

CARACTERIZAÇÃO SEDIMENTAR E APLICAÇÃO DO DIAGRAMA DE PEJRUP PARA INTERPRETAÇÃO DA DINÂMICA EM UMA ENSEADA ESTUARINA NA LAGOA DOS PATOS/BRASIL

SEDIMENTARY CHARACTERIZATION AND APPLICATION OF PEJRUP DIAGRAM TO INTERPRET THE DINAMICS IN A SMALL COVE OF THE LAGOA DOS PATOS/BRAZIL

Allan de Oliveira de Oliveira
Universidade Federal de Pelotas
deoliveira.a.o@gmail.com

RESUMO

A partir da análise dos parâmetros estatísticos dos sedimentos de fundo de uma enseada estuarina e da aplicação do diagrama de Pejrup, foi possível caracterizar os processos dinâmicos e sedimentares que ocorrem em uma pequena enseada da Lagoa dos Patos. Os sedimentos que recobrem o fundo da área estudada são formados por areias finas a muito finas, com presença de material lamoso, preferencialmente silte, em direção à região central e margens da enseada. A hidrodinâmica da área é dominada pela circulação estuarina e correntes fluviais, bem como pela ação dos ventos que influenciam estas correntes. Esses fatores são responsáveis pelo transporte, redistribuição e deposição dos sedimentos na área de estudo.

Palavras-chave: caracterização sedimentar; hidrodinâmica; enseada estuarina.

ABSTRACT

From statistical parameters of the bottom morphology and of the application of the diagram of Pejrup it was possible to characterize the dynamic and sedimentary processes that occur in a small cove of the Lagoa dos Patos. The sediments that recover the bottom of the studied area are formed by fine to very fine sands, with the presence of muddy (silt) in the central region and marginal area. The hydrodynamic of the area is dominated by the estuarine circulation and fluvial currents as well, partly due the action of winds which influence these currents. These factors are responsible for the transport, redistribution and deposition of the sediments in the study area.

Keywords: sedimentary characterization; hydrodynamics; estuarine cove.

1 - Introdução

As regiões de desembocadura dos rios no mar constituem áreas transicionais, comumente conhecidas como estuários. Nestas áreas são encontradas as maiores produtividades biológicas além de local com alta densidade populacional e industrial, normalmente abrigando áreas portuárias. Em um sentido geral e amplo, se pode dizer que os estuários são caracterizados como filtros para uma fração significativa de materiais particulados e dissolvidos, os quais são trazidos pelos rios em direção aos oceanos (SHUBEL e KENNEDY, 1984). Entretanto, cada estuário apresenta particularidades que se encontram associadas diretamente à morfologia de fundo, ao regime de maré e a descarga fluvial, além de outros fatores que poderão ser mais ou menos importantes para cada tipo de estuário, tais como ondas e ventos (SCHETTINI, 2001).

Os primeiros estudos na Lagoa dos Patos quanto às características texturais dos sedimentos de fundo, mais especificamente na porção sul, foram realizados por Martins (1971) e Calliari (1980), demonstrando a existência de diferentes fácies sedimentares. Trabalhos mais atuais tentaram identificar com maior nível de detalhamento as características na desembocadura da laguna (ANTIQUEIRA e CALLIARI, 2005) e nas enseadas lagunares (SOUZA, 2002). Em todos estes estudos os sedimentos estuarinos foram classificados e distinguidos a partir dos parâmetros estatísticos, os quais são derivados das análises de tamanho de grãos (CORRÊA, 2005).

A configuração morfológica do estuário da Lagoa dos Patos e as condicionantes meteorológicas imprimem um comportamento hidrodinâmico extremamente variável para esta área (LONG, 1989). Segundo Hartmann (1996) 70% do estuário apresenta profundidade inferior a 1m, formando principalmente enseadas, definidas por Godolphim (1976) e Alvarez *et. al.* (1981) como corpos d'água delimitados por esporões recurvados geralmente arenosos, conhecidos como "sacos". De acordo com Souza, De Oliveira e Hartmann (2008) estas áreas sofrem constantes intervenções antrópicas, afetando os processos de circulação hidrodinâmica, além de causar alterações na morfologia marginal.

Este trabalho tem por objetivo apresentar a caracterização e distribuição dos sedimentos superficiais e inferir sobre a dinâmica responsável pelo controle de distribuição dos mesmos em uma enseada estuarina na Lagoa dos Patos conhecida como Saco do Justino e Enseada do Martins (Figura 1). Investigar as características sedimentológicas e condições morfológicas em áreas rasas de ambientes estuarinos é necessário, uma vez que

a dinâmica nestas áreas é mais restrita, devido suas baixas profundidades e por passarem mais facilmente por intervenções antrópicas. Sendo assim, este estudo pode fornecer subsídios para estudos de monitoramento ambiental.

2 – Área de Estudo

O estuário da Lagoa dos Patos, que pode variar desde o tipo cunha salina até bem misturado (MÖLLER e CASTAING, 1999, FERNANDES et al., 2003), ocupa aproximadamente 10% da superfície total da laguna. Sua morfologia apresenta amplas regiões de bancos, canais naturais e artificiais e sacos marginais rasos. A área de estudo compreende uma região protegida deste estuário, uma enseada estuarina, ou saco marginal raso, as margens do município de Rio Grande, na planície costeira do Rio Grande do Sul. Sua localização geográfica está entre as latitudes de 32°3'28"S e 32°5'3"S e longitude 52°11'59"W e 52°14'24"W (Figura 1).

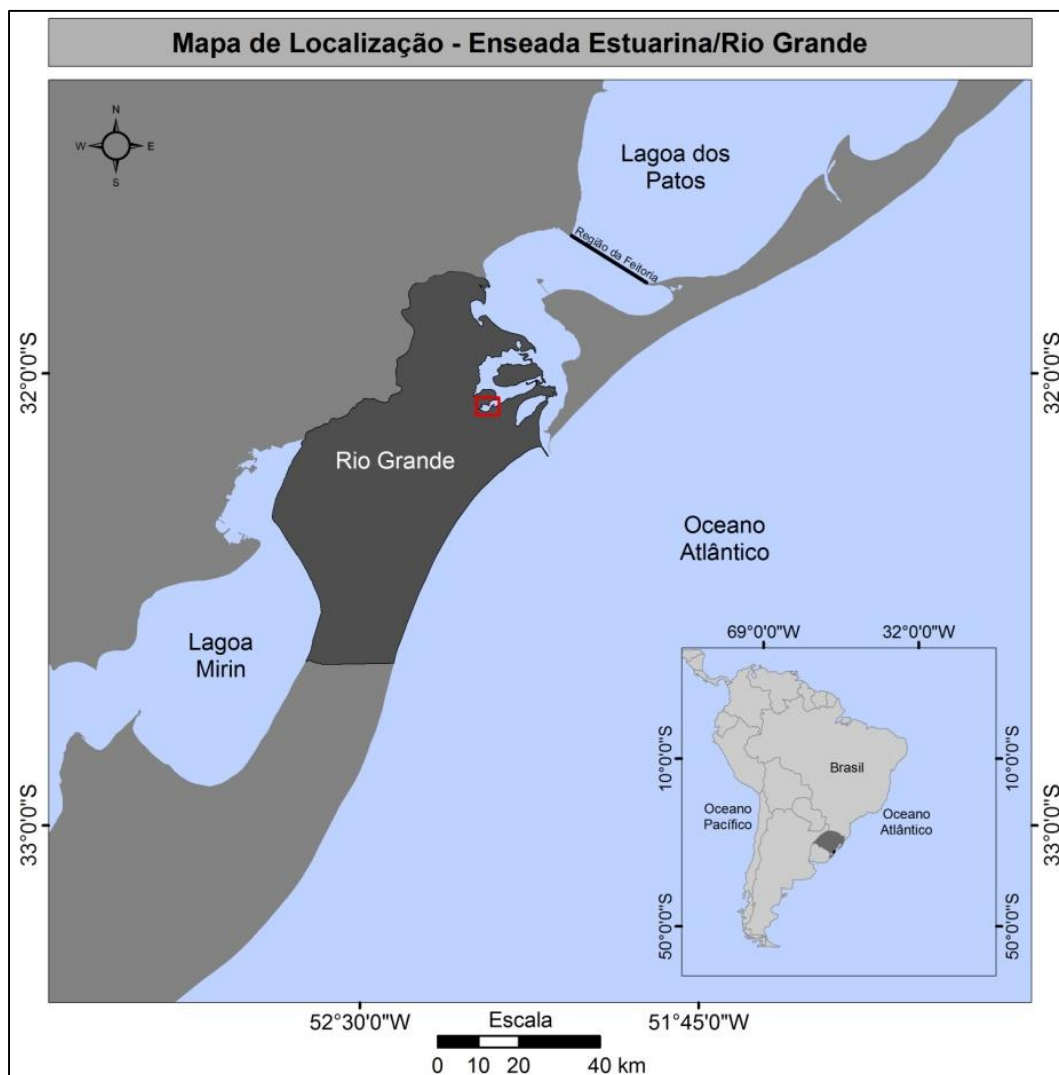
Os efeitos causados pela combinação da ação do vento local sobre superfície da água (mecanismo de elevação/rebaixamento), pela ação do vento não-local agindo na região costeira (transporte de Ekman agindo a 90° para a esquerda da direção do vento), e pela descarga dos rios na região norte da laguna controlam a hidrodinâmica do estuário (MÖLLER et al. 1996). Períodos de vento NE e SO local e não local causam efeito barotrópico que repercute na saída ou entrada de água no sistema lagunar, respectivamente.

