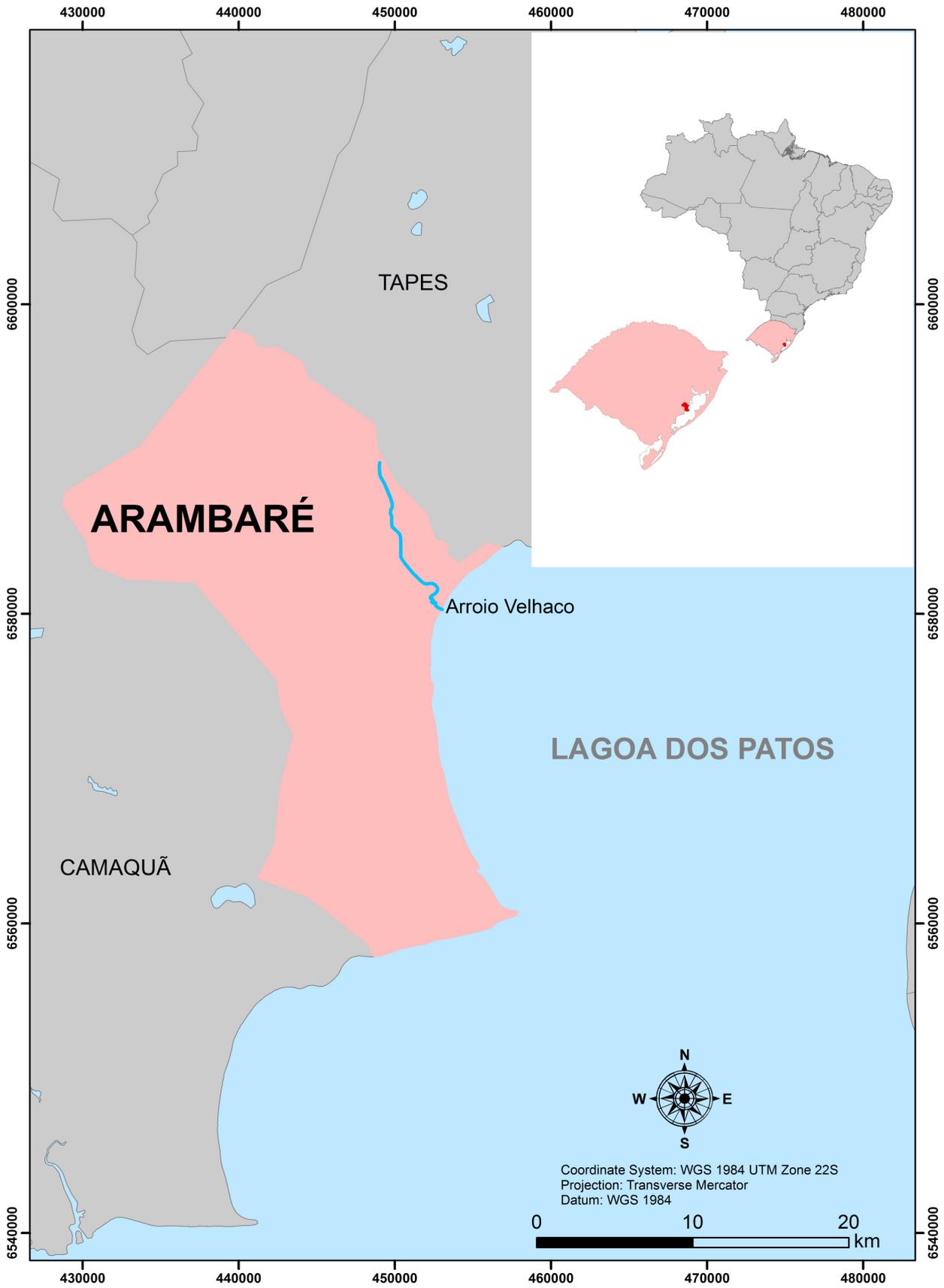


Figura 1 - Localização da área de estudo.

Arambaré faz parte da bacia hidrográfica do rio Camaquã e possui um riacho, denominado arroio Velhaco, que apresenta a foz no município, dividindo as praias em uma porção norte (figura 2A) e uma porção sul (figura 2B).

O arroio Velhaco é um afluente da margem direita da laguna dos Patos e está inserido em dois domínios morfoestruturais do estado do Rio Grande do Sul, Brasil:

terras altas do planalto do Escudo Sul-Rio-Grandense e terras baixas da Planície Costeira. O escudo ou embasamento é uma área soerguida, de relevo suavemente ondulado. A borda cristalina rebaixada e interiorizada permitiu a formação da planície costeira – um litoral amplo, baixo e retilíneo com grandes restingas (Villwock, 1984; Haase & Schäfer, 1992; Pereira *et al.* 2011).



Figura 2 - Praia de Arambaré, laguna dos Patos, Rio Grande do Sul. Data: 01/06/2015. Fonte: Autores A) Praia localizada ao norte da desembocadura do arroio Velhaco, aqui denominada de Arambaré Norte; B) Praia posicionada ao sul da desembocadura – denominada de Arambaré Sul.

O arroio pode ser dividido em dois trechos: o superior, que percorre a região montanhosa, possui margens de barranco erodido, recobertos por mata ciliar e ausência de vegetação aquática. No trecho citado também existem pequenas represas desativadas que obstruem e desviam o leito do arroio; o inferior possui margens com barrancos e áreas espraçadas. Observa-se vegetação aquática, principalmente na foz (Haase & Schäfer, 1992).

