

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS**

**CARACTERIZAÇÃO MORFOSEDIMENTAR DA
PLATAFORMA CONTINENTAL INTERNA DA ENSEADA
DO PÂNTANO DO SUL, ILHA DE SANTA CATARINA, SC**

Jorge Antonio Guimarães de Souza

ORIENTADOR: Dr. Iran Carlos Stalliviere Corrêa (UFRGS)

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Norberto Olmiro Horn Filho

Prof. Dr. Jair Weschenfelder

Prof. Dr. Lauro Júlio Calliari

**Dissertação de mestrado apresentada
como requisito para obtenção do título
de Mestre em Geociências**

Porto Alegre

2007

Souza, Jorge Antonio Guimarães de

Caracterização morfossedimentar da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul, ilha de Santa Catarina (SC). / Jorge Antonio Guimarães de Souza. - Porto Alegre : UFRGS, 2007.

[100 f.]. il.

Dissertação (Mestrado). - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação em Geociências. Porto Alegre, RS - BR, 2007.

1. Geologia Marinha. 2. Plataforma continental interna. 3. Sedimentologia. 4. Side scan sonar. I. Título.

Catálogo na Publicação
Biblioteca Geociências - UFRGS
Veleida Ana Blank CRB 10/571

*“...Faze-me ouvir a tua benignidade
pela manhã, pois em ti confio SENHOR;
faze-me saber o caminho que devo seguir,
porque a ti levanto a minha alma...”*

Salmos 143,8

SUMÁRIO

DEDICATÓRIA	III
LISTA DE FIGURAS	V
LISTA DE TABELAS	IX
LISTA DE GRÁFICOS	X
AGRADECIMENTOS	XI
RESUMO	XIII
ABSTRACT	XIV
1 – INTRODUÇÃO -----	01
2 – CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO -----	06
2.1. Localização geográfica -----	06
2.2. Geologia e geomorfologia -----	08
2.3. Dinâmica costeira -----	12
3 – METODOLOGIA -----	13
3.1. Atividades iniciais de pesquisa e logística -----	13
3.2. Atividades de campo -----	14
3.3. Atividades de laboratório -----	16
3.3.1. – Análises dos Sedimentos -----	17
3.3.2. – Processamento dos Sonogramas -----	19
3.3.3. – Processamento dos dados Batimétricos -----	19
3.4. Atividades finais -----	20
4 – ASPECTOS MORFOLÓGICOS -----	22

5 – SEDIMENTOLOGIA	35
5.1. – Parâmetros Estatísticos	36
5.1.1. – Diâmetro Médio	40
5.1.2. – Desvio Padrão	41
5.1.3. – Assimetria (SK_1)	43
5.1.4. – Curtose (K_G)	45
5.2. – Distribuição das classes sedimentares de acordo com Wentworth (1922)	46
5.2.1. Distribuição da classe areia	46
5.2.2. Distribuição da classe silte	48
5.2.3. Distribuição da classe argila	49
5.3. – Distribuição de Carbonatos	50
5.4. – Distribuição dos Teores de Matéria Orgânica	52
5.5. – Distribuição dos Teores de Minerais Pesados	53
5.6. – Classificação Textural das Amostras	54
5.6.1. – Classificação Textural de Shepard (1954)	54
5.6.2. – Classificação Textural segundo Dias (1996)	56
5.7. – Arredondamento e Esfericidade	58
6 – IMAGEAMENTO COM SIDE SCAN SONAR	60
7 – CONCLUSÕES	73
8 – BIBLIOGRAFIA	79

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de localização da área de estudo -----	07
Figura 2. Mapa Geológico da enseada do Pântano do Sul. Extraído de Mapa Geológico da ilha de Santa Catarina (Caruso, 1993) -----	11
Figura 3. Localização dos pontos de coleta das amostras de fundo -----	13
Figura 4a. Embarcação utilizada para a coleta das amostras de fundo -----	14
Figura 4b. Draga <i>Van Veen</i> utilizada -----	14
Figura 5a. <i>Side Scan Sonar Towfish</i> 300khz -----	15
Figura 5b. Instalação do <i>Desktop</i> para aquisição dos sonogramas -----	15
Figura 5c. Esquema de obtenção das imagens utilizando o recurso Range Delay (RD) -----	16
Figura 6. Mapa de localização dos perfis de Comprimento Máximo (CM) e de Largura Máxima (LM) -----	23
Figura 7. Mapa batimétrico da enseada do Pântano do Sul -----	24
Figura 8. Mapas de localizações dos perfis batimétricos -----	25
Figura 9. Perfis batimétricos da enseada do Pântano do Sul: 9-I perfil A-A'; 9-II perfil B-B'; 9-III perfil C-C' e 9-IV perfil D-D' -----	26
Figura 10. Perfis batimétricos da enseada do Pântano do Sul: 10-I perfil E-E'; 10-II perfil F-F'; 10-III perfil G-G'; 10-IV perfil H-H'; 10-V perfil I-I' e 10-VI perfil J-J' -----	27
Figura 11. Mapa de Modelo Digital de Terreno em 3D do fundo da enseada do Pântano do Sul. Visada com orientação de SE/NO -----	29
Figura 12. Curva de variação do nível médio do mar dos últimos 17.500 anos BP, segundo Corrêa (1996 c) -----	31
Figura 13. Mapa de localização dos setores da enseada do Pântano do Sul -----	33
Figura 14. Histogramas de frequências unimodais com a predominância da classe areias (Wentworth, 1922) -----	36
Figura 15. Mapa de localização das amostras de fundo coletadas na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul -----	37
Figura 16. Histogramas com a ocorrência de sedimentos finos -----	38

Figura 17. Histograma com a ocorrência de sedimentos grossos -----	38
Figura 18. Mapa de distribuição do Diâmetro Médio (Mz) em phi (ϕ), da enseada do Pântano do Sul -----	41
Figura 19. Mapa de distribuição dos valores de Desvio Padrão -----	42
Figura 20. Mapa de distribuição dos valores de Assimetria (SK_1) -----	45
Figura 21. Mapa de distribuição das porcentagens da classe arenosa, segundo Wentworth (1922) -----	47
Figura 22. Mapa de distribuição das porcentagens da classe silte, segundo Wentworth (1922) -----	49
Figura 23. Mapa de distribuição das porcentagens da classe argila, segundo Wentworth (1922) -----	50
Figura 24. Mapa de distribuição dos teores de carbonatos -----	51
Figura 25. Mapa de distribuição dos teores de matéria orgânica -----	52
Figura 26. Mapa de distribuição dos teores de minerais pesados Na classe 3-4 phi -----	53
Figura 27. Triângulo textural de Shepard (1954) para a enseada do Pântano do Sul -----	54
Figura 28. Mapa Faciológico de acordo com a classificação textural de Shepard (1954) -----	56
Figura 29. Mapa Faciológico de acordo com a classificação textural de Lassouner modificado por Dias (1993) -----	57
Figura 30. Mapa de Arredondamento dos Grãos da Enseada do Pântano do Sul de acordo com Shepard (1967) -----	58
Figura 31. Mapa de Distribuição dos Valores de Esfericidade dos Grãos de acordo com Rittenhouse (1943) -----	59
Figura 32. Mapa de localização dos perfis de <i>side scan sonar</i> -----	61
Figura 33. Zona de baixo nível de reflectância associada a sedimentos da classe areia muito fina -----	62
Figura 34. Zona de médio nível de reflectância associada a sedimentos da classe areia fina -----	62

Figura 35. Zona de alto nível de reflectância associada a sedimentos da classe areia média -----	62
Figura 36. Zona de reflectância granular associada a sedimentos da classe cascalho -----	62
Figura 37. Sonograma demonstrando os limites faciológicos da classe areia fina e areia media -----	63
Figura 38. Sonograma demonstrando os limites faciológicos irregulares entre as classes areia fina e areia media -----	64
Figura 39. Sonograma demonstrando a distribuição em faixas de sedimentos mais grossos -----	65
Figura 40. Sonograma demonstrando a distribuição em faixas estreitas de sedimentos mais grossos -----	66
Figura 41. Sonograma demonstrando a sobreposição das classes sedimentares -----	67
Figura 42. Sonograma com feições sedimentares do tipo megaripples, com comprimento entre cristas variando de 1 a 2,5m -----	68
Figura 43. Sonograma com feições sedimentares do tipo megaripples, com comprimento entre cristas variando de 3 a 5m -----	69
Figura 44. Sonograma com feição sedimentar de material mais grosso, distribuída em faixas -----	70
Figura 45. Sonograma com feição sedimentar de material mais grosso, distribuída em faixas -----	71
Figura 46. Sonograma com feição sedimentar de material mais grosso, distribuída em faixas -----	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Porcentagens das classes: cascalho, silte e argila presentes nas amostras, segundo Wentworth (1922) -----	35
Tabela 2. Tabela dos parâmetros estatísticos das análises granulométricas da enseada do Pântano do Sul -----	39

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Valores da Assimetria (SK_1) para as amostras da enseada do Pântano do Sul, segundo Folk & Ward (1957) -----	43
Gráfico 2. Valores de Curtose para as amostras da enseada do Pântano do Sul -----	46

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter me dado saúde, capacidade e perseverança para que pudesse subir mais um degrau do longo percurso que temos que seguir para desvendar as maravilhas do Criador.

À minha esposa Eluzai e ao meu filho Isaac pela compreensão e dedicação para que prosseguisse, mesmo que tivesse que me ausentar de momentos especiais de nossas vidas.

Aos meus pais César e Lucy de Souza pelo apoio sempre em mim confiado desde os tempos da infância e pela oportunidade de me garantir uma formação universitária.

Aos meus tios Victor e Aparecida que, num momento de decisão, muito contribuíram para que eu encontrasse a minha verdadeira vocação acadêmica.

Ao professor e amigo Norberto Horn que em suas aulas fez despertar o fascínio pelo conhecimento científico na área de Geologia e que muito contribuiu para a realização dessa dissertação de mestrado.

Ao meu orientador Iran Corrêa por sua dedicação e sua integral disponibilidade em auxiliar no perfeito andamento da pesquisa e também pelo apoio logístico para a execução dos trabalhos de campo.

Aos professores Lauro Calliari e Gilberto Griep da FURG pela disponibilização dos equipamentos para levantamento com *side scan sonar* e também pelo auxílio nos levantamentos de campo.

Aos professores José Gustavo e Thadeu Menezes da UNIVALI pela forte contribuição para a execução dos trabalhos de levantamento batimétrico e também pela disponibilização dos laboratórios do CTTMar/UNIVALI para o processamento dos dados.

Ao Sr. Gentil, do Laboratório de Oceanografia Geológica do CTTMar/UNIVALI, que sempre contribuiu no auxílio para o bom andamento das análises granulométricas e também na revisão dos dados obtidos.

Ao amigo Rafael Petermann pelo empenho nas elucidações das problemáticas encontradas no processamento dos dados através dos *softwares* de geoprocessamento e a todos integrantes do Laboratório de Geoprocessamento do CTTMar/UNIVALI.

Aos amigos Felipe Caron e André Ugri pelas discussões científico-filosóficas ocorridas na “Casa do Bambu” e também pelo apoio recebido quando da necessidade de permanência em Porto Alegre por períodos mais longos.

Ao Instituto de Geociências da UFRGS e todos os seus integrantes pela excelente qualidade do curso de pós-graduação e pela harmonia na condução dos projetos de pesquisas.

A CAPES pelo apoio financeiro concedido através da bolsa de mestrado.

RESUMO

A enseada do Pântano do Sul localiza-se ao sul da ilha de Santa Catarina, adjacente ao arco praial Pântano do Sul – Solidão, sendo delimitada a sudeste pelas ilhas Três Irmãs. O relevo de fundo da plataforma continental interna apresenta profundidades médias da ordem de 15,42m e as maiores profundidades, da ordem de 30m. Os perfis batimétricos mostraram a presença de um terraço marinho na isóbata dos 15m, o qual está relacionado às estabilizações do nível médio do mar ocorridas durante a transgressão Holocênica. Os sedimentos de fundo da enseada são formados predominantemente por areias e sua fração mais grossa é composta por cascalho bioclasto (Wentworth, 1922). Através do imageamento com *side scan sonar* foi possível observar a formação de *megaripples* e de feições sedimentares distribuídas em faixas, também denominadas de *sorted bedforms*. A complexidade da distribuição sedimentar na plataforma continental interna pôde ser observada através dos perfis com *side scan sonar*, onde apresentaram limites de distribuição bem definidos e também irregulares. A composição sedimentar da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul e as feições sedimentares presentes na mesma, denotam a elevada hidrodinâmica atuante na área. Esses dados ressaltam a necessidade de realizações de estudos costeiros que atente para essas condições hidrodinâmicas a fim de preservar o meio marinho tanto do ponto de vista geológico como biológico.

ABSTRACT

The Pântano do Sul cove is situated at the south of the Santa Catarina's island in front of the Pântano do Sul – Solidão beach arc extending his limits at SE by the Três Irmãs islands. The bottom relieve of the inner continental shelf has an average and maximum depths of 15,42m and 30m respectively. The bathymetric profiles showed the presence of a marine terrace at the isobaths of 15m which represents stabilizations of the mean sea level during the Holocenic transgression. The bottom sediments of the cove are composed of sands and the fraction coarser is composed of bioclastic gravels (Wentworth, 1922). Throu the side scan sonar images was possible to observe the formation of megaripples and sedimentary features distribute in strips also called sorted bedforms. The complexity of the sedimentary distribution in the inner continental shelf was observed throu the side scan sonar profiles who showed well defined and irregulars limits. The sedimentary composition and features of the inner continental shelf of the Pântano do Sul cove show de high hydrodynamics present that attempts to the necessity of coastal research considering those factors for the best maintenance of the geologic and biologic marine environment.

1- INTRODUÇÃO

Browne & Naish (2003) destacam a importância dos estudos das margens continentais, onde essas margens continentais oportunizam os estudos dos processos deposicionais desde as frentes montanhosas, até as profundas águas marinhas, ou seja, das fontes para os depósitos.

Suguio (2001) ressalta que os depósitos arenosos praias, tanto os emersos quanto os submersos, constituem evidências consistentes das variações dos níveis relativos do mar diferentes da atual (Suguio et. al., 1985; Corrêa, 1986; Martin et. al., 1986; Corrêa et. al., 1996).

Os estudos de plataformas continentais têm sido de elevada importância para monitoramento e planejamento das atividades antrópicas na linha de costa. Mourre et. al. (2004) relata que com a ampliação das atividades humanas nas zonas costeiras e nas plataformas continentais, faz-se necessário uma precisa compreensão e modelagem dos fatores oceânico-costeiros atuantes.

Do ponto de vista prático, as plataformas continentais internas têm recentemente adquirido importância como fonte de sedimentos arenosos para projetos de engordamento praias. Também provêm o habitat para peixes e organismos bivalves que podem ser importantes tanto para o comércio, quanto para a pesca recreacional (Brooks et. al., 2003).

As plataformas continentais internas são importantes componentes das margens continentais e, são intrinsecamente relacionadas como ambientes costeiros adjacentes. Por exemplo, elas são dinamicamente, morfologicamente e sedimentologicamente continuidades de praias, estuários e de *inlets* de marés. Servem como condutoras no transporte de material particulado ao longo da margem e modulam as forças físicas que agem nos processos praias e estuarinos. Também são tipicamente locais de deposição e em muitos casos, a fonte imediata de sedimentos costeiros (Wright, 1995).

Outra questão nos estudos de plataformas continentais, são as variações eustáticas do nível médio do mar. As áreas de plataformas continentais, que se encontram hoje submersas, já foram em um passado geológico, áreas emersas representadas em forma de planícies costeiras. Dessa forma, as plataformas continentais podem conter registros dessas variações eustáticas do nível médio do mar.

Brooks et. al. (2003) ressaltam que devido à sua proximidade com a costa, a plataforma continental interna é o ambiente ideal para realização de pesquisas para o registro do desenvolvimento da costa durante as transgressões e regressões do nível médio do mar.

Já é bem conhecido de que as mudanças do nível relativo do mar afetam os processos costeiros e tendem a mudar a forma da zona costeira e a localização da linha de costa. Os efeitos das mudanças do nível relativo do mar podem ser considerados em varias escalas de tempo, indo de alguns minutos a dias (ondas infragravitacionais, marés, tempestades), de semanas a anos (os ciclos *springneap*, ciclos sazonais) e de períodos geológicos de milhares a centenas de milhares de anos. Contudo, a mais óbvia mudança em uma escala de tempo geológica é a elevação post-glacial do nível médio do mar, como resultado do degelo das geleiras das médias latitudes, formadas durante a glaciação Wiscosiana, a qual resultou em uma transgressão que modelou a linha de costa de quase todo o mundo, particularmente as localizadas nas médias e baixas latitudes. Todavia a principal elevação eustática do nível do mar no Holoceno está geralmente definida de que seu término se deu a mais de 4000 A.P. e o nível eustático do mar aparenta estar em elevação em muitas áreas, em uma razão de 1-2 mm/ano, durante o século passado e atual (Gornitz, 1995).

A natureza dos sedimentos da plataforma continental, de um modo geral, refletem a geologia, a morfologia e a história erosiva das áreas adjacentes, como também, o seu transporte sedimentar.

Uma questão ainda não respondida nas pesquisas em plataformas continentais é “qual é a porcentagem das plataformas continentais do mundo que estão sujeitas aos processos hidrodinâmicos fortes o bastante para mobilizar o depósito sedimentar.” (Swift and Thorne, 1991). Todavia, tem sido sugerido que em torno de 80% das plataformas continentais no mundo são dominadas por ondas de tempestades, 17% por correntes de marés e 3% pelas interações das correntes oceânicas (Walker, 1984; Swift et al., 1986)

Calhoun (2002), afirma que a proposta de se definir o aporte sedimentar nas plataformas continentais está em desenvolver um comprovado entendimento dos processos naturais que governam a produção sedimentar, os fluxos, a estocagem e eventuais fatos que contribuam para nossa habilidade de modelar e prever a evolução das bacias hidrográficas, do litoral e da *shoreface* e dos estados dinâmicos de estabilidade.

Murray e Thielert (2004) descrevem que a *shoreface* e a plataforma continental interna, ambas formam a interface entre o continente e a plataforma continental e podem comportar-se como fonte, barreira ou condutora do intercâmbio de materiais entre o continente e o mar.

Thielert et. al., (1995) ressaltam que, por um lado podem ser coincidentes as relações de depressões com o incremento na erosão praial, por outro lado, as depressões compactas espalhadas na *nearshore* podem indicar evidências de zonas de transportes a *offshore* durante as condições de tempestades e deve ser relacionada com a severa erosão praial local e à perda sedimentar da zona de *nearshore*.

Swift and Thorne (1991) relatam que a energia gasta e o total de sedimentos transportados durante um evento de tempestade pode equivaler a vários meses (ou anos) de transporte em condições climáticas normais.

As tempestades influenciam não apenas na iniciação do movimento dos sedimentos nas plataformas continentais, mas também, nos processos de deposição sedimentar (Porter-Smitha, 2004).

A enseada do Pântano do Sul, localizada no setor sul da ilha de Santa Catarina, é caracterizada pela presença de uma planície costeira circundada pelas elevações do embasamento cristalino que margeiam a planície, atingindo a linha de costa.

A região é caracterizada por uma comunidade de pesca artesanal. Com o decréscimo das capturas pela pesca artesanal ao longo dos anos, os pescadores passaram a buscar outras fontes de renda através da gastronomia, aonde foram implantados na região em questão alguns restaurantes e bares, atraindo também outros empreendedores para essa área.

Com o incremento turístico, na enseada do Pântano do Sul, tem sido observada cada vez mais a ocupação das áreas mais próximas da praia e, como consequência, fatores como erosão costeira e lançamentos de efluentes domésticos, passaram a atuar na área em questão.

O levantamento batimétrico e sedimentológico da enseada do Pântano do Sul é um instrumento para conhecimento das variações do substrato, bem como, da sua provável dinâmica. Tais conhecimentos são relevantes subsídios para a implementação de um programa de gerenciamento costeiro.

O uso do *side scan sonar* tem sido um instrumento útil para a melhor compreensão das condicionantes hidrodinâmicas atuantes nas plataformas continentais internas. O reconhecimento de feições sedimentares de fundo tem mostrado a complexidade existente nas distribuições sedimentares das plataformas continentais internas.

2-CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

2.1. Localização geográfica

A enseada do Pântano do Sul localiza-se ao sul da ilha de Santa Catarina (Figura 1), e adjacente ao arco praiial Pântano do Sul – Solidão, o qual é delimitado pelos promontórios rochosos da ponta do Marisco a nordeste e, ponta das Pacas, a sudoeste. A enseada é delimitada a sudeste pelas ilhas Três Irmãs. O acesso à região é realizado através da rodovia SC406.

Nesse arco praiial encontram-se os balneários de Pântano do Sul, Açores e da Solidão. O balneário de Pântano do Sul situa-se na porção nordeste da enseada, caracterizando uma região mais protegida das ondulações. É uma área de forte atividade da pesca artesanal e, possui também uma considerável infraestrutura gastronômica instalada.

O balneário de Açores localiza-se na região central da enseada, estando mais sujeita às ações das ondulações dominantes. É também uma área com considerável nível de ocupação tanto da linha de costa como da planície costeira adjacente.

No extremo sudoeste da enseada, encontra-se a praia da Solidão, uma praia estreita cercada pelas elevações do embasamento cristalinos e também, muito exposta à ação das ondulações dominantes. Caracteriza-se por ser uma praia preservada, sem muita ocupação.