No primeiro caso, com vento NE, a ação do vento local causa aumento da elevação na região da Feitoria, ao passo que em seu efeito não-local provoca um rebaixamento do nível do mar próximo à linha de costa devido ao transporte de Ekman, empurrando a água em direção ao oceano aberto. Já no segundo caso, com vento SO, o sistema lagunar passa por um rebaixamento do seu nível na região da Feitoria, ao mesmo tempo em que está ocorrendo acúmulo de água junto à costa, forçando a entrada de água salgada para o interior da laguna (MÖLLER et al., 1996, MÖLLER et al., 2001).

Sobre a descarga dos rios na Lagoa dos Patos, cerca de 70% de toda a drenagem do Rio Grande do Sul têm seu destino no complexo estuarino da Lagoa dos Patos, podendo ser destacados os rios Jacuí, Guaíba e Camaquã. Entretanto, existem poucos rios que deságuam no setor sul da Lagoa dos Patos, apenas pequenos arroios que deságuam em enseadas rasas, como é o caso do Arroio Martins, Arroio Cabeças e Arroio Aviário localizados na área de estudo.

O contato entre o lençol freático e os arroios que deságuam na porção sul da Lagoa dos Patos pode ocorrer ao longo do curso, mantendo um regime de águas subterrâneas através de sumidouros. Como a compactação do solo é fraca no município de Rio Grande, há um movimento rápido da água pelos diversos níveis do solo. Já em subsuperfície, tanto o grau de infiltração como as oscilações ascendentes do nível freático estabelecem uma interação muito grande e rápida com os eventos hídricos de superfície. Além disso, devido à fraca declividade em Rio Grande, o escoamento é lento e a infiltração ocorre mais facilmente. Sendo assim, a característica da drenagem das bacias dos arroios riograndinos é fraca, com rápida concentração do escoamento superficial e altos picos de inundação durante o inverno (VIEIRA e RANGEL, 1983).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.



Fonte: Elaboração do autor.

O clima da região é classificado como subtropical úmido, característico das latitudes médias regido por massas de ar tropicais e polares (STRAHLER, 1977). É um clima do

tipo Cfa – Temperado Chuvoso, mesotérmico úmido, com verões quentes, na classificação de Köppen (1948). A Região Sul do Brasil está localizada na fronteira entre as latitudes subtropicais e as latitudes médias à borda Oeste do Oceano Atlântico, o que confere um papel importante no condicionamento climático dessa Região. O Trópico de Capricórnio corta sua extremidade setentrional, enquanto que os paralelos 30° a 34° S tangenciam a parte meridional, o que lhe coloca em quase toda a sua totalidade no interior da zona temperada.

Esta Região é afetada por vários sistemas sinóticos e subsinóticos assim como por alguns fatores associados à circulação de grande escala e às circulações locais da América do Sul (CLIMANÁLISE, 1986), entre eles: 1) Sistemas frontais que se deslocam do Pacífico, passando pela Argentina e seguem para o nordeste; 2) Sistemas que se desenvolvem no Sul e Sudeste do Brasil associados a vórtices ciclônicos ou cavados em altos níveis que chegam pela costa Oeste da América do Sul vindos do Pacífico; 3) Sistemas que se organizam no Sul e Sudeste do Brasil com intensa convecção associada à instabilidade causada pelo jato sub-tropical; 4) Sistemas que se organizam no Sul do Brasil resultantes de frontogênese ou ciclogênese, e 5) Na escala sub-sinótica, há sistemas com a forma de vírgula invertida no Sul do País e aglomerados convectivos que se desenvolvem nas primeiras horas do dia na região do Paraguai os quais se deslocam para o Sul do Brasil no decorrer do período.

A região marginal da área de estudo, de acordo com Tagliani (2002) e Rodrigues e De Oliveira (2008), está classificada como marisma (*salt marshes*), sendo áreas de proteção, moradia, alimentação e berçário para uma infinidade de organismos, tais como: aves, moluscos e crustáceos, entre outros (COSTA et. al., 1997). As marismas ocupam as margens de toda a enseada, com vegetação característica herbácea, ereta, perene, tolerante as variações de salinidade, sendo submetida à dessecação e inundação constantes e irregulares. Esse tipo de vegetação inibe a ação de erosão na área, servindo também de viveiro para diversos organismos e constituindo importante fonte de detritos para as teias tróficas estuarinas (CORDAZZO e SEELIGER, 1988). Na desembocadura dos arroios que deságuam na enseada existem pequenas formações microdeltáicas (DE OLIVEIRA e HARTMANN, 2001, DE OLIVEIRA, 2001), que também configuram a geomorfologia marginal da área.

3 – Materiais e Métodos

Foi criado um Sistema de Informações Geográficas (SIG) da área de estudo utilizando o programa ArcMAP 10.3, com bases cartográficas extraídas do IBGE (2010) e vetorização sobre imagens de alta resolução do programa Google Earth. Com isso, foi possível criar uma malha de amostragem composta por pontos predefinidos, a fim de recobrir da melhor forma possível toda área de estudo. A partir da definição das linhas de navegação e definidos os espaçamentos entre pontos de amostragem foi utilizada uma lancha equipada com motor de popa para navegação e utilizado um GPS de navegação modelo *Brunton* (GPS MNS – 5 a 10 m precisão) para identificar os locais predefinidos para coleta de sedimentos. Todas as amostras foram coletadas através de amostrador Van Veen, adaptado para embarcações de pequeno porte (capacidade de coletar até 1 kg de sedimento).

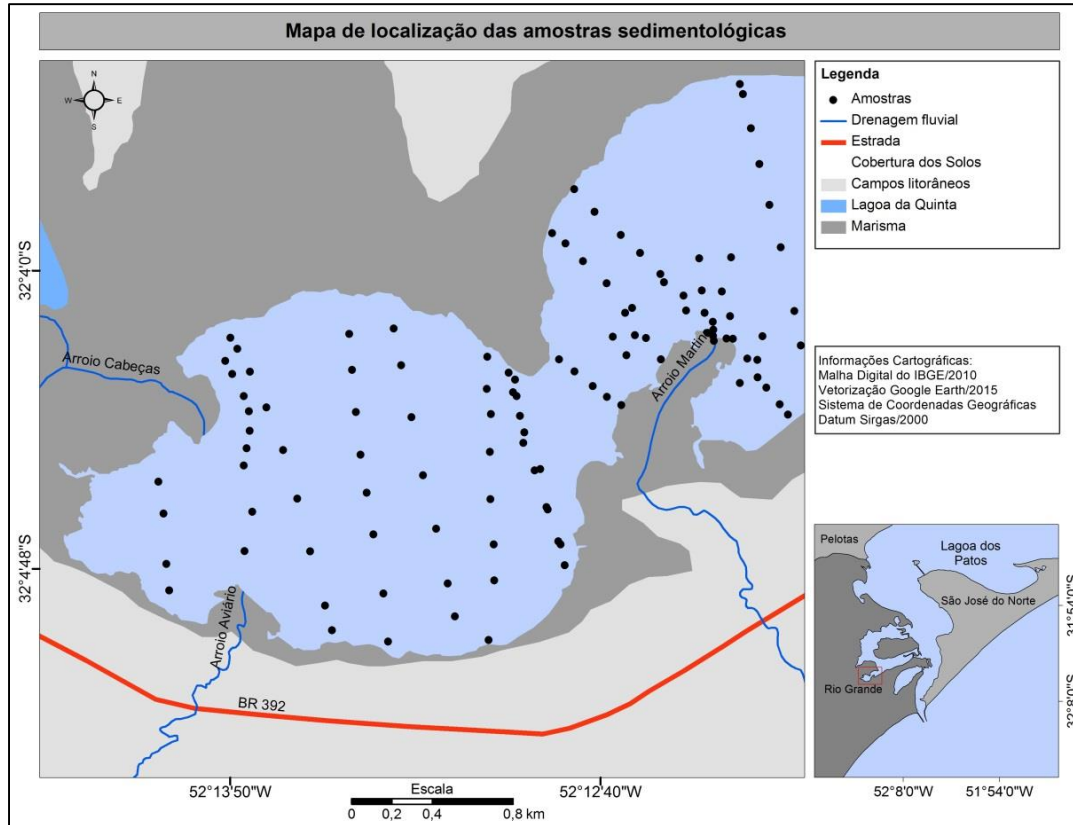
Ao todo foram utilizadas 114 amostras neste trabalho, todas coletadas em trabalho de campo realizado pelo autor e outros membros do Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade Federal do Rio Grande (LOG/IO/FURG). Após a coleta as amostras foram levadas para o Laboratório de Sedimentos, também no LOG/IO/FURG, a fim de realizar as análises granulométricas. A análise das amostras obedeceu ao método de peneiramento e pipetagem, com intervalos de classe Φ inteiro, nos parâmetros estatísticos, segundo o método proposto por Folk e Ward (1957) e na aplicação do diagrama proposto por Pejrup (1988), a fim de caracterizar a aplicabilidade deste na distribuição sedimentar e na identificação da energia do meio.