Segundo Haase & Schäfer (1992), o arroio Velhaco caracteriza-se por um regime fluvial, onde a vazão é determinada pela variação da precipitação durante o ano. A Resolução 69/2010 (Estado do Rio Grande do Sul, Secretaria de Meio Ambiente, CRH, 2010), define a vazão de referência (Q90) do arroio Velhaco com o valor de 3,504m³/s. A velocidade da água é semelhante em todo o seu percurso, apresentando um valor médio de 0,6m/s, considerada por Hawkes (1975) como muito forte. A concentração média de sólidos em suspensão na foz, segundo Haase & Schäfer (1992) é de 29,9mg/l.

2.2 Métodos

O trabalho de campo, realizado em outubro de 2017, consistiu na coleta de amostras de sedimentos

superficiais ao norte e ao sul da desembocadura do Arroio Velhaco. As amostras foram coletadas em dois pontos perpendiculares à costa (linha d'água e face de praia intermediária) a cada 100 metros. Foram coletadas 56 amostras no total (representadas na Figura 6), sendo 21 ao norte e 35 ao sul. O sedimento foi coletado nos 5 centímetros superficiais com sacos plásticos transparentes e foram levados para laboratório para análise. A localização foi obtida com auxílio de GPS.

Para análise granulométrica, as amostras, em laboratório, foram lavadas para remoção do sal, secas em estufa e em seguida, pesadas. A análise granulométrica foi realizada através da peneiragem mecânica utilizando peneiras com $\frac{1}{4}$ de phi de acordo com a escala de Wentworth (1922). Parâmetros estatísticos (tamanho médio, mediana, desvio padrão e assimetria) foram calculados para cada amostra a partir do pacote *rysgran do software R*. Diagramas de dispersão entre as variáveis também foram plotados no R.

Para a elaboração do mapa de distribuição da média granulométrica foi utilizado o método de interpolação da Krigagem (usando o semivariograma esférico) a partir de rotinas próprias do software ArcMap® 10.5, sendo os

resultados obtidos por meio da interpolação das médias derivadas das análises granulométricas realizadas em laboratório.

A opção deste método (krigagem) advém do fato de calcular um determinado valor de um ponto pela média ponderada das amostras de sua vizinhança, distribuindo os pesos de acordo com a variabilidade e a distribuição dos pontos no espaço que é, por sua vez, determinada por meio de análise geoestatística (Cronemberger, 2009). A

Krigagem é frequentemente usada na ciência do solo e na geologia, visto que normalmente o universo amostral não é homogêneo no espaço.

3. Resultados

Os resultados dos parâmetros estatísticos das amostras são apresentados na tabela 1. Os demais resultados estão divididos entre os setores Norte e Sul.

Tabela 1: Parâmetros estatísticos granulométricos. Os valores estão representados em phi (ϕ)

Amostra	Mediana	Média	Seleção	Assimetria	Curtose	Amostra	Mediana	Média	Seleção	Assimetria	Curtose
NORTE						SUL					
N1	-0.06	0.34	1.17	0.38	1.14	S1	0.54	0.41	1.04	-0.19	0.87
N2	0.33	0.221	0.48	-0.26	0.8	S2	1.79	1.64	0.56	-0.52	1.35
N3	-0.22	-0.37	0.66	-0.38	1.04	S3	1.89	1.92	0.29	0.129	0.95
N4	0.95	1.23	0.83	0.42	0.86	S4	-0.11	-0.002	0.9	0.08	0.89
N5	-0.16	-0.24	0.33	-0.26	1.22	S5	0.9	0.88	0.67	-0.13	1.97
N6	0.39	0.36	0.37	-0.12	1.04	S6	2.01	2.02	0.49	-0.03	1.21
N7	-0.46	-0.53	0.49	-0.12	1.08	S7	0.49	0.59	1.07	0.17	0.64
N8	0.41	0.35	0.72	-0.13	1.06	S8	0.15	0.057	0.99	-0.15	0.68
N9	0.61	0.93	1.02	0.43	0.7	S9	0.59	0.59	0.99	-0.005	0.84
N10	-0.08	0.013	0.46	0.33	1.65	S10	0.43	0.51	1.02	0.07	0.87
N11	-0.18	-0.07	0.55	0.19	1.09	S11	-0.08	-0.007	0.74	0.23	1.15
N12	-0.19	-0.24	0.83	-0.04	0.99	S12	1.27	1.23	0.7	-0.19	1.44
N13	0.15	-0.17	0.54	-0.09	0.99	S13	1.44	1.38	0.61	-0.08	1.02
N14	0.6	0.4	0.84	-0.35	0.94	S14	0.58	0.56	0.84	-0.015	0.82
N15	0.13	0.14	0.57	0.047	0.82	S15	1.17	0.93	1.12	-0.28	0.71
N16	-1.67	-1.64	0.32	0.25	0.8	S16	-0.05	0.26	0.78	0.55	0.97
N17	-0.07	-0.19	0.92	-0.15	0.93	S17	1.87	1.87	0.54	-0.034	1.1
N18	1.16	0.99	1.42	-0.17	0.85	S18	0.28	0.54	0.9	0.36	0.84
N19	0.67	0.54	0.66	-0.32	1.06	S19	1.93	1.99	0.49	0.16	0.98
N20	-0.24	-0.39	1.06	-0.12	0.93	S20	0.24	0.47	0.83	0.44	1.06
N21	1.9	1.95	0.26	-0.004	1.39	S21	0.56	0.57	1.23	-0.015	0.64
						S22	-0.1	-0.2	0.77	-0.1	0.98
						S23	2.19	2.14	0.69	-0.31	2.001
						S24	-0.04	-0.002	0.65	0.11	0.95
						S25	1.52	1.13	1.29	-0.39	0.68
						S26	0.06	0.519	1.4	0.4	0.58
						S27	2.27	2.23	0.42	-0.27	1.98
						S28	-0.64	-0.69	0.62	-0.11	0.8
						S29	2.34	2.32	0.25	0.04	1.47
						S30	2.3	1.33	1.78	-0.69	0.63
						S31	2.37	2.31	0.89	-0.42	3.24
						S32	2.41	2.44	0.2	0.08	1.18
						S33	1.37	1.07	1.27	-0.33	0.65
						S34	2.16	2.15	0.299	0.07	0.8
						S35	2.09	1.23	1.41	-0.8	0.74