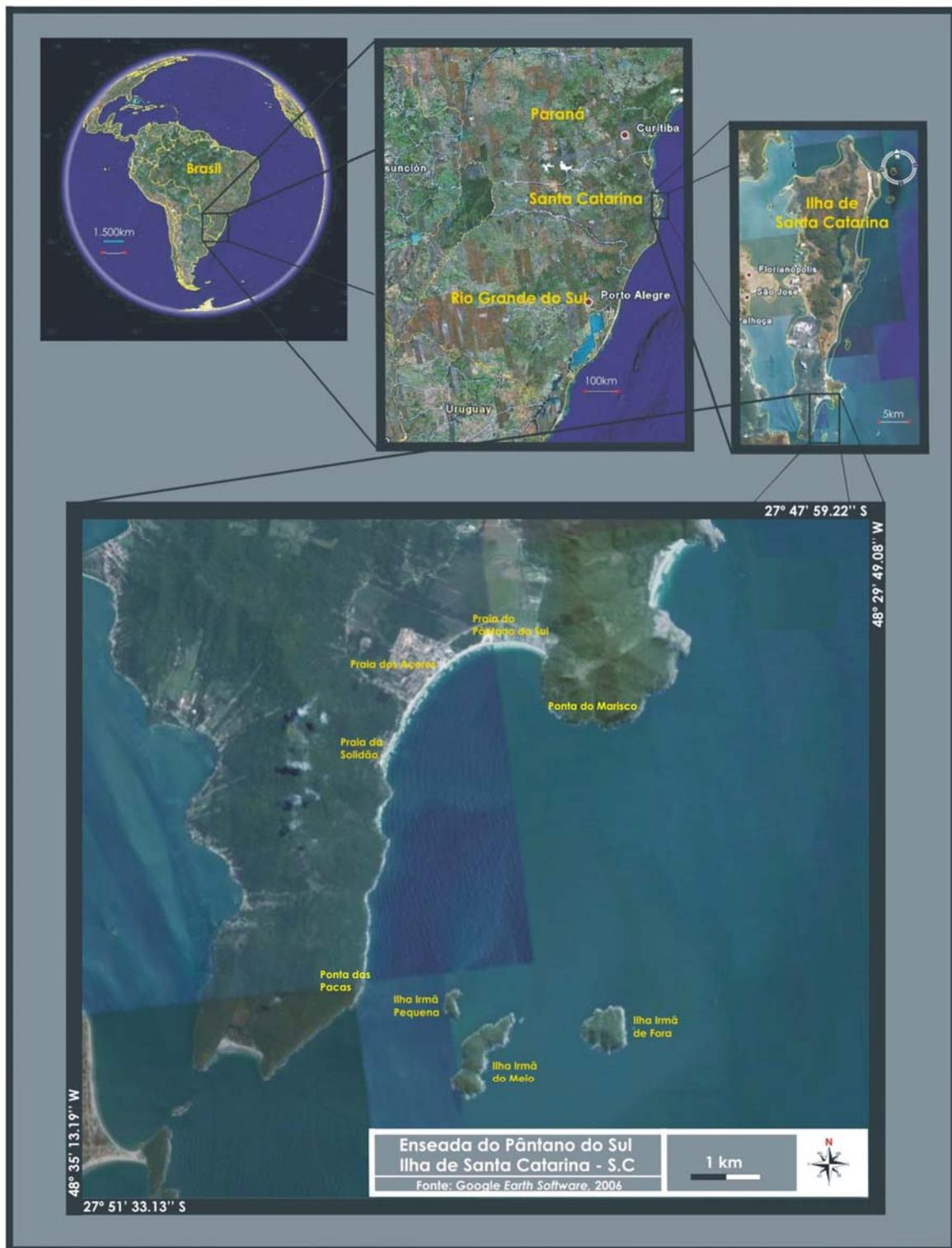


Figura 1. Mapa de localização da área de estudo

2.2. Geologia e geomorfologia

A costa sudeste do Brasil, entre cabo Frio (RJ) e cabo de Santa Marta (SC), é marcada pela presença das serras do Mar e do Leste Catarinense, cujas escarpas atingem o oceano Atlântico, constituindo promontórios rochosos, costões e ilhas, que se alternam com reentrâncias, onde ocorrem restritas planícies costeiras de idade quaternária (Villwock, 1994).

Na ilha de Santa Catarina, as elevações dos maciços rochosos são condicionadas pela dinâmica global, sendo estas representadas pelo Granitóide Paulo Lopes, Granitóide São Pedro de Alcântara, Granito Ilha, Granito Itacorubi e Riolito Cambirela, intrudidos por diques de diabásio (Scheibe & Teixeira, 1970; Caruso Jr., 1993). As áreas planas de sedimentação costeira, relacionadas à dinâmica costeira, são compostas pelo sistema deposicional transicional (Horn Filho, 2004). Estas áreas estão associadas a movimentos transgressivos e regressivos do nível marinho ocorridos basicamente durante o Quaternário (Caruso JR., 1993)(Figura 02).

Durante o Quaternário, ocorreram 4 eventos transgressivos do nível relativo do mar na ilha de Santa Catarina, sendo que somente os dois últimos eventos, relacionados aos sistemas laguna-barreira III e IV definidos por Villwock *et al.* (1995) para o Estado do Rio Grande do Sul, preservaram depósitos na planície costeira do Pântano do Sul (Duarte, 1981).

Durante o Pleistoceno superior, a cerca de 120Ka, um evento transgressivo-regressivo do nível relativo do mar originou a formação do depósito marinho praiial, que posteriormente sofreu cobertura eólica, A cerca de 5,1Ka, o máximo movimento transgressivo do nível relativo do mar ocorrido durante o Holoceno erodiu parcialmente o depósito marinho praiial/eólico, preservando-o em outros setores.

A plataforma continental da área de estudo insere-se na plataforma continental de Florianópolis, situada no limite entre as bacias sedimentares de Santos ao norte, e de Pelotas ao sul. A plataforma continental de Florianópolis entre as latitudes 27°S (Porto Belo) e 28,5° S (Santa Marta), coincide com um prolongamento de uma grande zona transversal de fraturamento oceânico, relacionado a uma antiga zona de fraqueza, palco de vulcanismo intenso durante os estágios iniciais da abertura do Atlântico Sul (Gonçalves *et al.*, 1979) sendo compostas por ilhas, parcéis e sistemas deposicionais.

A sedimentação na plataforma continental de Florianópolis e na bacia de Pelotas foram muito semelhantes (Caruso Jr., 1993), principalmente após o Aptiano, quando se iniciou uma franca comunicação entre as bacias de Santos e Pelotas. Ao longo destas áreas foram identificadas 7 fácies sedimentares: arenosa, areno-síltica, areno-argilosa, síltico-argilosa, síltico-arenosa, argilo-síltica e areno-síltico-argilosa (Corrêa *et al.*, 1996). As areias são predominantemente quartzosas, com granulometria oscilando entre areias fina a média, com características similares àquelas encontradas em planícies costeiras e praias, visto que durante o Quaternário o nível do mar esteve a 120m abaixo do atual (Corrêa & Villwock, 1996).

A planície costeira do Pântano do Sul é formada pelos sistemas deposicionais continental e transicional, que se encontram cercados pelo embasamento cristalino Indiferenciado.

O embasamento cristalino indiferenciado é composto por rochas do Granito Ilha e Riolito Cambirela, intrudidas por diques de diabásio da formação Serra Geral. O sistema deposicional continental é composto pelo depósito coluvial e de leque aluvial do Quaternário indiferenciado. O sistema deposicional transicional é composto por depósitos marinho praias recoberto por depósitos eólicos do Pleistoceno superior.

Segundo Gré et al. (1995), durante o Pleistoceno Superior, a cerca de 120ka, um evento transgressivo-regressivo do nível relativo do mar originou a formação de um depósito marinho praiial, que posteriormente sofreu cobertura eólica, ancorado, este ao embasamento cristalino indiferenciado, localizado à leste e oeste da planície costeira do Pântano do Sul. A cerca de 5,1ka, o máximo movimento transgressivo do nível relativo do mar ocorrido durante o Holoceno erodiu parcialmente esse depósito, preservando-o na parte oeste.

Após dois eventos transgressivo/regressivo do nível marinho, a 5,1/3,6ka e 3,6/2,5ka, e um máximo regressivo, a 2,5ka, uma barreira arenosa isolou o contato entre a laguna e o mar pelo arco Pântano do Sul – Açores, mantendo essa laguna um contato com o mar pela praia da Armação, à norte. Entre 2,5ka e o presente, a laguna passou por um processo de colmatação e na porção central do depósito marinho praiial holocênico, desenvolveu-se um campo de dunas transgressivas no sentido S-N, que atualmente encontra-se parcialmente fixada pela vegetação, definindo a atual configuração da planície costeira (Gré et al., 1995).

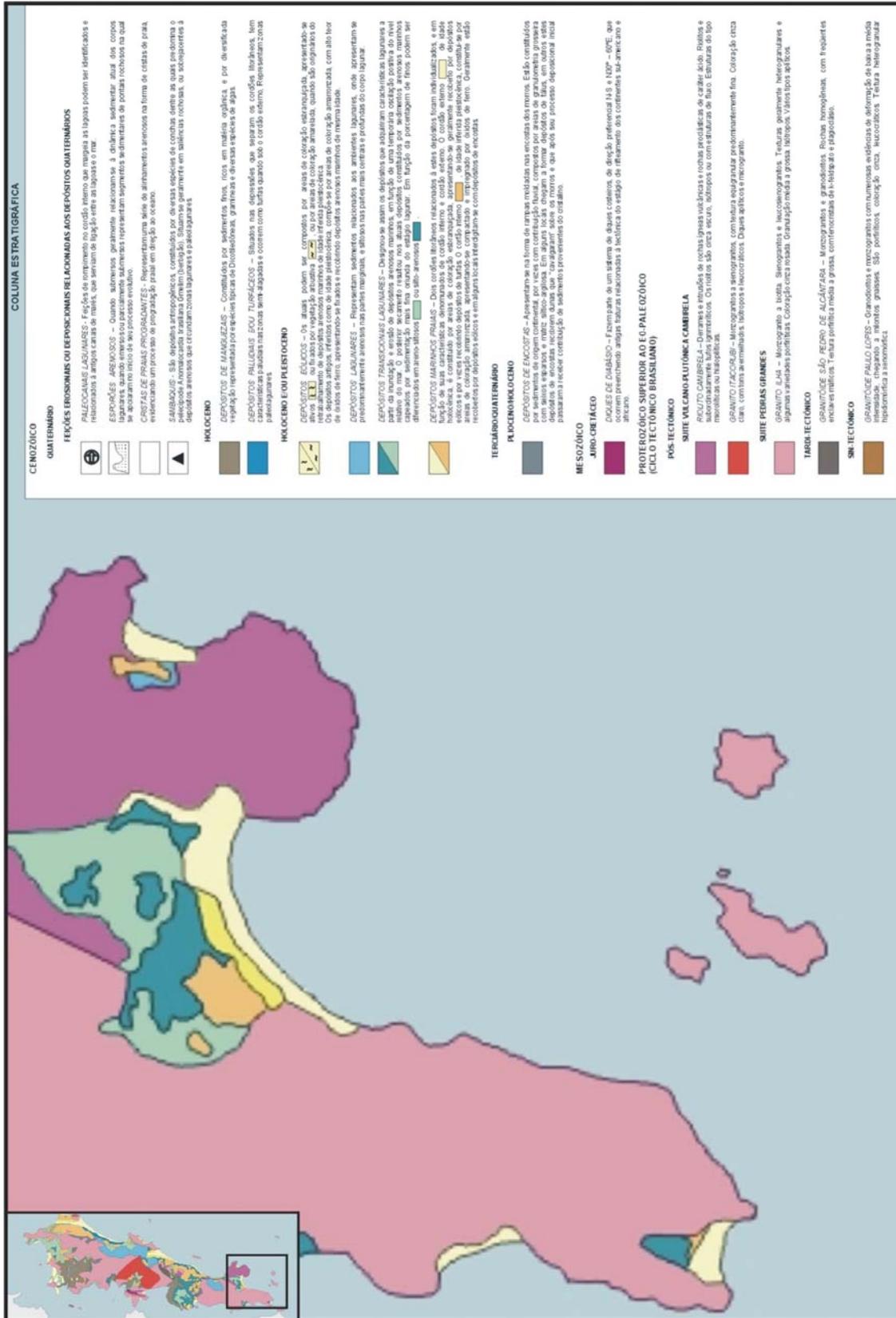


Figura 2. Mapa Geológico da enseada do Pântano do Sul. Extraído de Mapa Geológico da ilha de Santa Catarina (Caruso, 1993).

2.3. Dinâmica costeira

A dinâmica costeira é resultante das interações entre os processos meteorológicos e oceanográficos, os quais resultam nas variações morfológicas das praias arenosas.

O sul do Brasil apresenta características meteorológicas controladas pela atuação das massas Polar Marítima e Tropical Marítima do Atlântico, estando inserida na região de clima temperado da categoria subquente (Nimer, 1989).

A situação normal da circulação atmosférica da região é o domínio de um sistema semifixo de alta pressão com ventos de N/NE, juntamente com o efeito local da brisa marinha. Periodicamente, o sistema é perturbado pela passagem de frentes frias originadas pela migração do Anticiclone Polar Móvel sobre a região de SW para NE (Trucollo, 1998; Mariotti & Franco, 2001).

As condições de baixa energia de onda estão associadas a vagas, com período de onda curto, geralmente provenientes de N/NE. As condições de alta energia estão associadas a ondulações provenientes da direção S/SE, com períodos de pico acima de 11s e ondas maiores que 4m, podendo ser encontradas em todas as estações do ano (Araujo *et al.*, 2003).

A propagação das componentes de maré no oceano sofre alterações em sua amplitude e fase que variam de acordo com a localidade, devido a vários efeitos, entre os quais, a latitude, a profundidade e a geomorfologia costeira (Prudêncio, 2003). Também observou efeitos relativos a marés astronômicas ocasionadas pelos ventos na plataforma continental adjacente da porção sul da ilha de Santa Catarina.

3– METODOLOGIA

A metodologia empregada foi dividida em 4 fases: atividades iniciais de pesquisa e logística; atividades de campo; atividades de laboratório e atividades finais.

3.1. – Atividades iniciais de pesquisa e logística

Foi realizado inicialmente um levantamento bibliográfico da área de estudo abordando as áreas de interesse como geologia, sedimentologia, geomorfologia e oceanografia física.

Posteriormente, realizou-se o planejamento de campo quanto à localização dos pontos de coleta de sedimentos no interior da enseada, a execução dos levantamentos com *side scan sonar* e os perfis batimétricos. Os pontos amostrais foram primeiramente plotados na Carta Náutica nº 1902 (DHN, 2003) e em seguida transferidos para um aparelho *GPS – Garmin*, utilizando-se do *software GPS Track maker* (Figura 3).

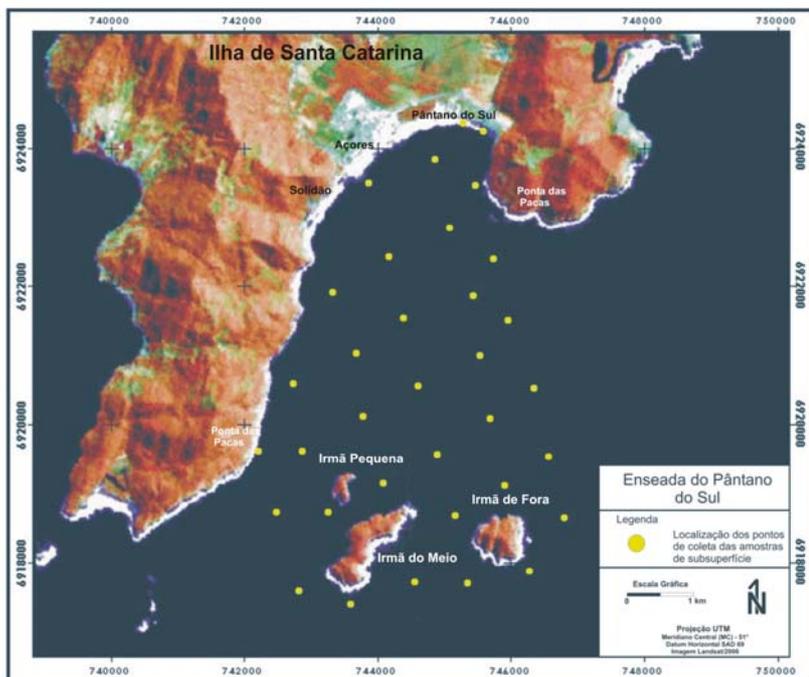


Figura 3. Localização dos pontos de coleta das amostras de fundo.

3.2. – Atividades de campo

Para coleta dos dados foram realizadas três comissões GEOCOSTA as quais foram denominadas de Geocosta Pântano I, II e III.

Na primeira comissão, Geocosta Pântano I, utilizou-se a embarcação *Sta. Bárbara*, uma baleeira de madeira com 12 metros de comprimento e motor de centro de 12 HP à diesel (Figura 4a). Utilizando-se de um amostrador de fundo *Van Veen* (Figura 4b), foi realizada, na área da plataforma continental interna, a coleta dos sedimentos superficiais num total de 34 pontos de amostragem, distribuídos ao longo de 6 perfis perpendiculares à linha de costa.

O direcionamento aos pontos de amostragens foi realizado com a utilização do GPS em tempo real e, com o recurso “*WayPoint*”, o qual indicava a localização e o rumo a ser seguido aos pontos amostrais previamente selecionados.



Figura 4a. Embarcação utilizada para a coleta das amostras de fundo.

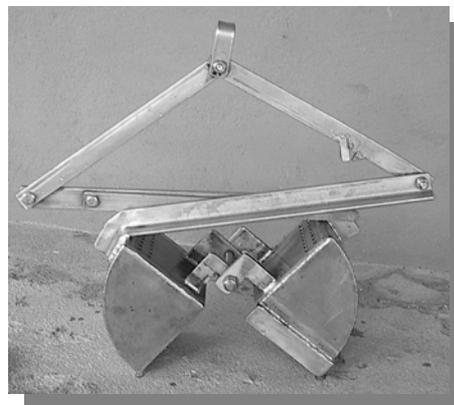


Figura 4b. Draga *Van Veen* utilizada.

Para a segunda comissão, Geocosta Pântano II, foi utilizada a embarcação *Auguri*, uma lancha de 42 pés com motor de centro a diesel de 250hp, com a qual foram obtidos os sonogramas.

Na aquisição dos sonogramas utilizou-se o *Marine Sonics Side Scan Sonar* com um *towfish* de 300 khz (Figura 5a). Os dados obtidos do *side scan sonar* foram em formato digital, sendo o mesmo conectado a um *desktop* com monitor colorido de 15', instalados no interior da embarcação (Figura 5b).



Figura 5a. Side Scan Sonar Towfish 300khz.



Figura 5b. Instalação do Desktop para aquisição dos sonogramas.

Para fornecimento de energia utilizou-se uma bateria de 24v ligada a um inversor de corrente que gerava uma voltagem de 110v AC (Figura 5b).

Utilizou-se um *range* de abertura de 150m para cada canal do *towfish*. O modo de imageamento utilizado foi o *Full Size*, que gera uma imagem com grade de leitura de 1000 linhas horizontais e 512 linhas verticais, para cada canal. Com o modo *Full Size*, para uma menor distorção da imagem foi empregado o *Range Delay-RD* (figura 5c). Para o posicionamento dos perfis com o *side scan sonar* utilizou-se do *software Marine Sonic PC* conectado ao DGPS. O direcionamento dos sonogramas foi realizado utilizando-se do recurso *Track Survey* do *software Marine Sonic PC*, onde se tinha o posicionamento das linhas de leituras do *side scan sonar* em tempo real e, dessa forma indicava-se a rota a ser seguida.

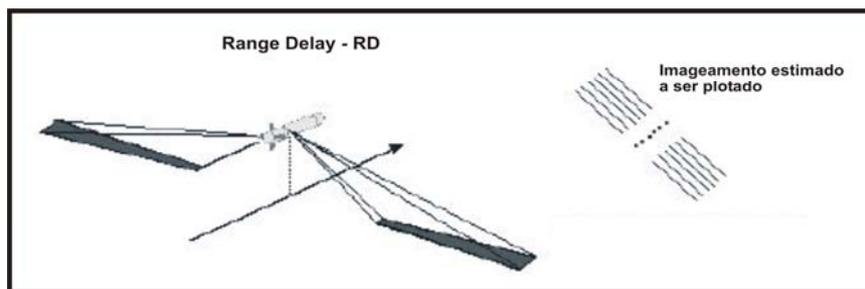


Figura 5c. Esquema de obtenção das imagens utilizando o recurso Range Delay (RD)

Para a terceira comissão, Geocosta Pântano III, foi utilizada novamente a embarcação *Auguri* para aquisição dos dados batimétricos.

No levantamento batimétrico utilizou-se o ecobatímetro de precisão *Elac-Honeywell* modelo *LAZ 4100* com transdutor de 200 khz e, um aparelho de DGPS conectados a um *laptop* com gerenciamento através do *software Hypack*. Os dados batimétricos eram obtidos diretamente no *software Hypack*, o qual ligado a um DGPS informava em tempo real o posicionamento e direcionamento da navegação e dos conseqüentes perfis batimétricos, os quais seguiram os perfis de coleta das amostras de sedimentos. Os dados do levantamento batimétrico foram inicialmente tratados no *software Hypack* e exportados para o programa *ArcGis 9.0* para gerar o mapa batimétrico.

3.3. – Atividades de laboratório

Nos laboratórios de Oceanografia Geológica e de Geoprocessamento do Centro de Estudos Tecnológicos da Terra e do Mar da Universidade do Vale do Itajaí/SC – CTTMar/UNIVALI, as amostras de subsuperfície foram processadas como também, os dados obtidos com os levantamentos batimétricos e com o *side scan sonar*.

3.3.1. – Análises dos Sedimentos

Primeiramente as amostras foram lavadas, para retirada dos sais solúveis, e feita a secagem em estufa a 50°C. Depois de secas realizou-se o quarteamento manual da amostra, sendo destinada uma subamostra à análise textural e de minerais pesados e outra para dosagem dos teores de carbonato e de matéria orgânica.

Na subamostra destinada à análise granulométrica foi realizada a eliminação da matéria orgânica com ataque químico com peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e em seguida foram lavadas e secas em estufa a 50°C. Depois da secagem das amostras, foi pesada uma fração de 40g em balança analítica de precisão de 0,0001g. Aplicou-se o método do peneiramento para as frações grossas (>0,062mm), com separação em frações de 1/2 phi, segundo Krümbein (1934). Para as frações menores que 0,062mm foi aplicado o método da pipetagem.

Para a pipetagem das amostras foi adicionado 5,0g de dispersante (Hexametáfosfato de Sódio - Calgon), diluídos em 20ml de água. Posteriormente para as análises estatísticas de frequência de pesos, foi subtraído o peso do dispersante na amostra, o que correspondeu a 0,1g do peso total dos sedimentos finos, para cada amostra.