O mapa batimétrico utilizado neste trabalho foi gerado com base em dados coletados no projeto “Sedimentologia e Geoquímica do Saco do Justino” (FINEP/CIRN/FURG), sob responsabilidade do LOG/IO/FURG. O levantamento foi realizado pelo Navio Hidrográfico "Orion" da Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN). A sondagem batimétrica foi realizada utilizando um Ecobatímetro, sendo gerada uma carta batimétrica na escala de 1:5000.

Os dados batimétricos foram importados para o SIG e interpolados utilizando-se o método estatístico Inverso das Distâncias Ponderadas (IDW). O modelo baseia-se na dependência espacial, isto é, supõe que quanto mais próximo estiver um indivíduo do outro, maior será a correlação desse indivíduo com seus vizinhos. Dessa forma atribui maior peso para os indivíduos mais próximos do que para os mais distantes do ponto a ser interpolado. Ainda com relação à batimetria foram gerados perfis batimétricos, utilizando-se a ferramenta

3D Analyst/Interpolate Line, em cinco pontos predefinidos, sendo que cada perfil sempre começa na margem superior e termina na margem inferior (ex. a – a’).

Figura 2 - Mapa de localização das amostras sedimentológicas.

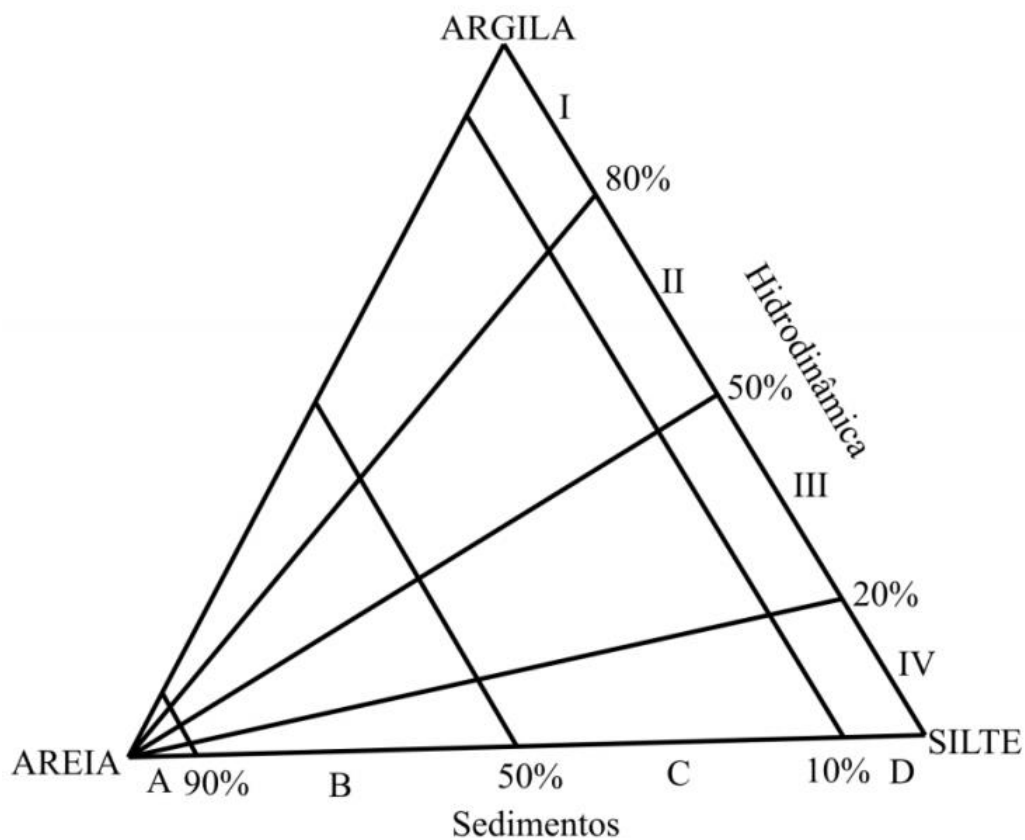


Fonte: Elaboração do autor.

Os mapas sedimentológicos foram gerados utilizando o método de Polígonos de Thiessen (Diagrama de Voronoi). Este método considera a área de influência de um ponto amostral em relação a um conjunto de pontos de modo direto, formando polígonos associados às suas áreas de influência sem emprego de interpolação. Uma vez criados os polígonos, são definidos como vizinhos qualquer polígono que compartilhe um dos lados com o polígono amostral escolhido. Pelos valores não representarem efetivamente uma superfície contínua, este é o método mais adequado para espacializar características sedimentológicas (BERNARDO, 2008). Também foi utilizada uma ferramenta que a *United States Geological Survey* (USGS), com instalação gratuita no ArcMAP, chamada *Sediment Tools*. Esta ferramenta foi projetada para analisar o percentual do material encontrado nos sedimentos de um determinado local e classifica-los segundo Folk (1954, 1974) ou Shepard (1954), sendo que neste trabalho optou-se por utilizar o de Shepard, considerado o “Pai da Geologia Marinha”.

Também foi utilizado o método de Pejrup (1988) que discute a classificação proposta por Shepard (1954) e considera que a mesma não é a mais adequada para classificar sedimentos estuarinos devido à grande quantidade de argila presente nas amostras destes ambientes. Com base nestes dados Pejrup (1988) propôs um novo diagrama triangular para a classificação de sedimentos estuarinos, segundo as condições hidrodinâmicas atuantes durante o processo de deposição dos sedimentos e que também foi aplicado neste trabalho. Pejrup (1988) utiliza o teor de argila presente nos sedimentos, colocando que teores de argila maior que 80%, na fração lama, são pouco frequentes e caracterizam ambientes de baixa energia. A presença de 20% de argila, na fração lama, é utilizada para representar ambientes de energia mais elevada e 50% de argila, na fração lama, é utilizada para dividir a seção média do diagrama em duas partes iguais (alta e moderada hidrodinâmica). Desta maneira o diagrama proposto fica dividido em quatro seções. A seção I caracteriza ambientes com condições hidrodinâmicas muito baixas, enquanto que as seções II, III e IV, caracterizam ambientes com aumento gradativo da energia (Figura 3).

Figura 3 - Diagrama de Pejrup.