Sector Norte:

O tamanho médio dos grãos (ϕ) variou de -1.639 a 1.9553 com média de 0.173 (tabela 1). 48% das amostras são classificadas como areia grossa e 38% como areia muito grossa. A mediana variou de -1.6758 a 1.931 com valor médio de 0.1768 ϕ . O grau de seleção variou de 1.426 a 0.2624 com média de 0.6929. O grau predominante foi moderadamente selecionado (25%), seguido por pobremente selecionado (20%), moderadamente bem selecionado (20%), bem

selecionado (20%) e muito bem selecionado (15%). A assimetria variou de -0.379 a 0.427 com média de -0.022. A maioria das amostras tem assimetria negativa (38%). A curtose variou de 0.7036 a 1.6513 com média de 1.202, sendo que 52% das amostras são mesocúrticas.

Os histogramas de frequência podem ser visualizados na figura 3. Algumas amostras apresentaram distribuição unimodal, mas a maior parte apresentou distribuição bi e polimodal, sendo o pico proeminente o de tamanho 0 ϕ .

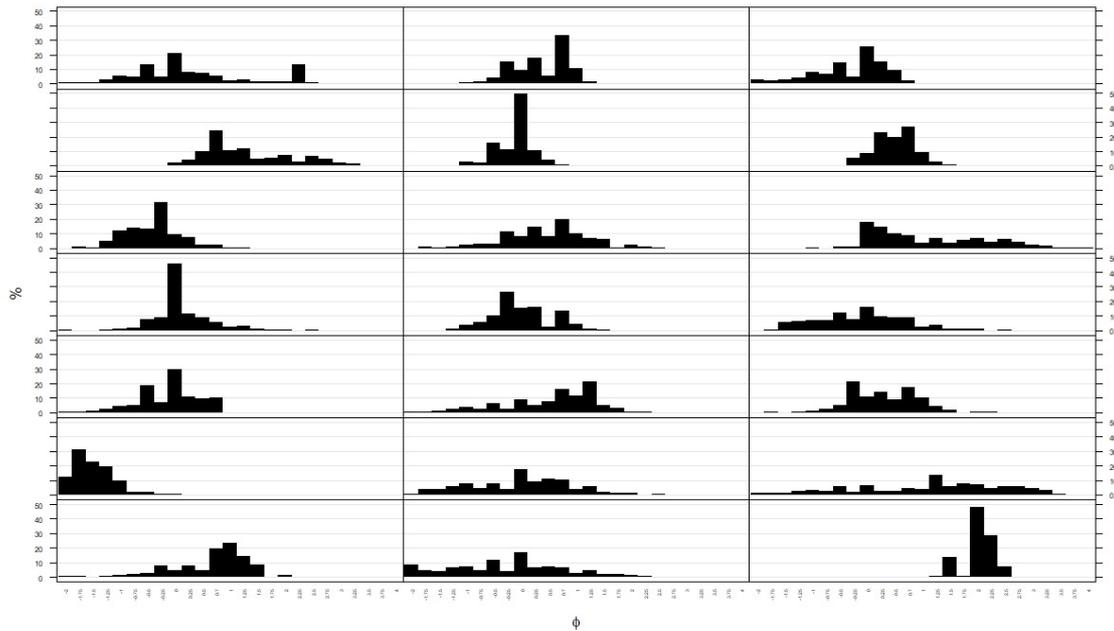


Figura 3 - Histogramas de Frequências para as amostras ao norte do Arroio Velhaco. A unidade do eixo X é (ϕ) e do eixo Y é %.

Sector Sul:

O tamanho do grão variou de -0.692 a 2,437 com média de 1,0423. Praias de areia grossa representaram 37% das amostras, enquanto as de areia média 29%, as de areia fina 20% e as de areia muito grossa 14%. A mediana variou de -0.64 a 2.41 com valor médio de 1.094 ϕ . O grau de seleção variou de 1.78 a 0.1999 com média de 0.8233. O grau predominante foi moderadamente selecionado (31%) seguido pelas amostras pobremente selecionadas (29%). A assimetria variou de -0.808 a 0.5513 com média de -0.0619. As amostras aproximadamente simétricas representaram 31%, as negativas 23% e as muito negativas 20%. A curtose variou de 0.5838 a 3.2479 com média de 1.08, sendo 34% das amostras platicúrticas.

Os histogramas de frequência podem ser visualizados na figura 4. A maioria das amostras apresentou distribuição polimodal, sendo os picos proeminentes de tamanho 2 ϕ e 2.5 ϕ .

Diagramas de dispersão

O gráfico da média versus seleção apresenta forma de V invertido: seleção moderada nas areias muito grossas, baixo grau de seleção nas areias grossas e médias e melhor selecionamento nas areias finas. A média vs assimetria mostra uma natureza senoidal devido à mistura de classes granulométricas. A maior parte dos valores apresentados caem na categoria negativa do gráfico. O extremo negativo (-0.8) ocorre no tamanho -1.23 ϕ .