A análise morfométrica foi realizada observando-se as amostras (classe modal dominante), através de uma lupa binocular *Zeiss* modelo Stemi DV4 com aumento de 32x. O grau de arredondamento e de esfericidade foram determinadas através do método de comparação visual com as tabelas de indicação do grau de arredondamento (Shepard, 1967) e esfericidade (Rittenhouse, 1943). A textura superficial do grão foi determinada a partir da visualização e classificada como textura opaca ou polida e rugosos ou lisos (Krumbein & Pettijohn, 1938).

Para análise mineralógica foi empregado o método de separação por decantação gravitacional da amostra em líquido pesado do tipo bromofórmio (CHBr_3). A fração de 3-4 phi, areia muito fina (Wentworth, 1922), foi adotada pelo fato de apresentar maior concentração de minerais pesados. Esse intervalo para análise coincide com o sugerido por Young (1966) para estudo de minerais pesados em areias.

Depois de separados, foi determinada a frequência em porcentagens de minerais pesados em cada amostra coletada da fração de 3-4 phi. Foi realizado a análise morfométrica através da observação em lupa binocular *Zeiss* modelo Stemi DV4 com aumento de 32x. O grau de arredondamento e de esfericidade foram determinadas através do método de comparação visual com as tabelas de indicação do grau de arredondamento segundo Shepard (1967) e esfericidade segundo Rittenhouse (1943).

Com a segunda subamostra foram dosados os teores de carbonato. Coletou-se uma fração de 20g das amostras pesado em balança analítica de precisão de 0,0001g. Depois de pesado o material foi submetido ao ataque químico com ácido clorídrico (HCL), em seguida lavadas e secas em estufa à 50°C. Depois de secas foram novamente pesadas em balança analítica de precisão de 0,0001g onde foram obtidos os teores de carbonato na amostra por diferença de peso (peso inicial (sedimento c/ carbonato) – peso final (amostra s/ carbonato)).

Utilizando-se das subamostras sem carbonato determinou-se a dosagem dos teores de matéria orgânica associada ao sedimento através método gravimétrico. Esse método consiste na queima de matéria orgânica em mufla a 800°C durante 08 horas.

3.3.2. – Processamento dos Sonogramas

Os sonogramas gerados pelo levantamento com *side scan sonar* foram arquivados em 61 imagens digitais do modo MSTIFF. Com a utilização do *software Marine Sonic SS Review 1.6.14* empregou-se o módulo *filter* de tratamento das imagens. Os filtros de imagens utilizados foram o *Spike 1* para eliminação de interferências elétricas e o *Spike 2*, para eliminação de interferências acústicas. Em seguida, as imagens foram gravadas em tons de cinza.

Utilizando o módulo *Zoom* do *software Marine Sonic SS Review 1.6.14*, foram selecionadas algumas feições presentes nas imagens e exportadas no modo *TIFF*.

3.3.3. – Processamento dos dados Batimétricos

Os dados batimétricos foram primeiramente tratados no *software Hypack* para determinação das cotas batimétricas com os devidos acertos referentes às variações da maré. Em seguida utilizando-se do *Microsoft Office Excel 2003* foi montada uma planilha com as cotas batimétricas e suas respectivas coordenadas geográficas. A planilha foi exportada no modo *XLS* para processamento no programa *Surfer 8.0*, e no modo *DBF-4*, para processamento no programa *ArcGIS 9*.

3.4. – Atividades finais

Após a separação granulométrica, as amostras foram classificadas segundo a classificação textural de Shepard (1954) e de litofácies de Dias (1996). Foi utilizado o programa Sistema de Gerenciamento de Amostras - SIGA para processamento dos parâmetros estatísticos granulométricos segundo os métodos de Folk & Ward (1957), onde se calculou o diâmetro médio (Mz), mediana (Md), grau de selecionamento ou desvio padrão (σ), assimetria (Ski) e curtose (Kg).

Os dados sedimentológicos (distribuição granulométrica, classificação textural (Shepard, 1954), classificação das litofácies (Dias, 1996), diâmetro médio, desvio padrão, percentual de areias, percentual de silte, percentual de argila, percentual de matéria orgânica, percentual de carbonato e percentual de minerais pesados) foram plotados em planilha eletrônica, juntamente com as localizações geográficas de cada amostra através do programa *Microsoft Office Excel 2003*.

Com o programa *Surfer 8.0* através do módulo *Grid – Data* utilizou-se, da planilha eletrônica em *Excel*, os dados sedimentológicos como base de dados para gerar os mapas sedimentológicos. A interpolação dos dados foi realizada através da interpolação do tipo *Kriging*. A inserção da linha de costa em cada um dos mapas gerados foi promovida através do módulo *overlay maps*, utilizando-se de uma base cartográfica digital da área de estudo (*base map*), existente no banco de dados do Laboratório de Geoprocessamento do CTTMar/UNIVALI.

Para a plotagem dos dados no triângulo textural de Shepard (1954), foram adotadas as classes cascalho, areia e lama devido à baixa ocorrência de silte e argila.

As imagens do *side scan sonar* foram convertidas para o modo *TIFF* através do módulo *Export File* do *software Marine Sonic SS Review 1.6.14*. No *software ArcGis 9.0*, as imagens foram georreferenciadas através do módulo *georeferencing* e plotadas numa base cartográfica da área de estudo, gerando o mapa de levantamento dos perfis com *side scan sonar*. As feições que foram exportadas no modo *TIFF* foram processadas e georreferenciadas utilizando o *software Corel Draw 10* e em seguida gravadas em modo *JPEG*.

Os dados batimétricos foram processados no *software Surfer 8.0* através da interpolação do tipo *Nearest Neighbor* gerando o mapa batimétrico. Com a utilização do módulo *3D-Frame*, foi gerado o mapa de modelo digital do terreno em 3D. Com o *software ArcGis 9.0*, através do módulo *ArcScene* gerou-se um mapa de relevo do fundo em 3D e, os perfis longitudinais e transversais da enseada do Pântano do Sul.

4 – Aspectos Morfológicos

Para a melhor compreensão dos aspectos inerentes à evolução geológica/sedimentar e das questões hidrodinâmicas da enseada do Pântano do Sul, foi realizado um levantamento batimétrico da área referente a plataforma continental interna da enseada. Alguns perfis batimétricos foram traçados com o intuito de melhor descrever a morfologia de fundo da área em questão.

De acordo com Suguio (1992) a terminologia “enseada” refere-se a uma área caracterizada por um setor côncavo do litoral, delineando uma baía muito aberta em forma de meia lua em direção ao mar. Desenvolve-se geralmente entre dois promontórios com pouca penetração na costa.

Wright (1995) define a plataforma continental interna como sendo a região em direção ao mar imediatamente após a zona de surf, onde as ondas frequentemente agitam o fundo.

A enseada do Pântano do Sul encontra-se delimitada na sua porção Norte pelo arco praiial Pântano do Sul – Açores e ao Sul pelas ilhas Três Irmãs (Irmã Pequena, Irmã do Meio e Irmã de Fora). O comprimento máximo (CM) da enseada é da ordem de 5,985 km e sua largura máxima (LM) da ordem de 2,846 km. Em termos de superfície, considerando os limites acima descritos, a enseada possui uma área total de aproximadamente 17,03 km² (Figura 6).

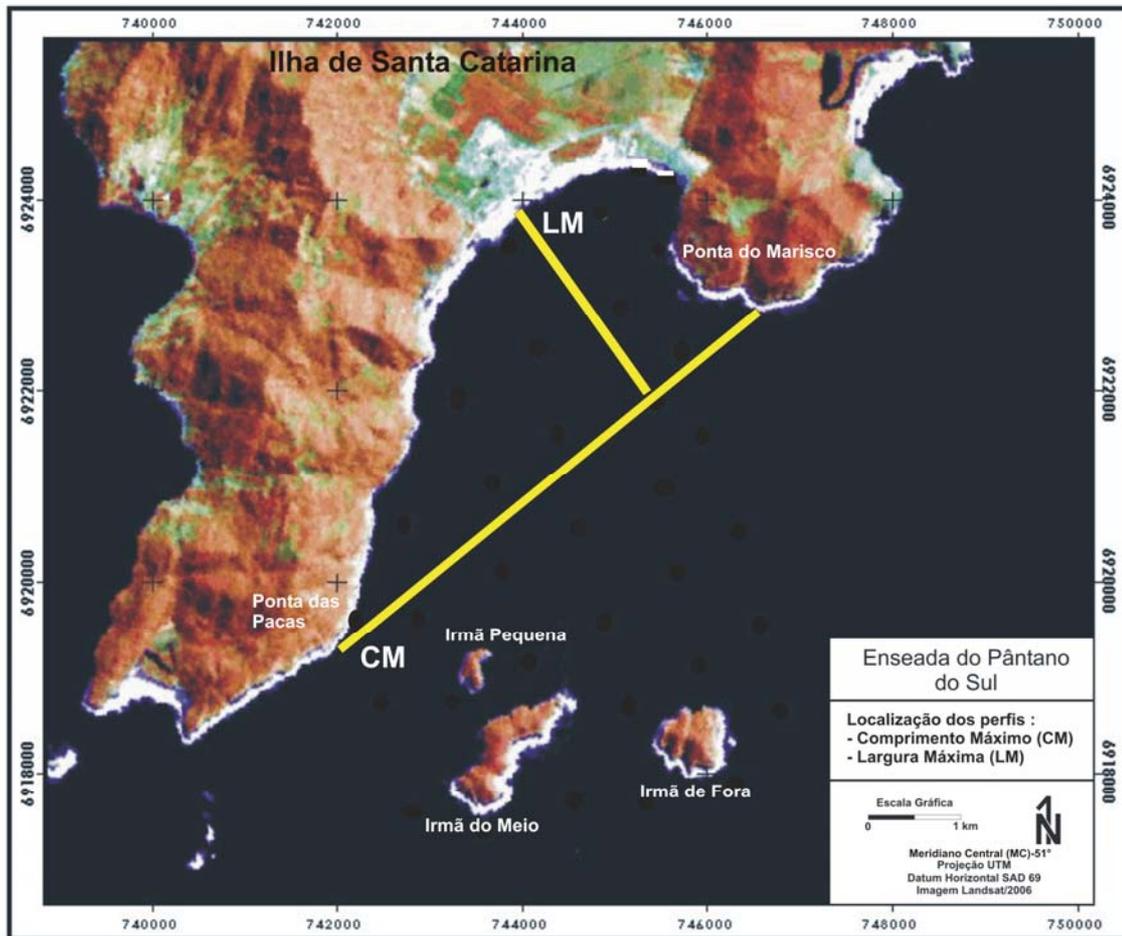


Figura 6. Mapa de localização dos perfis de Comprimento Máximo (CM) e de Largura Máxima (LM).

Os dados batimétricos mostraram que a enseada do Pântano do Sul possui profundidades médias da ordem de 15,42m. A plataforma continental interna da enseada apresenta dois canais. O canal principal é mais extenso e está situado na porção mais central da plataforma continental interna. Este canal está disposto no sentido NO/SE e, comunica à porção mais central da enseada com a plataforma continental adjacente. O canal secundário possui orientação de NE/SO, seguindo longitudinalmente à linha de costa, entre a ponta das Pacas e a ilha Irmã Menor. As maiores profundidades foram de 30m, localizando-se estas na porção mais externa da plataforma continental à SE da ilha Irmã de Fora (Figura 7).

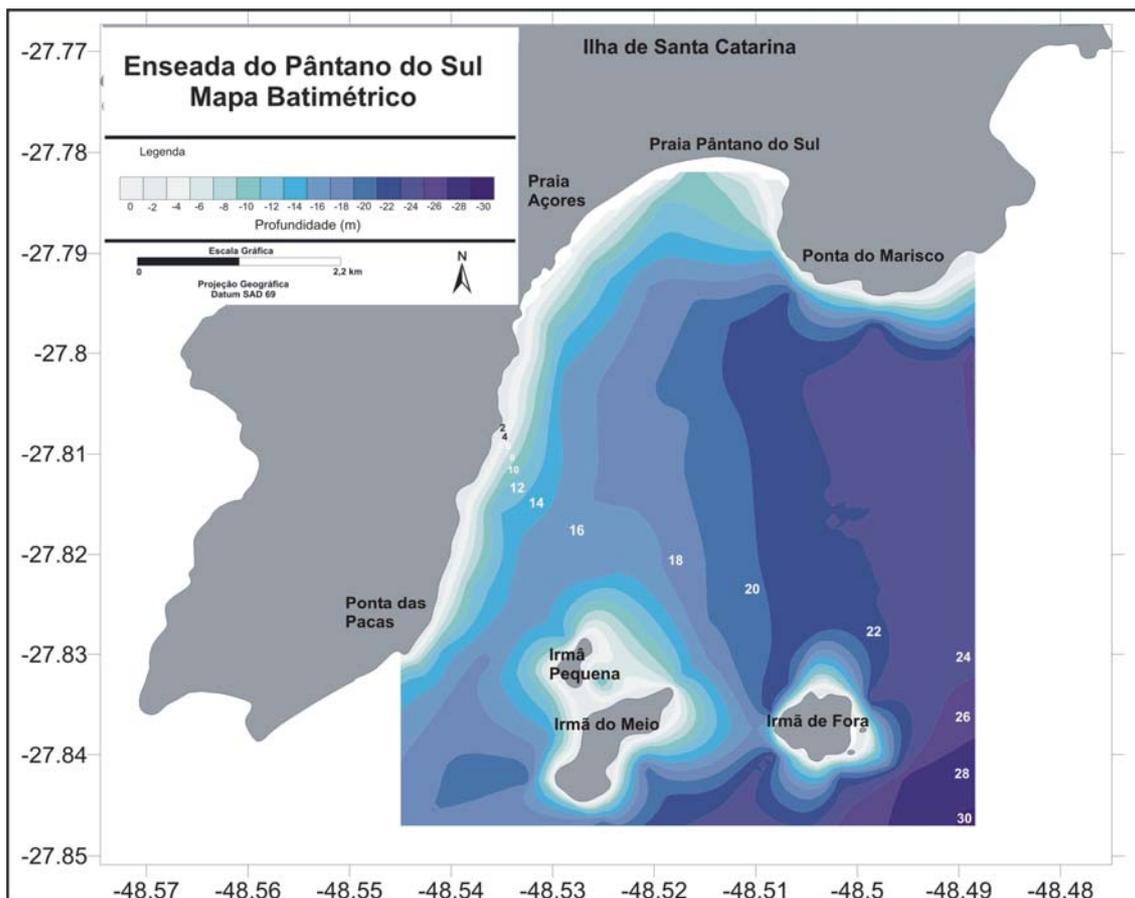


Figura 7. Mapa batimétrico da enseada do Pântano do Sul.

No canal secundário descrito acima, que corta a plataforma continental interna da sua porção mais interiorizada, em sentido SO para *offshore*, foi observado a presença de depressões ao longo do mesmo. Essas depressões também podem ser observadas nas áreas adjacentes à Ponta do Marisco, na porção NE da área de estudo.

Utilizando-se do mapa batimétrico foram traçados 04 perfis cruzando a plataforma em direção a *offshore* no sentido NE/SO. Também foram traçados 06 perfis no sentido O/E desde às proximidades com a linha de costa até o limite sul da área de estudo, após às ilhas Três Irmãs (Figura 8).

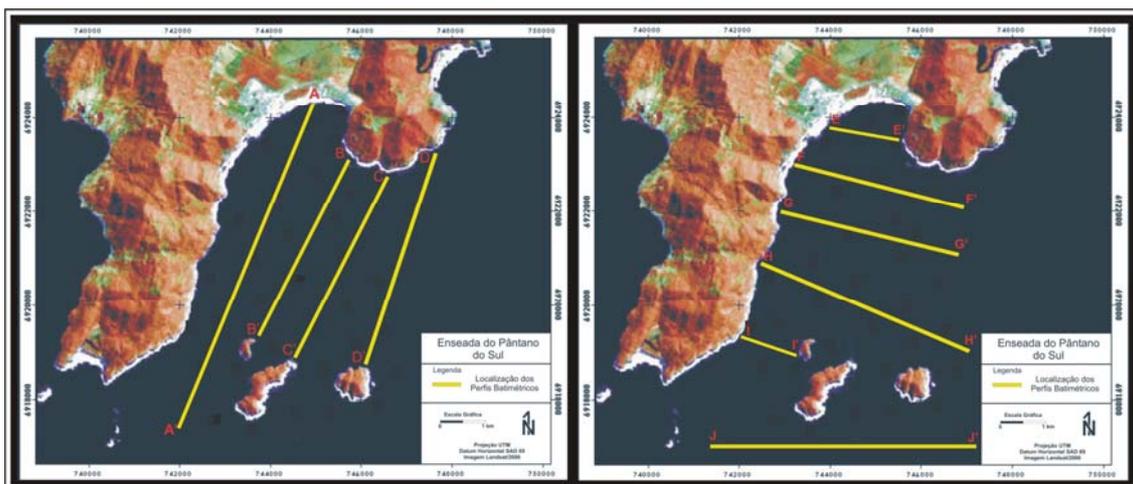


Figura 8. Mapas de localizações dos perfis batimétricos.

As oscilações do nível médio do mar durante o Quaternário e também os processos hidrodinâmicas atuais decorrentes das variações climáticas e oceanográficas, vem moldando o relevo de fundo da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul. Todos esses processos estão condicionados a forma pela qual se encontra disposto o arcabouço geológico estrutural do embasamento cristalino.

Os processos de transporte e deposição sedimentar, atuantes na área de estudo, demonstram elevada dinâmica e variabilidade as quais podem ser facilmente observados através dos perfis batimétricos (Figura 9 e 10).

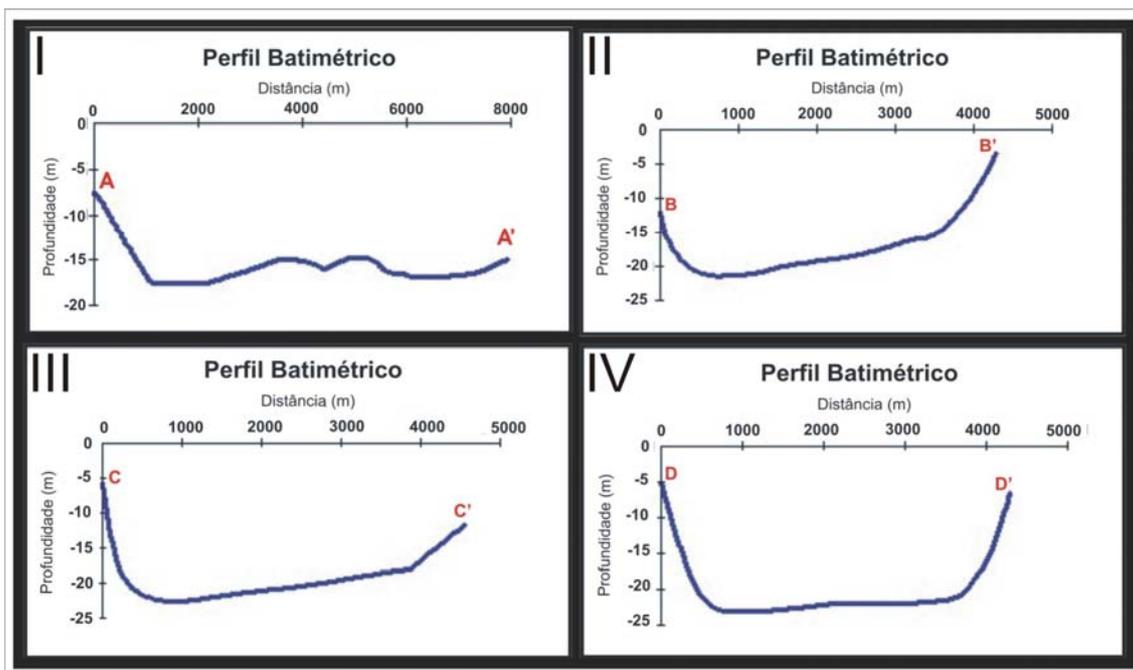


Figura 9. Perfis batimétricos da enseada do Pântano do Sul: 9-I perfil A-A'; 9-II perfil B-B'; 9-III perfil C-C' e 9-IV perfil D-D'.

No perfil A-A' (Figura 9-I), o qual corta longitudinalmente o canal secundário, observa-se algumas variações batimétricas na sua porção central. Essas variações formam depressões transversais ao sentido de fluxo do canal e com deposição sedimentar diferenciada. A origem dessa variação do relevo do canal secundário pode estar intrinsecamente relacionado às proximidades com o arcabouço geológico estrutural do embasamento cristalino, aflorantes na linha de costa.

Já no perfil B-B' (Figura 9-II), demonstra o aprofundamento do canal principal, próximo da porção mais ao NE da enseada e, também se observa a presença, na isóbata dos 15m, de um terraço marinho na porção mais próxima da ilha Irmã Menor. A continuidade do canal principal é claramente observada nos perfis C-C' (Figura 9-III) e D-D' (Figura 9-IV), o qual vai se ampliando à medida que se afasta da linha de costa.