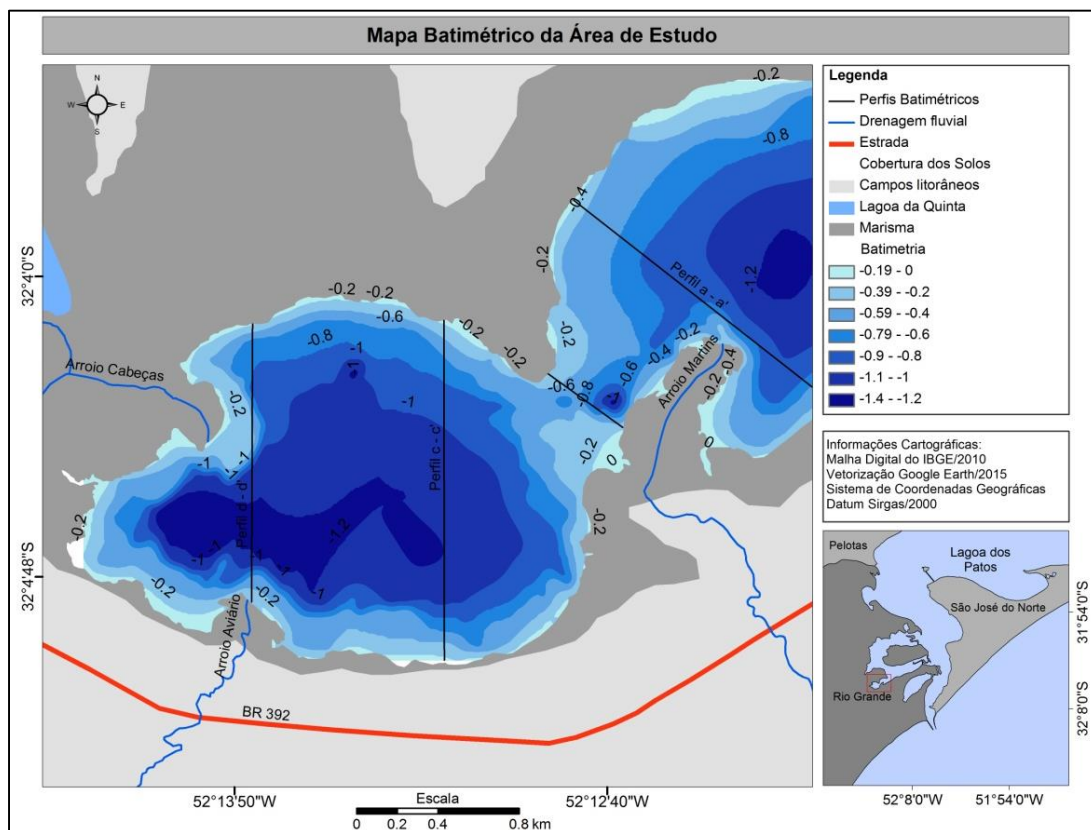
Fonte: Modificado de Pejrup (1988).

4 – Resultados e Discussões

4.1 – Morfologia de fundo e característica dos sedimentos

A partir do mapa batimétrico e perfis batimétricos apresentados nas figuras 4, 5, 6, 7 e 8 foi possível identificar que a área de estudo não possui grandes estruturas morfológicas de fundo. A profundidade na região varia de -0.2 a -1.4 m (nas áreas próximas as margens e no interior da enseada, respectivamente), como pode ser observado na figura 4. Os quatro perfis traçados a partir do mapa batimétrico (a - a', b - b', c - c', d - d') destacam a morfologia da área de estudo.

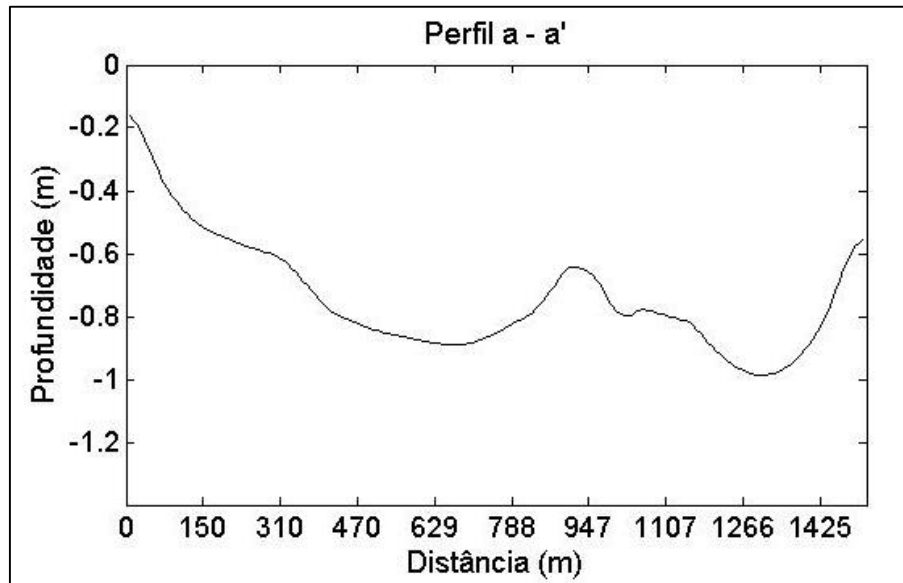
Figura 4 - Mapa batimétrico com a localização dos perfis batimétricos.



Fonte: Elaboração do autor.

O perfil a - a' (Figura 5), apresenta declividade suave até a distância de aproximadamente 900m, quando o Arroio Martins começa a influenciar a morfologia de fundo devido à formação de um depósito arenoso de característica micro deltaica. Os sedimentos de fundo que recobrem a área deste perfil são formados por areia muito fina e silte grosso, este último apenas a leste da desembocadura do Arroio Martins (profundidade de -1.0 m). O material coletado mostrou ser pobremente selecionado e com assimetria que varia de muito positiva a negativa, esta última também localizada principalmente a leste da desembocadura do Arroio Martins.

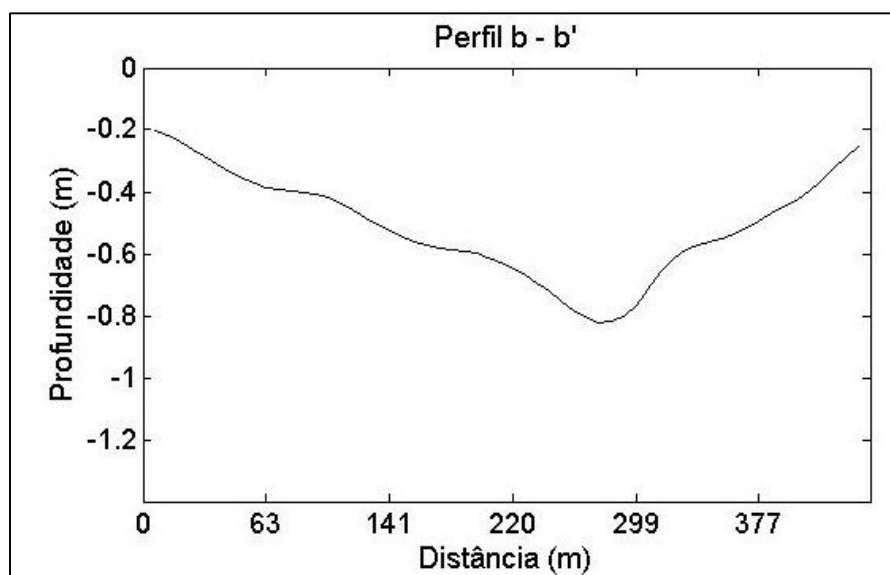
Figura 5 - Perfil batimétrico a –a’.



Fonte: Elaboração do autor.

O perfil b – b’, também no sentido margem norte-sul (Figura 6), apresenta declividade suave, apresentando a partir dos 250m um decréscimo mais acentuado na profundidade, devido ao canal de navegação que se estende dos 270 m até 320 m, aproximadamente. Os sedimentos de fundo encontrados ao longo de toda seção são formados por areia muito fina. O material foi classificado como pobremente selecionado e assimetria positiva, sendo que acima do perfil também são encontrados sedimentos com assimetria positiva e aproximadamente simétricos, e abaixo aproximadamente simétricos. Nesta seção, diferente da anterior, não há influência direta de nenhuma descarga fluvial.

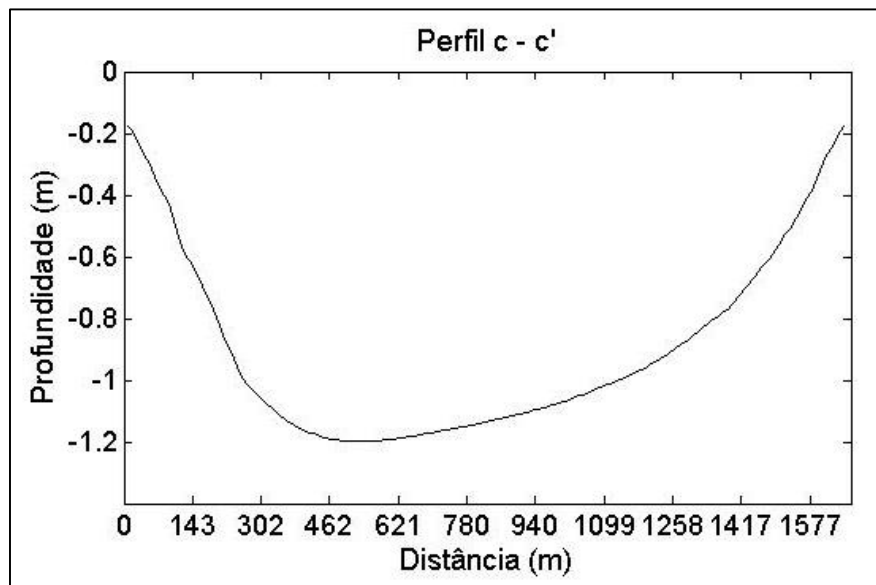
Figura 6 - Perfil batimétrico b –b’.