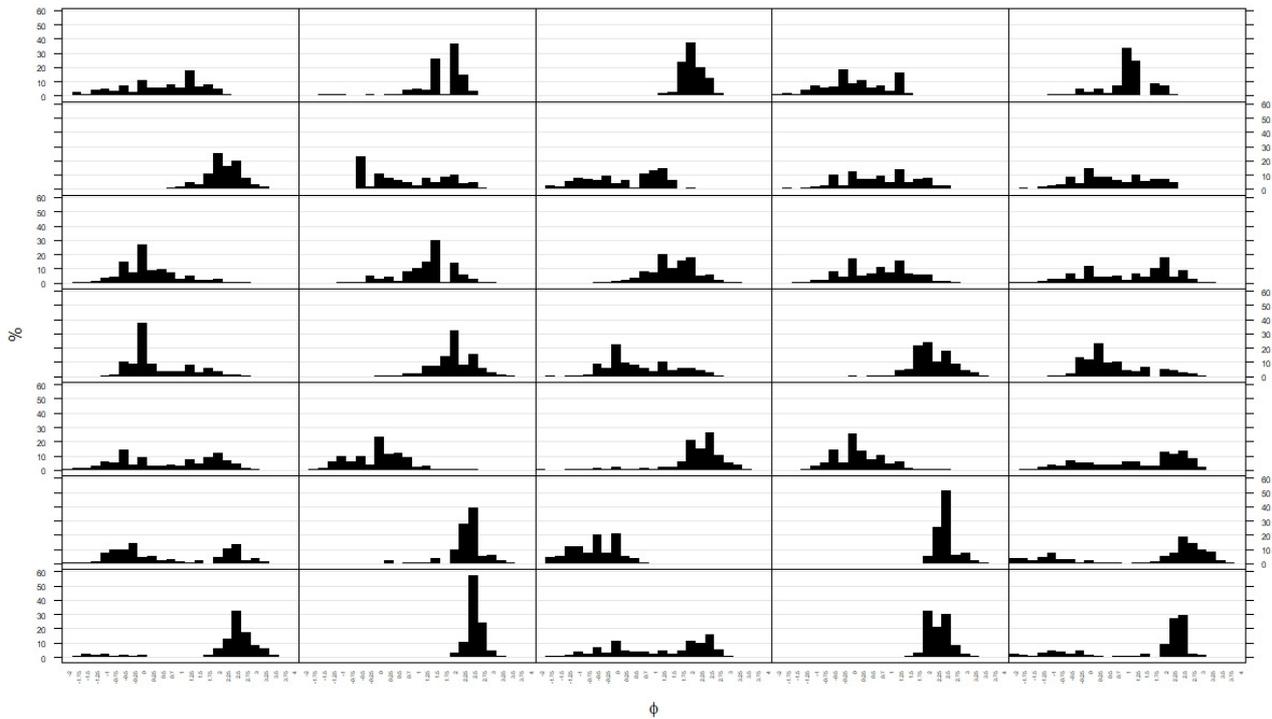


Figura 4 - Histogramas de frequência para as amostras ao sul do Arroio Velhaco.

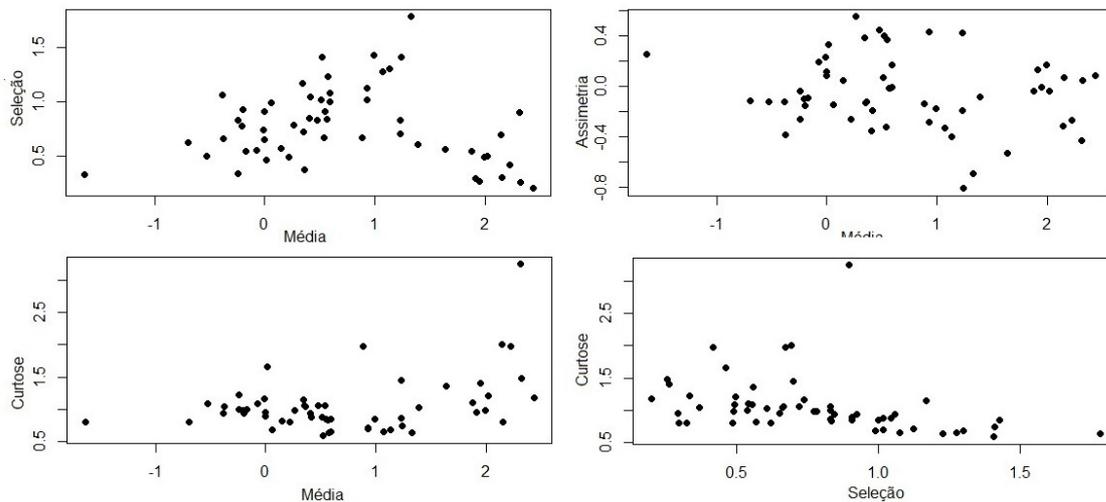


Figura 5 - Diagramas de dispersão. A) Média x Grau de seleção. B) Média x Assimetria. C) Média x Curtose. D) Grau de seleção x Curtose

O gráfico de média x curtose indica que as areias muito grossas são mesocúrticas, as areias médias são platicúrticas e as areias finas são leptocúrticas. O gráfico de seleção e curtose mostra um decréscimo da curtose com a diminuição do selecionamento.