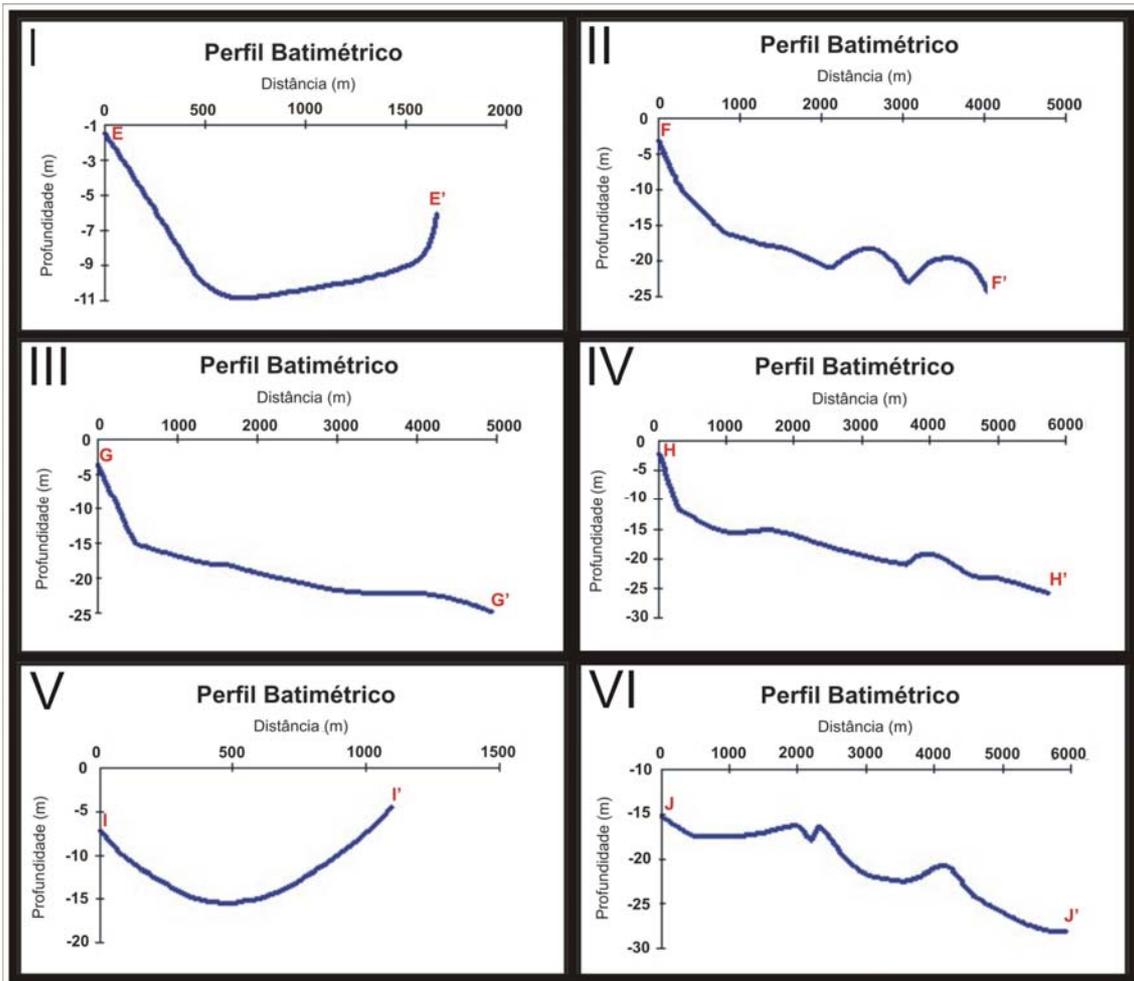


Figura 10. Perfis batimétricos da enseada do Pântano do Sul: 10-I perfil E-E'; 10-II perfil F-F'; 10-III perfil G-G'; 10-IV perfil H-H'; 10-V perfil I-I' e 10-VI perfil J-J'.

O perfil E-E' (Figura 10-I) encontra-se mais próximo da linha de costa, em frente ao arco praiar Pântano do Sul – Açores. Observa-se nesse perfil um canal na porção central o qual irá ter continuidade tanto com o canal principal, como com o canal secundário. Esse perfil apresenta uma maior declividade na porção relacionada à praia dos Açores (E) e, uma declividade menos acentuada nas proximidades do costão da Ponta do Marisco (E').

No perfil F-F' (Figura 10-II) a declividade é mais suave em direção a *offshore*, sendo que na porção mais à Leste, encontra-se uma variação do relevo. Essa variação de relevo, se comparada à linha de costa adjacente, apresenta semelhanças com o embasamento cristalino aflorante na linha de costa. Dessa forma, o embasamento cristalino presente no fundo da enseada pode estar condicionando a forma pelo qual está sendo desenvolvido os processos de transporte e deposição sedimentar e a conseqüente morfologia do fundo.

A suavização da declividade em direção a *offshore* pode ser observada no perfil G-G' (Figura 10-III), o qual, próximo a linha de costa até a isóbata dos 15m, apresenta uma declividade mais acentuada e, na medida em que se afasta da costa, essa declividade diminui, apresentando pequenas oscilações entre as isóbatas de 15 e 25m.

O perfil H-H' (Figura 10-IV) evidencia a presença do terraço marinho na isóbata de 15m observado no perfil B-B' (Figura 09-II). Observa-se também uma elevação do relevo de fundo na porção mais a *offshore*, próximo da isóbata dos 20m. Essa elevação evidencia as variações morfológicas do fundo da enseada em resposta à presença do arcabouço estrutural do embasamento cristalino sobre o qual se desenvolvem os processos sedimentares.

O canal secundário, presente longitudinalmente à linha de costa na porção oeste da enseada, pode ser observado claramente no perfil I-I' (Figura 10-V). Nesse perfil nota-se o aprofundamento do canal nas proximidades dos costões rochosos da Ponta das Pacas e, uma leve suavização da declividade nas proximidades da ilha Irmã Pequena.

O perfil J-J' (Figura 10-VI) encontra-se no limite sul da área de estudo, logo após as ilhas Três Irmãs. Esse perfil demonstra as variações de relevo do fundo pela influência do arcabouço estrutural do embasamento cristalino que compõem as ilhas. De Oeste para Leste nota-se o aumento da profundidade em direção a *offshore*.

Através da construção do modelo digital de terreno, do relevo de fundo da enseada em 3D (Figura 11), pode-se observar as variações morfológicas presentes e suas relações e simetrias com as feições fisiográficas do embasamento cristalino presentes na linha de costa.

Em toda linha de costa, no lado Oeste da enseada, que vai da ponta das Pacas até à praia dos Açores, é claramente observado as variações do relevo, decorrentes da configuração do embasamento cristalino. Também é visível essa relação do relevo do fundo, nas proximidades das ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio, com à linha de costa adjacente. Ao NE da enseada, na ponta do Marisco, observa-se as oscilações do relevo de fundo à medida em que aumenta a profundidade em direção ao canal principal.

Na porção mais central da enseada, próximo das ilhas Irmã do Meio e Irmã Pequena, observa-se uma variação do relevo do fundo relacionada a um estreito terraço marinho na isóbata dos 15m. Esse terraço marinho é formado em resposta às variações eustáticas do nível médio do mar ocorridas durante o Quaternário.

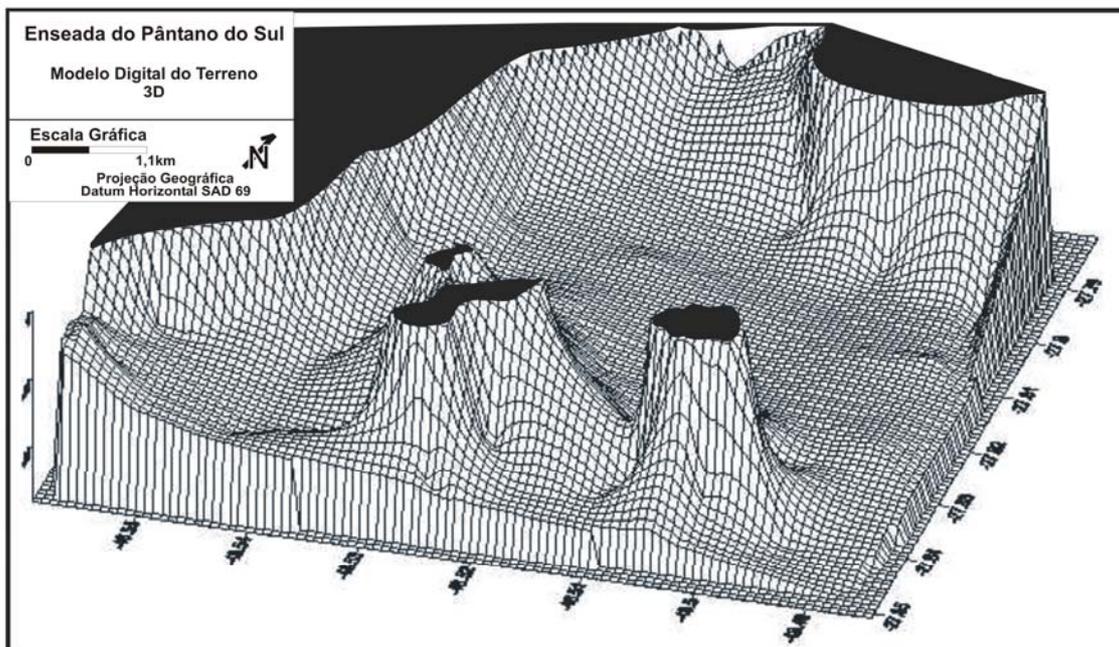


Figura 11. Mapa de Modelo Digital de Terreno em 3D do fundo da enseada do Pântano do Sul. Visada com orientação de SE/NO.

A presença de um terraço marinho na enseada do Pântano do Sul demonstra uma evidente resposta dos processos sedimentares em consequência das estabilizações nas variações do nível médio do mar. Pelo fato de este terraço estar localizado a uma profundidade de 15m, o mesmo teve sua formação em níveis médios do mar mais baixos que o atual.

Corrêa & Abreu (1984) através de estudos na plataforma continental e talude superior no Rio Grande do Sul, observou em testemunhos que para a região, a variação do nível do mar no Quaternário Superior estaria dividida em três etapas principais: Máximo Glacial (mais de 16.000 anos BP); Transgressão Holocênica (14.000 à 6.000 anos BP) e o Final da Transgressão Holocênica (6.000 anos até o presente).

Durante a etapa da Transgressão Holocênica (14.000 à 6.000 anos BP), houve uma ascensão relativamente alta do nível do mar e esteve sujeita à estabilizações por curtos períodos. Na plataforma continental do Rio Grande do Sul, duas estabilizações do nível médio do mar ficaram bem caracterizadas seguindo atualmente às isóbatas dos 110 e 60m e, que foram formadas acerca de 13.000 e 11.000 anos BP respectivamente. Com o reinício da transgressão houve o deslocamento do nível do mar acima dos -60m e, aos 6.000 anos BP o nível médio do mar atingiu a isóbata dos 20m aproximadamente (Corrêa & Abreu, 1984).

Entre 11.000 e 6.500 anos BP ficou caracterizada dois níveis de estabilização, o primeiro a -32/-45m e o segundo a -20/-25m (Correa, 1990a; Corrêa et. al., 1996).

A profundidade em que se encontra o terraço marinho localizado nas proximidades das ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio, que está na isóbata dos 15m, pode estar relacionado ao segundo nível de estabilização da Transgressão Holocênica de acordo com Corrêa (1990a) e Corrêa et. al. (1996).

Suguio (2001) ressalta que a profundidade atual dos terraços de abrasão marinha, esculpidos durante o último nível marinho mais baixo pode ser considerado como correspondente à subida do nível médio do mar após o Último Máximo Glacial.

Dessa forma, pode-se inferir que a formação do terraço marinho encontrado na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul teve sua formação durante o processo transgressivo do nível médio do mar ocorrido no Holoceno. Utilizando-se da curva de variação do nível médio do mar proposta por Corrêa (1996 c) (Figura 12), tem-se que por volta de ± 8.000 anos BP, o nível do mar esteve a aproximadamente -15m abaixo do atual.

Angulo et. al. (1999) em estudos de fácies sedimentares, descreve um terraço marinho a 2,7m de profundidade como sendo de origem Holocênica, o qual através de datações em amostras de madeira e detritos vegetais forneceu uma idade de 6090 ± 80 A.P.

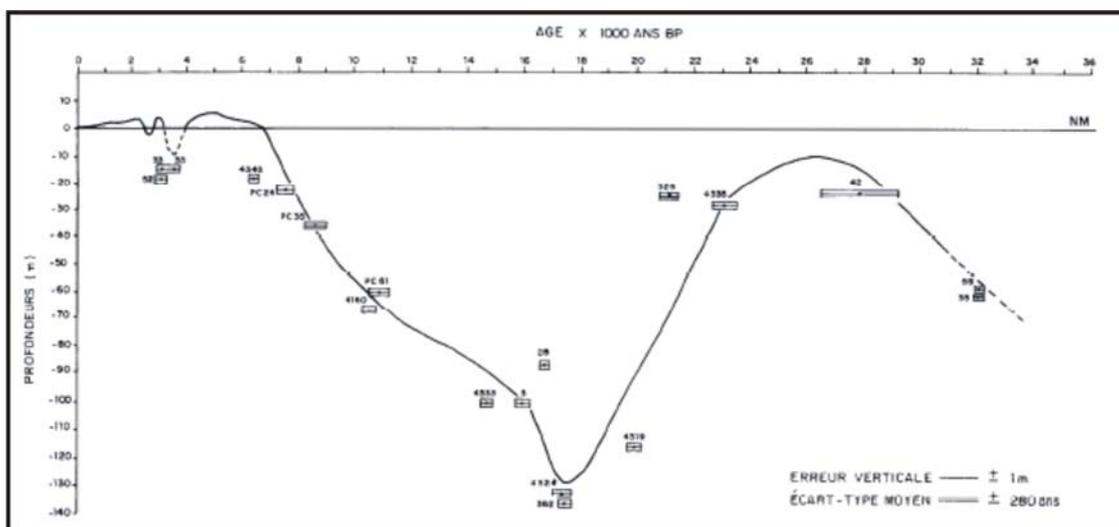


Figura 12. Curva de variação do nível médio do mar dos últimos 17.500 anos BP, segundo Corrêa (1996 c)

Hallermeier (1981), definiu com base nas características de fundos arenosos e em parâmetros estatísticos representativos do clima anual de ondas, os limites externo (oceânico) e interno (litorâneo), para uma zona de águas pouco profundas, definida em função da capacidade de movimentação da areia do fundo, pela atuação das ondas.

Com os dados gerados pelo levantamento batimétrico da enseada do Pântano do Sul, associados com os dados de regime de ondas descritos por Araújo et. al. (2003), onde as condições de alta energia estão relacionadas as ondulações com períodos de pico acima de 11s e ondas maiores que 4m, calculou-se as profundidades de fechamento descritas por Hallemeier (1981) para uma melhor descrição das condições hidrodinâmicas atuantes na área de estudo.

Hallermeier (1981) apresentou a equação abaixo para cálculo da definição dos limites litorâneo e oceânico:

$$\left(\frac{2\pi d_l}{L}\right) \sinh^2\left(\frac{2\pi d_l}{L}\right) \operatorname{tgh}\left(\frac{2\pi d_l}{L}\right) = \frac{\pi^2 \bar{H}_{s0,137}^2}{0,03\rho' \left(\frac{g\bar{T}_s^2}{2\pi}\right)^2}$$

onde, d_l = limite litorâneo;
 L = comprimento de onda relativo à profundidade d_l ;
 $\rho' = \frac{\rho_s - \rho_{as}}{\rho_{as}}$ = densidade do material submerso;
 ρ_s = massa específica da areia (adotada = 2650 kg/m³);
 ρ_{as} = massa específica da água salgada (adotada = 1026 kg/m³);
 g = aceleração da gravidade;
 \bar{T}_s = média anual do período significativo;
 $H_{s0,137} = \bar{H}_s + 5,6\sigma$ = altura da onda significativa excedida somente 12 horas por ano (0,137 %), sendo \bar{H}_s a média anual das ondas significativas e σ o desvio padrão.

De acordo com a equação de Hallermeier (1981), a enseada do Pântano do Sul apresentou profundidades de fechamento de 15m para alturas de ondas médias e de 19m para os maiores valores de altura de onda. A isóbata de 19m (Figura 07), encontra-se disposta quase que em linha reta na enseada, orientada no sentido de Norte a Sul, sendo assim, toda a área a oeste dessa isóbata encontra-se no limite litorâneo e consequentemente sob ação de movimentação dos grãos pelas ondas. À porção a Leste da isóbata de 19m já está inserida no limite oceânico.

A partir dos dados de dinâmica costeira existentes para a área de estudo, foi realizada a divisão da enseada do Pântano do Sul em 3 setores de acordo com à sua exposição às ações decorrentes das ondas que incidem sobre a enseada(Figura 13).

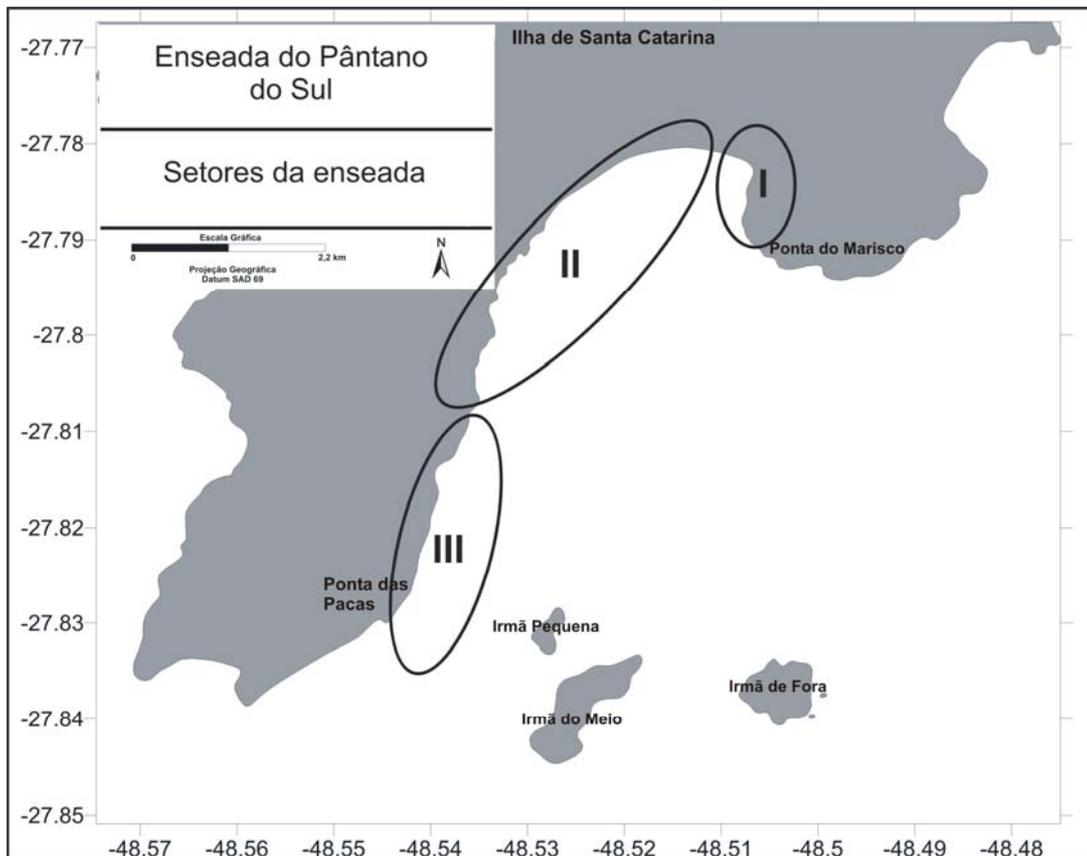


Figura 13. Mapa de localização dos setores da enseada do Pântano do Sul

No setor I, na porção Nordeste, encontra-se uma área mais abrigada e consequentemente menos vulnerável às ações das ondas. Nesse setor os processos de transporte e deposição de sedimentos ocorrem em resposta à refração das ondas provenientes principalmente de S/SE. De acordo com Oliveira (2004), em estudos de perfis praias, demonstrou que essa área da enseada encontra-se protegida das energias das ondas.

O setor II, abrangendo a porção Centro-Norte, é o setor da enseada mais exposto às ações das ondas provenientes de S/SE. Nesse setor encontra-se o arco praias Pântano do Sul – Açores e também a praia da Solidão. Oliveira (op. cit.) observou que nessa região as energias das ondas são muito significativas conforme se direciona para o Sudoeste da linha de costa.

O setor III na porção mais a Sudoeste da enseada é caracterizado pela predominância de costões rochosos e também de estar mais protegido das ondulações mais significativas provenientes de S/SE. Essa proteção se dá pela presença das ilhas Irmã do Meio e Irmã Pequena que formam uma zona de sombra para a área em questão em relação as ondulações vindas de S/SE.

5 – Sedimentologia

Os sedimentos de fundo da enseada do Pântano do Sul são constituídos predominantemente de sedimentos arenosos, sendo muito baixa a ocorrência de siltes e argilas (Tabela 1). Observa-se também a ocorrência de sedimentos mais grossos, da classe dos cascalhos (Wentworth, 1922), compostos basicamente por biodetritos (fragmentos de conchas). A ocorrência de cascalho está presente em 91,2% das amostras enquanto que as argilas se fazem presentes em apenas 26,4% do total amostrado.

Nº Amostra	Cascalho %	Areia %	Silte %	Argila %
1	0,03	98,1	1,85	0
2	4,68	86,5	8,8	0
3	0,3	95,46	4,22	0
4	0,94	78,94	5,67	14,43
5	0,44	99,09	0,45	0
6	0,09	99,09	0,81	0
7	5,27	87,55	7,17	0
8	11,28	86,2	2,5	0
9	0,41	77,31	5,45	16,81
10	1,93	57,62	13,38	27,06
11	0,24	94,96	4,78	0
12	0,6	90,54	8,85	0
13	0,19	86,28	5,09	8,43
14	0,87	94,37	4,75	0
15	0	97,4	2,59	0
16	0,42	89,42	10,14	0
17	0,71	97,19	2,08	0
18	27,49	70,66	1,83	0
19	0,75	99,11	0,13	0
20	21,04	60,64	7,05	11,24
21	0,1	81,46	5,83	12,59
22	0,14	97,65	2,2	0
23	4,47	91,13	4,39	0
24	2,2	97,63	0,15	0
25	0,62	98,91	0,46	0
26	1,41	97,32	1,26	0
27	0,46	99,15	0,38	0
28	33,14	65,92	0,92	0
29	33,44	65,1	1,45	0
30	0,17	81,02	6,42	12,37
31	0,02	89,23	5,31	5,41
32	0,36	88,09	5,11	6,42
33	2,89	97,03	0,07	0
34	0,58	96,88	2,53	0

Tabela 1. Porcentagens das classes: cascalho, silte e argila presentes nas amostras, segundo Wentworth (1922).

Segundo Corrêa et. al. (1996), a distribuição dos sedimentos superficiais de uma plataforma continental não é devida ao azar, ela é o resultado das ações hidrodinâmicas ligadas as variações glacio-eustáticas do Quaternário.

5.1. – Parâmetros Estatísticos

Nos histogramas das amostras de fundo da enseada do Pântano do Sul observa-se a predominância de sedimentos unimodais os quais abrangem as classes areia fina e areia muito fina (3 a 4 ϕ) (Figura 14).