Fonte: Elaboração do autor.

O perfil c – c', no mesmo sentido dos anteriores (Figura 7), é o que apresenta a menor variação de feições de fundo, apresentando a maior profundidade (-0.9 m) na distância de aproximadamente 900 m. Os sedimentos de fundo encontrados ao longo da seção, de acordo com a classificação de Shepard, são de areia muito fina e silte grosso. O material foi classificado de moderadamente selecionado a muito pobremente selecionado e assimetria muito positiva a aproximadamente simétrica. Nesta seção, assim como na anterior, não há influência direta de descarga fluvial.

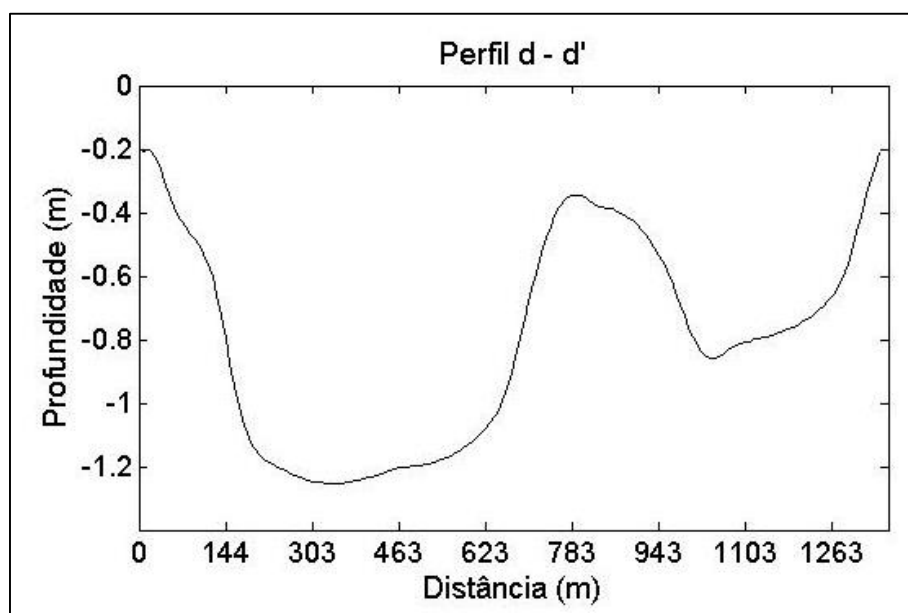
Figura 7 - Perfil batimétrico c – c'.



Fonte: Elaboração do autor.

O perfil d – d', também no sentido margem norte-sul (Figura 8), é o que apresenta maior variação morfológica. A descrição morfológica do perfil sugere a presença de dois canais, um com -0.8 m e outro com -1.0 m de profundidade. Entretanto, o depósito sedimentar encontrado a 400 m de distância da margem oeste é uma formação micro deltaica gerada pelo Arroio Cabeças, formação esta similar à encontrada na desembocadura do Arroio Martins, como discutido anteriormente. Os sedimentos de fundo encontrados ao longo de toda seção são formados por areia muito fina e silte grosso.

Figura 8 - Perfil batimétrico d - d'.



Fonte: Elaboração do autor.

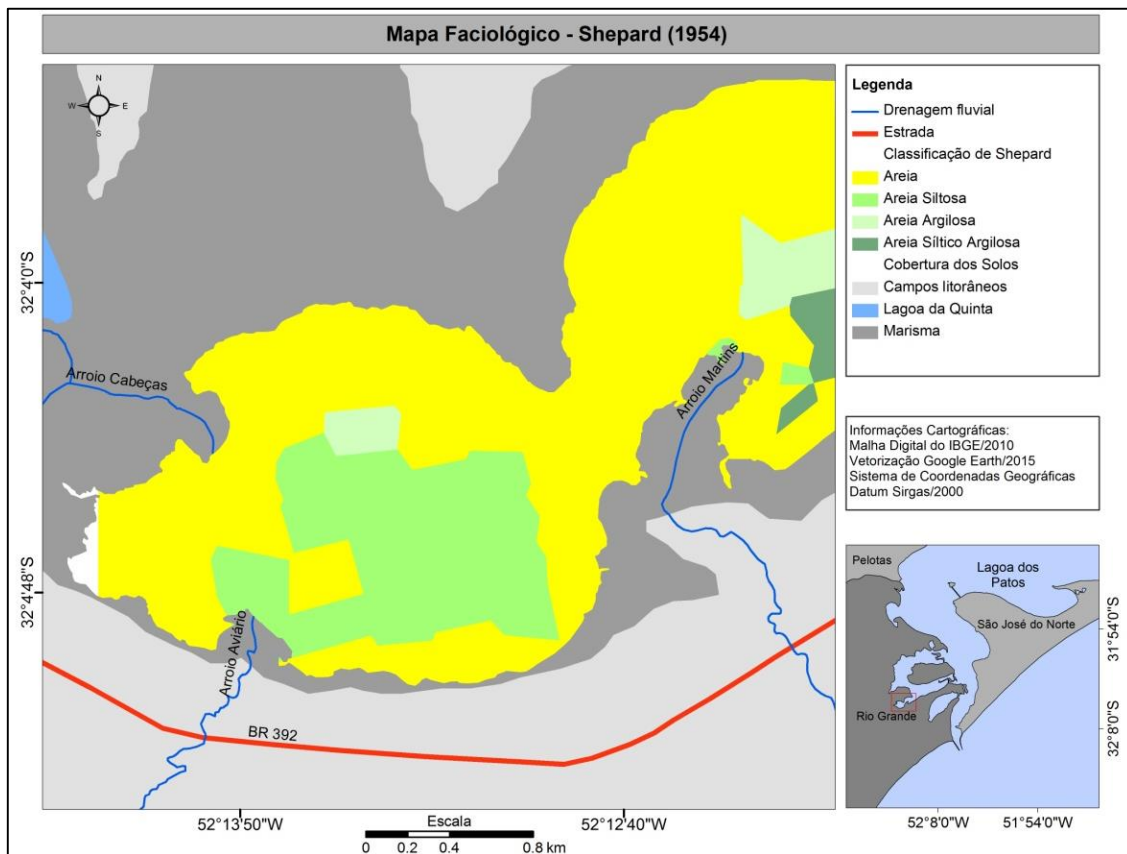
Quanto ao grau de seleção os sedimentos foram classificados como moderadamente selecionados a muito pobremente selecionados, com assimetria de muito positiva a negativa. Na área de influência do Arroio Cabeças os sedimentos são aproximadamente simétricos e moderadamente selecionados, já na área em que há influência do Arroio Viário os sedimentos são muito pobremente a pobremente selecionados além de assimetria muito positiva.

4.2 – Classificações Faciológicas

4.2.1 – Classificação de Shepard

A figura 9 mostra o mapa com as fácies sedimentares encontradas na área de estudo. Pode-se observar a coexistência de quatro fácies (Areia, Areia Siltosa, Areia Argilosa e Areia Siltico-Argilosa), sendo que ocorre a predominância da fácies areia. De acordo com os cálculos de porcentagem das amostras, as concentrações de areia variaram de 21% a 100%.

Figura 9 - Mapa faciológico baseado em Shepard (1954).



Fonte: Elaboração do autor.