4. Discussão

A média e mediana das amostras mostram uma tendência de diminuição do tamanho do grão em

direção à região sul: enquanto na região norte há o predomínio de areia grossa e muito grossa (19 no total de 21), na região sul há um equilíbrio entre as classes granulométricas, sendo que as areias médias e finas totalizam 17 amostras (no total de 35). A tendência de diminuição no tamanho do grão, exibida na figura 6, nos mostra a ocorrência de gradação longilitoral nos sedimentos da praia de Arambaré.

O padrão de distribuição granulométrica de uma área não é homogêneo ao longo de sua extensão. Bird

(2011) diz que algumas praias apresentam gradação longilitoral no tamanho do sedimento ao longo da costa, causados pelo selecionamento e desgaste dos grãos.

Um exemplo de gradação granulométrica foi encontrado por Calliari (1994) ao estudar a distribuição de tamanho de grão ao longo e transversalmente a costa ao sul de Currituck Spit, Carolina do Norte. Segundo o

autor o trecho entre Corolla e Oregon Inlet, apesar de ter poucos quilômetros de diferença, possui diferenças marcantes. Enquanto as praias de Duck são estreitas, íngremes e bimodais, as praias de Corolla e Coquina são amplas, planas e unimodais. Tais diferenças foram explicadas pela existência de fontes locais de sedimentos relíquia entre Duck e em Oregon Inlet.



Figura 6 - Distribuição do tamanho médio dos grãos (ϕ) para a área de estudo.

Gradações laterais também ocorrem em áreas sob influência das desembocaduras fluviais. Nestes locais, o aporte de sedimento fluvial associado a hidrodinâmica provoca heterogeneidades na deposição dos pacotes. Exemplo de diferenças sedimentológicas associadas a desembocaduras foram encontradas por Falcão *et al.* (2007) para as praias de Paraipaba e Paracuru no Ceará. A praia ao norte do arroio é composta, predominantemente, por areia fina, enquanto Paracuru, ao sul, possui areias médias. A disparidade entre as feições é atribuída aos processos de deposição controlados pela deriva litorânea e pelo transporte eólico, já que a contribuição do arroio Curu na sedimentação das praias é praticamente nula.

A deriva longshore em uma direção predominante pode ser uma causa para diferenças na gradação lateral de sedimentos. Segundo McLaren (1981), as mudanças granulométricas seguem tendências que permitem identificar a trajetória de transporte sofrida pelo grão (desde a fonte até o depósito). Gao *et al.* (1994) ainda afirmam que as tendências no tamanho do grão podem conter informações do transporte de sedimentos. De acordo com McLaren & Bowles (1985) a distribuição granulométrica muda na direção do transporte, sendo que os depósitos sequenciais podem apresentar duas combinações de variações na média, seleção e assimetria que podem ser resultado do transporte longshore de sedimentos: Caso 1 – sedimentos mais finos, assimetria mais negativa e melhor selecionamento na direção do transporte (energia diminuindo na direção do transporte); Caso 2 – sedimentos mais grossos, melhor selecionados e assimetria positiva na direção do transporte (energia aumentando na direção do transporte).

Segundo Nicholas (2003), uma causa comum para a diminuição do tamanho do grão ao longo de uma área (caso 1) é a diminuição da competência da corrente de transporte, tanto como resultado da divergência das correntes de maré da zona de transporte, quanto da diminuição da deriva das ondas (resultado da mudança de orientação ou mudanças da topografia de fundo). Já a explicação para o aumento no tamanho do grão (caso 2) é a remoção do material fino da praia pela ação contínua da onda.

A circulação na Lagoa dos Patos é governada pelo estresse do vento, sendo os ventos predominantes de NE/SW (Möller Jr. *et al.*, 1996). Segundo Toldo Jr *et al.* (2006) e Lemke (2015), os ventos do quadrante leste/nordeste são mais comuns na margem oeste da Lagoa

e são responsáveis por gerar ondas com altura média entre 0.35m e 0.5m, período de 2.7s e direção de pico de 102°. O ângulo de quebra das ondas gera correntes longitudinais que transportam os sedimentos em direção ao sul. A gradação lateral encontrada em Arambaré e exemplificada na figura 6, pode ser explicada pelo transporte longitudinal dos sedimentos provocado pelos ventos.

Outra característica da praia de Arambaré, percebida pelo grau de seleção e histogramas de frequência, é a distribuição polimodal dos sedimentos. Essas informações estão de acordo com Martins *et al.* (1989). Segundo ele, as praias da margem oeste da Lagoa dos Patos são polimodais e possuem sedimentos variando entre areia fina e cascalho.

A predominância de características bem selecionadas é atribuída ao melhoramento da uniformidade do tamanho do grão pela energia das ondas (Folk & Ward, 1957; Venkatesan *et al.*, 2017). Sedimentos mal selecionados, por sua vez, ocorrem em depósitos situados próximos à área-fonte ou em ambientes no qual o retrabalhamento não foi eficaz no selecionamento das partículas.

As ondas na Lagoa dos Patos são características de ambientes de baixa energia, ou seja, o agente transportador não possui energia suficiente para uniformizar o pacote sedimentar, propiciando a formação de pacotes polimodais. Além disto, a polimodalidade dessas praias é reflexo da herança geológica e da proximidade entre a área fonte (terras altas) e o local de deposição

Folk & Ward (1957) ainda afirmam que as amostras onde o sedimento, depois de depositado, forem rapidamente recobertos por uma classe granulométrica diferente, possuem pouca oportunidade de retrabalhamento, demonstrando grau de seleção menor. Bird (2011) afirma que durante tempestades há a remoção de areias finas pelas ondas mais fortes, mantendo apenas um depósito de sedimento grosso e pesado. Após a tempestade, em condições normais, as ondas movem as areias mais finas de volta à praia, enterrando o sedimento grosso que havia ficado e formando estratificações. Em situações de tempestade ou ventos fortes, as ondas removem os sedimentos finos, mantendo areias grossas que serão soterradas pelas ondas de menor energia quando as condições voltarem ao normal.