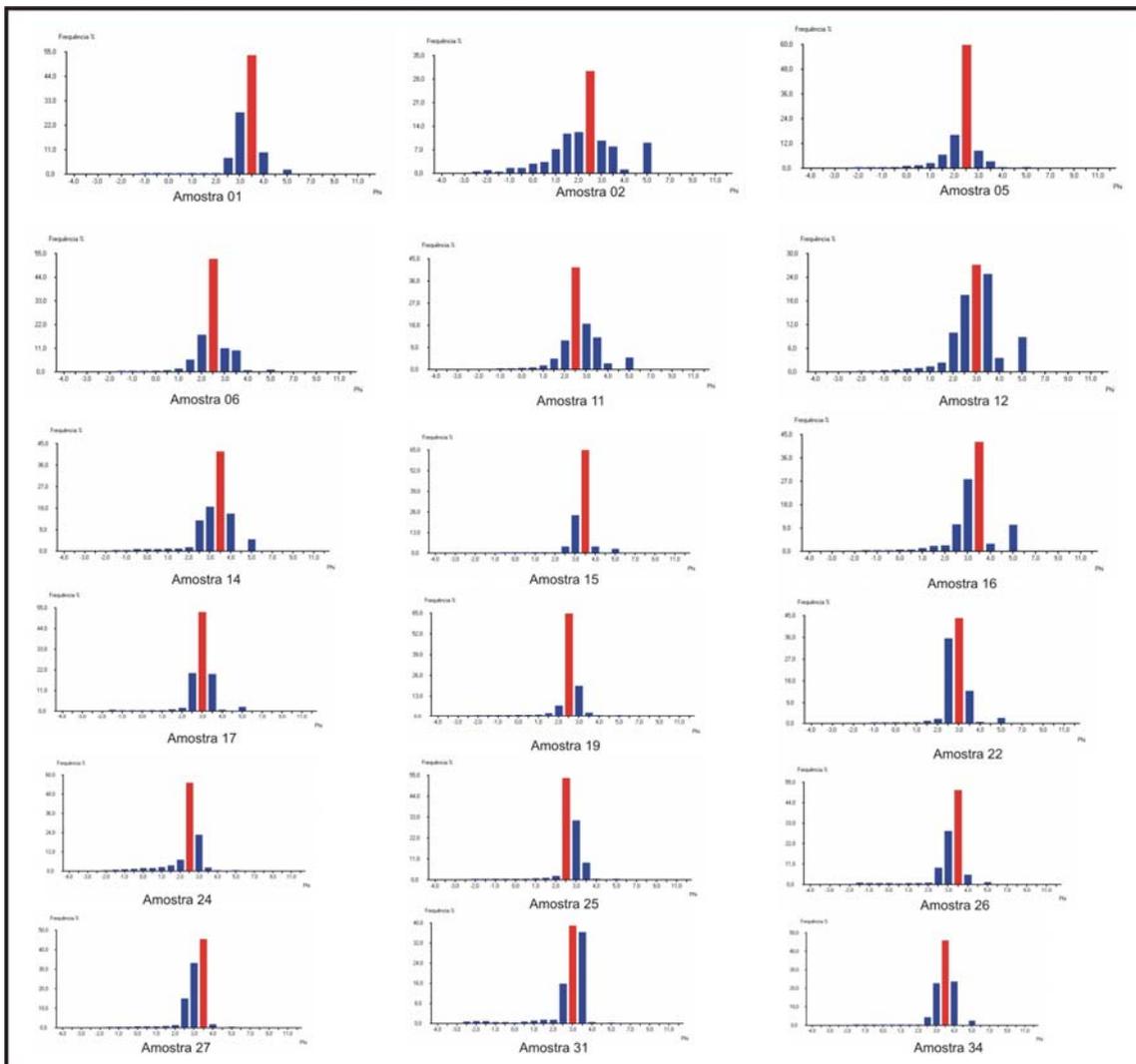


Figura 14. Histogramas de frequências unimodais com a predominância da classe areias (Wentworth, 1922).

Das 34 amostras coletadas (Figura 15), 14,7% apresentaram a ocorrência de sedimentos finos (amostras 04, 09, 10, 13, 21, 30, 31 e 32) (Figura 16) e 14,7% das amostras a ocorrência de sedimentos grossos (amostras 03, 07, 08, 18, 20, 23, 28 e 29) (Figura 17).

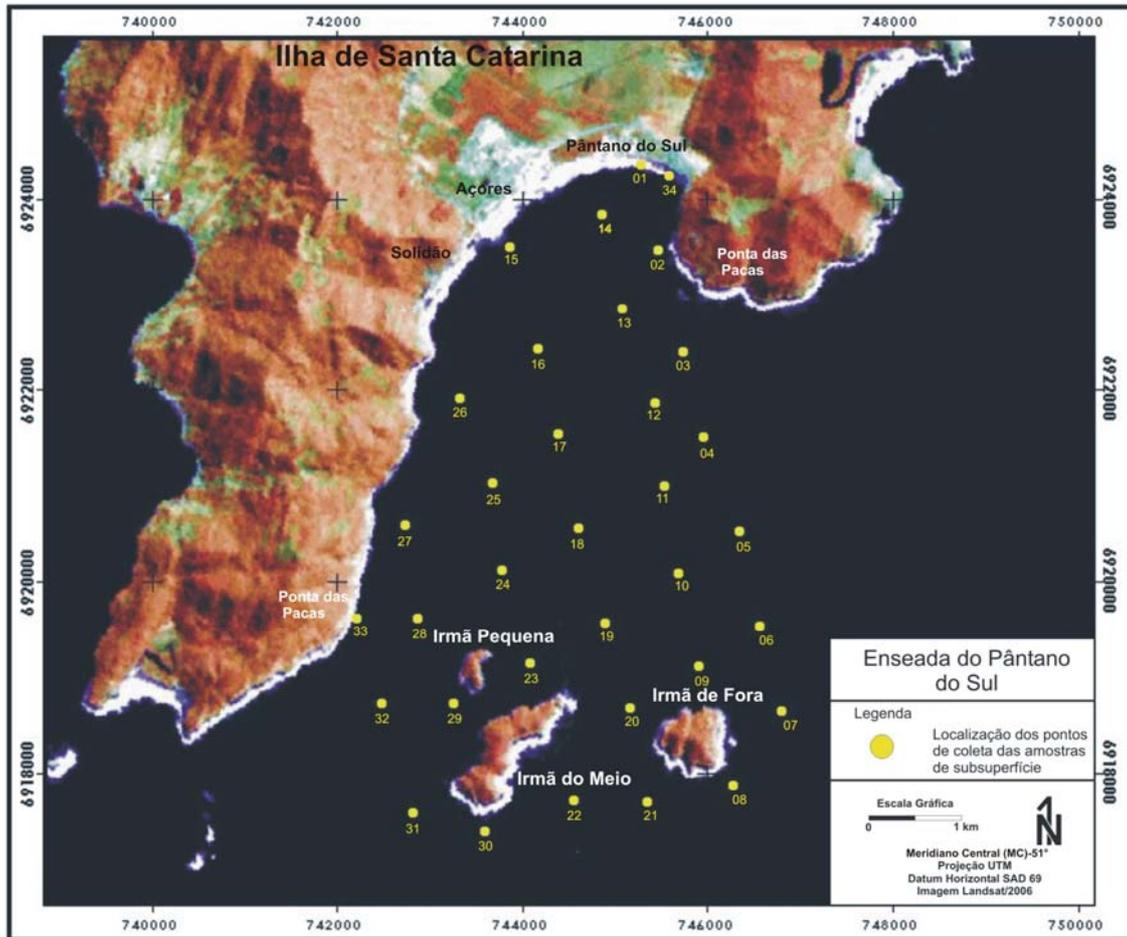


Figura 15. Mapa de localização das amostras de fundo coletadas na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul.

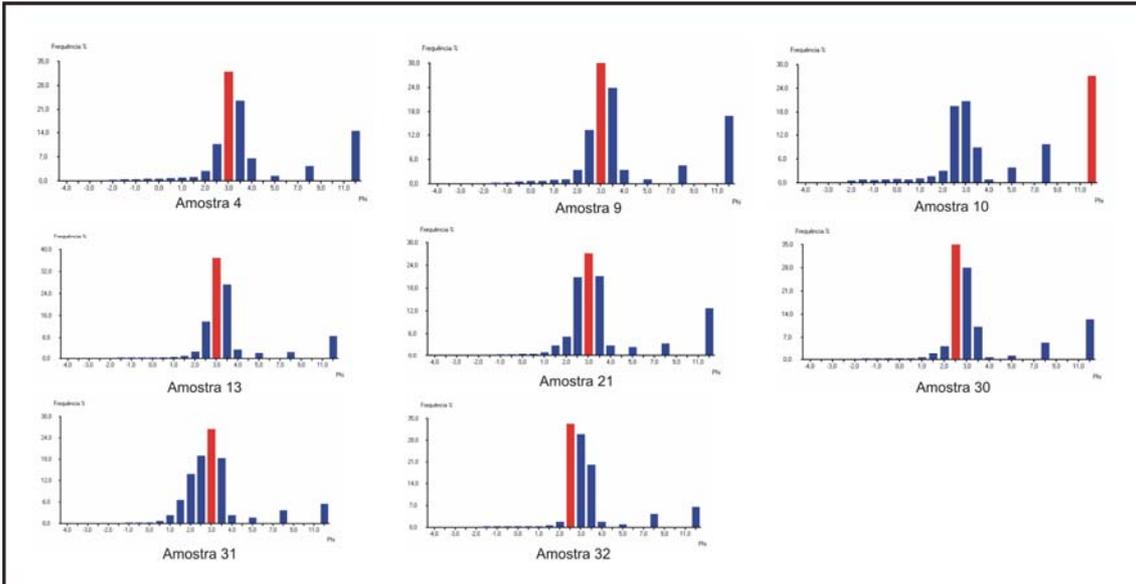


Figura 16. Histogramas com a ocorrência de sedimentos finos.

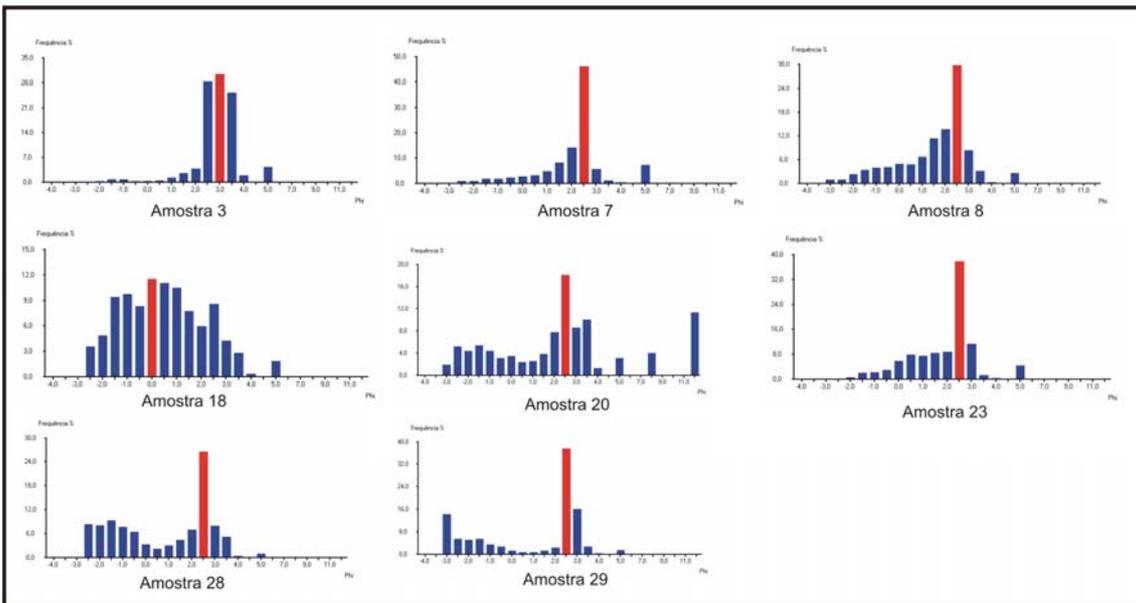


Figura 17. Histograma com a ocorrência de sedimentos grossos.

Com a utilização do software SIGA 2.0., foram obtidos os 7 percentis e os parâmetros estatísticos segundo Folk & Ward (1957). Os parâmetros estatísticos das análises granulométricas da área de estudo estão plotados na tabela 02, onde são apresentados os valores de Diâmetro Médio (Mz), Mediana (Md), Desvio Padrão (σ_1), Assimetria (SK_1) e Curtose (K_G).

Nº	Mz	Md	σ_1	SK_1	K_G				
1	3,08	areia m. fina	3,10	0,43	bem selecionada	-0,14	ass. negativa	1,11	leptocúrtica
2	2,00	areia fina	1,94	1,39	pobrem. selecionada	-0,14	ass. negativa	1,59	muito leptocúrtica
3	2,71	areia fina	2,68	0,64	modera. selecionada	-0,02	aprox. simétrica	1,11	leptocúrtica
4	4,09	silte grosso	3,95	2,49	muito pobre. selec.	0,71	ass. muito positiva	3,64	extrem. leptocúrtica
5	2,09	areia fina	2,07	0,52	modera. selecionada	-0,30	ass. muito negativa	1,71	muito leptocúrtica
6	2,24	areia fina	2,23	0,58	modera. selecionada	0,03	aprox. simétrica	1,78	muito leptocúrtica
7	1,80	areia média	1,84	1,22	pobrem. selecionada	-0,37	ass. muito negativa	2,37	muito leptocúrtica
8	1,27	areia média	1,31	1,47	pobrem. selecionada	-0,49	ass. muito negativa	1,13	leptocúrtica
9	4,50	silte grosso	4,10	2,85	muito pobre. selec.	0,74	ass. muito positiva	3,69	extrem. leptocúrtica
10	4,92	silte grosso	4,86	3,45	muito pobre. selec.	0,68	ass. muito positiva	0,72	platicúrtica
11	2,45	areia fina	2,44	0,75	modera. selecionada	0,18	ass. positiva	1,41	leptocúrtica
12	2,72	areia fina	2,72	0,84	modera. selecionada	-0,02	aprox. simétrica	1,28	leptocúrtica
13	2,99	areia fina	3,53	1,47	pobrem. selecionada	0,46	ass. muito positiva	4,06	extrem. leptocúrtica
14	3,05	areia m. fina	2,98	0,69	modera. selecionada	-0,26	ass. negativa	1,27	leptocúrtica
15	3,11	areia m. fina	3,13	0,35	bem selecionada	-0,17	ass. negativa	1,14	leptocúrtica
16	2,98	areia fina	2,99	0,69	modera. selecionada	-0,11	ass. negativa	1,68	muito leptocúrtica
17	2,73	areia fina	2,70	0,43	bem selecionada	-0,03	aprox. simétrica	1,23	leptocúrtica
18	0,20	areia grossa	0,26	1,73	pobrem. selecionada	0,07	aprox. simétrica	0,86	platicúrtica
19	2,32	areia fina	2,22	0,41	bem selecionada	-0,03	aprox. simétrica	1,80	muito leptocúrtica
20	1,78	areia média	2,29	3,53	muito pobre. selec.	0,03	aprox. simétrica	1,47	leptocúrtica
21	3,33	areia m. fina	3,72	2,06	muito pobre. selec.	0,60	ass. muito positiva	3,48	extrem. leptocúrtica
22	2,60	areia fina	2,62	0,42	bem selecionada	0,04	aprox. simétrica	0,94	mesocúrtica
23	1,59	areia média	1,62	1,22	pobrem. selecionada	-0,50	ass. muito negativa	1,05	mesocúrtica
24	2,22	areia fina	2,07	0,7	modera. selecionada	-0,35	ass. muito negativa	2,72	muito leptocúrtica
25	2,47	areia fina	2,42	0,41	bem selecionada	0,21	ass. positiva	0,99	mesocúrtica
26	3,00	areia m. fina	2,89	0,49	bem selecionada	-0,30	ass. muito negativa	1,17	leptocúrtica
27	2,89	areia fina	2,82	0,46	bem selecionada	-0,25	ass. negativa	0,89	platicúrtica
28	0,56	areia grossa	0,64	1,82	pobrem. selecionada	-0,32	ass. muito negativa	0,49	muito platicúrtica
29	0,63	areia grossa	0,87	1,97	pobrem. selecionada	-0,69	ass. muito negativa	0,37	muito platicúrtica
30	3,56	areia m. fina	3,63	2,27	muito pobre. selec.	0,76	ass. muito positiva	3,66	extrem. leptocúrtica
31	2,59	areia fina	3,02	1,5	pobrem. selecionada	0,25	ass. positiva	2,59	muito leptocúrtica
32	2,77	areia fina	3,27	1,35	pobrem. selecionada	0,47	ass. muito positiva	3,17	extrem. leptocúrtica
33	2,78	areia fina	2,62	0,66	modera. selecionada	-0,34	ass. muito negativa	1,67	muito leptocúrtica
34	3,23	areia m. fina	3,21	0,46	Bem selecionada	-0,03	aprox. simétrica	1,02	mesocúrtica

Tabela 2. Tabela dos parâmetros estatísticos das análises granulométricas da enseada do Pântano do Sul.

5.1.1. – Diâmetro Médio

A distribuição do Diâmetro Médio da enseada do Pântano do Sul mostra a predominância de sedimentos da classe areias, representadas na granulometria de areias muito finas a finas (4 a 3 ϕ) e, areias médias a grossas (2 a 0 ϕ), conforme descritos na tabela 1.

A ocorrência principalmente de sedimentos arenosos está relacionada à elevada dinâmica da enseada do Pântano do Sul, onde maior parte de sua área está sujeita às ações decorrentes da chegada das ondulações, por estar estas contidas no limite litorâneo, principalmente as provenientes de S/SE e, também às ações dos regimes de marés.

Na figura 18 pode-se observar a distribuição dos sedimentos da classe areia fina, na porção mais interiorizada, a noroeste da enseada e também ocorrendo, juntamente com sedimentos da classe areia muito fina e pequena fração de siltes e argilas, numa área perpendicular à linha de costa, entre a ponta do Marisco ao Norte da ilha Irmã de Fora. A deposição de sedimentos mais finos, nessa porção da enseada, se deve principalmente pelo fato da mesma se encontrar no limite oceânico e consequentemente não sofrem as ações de movimentação dos grãos pelas ondas.

Os sedimentos das classes das areias médias, de acordo com o mapa de Distribuição do Diâmetro Médio (Figura 18), encontram-se distribuídos predominantemente no sentido de SO/NE. Já as frações mais grossas dos sedimentos de fundo encontram-se nas proximidades das ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio e também se distribuindo em sentido NE em direção ao centro da enseada.

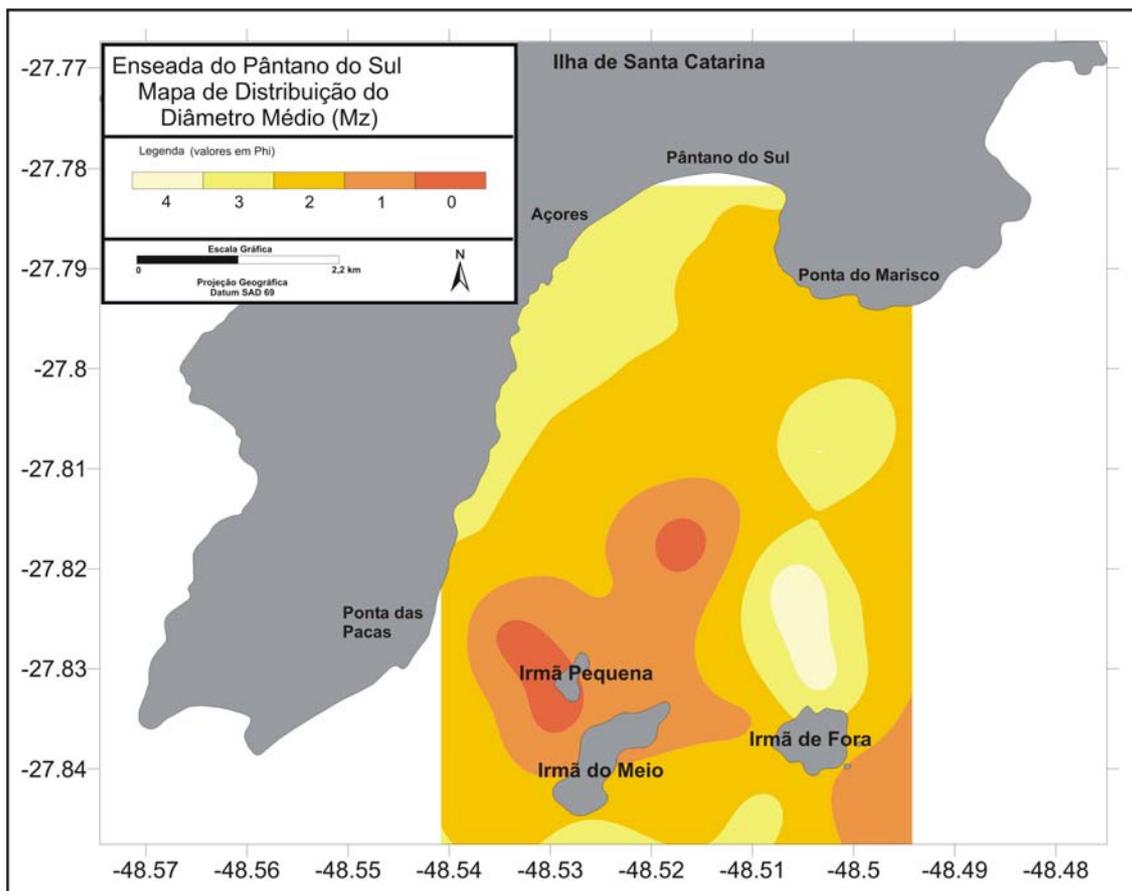


Figura 18. Mapa de distribuição do Diâmetro Médio (Mz) em phi (ϕ), da enseada do Pântano do Sul

5.1.2. – Desvio Padrão

A distribuição do Desvio Padrão apresenta uma classificação de muito pobremente selecionada a bem selecionada para a classe predominante das areias.