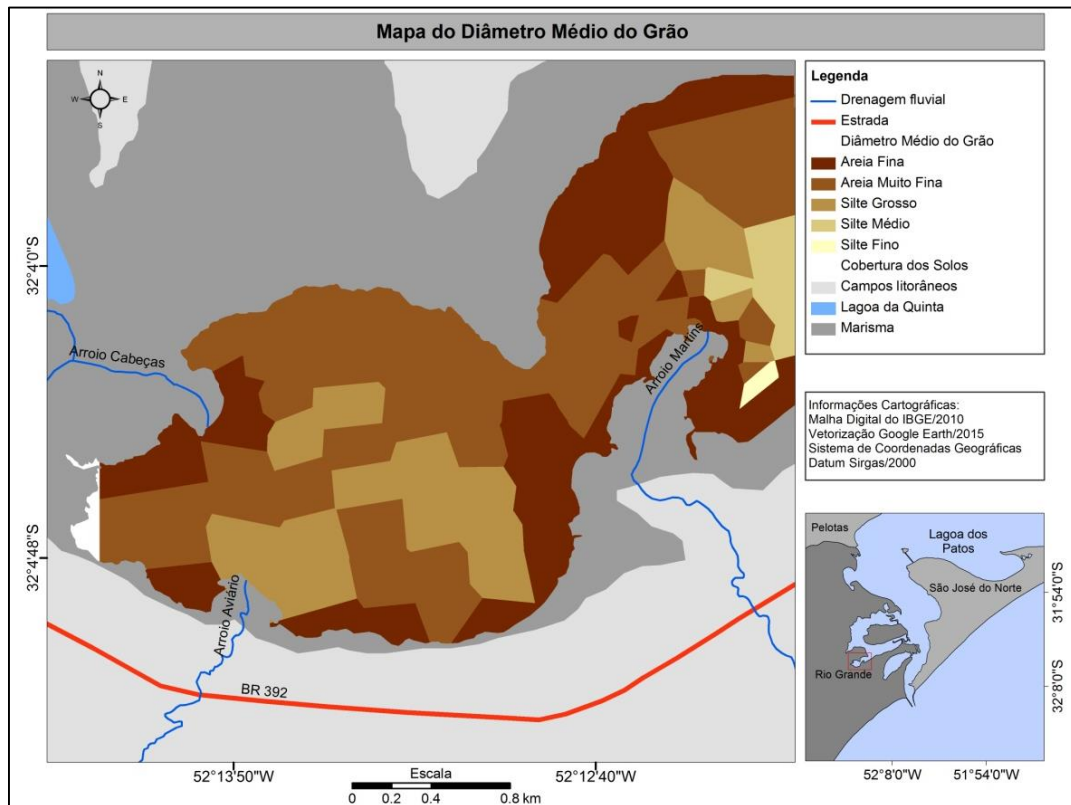
Os maiores valores foram registrados na margem norte do Saco do Justino e a região que liga a Enseada do Martins e o Saco do Justino. Já os menores valores de areia são observados onde ocorrem as maiores concentrações de silte (até 49.9%) e argila (até 29.2%), localizadas preferencialmente no centro da enseada e desembocadura do Arroio Aviário.

4.2.2 – Parâmetros Estatísticos

4.2.2.1 – Diâmetro Médio (M_z)

A distribuição dos valores do diâmetro médio (M_z) das amostras na enseada (Figura 10) indica uma nítida diferenciação entre as áreas marginais e central da enseada. O mapa indica o predomínio de areia fina a muito fina às margens da enseada, e em algumas situações silte grosso. Já as classes de silte médio e fino estão distribuídas em pequenas áreas localizadas na parte central da enseada.

Figura 10 - Mapa de diâmetro médio do grão baseado na classificação de Folk e Shepard (1957).



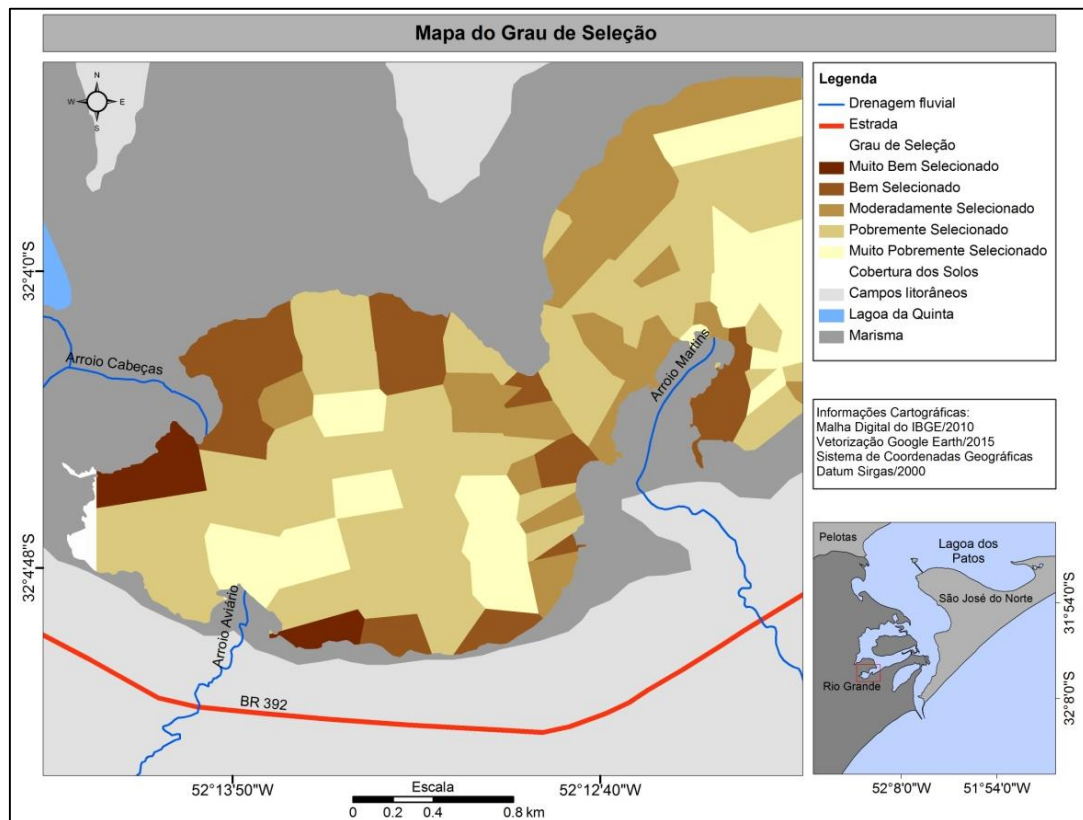
Fonte: Elaboração do autor.

A classe areia está distribuída nas áreas próximas as margens da enseada, preferencialmente nas áreas que não apresentam influência dos rios, locais onde a energia de ondas e as baixas profundidades não permitem a deposição de sedimentos mais finos. Na área mais central da área com maiores profundidades e com menor influência dos cursos d'água ocorrem sedimentos do tipo silte e argila.

4.2.2.2 – Desvio Padrão (σ_1)

A maioria das amostras da enseada, como pode ser observada na figura 11, são pobremente selecionadas. Do total de 114 amostras, 56.1% (64 amostras) foram classificadas de pobremente a muito pobremente selecionadas, sendo que destas 44 amostras são da classe areia (fina e muito fina) e a maioria pobremente selecionada. As áreas com este tipo de sedimento estão preferencialmente localizadas no centro da enseada e a SE do Arroio Martins.

Figura 11 - Mapa de seleção baseado na classificação de Folk e Shepard (1957).



Fonte: Elaboração do autor.

As amostras classificadas como muito pobremente selecionadas são na maioria da classe silte e estão localizadas no centro da enseada, na desembocadura do Arroio Aviário e do Arroio Martins. Já as áreas com sedimentos classificados como bem selecionados a muito bem selecionados, e que possuem apenas areia (fina e muito fina) estão localizadas na desembocadura do Arroio Cabeças e Arroio Martins e às margens da enseada.