Segundo Oliveira & Nicolodi (2017) algumas praias da laguna dos Patos possuem camadas de areia fina e grossa intercaladas na forma de lentes sedimentares. Essas lentes ocorrem devido às oscilações de energia de onda durante ventos fortes ou tempestades e não possuem padrão espacial definido.

A assimetria mostra diferença entre o Norte e as últimas amostras ao sul da praia. A assimetria oscilou entre positiva e negativa, tornando-se mais negativa na porção ao sul de Arambaré. Valores negativos indicam o predomínio de uma cauda composta por areia grossa, enquanto valores positivos indicam uma cauda de distribuição deslocada para os grãos finos. Segundo Cronan (1972), a alternância entre assimetria positiva e negativa em sedimentos polimodais reflete as proporções nas quais as diferentes populações modais nos sedimentos são misturadas.

As tendências e inter-relações entre os parâmetros granulométricos podem indicar o modo de deposição e auxiliar na identificação de ambientes Folk & Ward (1957). Essas inter-relações são obtidas através de diagramas de dispersão. O gráfico entre média e seleção apresentou forma de V invertido. Tais gráficos, segundo Folk & Ward (1957), ocorrem quando a variedade do tamanho do grão é menor (não apresentam todas as classes de cascalho até argila). O gráfico entre média e assimetria mostrou comportamento senoidal. O comportamento descrito ocorre devido à mistura de classes granulométricas. Os valores negativos ou positivos dependem da proporção dos sedimentos misturados (Venkatramanan, *et al.*, 2011). A relação entre média e curtose mostra a mistura de mais de uma classe de sedimentos: os maiores valores de curtose são encontrados em amostras com uma moda dominante e outra subordinada, enquanto baixos valores de curtose são encontrados em misturas bimodais, as quais possuem baixa seleção. Através do gráfico de seleção e curtose confirmamos que a diminuição do grau daquela é acompanhada pela diminuição dessa. Isso já era esperado, pois sedimentos polimodais possuem menores valores de curtose e seleção.

Os resultados obtidos mostram uma tendência de variação dos parâmetros em direção ao sul da Lagoa, acompanhando o sentido natural do transporte lagunar – provocado pelas correntes longitudinais em direção sul. Além disso, os parâmetros granulométricos refletem as características da área fonte e a proximidade com a mesma.

5. Conclusões

Por meio da análise granulométrica é possível inferir que a praia de Arambaré possui gradação longilitoral de sedimentos ao longo de sua extensão. A porção ao norte do Arroio Velhaco possui areias grossas e muito grossas enquanto os sedimentos ao sul do arroio são classificados como areia média a fina. Tal gradação é explicada pela hidrodinâmica local, onde a circulação da Lagoa dos Patos é governada pelo estresse do vento, os quais são responsáveis pela geração de ondas. Os ventos predominantes na região de Arambaré são de NE/SW e a direção das ondas de E/NE, gerando correntes longitudinais que transportam os sedimentos em direção ao sul.

As curvas granulométricas demonstram que as amostras são tipicamente polimodais. Essa característica é reflexo do regime energético e da herança geológica: como a Lagoa dos Patos é um ambiente de baixa energia, as ondas não possuem capacidade para a uniformização do pacote sedimentar.

Os resultados obtidos no presente trabalho reforçam a necessidade de mapeamento das características sedimentológicas das praias, não apenas oceânicas, mas também lagunares, visto a grande diversidade e variabilidade que esses ambientes apresentam. Gradações longilitorais dos sedimentos são informações que devem ser conhecidas e divulgadas devido ao seu impacto nas políticas de gestão e no manejo dos ambientes costeiros, como por exemplo, na definição de graus de sensibilidade ao óleo e suas consequentes ações de resposta.

No caso específico da Lagoa dos Patos, a presente pesquisa visa suprir, ainda, uma lacuna de referências sobre a caracterização sedimentar local e suas relações com as condicionantes hidrodinâmicas e atmosféricas atuantes na região.

Sugestões para trabalhos futuros incluem análises morfodinâmicas, como análise do perfil praiar, transporte longitudinal, monitoramento da vazão e quantidade de sedimentos em suspensão no arroio Velhaco e monitoramento sazonal do nível e energia de ondas.