Na porção mais interiorizada da enseada, mais próximo às praias, os valores de Desvio Padrão apresentam-se de moderadamente bem selecionados a bem selecionados, indicando uma maior seletividade dos agentes transportadores (Figura 19).

Nas proximidades da ilha Irmã de Fora e em direção ao norte da mesma, os valores de Desvio Padrão aumentam apresentando-se de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado, coincidindo também com os limites litorâneos e oceânicos conforme a equação de Hallermeier (1981). Esses valores elevados de Desvio Padrão também são encontrados nas proximidades da ilha Irmã Pequena e Irmã Maior, apresentando-se pobremente selecionado (Figura 19).

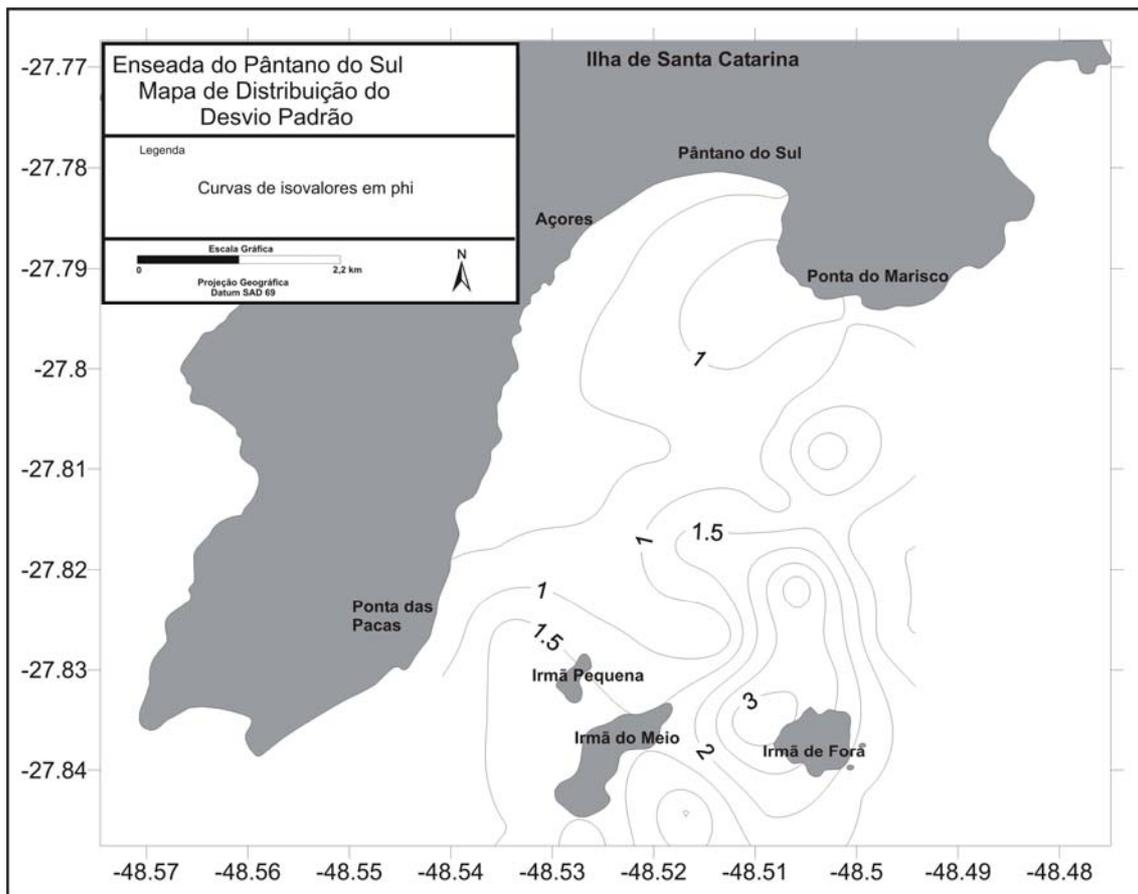


Figura 19. Mapa de distribuição dos valores de Desvio Padrão

5.1.3. – Assimetria (SK_1)

Os valores de Assimetria (SK_1), para grande parte dos sedimentos da área de estudo, apresentaram valores médios com tendência para assimetria negativa (Gráfico 1).

As amostras da classe de sedimentos de diâmetro médio areia muito fina apresentaram valores médio de assimetria de aproximadamente simétrica a muito negativa e, em alguns pontos assimetria muito positiva (Gráfico 1).

A classe de sedimentos com diâmetro médio representado pelas areias finas apresentaram assimetria variando, predominantemente, de assimetria muito negativa a aproximadamente simétrica, ocorrendo também em alguns pontos assimetria positiva a muito positiva (Gráfico 1).

Os sedimentos mais grossos, representados pelas classes de areia média e areia grossa, presentes na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul apresentaram valores de assimetria variando de muito negativa a aproximadamente simétrica (Gráfico 1).

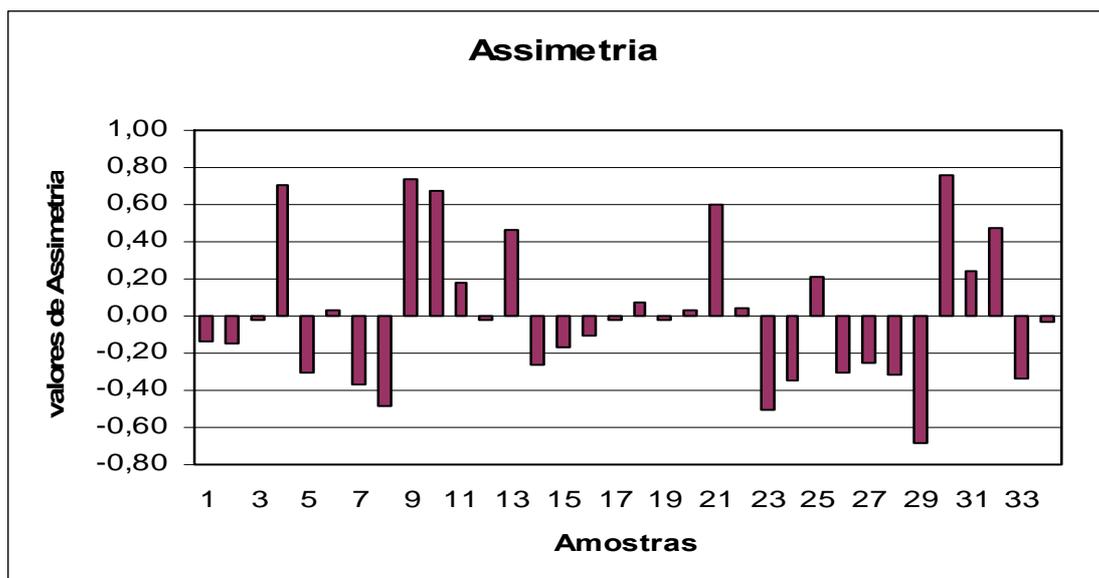


Gráfico 1. Valores da Assimetria (SK_1) para as amostras da enseada do Pântano do Sul, segundo Folk & Ward (1957).

Segundo Cronan (1972), os valores de assimetria negativa indicam ambientes com um regime erosivo ou de não deposição e, os valores de assimetria positiva estão relacionados à ambientes com regimes deposicionais.

De acordo com os valores estatísticos de Assimetria (SK_1), segundo Folk & Ward (1957), na porção mais a Oeste, ao longo do canal secundário, os valores de assimetria são negativos e nas proximidades das ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio, os valores são de assimetria muito negativa. Esses valores indicam uma região de elevada dinâmica e com tendência erosiva (Figura 20).

Na porção mais central da área de estudo, os valores de assimetria são de aproximadamente simétrica e à Leste da enseada a assimetria apresenta valores de positivo a muito positivo, indicando uma região de tendência deposicional (Figura 20). Os valores de assimetria coincidem também com os limites litorâneos e oceânicos estabelecidos de acordo com a equação de Hallermeier (1981) assim como, com os valores de distribuição de desvio padrão.

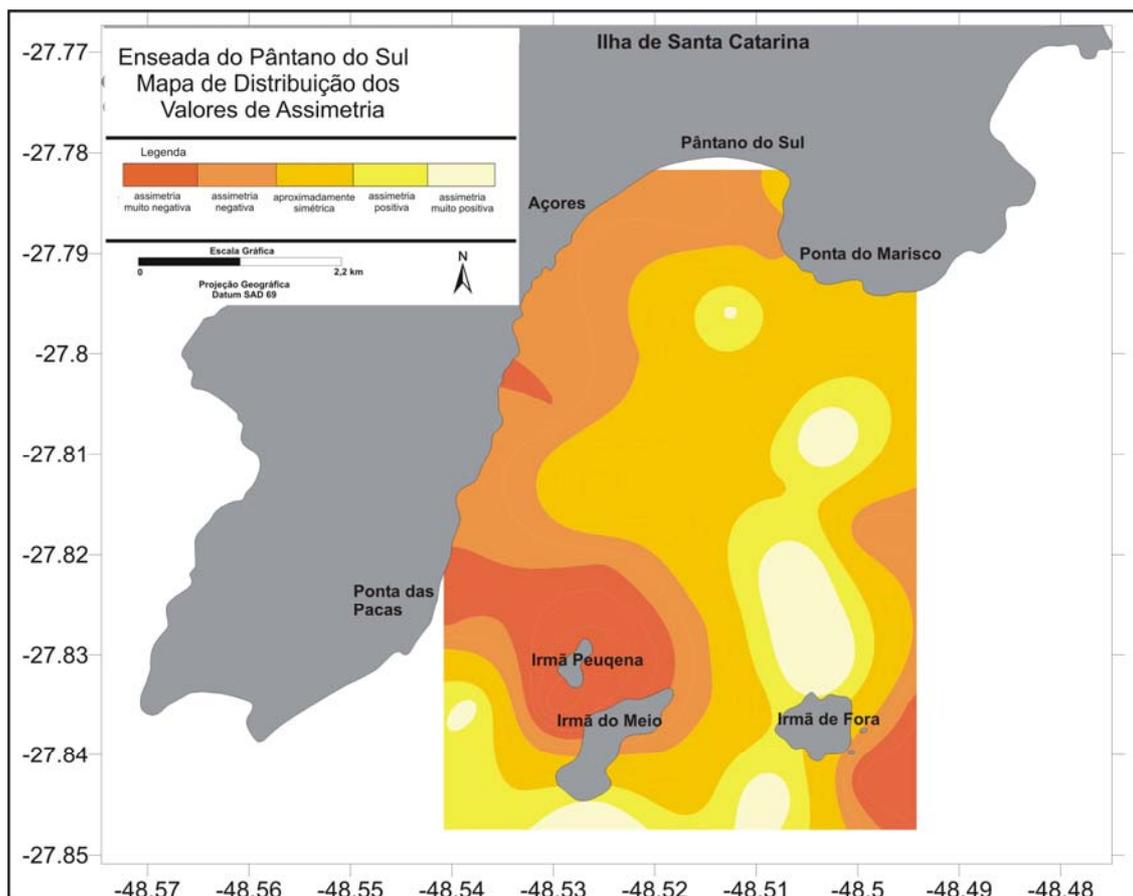


Figura 20. Mapa de distribuição dos valores de Assimetria (SK_1).

5.1.4. – Curtose (K_G)

De acordo com o gráfico 2, os valores de curtose (K_G), para a área de estudo, apresentaram curvas variando de extremamente leptocúrticas à muito platicúrtica, com uma tendência para as curvas leptocúrticas, sendo que 17,6% das amostras apresentaram curvas extremamente leptocúrticas, localizadas na porção mais a NE e nas proximidades da ilha Irmã de Fora.

Do total amostrado 26,4% apresentaram curvas muito leptocúrticas e 29,4% curvas leptocúrticas. Esses valores demonstram um bom selecionamento dos grãos presentes na plataforma continental interna

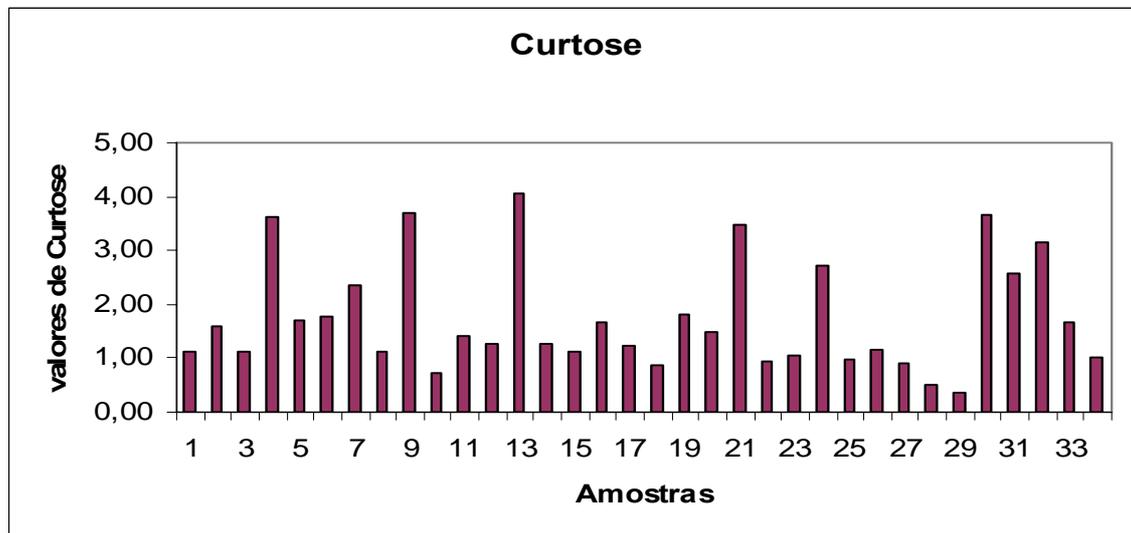


Gráfico 2. Valores de Curtose para as amostras da enseada do Pântano do Sul.

5.2. – Distribuição das classes sedimentares de acordo com Wentworth (1922)

5.2.1. Distribuição da classe areia

Conforme visto anteriormente, a classe sedimentar dominante na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul é a arenosa (Figura 21).

Observa-se na figura 21, que na porção Oeste da enseada, ao longo da linha de costa, as porcentagens de sedimentos arenosos são de 98%. Esse domínio da classe arenosa também se estende mar adentro na região adjacente a porção sul da praia da Solidão. Também se encontram elevados valores de frequência da classe arenosa no canal principal à Sudeste da enseada. A predominância do sedimento arenoso, nessas porções da enseada, evidencia a elevada energia atuante na área, ressaltando o padrão altamente seletivo dos agentes transportadores.

A área que abrange a porção centro norte da plataforma continental interna, possui uma frequência da classe arenosa em torno de 88%, com algumas manchas isoladas, apresentando valores em torno de 78%. Essa frequência da classe arenosa sofre um decréscimo nas proximidades das ilhas Três Irmãs devido a ocorrência de outras classes sedimentares, tanto mais grossas, quanto mais finas (Figura 21). Porém mesmo com a ocorrência de outras classes sedimentares, os valores de frequência da classe arenosa são elevados.

Os menores valores encontrados para a frequência da classe arenosa foram de 58%, nas proximidades e ao Norte da ilha Irmã de Fora e, nas proximidades ao Nordeste da ilha Irmã Pequena (Figura 21).

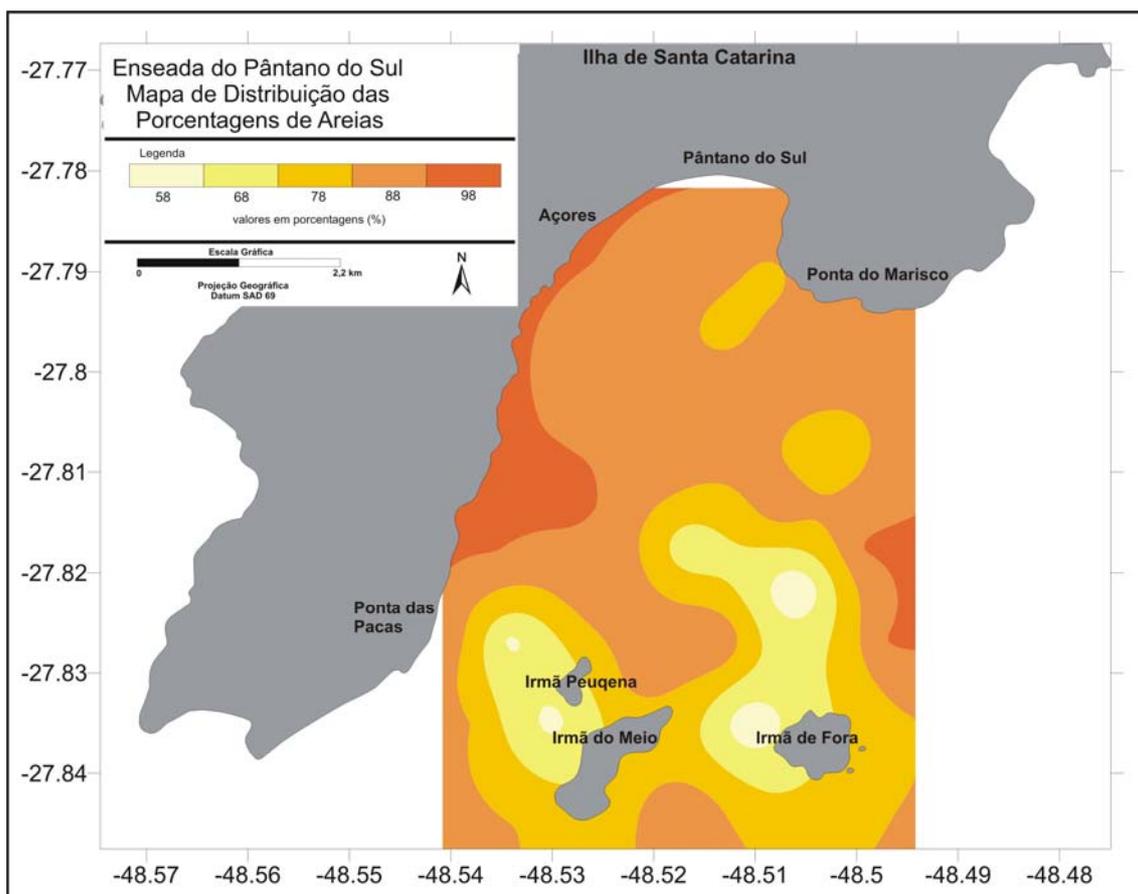


Figura 21. Mapa de distribuição das porcentagens da classe arenosa, segundo Wentworth (1922).

5.2.2. Distribuição da classe silte

A ocorrência dos sedimentos silticos não ultrapassou os 12%, sendo predominante a sua frequência em torno dos 3 a 6% (Figura 22).

Os maiores valores de frequência de siltes, de 9 a 12%, na plataforma continental interna se encontram em restritas manchas nas proximidades e ao Norte da ilha Irmã de Fora (Figura 22).

A frequência média de 3% de silte, se encontra na porção Sul das ilhas Três Irmãs e estende-se ao Norte, em direção à Ponta do Marisco. Ocorre um aumento da distribuição da frequência de 3% de silte nas áreas adjacentes ao arco praiial Pântano do Sul-Açores (Figura 22).

Mesmo apresentando valores baixos de frequência, a classe dos sedimentos silticos encontra-se distribuída em uma boa parcela da porção Norte da enseada, como também da porção Sul. Ocorre em uma faixa de orientação norte-sul, na área de menor efeito de mobilidade sedimentar do fundo, ocasionado pela ação das ondas.

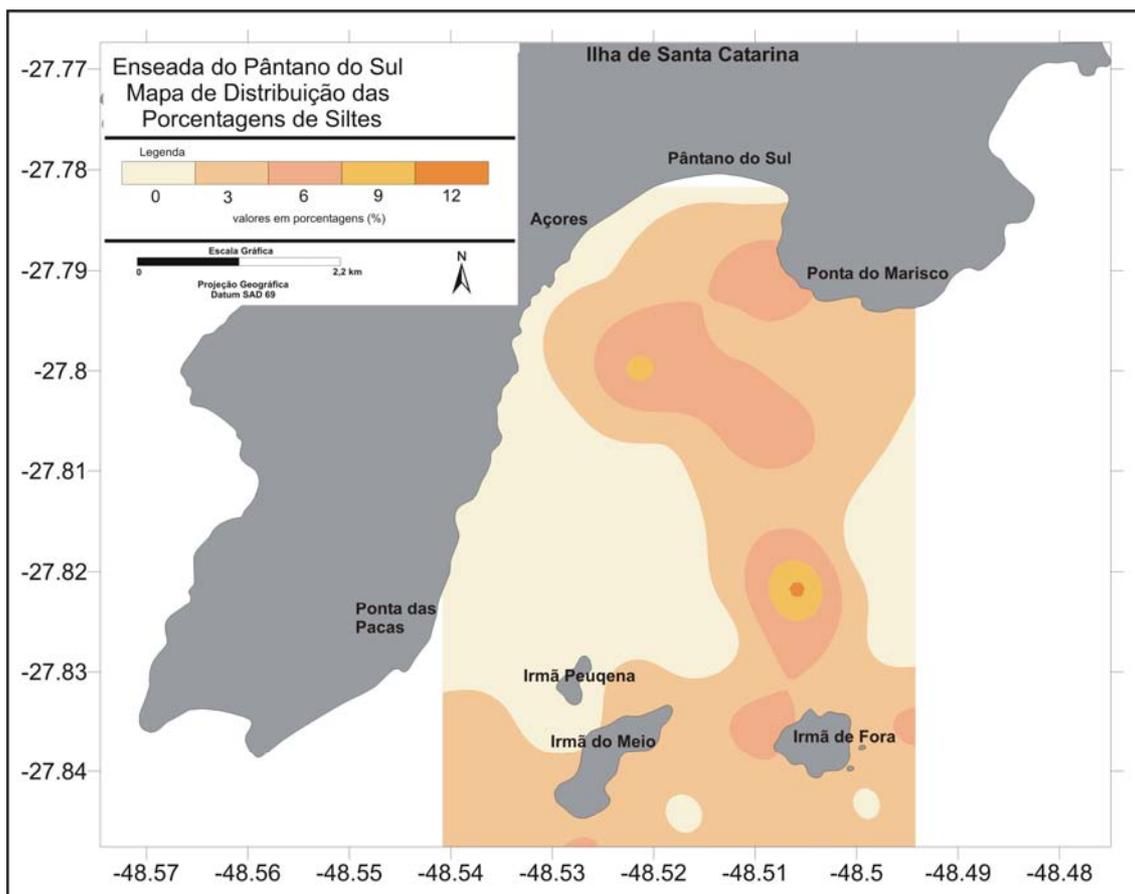


Figura 22. Mapa de distribuição das porcentagens da classe silte, segundo Wentworth (1922).