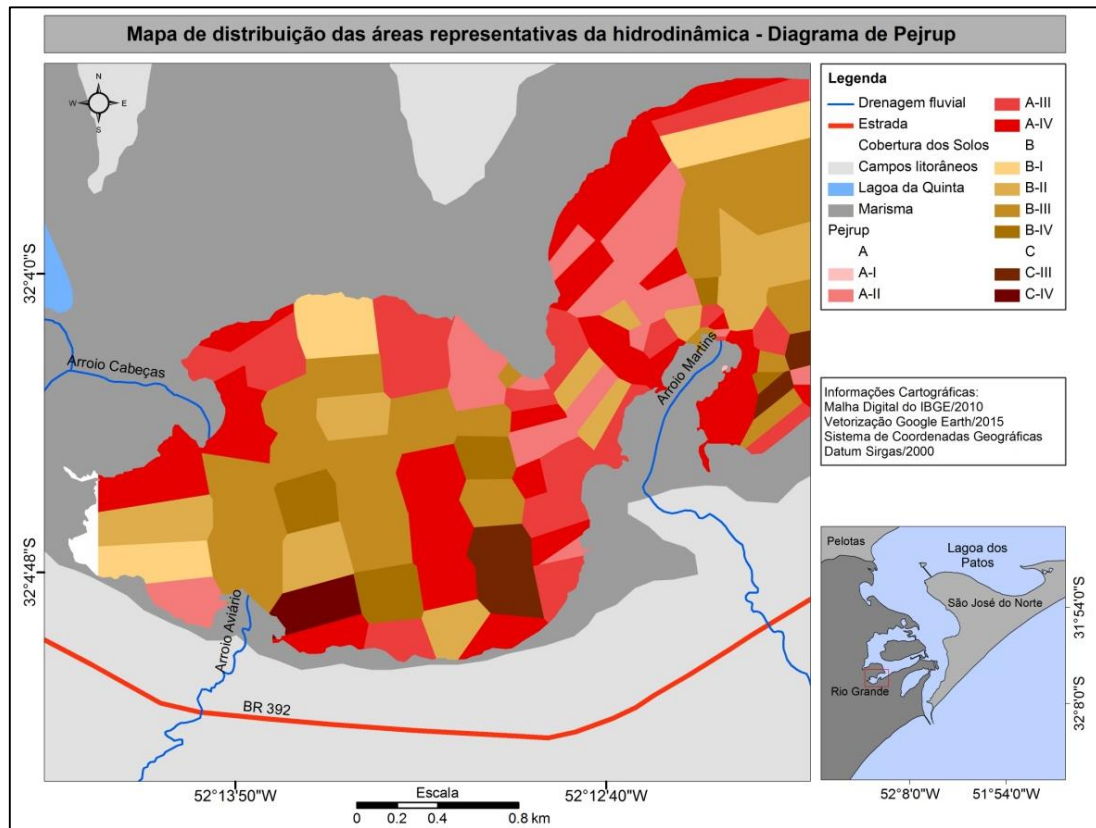
4.2.3 – Hidrodinâmica a partir do Diagrama de Pejrup

Após a análise granulométrica das amostras coletadas na área de estudo, estas foram plotadas no diagrama de Pejrup (1988) e criado um mapa com a distribuição espacial das mesmas (Figura 12). Com isso, foi delimitada uma grande área representativa da hidrodinâmica alta ocorrente na área de estudo. A maior parte das amostras foi classificada como pertencente aos grupos III e IV que constituem as amostras com maior concentração de areia.

Nas áreas que estão mais próximas as desembocaduras dos Arroios Cabeças e Martins as amostras foram classificadas como A-IV, que possuem entre 90 a 100% de areia e localizadas em área com hidrodinâmica forte. Nestas áreas é possível observar a formação de uma estrutura em menor escala do tipo delta, com sedimentos cor creme, bem

selecionados e que possuem mesmas características dos sedimentos encontrados nos cordões litorâneos. Nestas áreas estão localizadas as nascentes das descargas fluviais que desembocam na enseada.

Figura 12 - Mapa de distribuição das áreas representativas da hidrodinâmica segundo o Diagrama de Pejrup (1988).



Fonte: Elaboração do autor.

Também com hidrodinâmica forte, porém menor quando comparada as dos arroios Cabeças e Martins, está a área da desembocadura do Arroio Aviário. Nesta área as amostras foram classificadas como B-III, com amostras possuindo de 50 a 90% de areia e com maior fração silte na composição do material lamoso. Isto pode indicar menor influência desta descarga fluvial para a enseada.

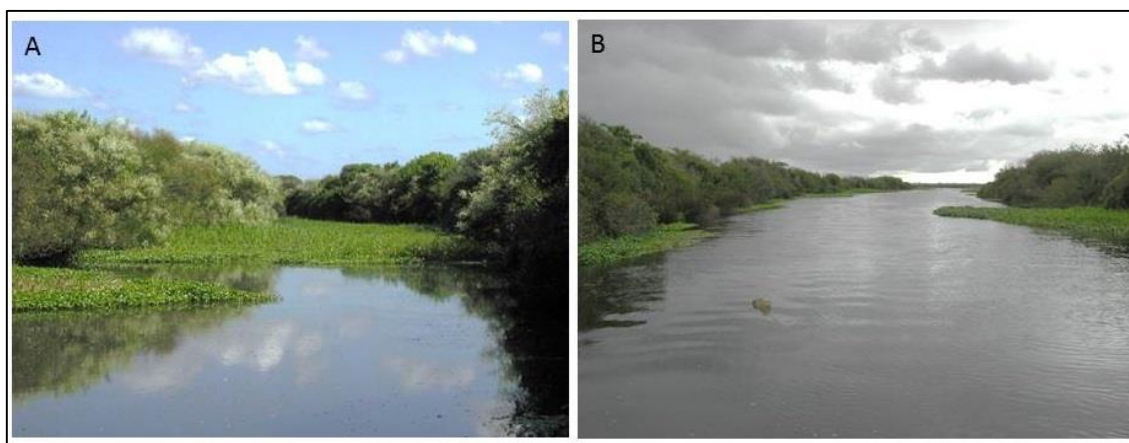
A localização das amostras que ficaram no grupo I e II, e por isso com hidrodinâmica baixa e moderada, respectivamente, ficou mais afastada das desembocaduras dos arroios, no centro do Saco do Justino, e na área de ligação entre este e a Enseada do Martins. É possível que este processo ocorra devido à diminuição de competência das correntes fluviais dos arroios, e também por ser uma região mais protegida da Lagoa dos Patos.

Nestas áreas de hidrodinâmica mais moderada a baixa, caso existam sedimentos lamosos em maior concentração, são propicias para a formação de um ambiente mais calmo,

favorecendo a deposição de sedimentos mais finos por decantação (Corrêa, 2005). Entretanto, estes sedimentos mais finos não são trazidos por suspensão pelas descargas fluviais que desembocam na enseada, mas sim pela circulação geral da laguna.

As saídas de campo para coleta das amostras mostraram que os arroios obedecem a uma sazonalidade, como pode ser observada nas figuras 13A e 13B que registraram as condições próximas à desembocadura do Arroio Martins. No verão (Figura 13A), com reduzida precipitação, ocorre a formação de *Eichhornia crassipes* (aguapés) que cobrem a lâmina d'água, inferindo sobre a baixa vazão no arroio. Já no inverno (Figura 13B) estes aguapés são remobilizados, devido ao aumento das taxas de precipitação e consequente vazão dos arroios.

Figura 13 - Desembocadura do Arroio Martins no verão (A) e inverno (B).



Fonte: Elaboração do autor.

A característica descrita para o Arroio Martins mostra que os arroios da área de estudo conseguem, quando as condições são favoráveis, influenciar na hidrodinâmica da enseada. Além de transportarem sedimentos oriundos dos cordões litorâneos eles também conseguem alterar o padrão de deposição dos sedimentos. Com isso, ocorrem formações microdeltáicas, com deposição de sedimento arenoso bem selecionado em suas desembocaduras (sem presença de lamas).

5 – Considerações Finais

Por ser uma área com baixa profundidade e ainda protegida é possível entender porque ocorre a predominância de uma textura arenosa na área de estudo. Entretanto, sedimentos com granulometria muito fina (silte e argila) também são encontradas, estando estes nas áreas de maior profundidade e que por isso não sofrem tanto impacto provocado por

ondulações de curto período, como ocorre nas áreas mais rasas próximas as margens da enseada.

Quanto à fonte destes sedimentos, principalmente os de granulometria mais fina, é importante destacar que não são de origem dos sistemas hídricos que desembocam diretamente na enseada. Como descrito na área de estudo os arroios que deságuam na enseada são formados por olhos d'água, banhados e cavas dos cordões litorâneos, ou *foredune ridges*, que armazenam água da chuva, principalmente no inverno, possibilitando suprir os arroios no resto do ano.

As cristas e cavas destas antigas linhas de praia possuem sedimentos do tipo areia (cor castanho claro, bem selecionado e arredondado) típicos de ambientes praias formados progressivamente na regressão do mar durante o Holoceno. Logo, o material de característica mais lamosa encontrado na área de estudo é de origem externa a da dinâmica da enseada, mostrando que há influência da circulação lagunar que consegue levar e depositar nesta área tão protegida sedimentos de granulometria mais fina.

Quanto à dinâmica também é possível mostrar a influência das descargas dos arroios na enseada. Em períodos de alta taxa pluviométrica os arroios Cabeças e Martins registram um volume razoável de vazão, como constatado em um dos perímetros urbanos localizado no município (Vila da Quinta), que já passou por vários episódios de inundação devido a cheias do Arroio Cabeças. Além disso, por ser uma região muito influenciada por ventos, tanto de NE quanto de S, ondulações de curto período tendem a otimizar os efeitos de circulação na enseada.