Referências Bibliográficas

ABDULKARIM, R.; AKINTOYE, A.E.; OGUWUIKE, I.D.; IMHANSOELEVA, T.M.; PHILIPS, I.M.; RUTH,

- F.B.; OLUBUKOLA, S.O.; RASHEED, J.O.; BANJI, A.O. Sedimentological variation in beach sediments of the barrier bar lagoon coastal system, south-western Nigeria. **Aquatic**, v.1, p.13, 2011.
- BIRD, E.C.F. **Coastal geomorphology: an introduction**. Second ed. John Wiley & Sons, 2011. 436 p.
- CALLIARI, L.J. Cross-shore and longshore sediment size distribution on Southern Currituck Spit, North Carolina: implications for beach differentiation. **Journal of Coastal Research**, v. 10, n. 2, p.360-373. 1994.
- CARRARO, C.C., GAMERMANN, N., EICK, N.C., BORTOLUZZI, C.A., JOST, H. & PINTO, J.F. Mapa geológico do estado do Rio Grande do Sul. Escala 1:1.000.000. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, texto explicativo. 29 p. **Mapa**. Porto Alegre. 1974.
- CRONEMBERGER, M. F. **Curso de Análises Espaciais Avançadas em plataforma ArcGIS 9.x**. Instituto estadual do ambiente – Governo do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2009
- CRONAN, D. S. Skewness and kurtosis in polymodal sediments from the Irish Sea. **Journal of Sedimentary Research**, v. 42, n. 1, 1972.
- DIAS, J.A. **A análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Universidade do Algarve. E-Books, 2004. 84 p.
- ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL, SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, CONSELHO DE RECURSOS HÍDRICOS (CRH). Resolução nº 69, de 22 de março de 2010. Institui critérios para o aproveitamento hídrico, para a concessão de outorga do uso da água na Bacia do Arroio Velhaco e dá outras disposições. **Resolução nº 69/2010**.
- FALCÃO, T.O., MORAIS, J.O.; PINHEIRO, L.S. Caracterização sedimentológica das praias de Paracuru e Paraipaba adjacente à desembocadura do Estuário do Rio Curu (Ceará – Brasil). In: Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, 11, 2007, Belém. **Anais...** Belém, Abequa, 2007. 3 p.
- FOLK, R.L.; WARD, W.C. Brazor river bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v.27, n. 1, p.3-26. 1957.
- GAO, S.; COLLINS, M.B.; LANCKNEUS, J.; MOR, G.de; VAN LANCKER, V. Grain size trends associated with net sediment transport patterns: An example from the Belgian continental shelf. **Marine Geology**. V.121, p.171-185. 1994.
- GESSLER, J. Beginning and ceasing of sediment motion. **River Mechanics**. v.1, n.1,p.7-1. 1971
- GRAF, J.B. Comparison of measured and predicted nearshore sediment grain-size distribution patterns, southern Lake Michigan. **Marine Geology**. v.22, n.1, p. 253-270. 1976.
- GUILLÉN, J.; HOEKSTRA, P. The “equilibrium” distribution of grain size fractions and its implications for cross-shore sediment transport: a conceptual model. **Marine Geology**. v. 135, p. 15-33. 1996;
- GUILLEN, J.; JIMÉNEZ, J.A. Processes behind the longshore variation of the sediment grain size in the Ebro Delta Coast. **Journal of Coastal Research**, v.11, p.205-218. 1995.
- HAASE, J.; SCHÄFER, A. Avaliação ecológica do Arroio Velhaco, RS. **Acta Limnológica Brasiliensia**, v.4, p.95-109. 1992
- HAWKES, H.A. River zonation and classification. In: WHITTON, B.A. **River Ecology**. 2 ed. Britain: University of California Press, Blackwell Scientific Publications, 1975. Cap. 14. p. 312-374.
- JESUS, L. V.; ANDRADE, A.C.S.; SILVA, M.G.; RODRIGUES, T.K. Distribuição espacial das características granulométricas, morfológicas e composicionais dos sedimentos das praias de Aracaju–Sergipe. **Scientia Plena**, v. 10, n. 4 (A), 2014.
- KOMAR, P.D. **Beach processes and sedimentation**. Editora Prentice-Hall, Upper Saddle River, N.J. 429 p. 1998.
- LEMKE, N. **Morfodinâmica da embocadura do Arroio Carahá, Lagoa dos Patos, São Lourenço do Sul – RS**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Oceanografia Física, Química e Geológica, Instituto de Oceanografia, Universidade Federal do Rio Grande. Rio Grande. 2015. 346 p.
- LIU, J.T.; ZARILLO, G. Distribution of grain sizes across a transgressive shoreface. **Marine Geology**. v. 87, n.2. p.121-136. 1989.
- MARTINS, I.D.R.; VILLWOCK, J.A.; MARTINS, L.R.; BEMVENUTI, C.E.. The Lagoa dos Patos estuarine ecosystem (RS, Brazil). **Pesquisas em Geociências**, v. 22, n. 22, p. 5-44, 1989.
- MCLAREN, P. 1981
- MCLAREN, P.; BOWLES, D. The effects of sediment transport on grain-size distributions. **Journal of Sedimentary Petrology**. v. 55, n.4, p.457-470. 1985.
- MCMANUS, J. Grain size determination and interpretation. **Techniques, in sedimentology**., p. 63-85, 1988.
- MILLER, R.L.; ZEIGLER, J.M. A study of sediment distribution in the zone of shoaling waves over complicated bottom