5.2.3. Distribuição da classe argila

A classe argilosa dos sedimentos de fundo da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul se encontra numa estreita faixa que se estende em direção Norte a partir da ilha Irmã de Fora (Figura 23).

Os valores médio de frequência da classe argilosa foram de 6 a 12% (Figura 23) e, sua distribuição, juntamente com a classe dos siltes, está coincidente com a linha de divisão da profundidades de fechamento, de acordo com as equações de Hallermeier (1982).

O relevo de fundo da plataforma continental interna apresenta uma pequena elevação a *offshore*, na porção sudeste conforme visto no perfil H-H' da figura (10-IV), onde essa feição favorece a deposição das classes mais finas dos sedimentos.

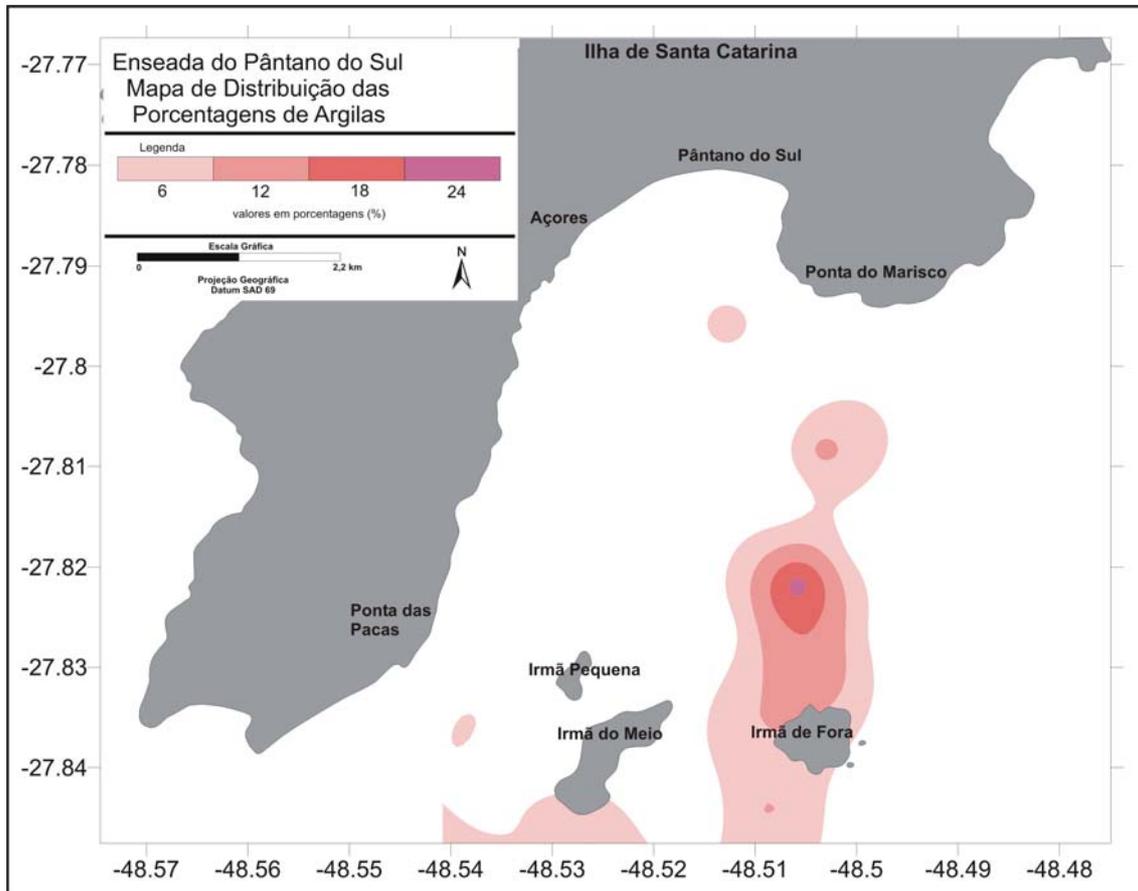


Figura 23. Mapa de distribuição das porcentagens da classe argila, segundo Wentworth (1922).

5.3. – Distribuição de Carbonatos

Os sedimentos de fundo da enseada do Pântano do Sul apresentaram elevados teores de carbonatos, com valores médios de 13,82%. Os maiores teores de carbonatos estão relacionados aos fragmentos de conchas que compõem a classe cascalho dos sedimentos de fundo (Figura 24).

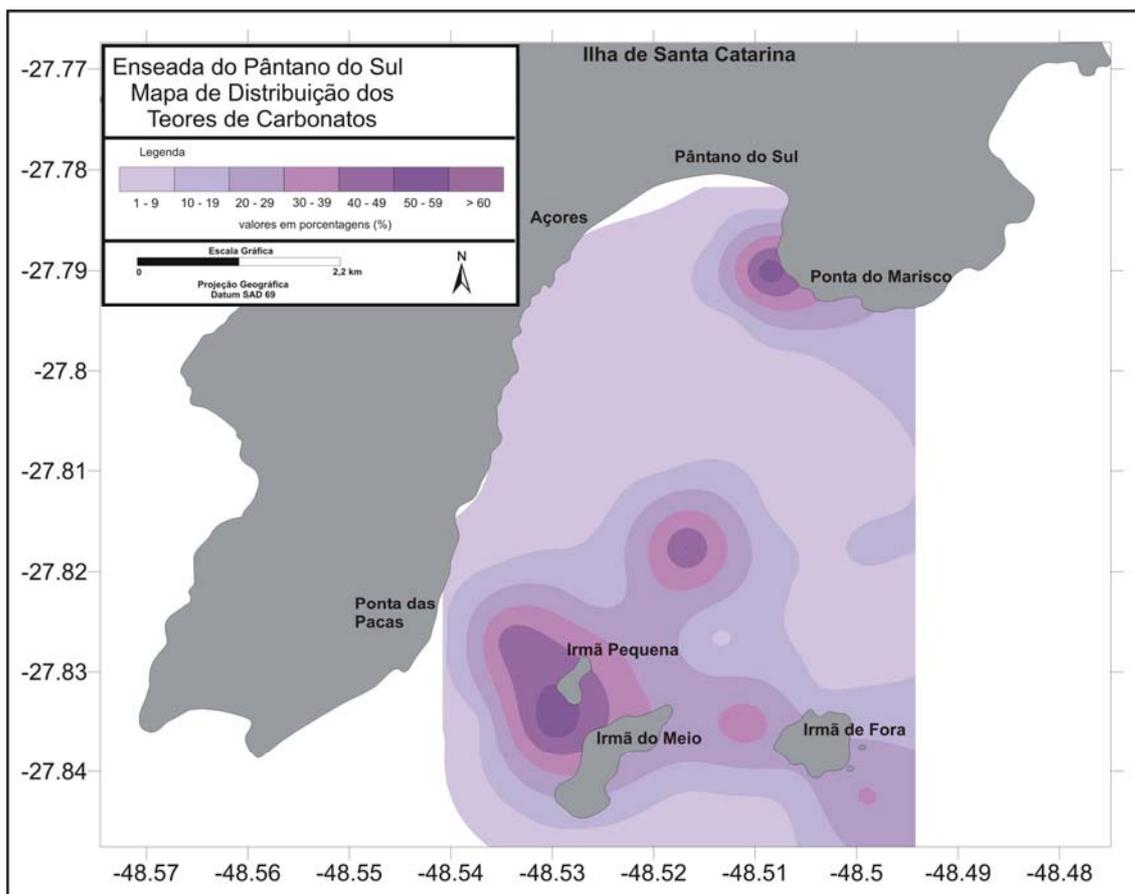


Figura 24. Mapa de distribuição dos teores de carbonatos.

Os teores de carbonatos aumentam nas proximidades das ilhas Três Irmãs, se estendendo por uma faixa no sentido SE-NO. Elevados valores de carbonatos estão dispostos entre as ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio e na porção mais central da plataforma continental interna, ao Norte dessas ilhas (Figura 24). Os valores elevados de carbonatos estão associados a fragmentos de conchas caracterizando a classe cascalho dos sedimentos de fundo. Para os sedimentos cascalhosos de fundo localizados nessas proximidades das ilhas Três Irmãs e na porção central da plataforma continental interna, os fragmentos de conchas encontram-se mais conservados.

Outra região de elevados valores dos teores de carbonatos é encontrada na porção Nordeste da enseada, nas proximidades da Ponta do Marisco. Diferentemente dos fragmentos de conchas encontrados na porção mais ao sul da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul, esses depósitos carbonáticos encontram-se mais fragmentados.

5.4. – Distribuição dos Teores de Matéria Orgânica

A distribuição de matéria orgânica apresentou valores relativamente baixos, com uma média de 1,5%. O valor médio de matéria orgânica encontra-se distribuído em uma faixa que abrange a porção mais a leste da plataforma continental interna e com direcionamento S-N. Tanto no extremo Norte da distribuição, quanto no extremo Sul, há um aumento dos teores de matéria orgânica e também da área de distribuição (Figura 25).

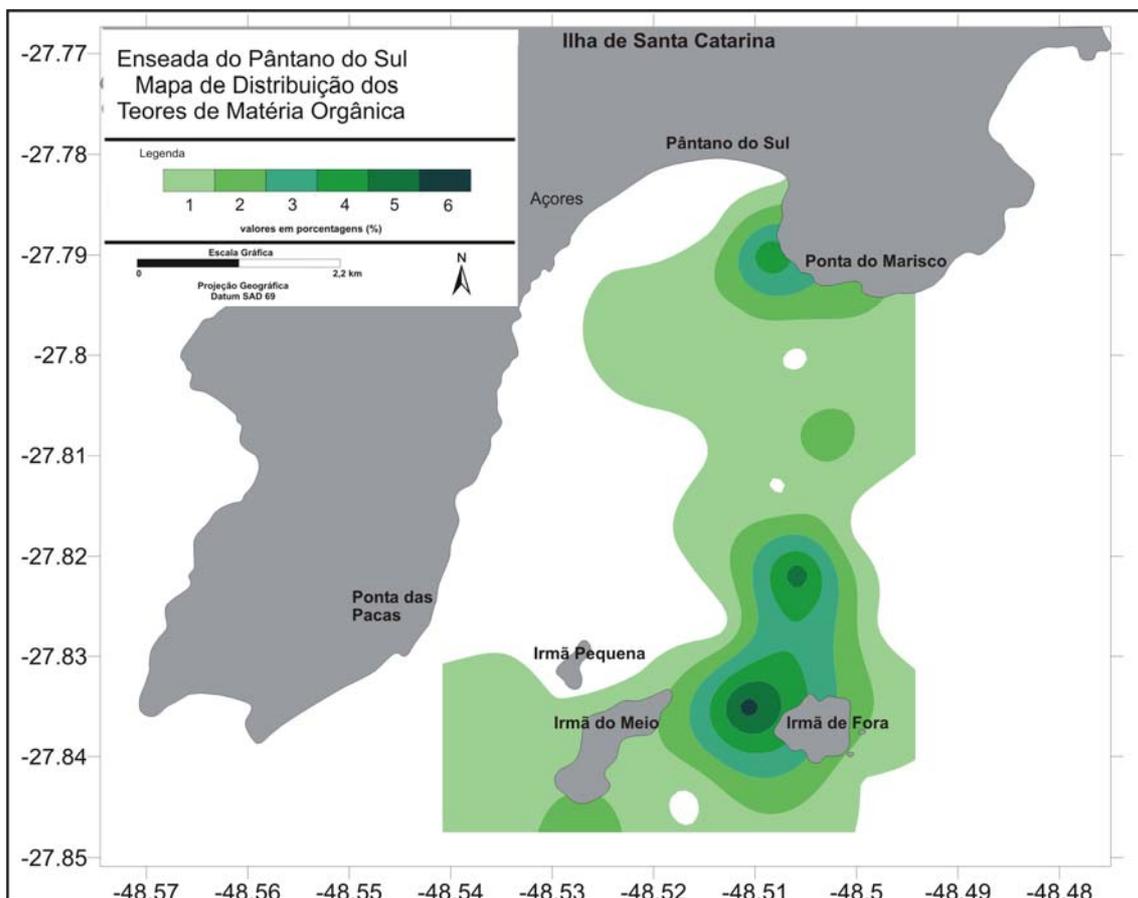


Figura 25. Mapa de distribuição dos teores de matéria orgânica.

As maiores freqüências encontradas na enseada está associada a distribuição dos sedimentos finos (silte e argila). Nas regiões onde houve as maiores freqüências do sedimento da classe argila, também foi encontrado os maiores valores de matéria orgânica da plataforma continental interna que foi de 6% (Figura 25).

5.5. – Distribuição dos Teores de Minerais Pesados

A porcentagem de minerais pesados, presentes na classe 3-4 phi, da enseada do Pântano do Sul, apresentou valores médios de 6,6%. Os maiores valores encontrados, na classe 3-4 phi, foram de 48%, na porção NE da enseada (Figura 26), no setor I, conforme divisão setorial demonstrada na figura 13.

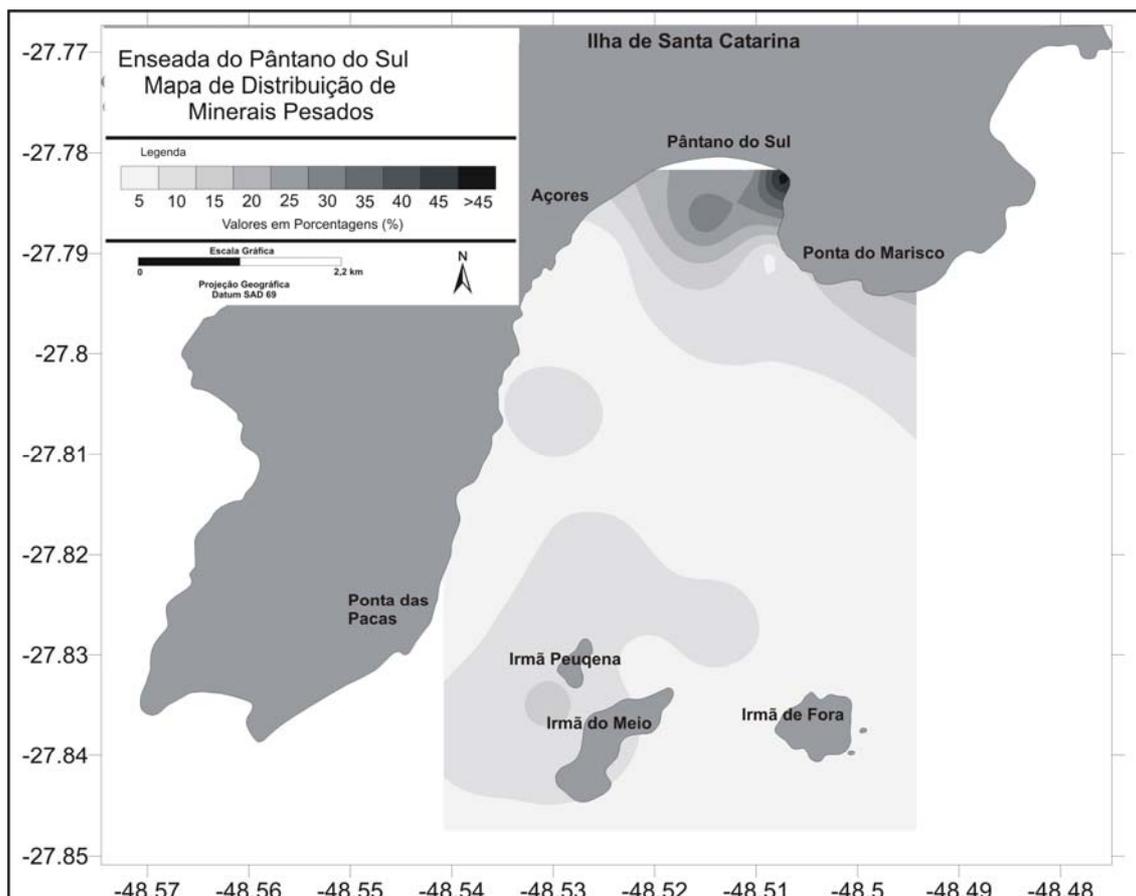


Figura 26. Mapa de distribuição dos teores de minerais pesados na classe 3-4 phi.

Nas proximidades das ilhas Irmã do Meio e Irmã Pequena e ao Norte das mesmas, na porção mais central da plataforma continental interna, os valores de minerais pesados na classe 3-4 phi sofre um incremento, passando a apresentar valores de 10 a 15% (Figura 26). Esse aumento, na concentração de minerais pesados no sedimento, associados também com o incremento dos teores de carbonatos para a mesma área, está relacionado a presença de um terraço marinho formado em períodos de estabilização do nível médio do mar, durante a transgressão marinha Holocênica.

Estudos têm revelado que os sedimentos encontrados em terraços marinhos apresentam camadas de cascalho bioclástico e concentrações de minerais pesados, os quais evidenciam paleoníveis de estabilização da linha de costa, durante o processo transgressivo (Corrêa et. al., 1996 a, b; Corrêa, 1990 a, b; Corrêa et. al. 1992).

5.6. – Classificação Textural das Amostras

5.6.1. – Classificação Textural de Shepard (1954)

As amostras da enseada do Pântano do Sul, quando plotadas no diagrama triangular de Shepard (1954), apresentaram basicamente três fácies sedimentares: fácies areia; fácies areia lamosa e fácies areia cascalhosa (Figura 27).

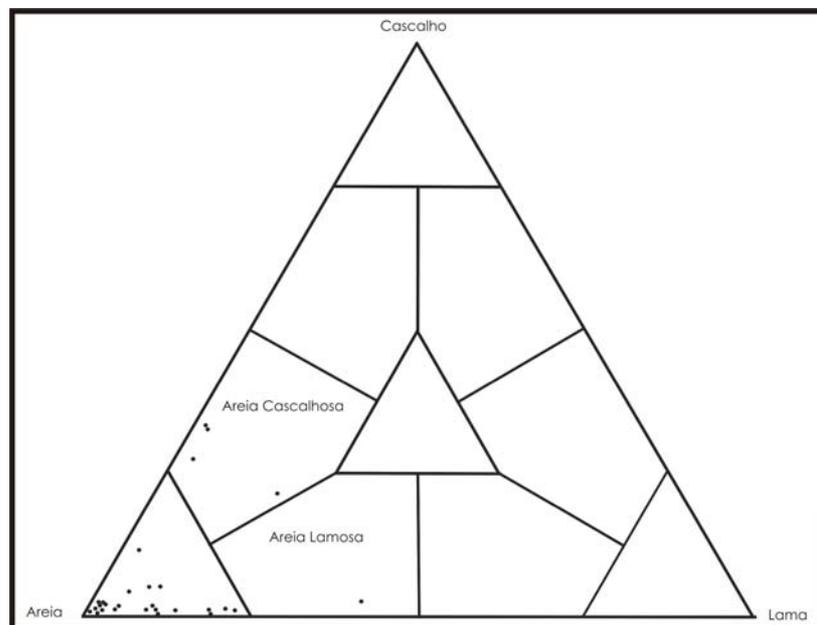


Figura 27. Triângulo textural de Shepard (1954) para a enseada do Pântano do Sul.

As fácies arenosas estão distribuídas ao longo de toda enseada, sendo mais representativa na porção centro-norte. A fácies areia lamosa está presente na porção sudeste da enseada e encontra-se distribuída de forma mais restrita. A fácies areia cascalhosa encontra-se distribuídas ao longo das ilhas Três Irmãs e em direção à porção central da área de estudo. Também foi observado a presença de areia cascalhosa distribuída transversalmente ao costão da ponta do Marisco, na porção mais ao leste da enseada (Figura 28).

Conforme visto anteriormente, as condições hidrodinâmicas na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul são muito significativas a qual, pode ser observada pelas fácies sedimentares classificadas segundo Shepard (1954). A predominância de um sedimento arenoso com presença de sedimentos mais grossos evidenciam a elevada energia presente na região.

Os sedimentos lamosos são quase que ausentes de acordo com a classificação de Shepard (1954), porém encontra-se uma pequena área com essa classe textural (Figura 28). A ocorrência desse sedimento lamoso está, de acordo com a divisão litorânea-oceânica de Hallermeier (1981), situada na porção oceânica da plataforma continental interna e sua presença denota o menor efeito hidrodinâmico para essa porção da enseada.