A utilização do Diagrama de Pejrup sugere que a área de estudo possui alta dinâmica e, por isso, a distribuição dos sedimentos possui as características texturais descritas nos resultados. O transporte por suspensão de sedimentos mais finos até a enseada, e sua posterior deposição por perda de competência das correntes geradas pela circulação estuarina, permitem constatar que mesmo sendo uma enseada rasa com pequenos cursos d'água existe uma hidrodinâmica capaz de criar zonas com maior e menor hidrodinâmica.

Quando se compara os mapas de distribuição de sedimentos baseado em Shepard (1954) e Pejrup (1988), somente este último levando em consideração as características hidrodinâmicas, é possível identificar uma certa semelhança entre ambos os mapas. De acordo com a classificação de Shepard próximo as áreas marginais os sedimentos foram classificados como areia (sem concentração de silte e argila). Nestas mesmas áreas a

classificação de Pejrup (1988) mostrou que há maior hidrodinâmica. No centro da enseada a classificação de Pejrup (1988) mostra uma área de menor hidrodinâmica, e de acordo com a classificação de Shepard (1954) as concentrações de silte e argila presentes nas amostras mostram que o ambiente realmente possui menor energia, pois permitiu a decantação de sedimentos com característica lamosa.

Mesmo que a classificação de Shepard (1954) seja considerada puramente descritiva, não existindo qualquer preocupação hidrodinâmica, ao comparar o mapa baseado na sua classificação com o mapa batimétrico foi possível identificar que nas áreas mais rasas ocorrem sedimentos com alta concentração de areia e baixa a inexistente de silte e lama, mostrando um ambiente com maior hidrodinâmica. Já nas áreas mais profundas, e sem influência dos cursos d'água, os sedimentos finos (silte e argila) conseguem ser depositados. Ou seja, tanto a classificação de Shepard (1954) como a de Pejrup (1988) permitiu inferir sobre a hidrodinâmica da área.

Agradecimentos

O autor agradece ao Laboratório de Oceanografia Geológica da Universidade Federal do Rio Grande (LOG/IO/FURG) por ter disponibilizado os dados batimétricos da área de estudo que foram gerados a partir do projeto “Sedimentologia e Geoquímica do Saco do Justino” (FINEP/CIRN/FURG), ao professor Carlos Hartmann (LOG/IO/FURG) e ao geógrafo Edilson Pedroso Junior por disponibilizar alguns dos materiais utilizados neste trabalho.

REFERÊNCIAS

ALVAREZ, J.A.; MARTINS, I.R.; MARTINS, L.R. 1981. **Estudo da Lagoa dos Patos**. Revista Pesquisas, Porto Alegre-RS, 14: 41-46.

ANTIQUERA, J.A.F.; CALLIARI, L.J. 2005. Características sedimentares da desembocadura da Laguna dos Patos. Porto Alegre, RS. GRAVEL (3): 39-46.

CALLIARI, L.J. 1980. Aspectos sedimentológicos e ambientais da região sul da Laguna dos Patos. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, UFRGS/CECO, 190p.

CLIMANÁLISE. 1986. Aspectos da Climatologia Dinâmica no Brasil. INMET/INPE, n° especial, 124 p.

CORDAZZO, C.V.; SEELIGER, U. 1988. Guia Ilustrado da Vegetação Costeira do Extremo Sul do Brasil. Editora da FURG. 275 p.

- CORRÊA, I.C.S. 2005. Aplicação do Diagrama de Pejrup na Interpretação da Sedimentação e da Dinâmica do Estuário da Baía de Marajó-PA. *Pesquisas em Geociências*, 32 (2): 109 – 118.
- COSTA, C.S.B; SEELIGER, U; OLIVEIRA, C.P.L.; MAZO, A.M.M. 1997. Distribuição, funções e valores das marismas e pradarias submersas no Estuário da Lagoa dos Patos (RS, Brasil). *Revista Atlântica*. Rio Grande, RS, V. 19: 67-85.
- DE OLIVEIRA, A.O. 2001. Enseada do Saco do Martins/laguna dos Patos: caracterização dos sedimentos superficiais e desenvolvimento de um microdelta estuarino. Monografia de conclusão de curso, Rio Grande, FURG/LOG, 73p.
- DE OLIVEIRA, A.O.; HARTMANN, C. 2001. Mapeamento da Geomorfologia Marginal e da Cobertura Vegetal na Desembocadura da Laguna dos Patos, com destaque para as Formações Micro-Deltaicas, RS, Brasil. *Anais X Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto*, Foz do Iguaçu, PR: 649-651.
- FERNANDES, E.H.L.; DYER, K.R.; MÖLLER, O.O. 2003. Morphological influence on the formation of spatial gradients in the southern Patos Lagoon. In: *Proceedings of the 3rd IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*. 01 – 05 Setembro, 2003, Barcelona, Espanha. P. 504-515.
- FOLK, R. L.; WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27: 3-27.
- GODOLPHIM, M.F. 1976. Geologia do Holoceno Costeiro do município de Rio Grande, RS. Programa de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de mestrado, 146p.
- HARTMANN, C. 1996. Dinâmica, distribuição e composição do material em suspensão na região sul da Laguna dos Patos, RS. Programa de Pós Graduação em Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Tese de doutorado, 362p.
- KÖPPEN, H. D. 1948. *Climatologia*. México, Fundo de Cultura e Economia, 380p.
- LONG, T. 1989. *Le Quaternaire Littoral du Rio Grande do Sul. Temoins des Quatre Derniers Episodes Eustatiques Majeurs*. Geologia e Evolution. These de Doctorat. Université de Bordeaux I. 183p.
- MARTINS, L.R. 1971. Sedimentologia do Canal do Rio Grande. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, UFRGS/CECO, 38p.
- MÖLLER, O.O.; LORENZETTI, J.A.; STECH, J.L.; MATA, M.M. 1996. The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics. *Continental Shelf Research*, 16, 35–351.
- MÖLLER, O.O.; CASTAING, P. 1999. Hydrological characteristics of the estuarine area of Patos Lagoon (301S, Brazil). In: Perillo, GME., MC Piccolo. (Eds.), *Estuaries of South America (their Geomorphology and Dynamics)—Environmental Science*. Springer, Berlin, pp. 83–100.

MÖLLER, O.O.; CASTAING, P.; SALOMON, J.C.; LAZURE, P. 2001. The influence of local and non-local forcing effects on the subtidal circulation of Patos Lagoon. *Estuaries* 24 (2), 297–311.

PEJRUP, M. 1988. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: Boer, P.L.; van Gelder, A. & Nio, S.D.(Ed). *Tide-influenced Sedimentary Environments and Facies*. D.Reidel, Dordrecht. p.289-300.

RODRIGUES JUNIOR, L.C., DE OLIVEIRA, A.O. 2008. O uso de Imagens de Satélite CBERS-2/CCD para caracterização do Meio-Físico Natural no município de Rio Grande, RS. In: V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física., 2008, Santa Maria. *Anais do V Seminário Latino-americano e I Seminário Ibero-americano de Geografia Física*.

SCHETTINI, C.A.F. 2001. Dinâmica de sedimentos finos no estuário do rio Itajaí-Açu, SC. Tese de Doutorado, Porto Alegre, UFRGS/CECO, 85p.

SHEPARD, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay rations. *Journal of Sedimentary Petrology*, 24:151-158.

SHUBEL, J.R.; KENNEDY, V.S. 1984. The estuary as a filter: an introduction. In: Kennedy, V.S (Ed.). *The stuary as a filter*. Academic Press, New York, p. 1-11.

SOUZA, S.R. 2002. Caracterização morfo-sedimentar do Saco do Arraial – Extremo sul da Laguna dos Patos/RS. Dissertação de Mestrado, Rio Grande, FURG/PPOFQG, 164p.

SOUZA, S.R.; DE OLIVEIRA, A.O.; HARTMANN, C. 2008. Utilização do testemunhador Russian Peat Borer no Saco do Martis e Arraial, Estuário da Laguna dos Patos: RS, Brasil. *Revista Gravel*, 6(1): 1-13.

STRAHLER, A. N. 1977. *Geografia Física*, 2ª ed. Barcelona, Omega. 767p.

TAGLIANI, C.R.A. 2002. A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado. Curso de Pós-graduação em Geociências, UFRGS. Tese de Doutorado. Porto Alegre, RS. 252p.

VIEIRA, E.F.; RANGEL, S. Rio Grande: geografia física, humana e econômica. Porto alegre: Sagra, 1983.