- topography. In: MILLER, R.L. **Papers in Marine Geology: Shepard Commemorative Volume**. V.146. Ed. Macmillan, New York. 1964. P. 133-153.
- MÖLLER Jr, O.O., LORENZZETTI, J.A., STECH, J.L.; MATA, M.M. The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics. **Continental Shelf Research**, v.16, n.3, p.335-351. 1996.
- MÖLLER Jr, O.O., CASTAING, P., SALOMON, J.-C.; LAZURE, P. The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. **Estuaries**. v.24, n.2, p.297-311. 2001.
- MURRAY, S.P. Control of grain dispersion by particle size and wave state. **Journal of Geology**. v.75, p.612-634. 1967.
- NICHOLAS, J.R.J. **Grain size analysis of the sediments of Spurn Head, East Yorkshire, England**. Dissertation (Doctorate) – Department of Geography, College of Arts and Sciences, University of Cincinnati. Ohio. 2003, 123 p.
- OLIVEIRA, E.B.; NICOLODI, J.L. Oil permeability variations on lagoon sand beaches in the Patos-Guaíba system in Rio Grande do Sul, Brazil. **Marine pollution bulletin**, v. 115, n. 1-2, p. 154-163, 2017.
- PEREIRA, D., ARRUDA, J.O., MENEGAT, R., PORTO, M.L., SCHWARZBOLD, A.; HARTZ, S.M. Guildas tróficas, composição e distribuição de espécies de moluscos límnicos no gradiente fluvial de um riacho subtropical brasileiro. **Biotemas**, v.24, n.1, p.21-36. 2011.
- POPPE, L.J.; ELIASON, A.H.; FREDERICKS, J.J.; RENDIGS, R.R.; BLACKWOOD, D.; POLLONI, C.F. Grain size analysis of marine sediments: methodology and data processing. **US Geological Survey East Coast sediment analysis: procedures, database, and georeferenced displays**. 2000.
- RENIERS, A.J.H.M.; GALLAGHER, E.L.; MACMAHAN, J.H.; BROWN, J.A.; ROOIJEN, A.A.; THIEDL DE VRIES, J.S.M.; PROOIJEN, B.C.. Observations and modeling of steep beach grain size variability. **Journal of Geophysical Research: Oceans**, v. 118, n. 2, p. 577-591, 2013.
- SOUSA, S.S.C.G.; CASTRO, J.W.A.; GUEDES, E. Variações granulométricas e minerais pesados das praias do norte do estado do Rio de Janeiro, SE, Brasil: condições de distribuição e deposição dos sedimentos. **Geociências**, v.36 (2), p. 365-380. 2017.
- TANEY, N.E. Littoral material of south shore of Long Island, New York. **U.S. Army Corps Eng. Beach Erosion Board**, Washington, DC., 57 pp. 1961.
- TOLDO JR., E.E. **Sedimentação, predição do padrão de ondas e dinâmica sedimentar da antepraia e zona de surfe do sistema lagunar da Lagoa dos Patos**. Tese (Doutorado) - Programa de Pós Graduação em Geociências, Instituto de Geociências, Universidade Federal do Rio Grande do Sul/UFRGS. Porto Alegre. 1994. 143p.
- TOLDO JR. E.E., ALMEIDA, L.E.S.B.; CORRÊA, I.C.S. Forecasting shoreline changes of Lagoa dos Patos Lagoon, Brazil. **Journal of Coastal Research**, v.35, p.43-50. 2003.
- TOLDO JR., E.E.; ALMEIDA, L.E.S.B.D.A.; CORRÊA, I.C.S.; FERREIRA, E.R.; GRUBER, N.L.S. Wave prediction along lagoa do patos coastline, Southern Brazil. **Atlântica**, v. 28(2), p. 87-95. 2006.
- TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. Quaternary geological evolution of Rio Grande do Sul coastal plain, southern Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 68, n.3, p. 373-382. 1996.
- TOMAZELLI, L.J.; VILLWOCK, J.A. O Cenozóico do Rio Grande do Sul: Geologia da planície costeira. In: HOLZ, M & DEROS, L.F. **Geologia do Rio Grande do Sul**. Edição CIGO/UFRGS, Porto Alegre, p. 375-406. 2000.
- TOMAZELLI, L.J.; DILLENBURG, S.R.; VILLWOCK, J.A. Late quaternary geological history of Rio Grande do Sul coastal plain, Southern Brazil. **Revista Brasileira de Geociências**. 30(3): p. 474 – 476. 2000.
- VENKATRAMANAN, S.; RAMKUMAR, T. ANITHAMARY, I.; RAMESH, G.. Variations in texture of beach sediments in the vicinity of the Tirumalairajanar river mouth of India. **International Journal of Sediment Research**, v. 26, n. 4, p. 460-470, 2011.
- VENKATESAN, S.; SINGARASUBRAMANIAN, S. R. Depositional Environmental studies of sediments near Arasalar river mouth, Karaikal region Pondicherry Union Territory, East coast of India. **International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)**. e-ISSN, p. 2395-0056, 2015.
- VENKATESAN, S.; SINGARASUBRAMANIAN, S. R. Textural analysis of surface sediments in Arasalar River, Tamil Nadu and Pondicherry Union Territory, India. **IJAR**, v. 2, n. 12, p. 164-171, 2016.
- VENKATESAN, S.; SINGARASUBRAMANIAN, S. R.; SUGANRAJ, K. Depositional mechanism of sediments through size analysis from the core of Arasalar river near Karaikkal, east coast of India. **Indian Journal of Geo Marine Sciences**. V. 46(10), p. 2122-2131. 2017.
- VILLWOCK, J.A. Geology of the coastal province of Rio

Grande do Sul, Southern Brazil. A synthesis. **Pesquisas**, v.16, p.5-49. 1984.

VILLWOCK, J.A., TOMAZELLI, L.J., LOSS, E.L., DEHNHARDT, E.A., HORN, N.O., BACHI, F.I.A.; DEHNHARDT, B.A. Geology of the Rio Grande do Sul Coastal Province. In: RABASSA, J. **Quaternary of South America and Antarctic Peninsula**. Ed. A.A. Balkema, Rotterdam, p.79-97. 1986.

VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J. Geologia Costeira do Rio Grande do Sul. **Notas Técnicas**, v.8, p.1-45. 1995.

VISHER, G.S. Grain-size distribution and deposition processes. **Journal Sedimentology and Petrology**, v. 39, p.1074-1106. 1969.

WATSON, E.B.; PASTERNAK, G.B.; GRAY, A.B.; GOÑI, M.; WOOLFOLK, A.M. Particle size characterization of historic sediment deposition from a closed estuarine lagoon, Central California. **Estuarine, Coastal and Shelf Science**. V. 126, p. 23-33. 2013.

WENTWORTH, C.K. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v.30, p.377-392. 1922.