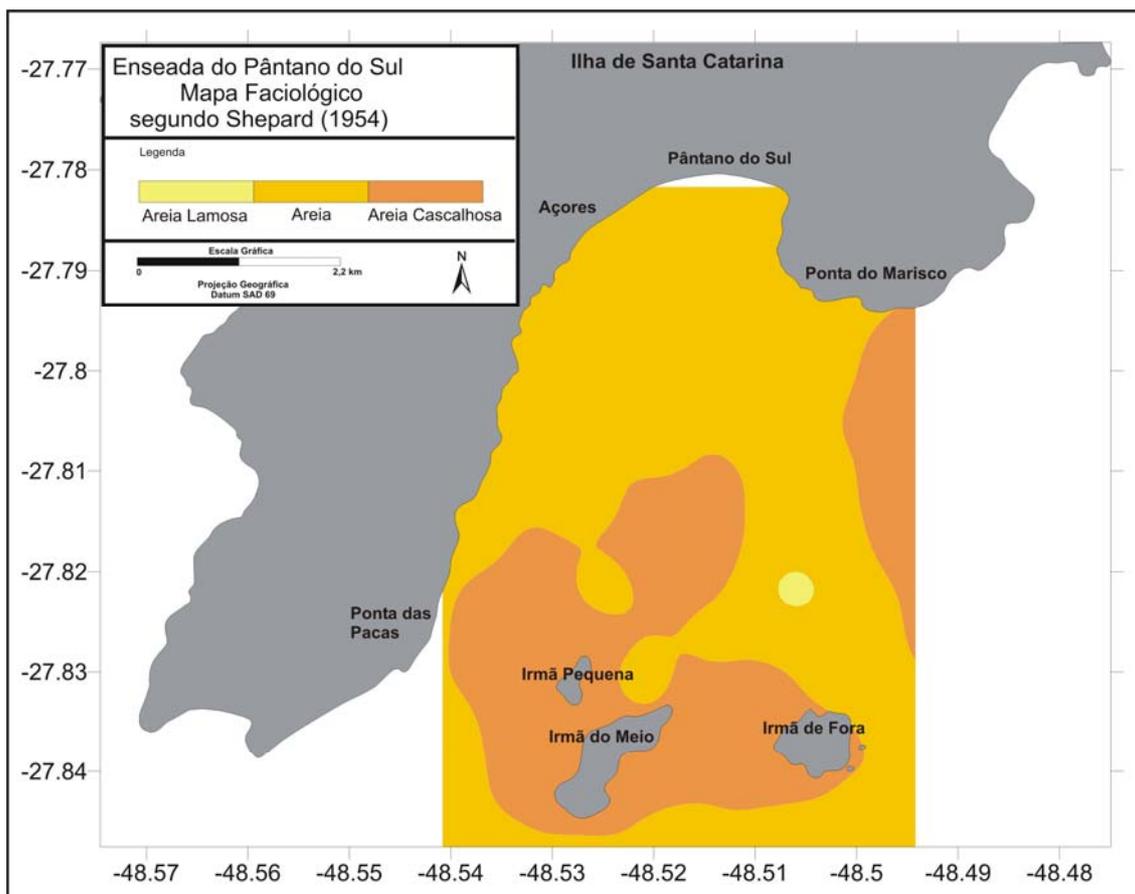


Figura 28. Mapa Faciológico de acordo com a classificação textural de Shepard (1954).

5.6.2. – Classificação Textural segundo Dias (1996)

As amostras da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul apresentaram elevados valores de carbonatos, em consequência desses valores foi adotado a classificação textural de acordo com Dias (1996), modificado de Larsonneur (1977).

De acordo com essa classificação, foram encontrados cinco litofácies: a litofácies areia litoclástica fina a muito fina, a litofácies areia litobioclástica fina a muito fina, a litofácies areia biolitoclástica fina a muito fina, a litofácies areia litobioclástica com grânulos e a litofácies areia biolitoclástica com grânulos (Figura 29).

Na porção mais central da plataforma continental interna e nas proximidades das ilhas Três Irmãs é que se encontram as litofácies areia litobioclástica com grânulos e areia biolitoclástica com grânulos (Figura 29). Essa localização das litofácies mais grossas é coincidentes com a isobata de 15m que evidencia a presença de um terraço marinho nessa área. Também encontra-se na porção mais a Nordeste, nas proximidades da ponta do Marisco, litofácies com maiores teores de carbonatos, tais como as litofácies areia litobioclástica fina a muito fina e areia biolitoclástica fina a muito fina.

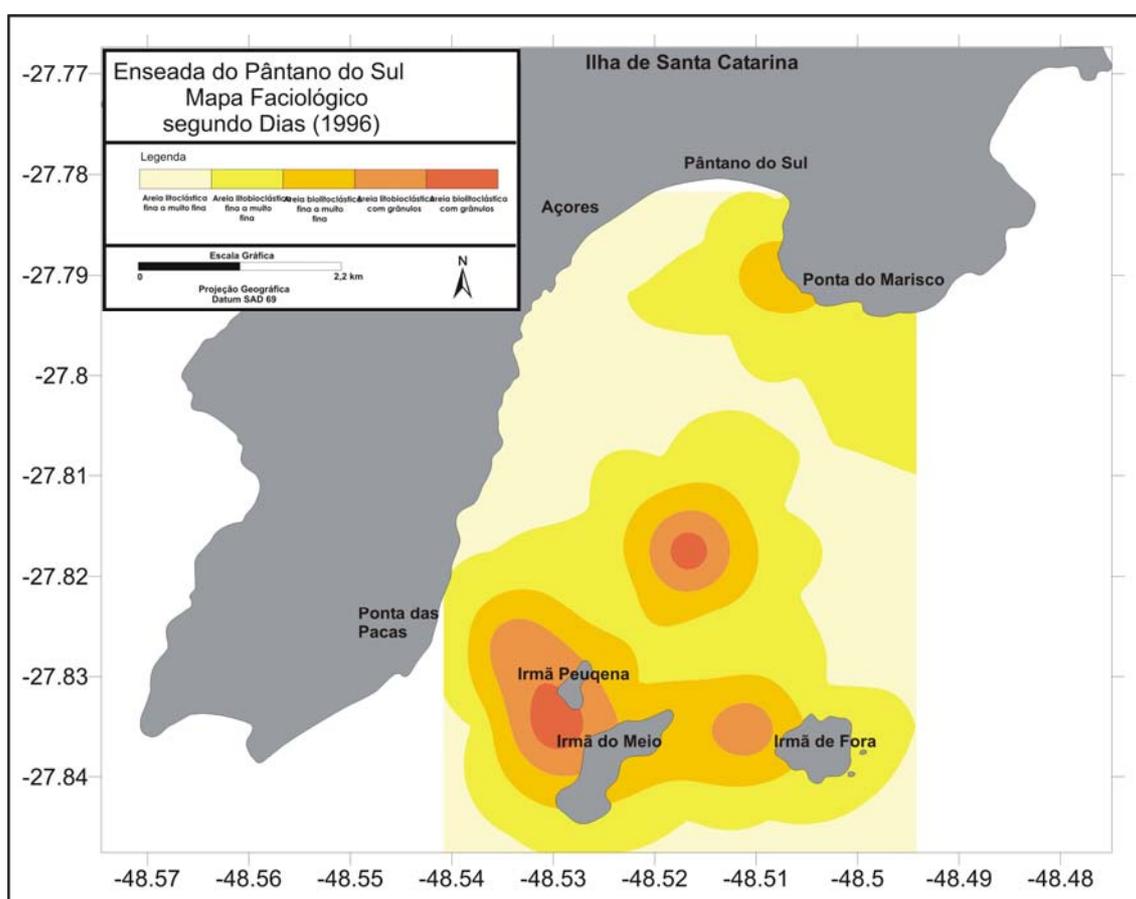


Figura 29. Mapa Faciológico de acordo com a classificação textural de Lassouner modificado por Dias (1993)

5.7. – Arredondamento e Esfericidade

Em relação às características morfoscópias dos sedimentos, os mesmos apresentaram uma textura polida, característica de sedimentos predominantemente marinhos e valores de arredondamento (Figura 30), variando de anguloso à subarredondado segundo Shepard (1967). Os maiores valores de arredondamento dos grãos estão distribuídos em uma faixa que se estende a partir do extremo SO em sentido à NE, até à Ponta do Marisco. Já os sedimentos mais angulosos foram observados próximos à região adjacente à Praia dos Açores (Figura 30). Os valores de arredondamento mais angulosos estão relacionados aos sedimentos da classe areia muito fina, enquanto que os valores de arredondamento mais subarredondados estão relacionados as classes de areias finas a médias (Wentworth, 1922).

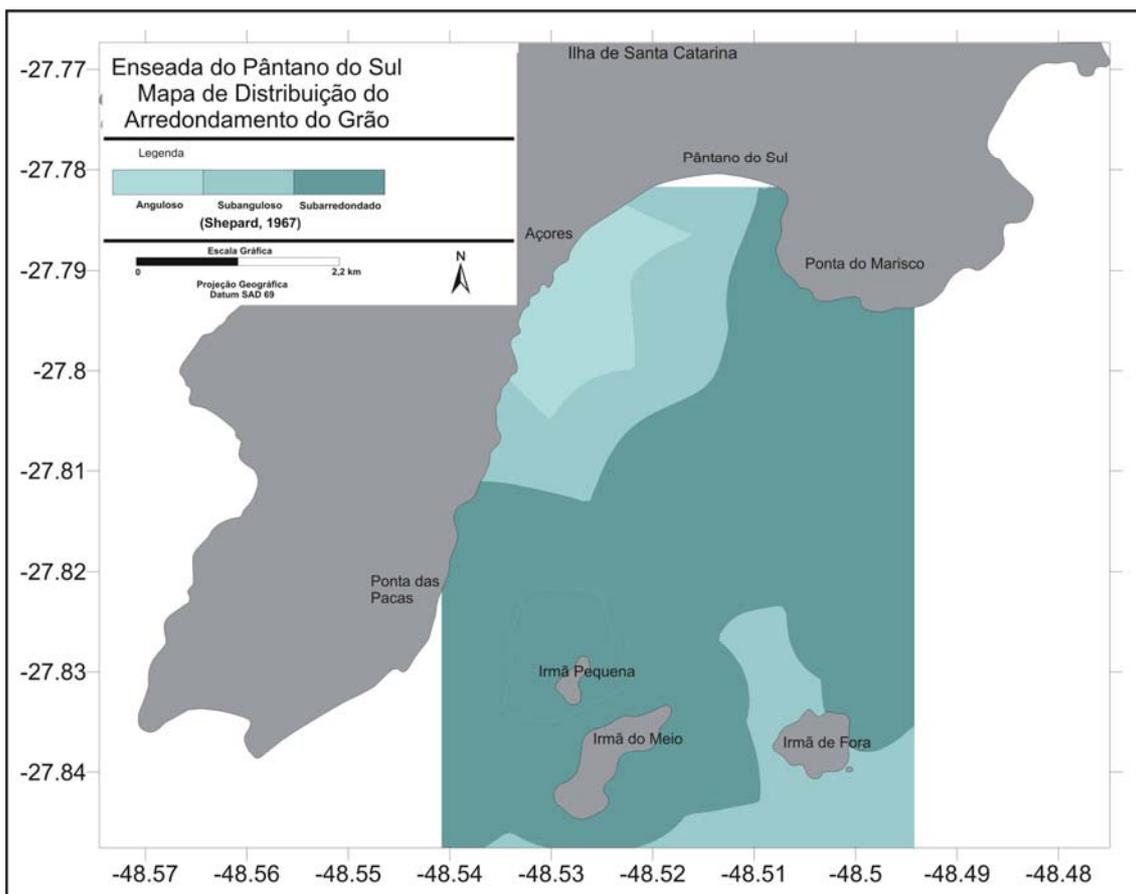


Figura 30. Mapa de Arredondamento dos Grãos da Enseada do Pântano do Sul de acordo com Shepard (1967).

Os valores de esfericidade do grão (Figura 31), apresentaram-se variando de 0,69 à 0,81 (Rittenhouse, 1943). Os maiores valores de esfericidade do grão encontram-se na porção mais externa da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul e também nas proximidades das ilhas Três Irmãs (Figura 31). Os menores valores de esfericidade do grão foram encontrados nas regiões adjacentes a porção mais ao Sul da praia do Pântano do Sul e da praia dos Açores (Figura 31).

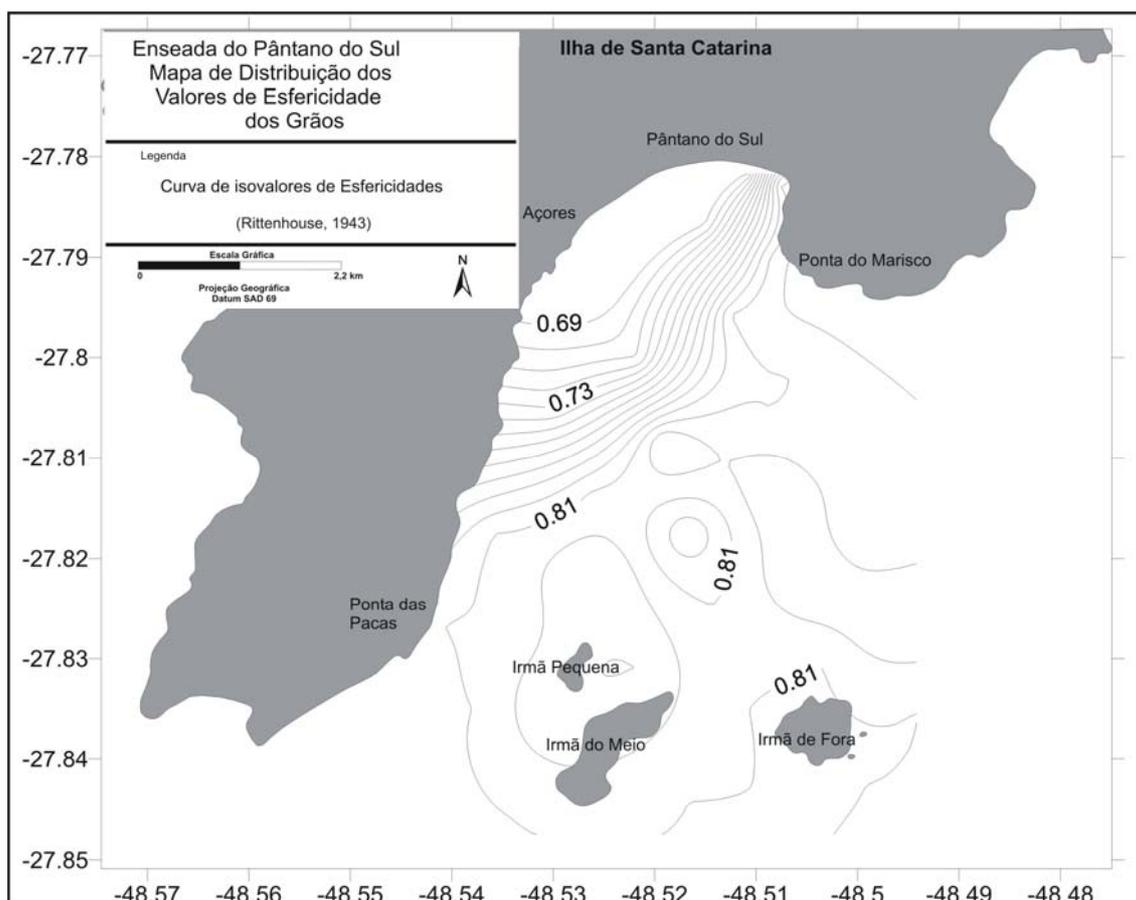


Figura 31. Mapa de Distribuição dos Valores de Esfericidade dos Grãos de acordo com Rittenhouse (1943).

A distribuição da esfericidade dos grãos acompanha a distribuição do arredondamento, nas áreas de arredondamento mais angulosos tem menor esfericidade dos grãos, estando estes associados as areias muito finas, enquanto que os de maior esfericidade associam-se os sedimentos mais bem arredondados, associados às areias médias a finas.

6 – Imageamento com Side Scan Sonar

Os levantamentos com *side scan sonar* permitiram uma melhor compreensão da complexidade das distribuições sedimentares do fundo da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul, bem como, de suas feições sedimentares presentes e das suas condições hidrodinâmicas. A área de levantamento com *side scan sonar* abrangeu as proximidades das ilhas Três Irmãs e a porção mais central da plataforma continental interna (Figura 32).

Através das imagens de fundo obtidas, foram determinadas zonas texturais de acordo com os níveis de reflectância do sinal do *side scan sonar*. Essas variações da composição do fundo observada através do levantamento com o *side scan sonar* foram associadas com os dados das amostras de sedimento de fundo.

Calliari & Abreu (1984) através de levantamentos com *side scan sonar*, na plataforma continental interna adjacente à cidade do Rio Grande-RS, identificaram quatro unidades sonográficas: corpos apresentando textura rugosa, lineamentos definidos, alta refletividade e alternância de padrões claros e escuros, representativos de fundos duros (*beach rocks*); corpos, manchas e pontos com textura granular grosseira e um retorno acústico forte representando concentrações de cascalho biodetrítico e/ou areia biodetrítica limitadas a pequenas áreas; padrões de registro com textura granular fina e baixa refletividade caracterizando fundo de areia fina e padrões com textura homogênea e alta refletividade típicos de fundos lamosos.

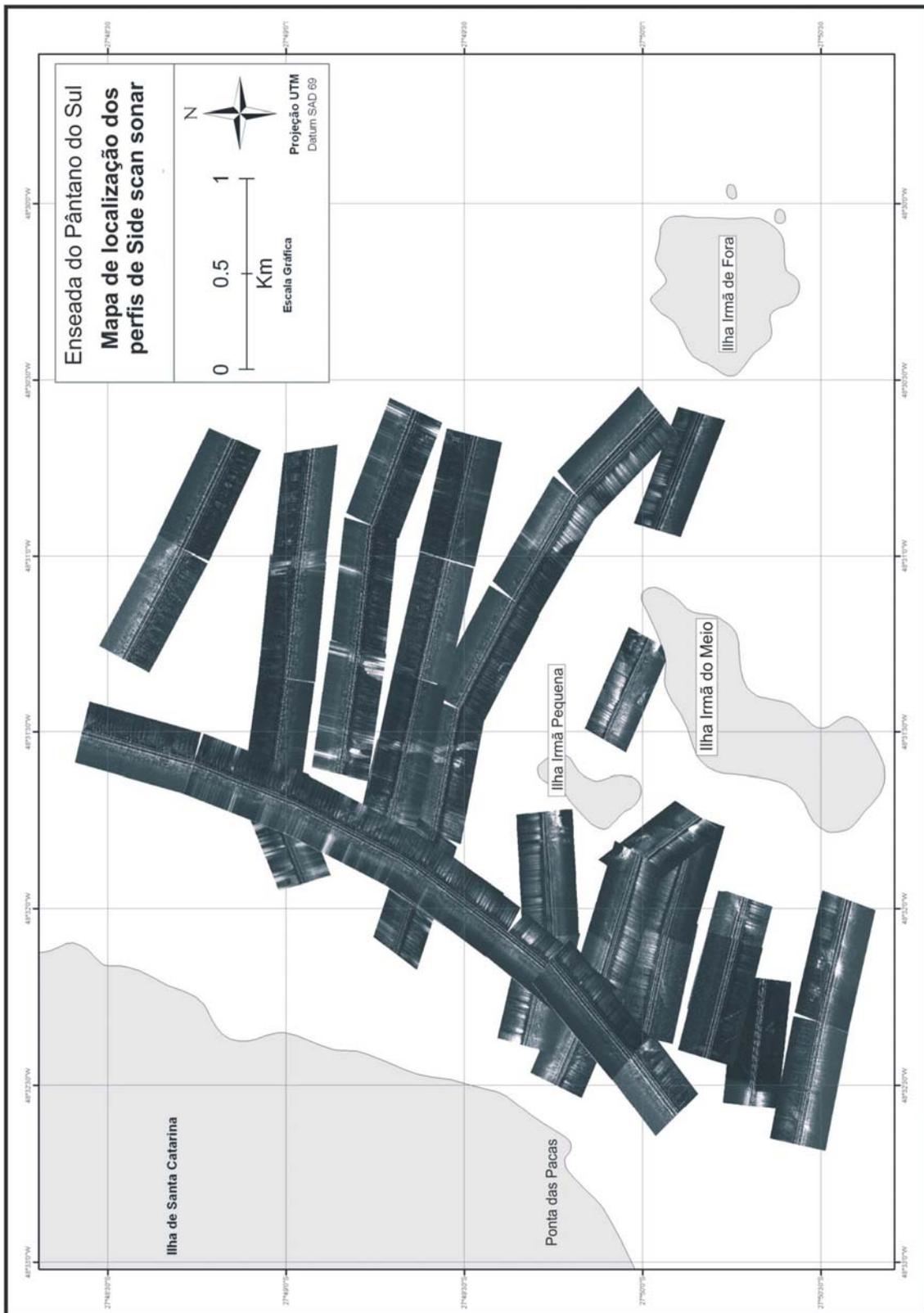


Figura 32. Mapa de localização dos perfis de *side scan sonar*.

Com os dados inerentes as coletas amostrais e os levantamentos com *side scan sonar*, foram determinados quatro níveis de reflectância: I- relacionado aos sedimentos da classe areia muito fina, caracterizados por apresentarem um baixo nível de reflectância (Figura 33); II- relacionado a classe sedimentológica areia fina, apresentando um médio nível de reflectância (Figura 34); III- relacionado aos sedimentos da classe areia média apresentando um alto nível de reflectância (Figura 35) e o IV nível caracterizado por apresentar uma textura granular, essa textura granular está associada aos sedimentos bioclásticos da classe cascalho (Figura 36).

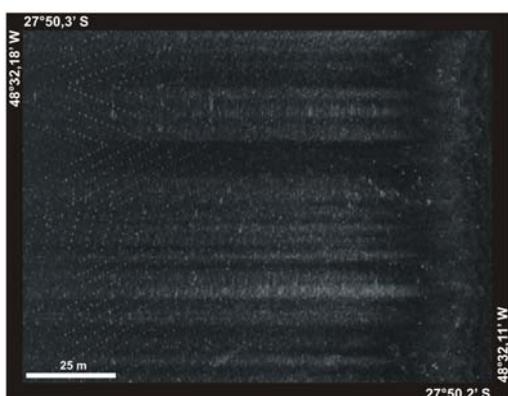


Figura 33. Zona de baixo nível de reflectância associada a sedimentos da classe areia muito fina.

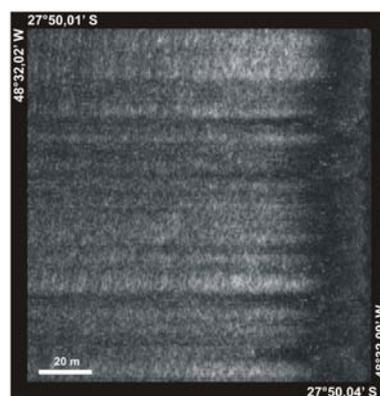


Figura 34. Zona de médio nível de reflectância associada a sedimentos da classe areia fina.

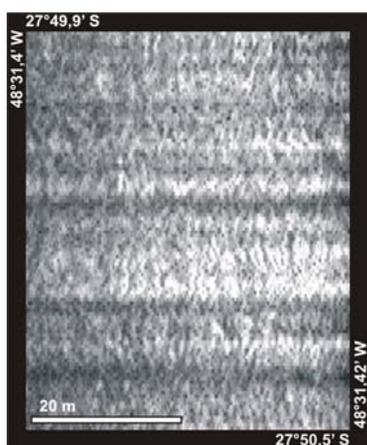


Figura 35. Zona de alto nível de reflectância associada a sedimentos da classe areia média.

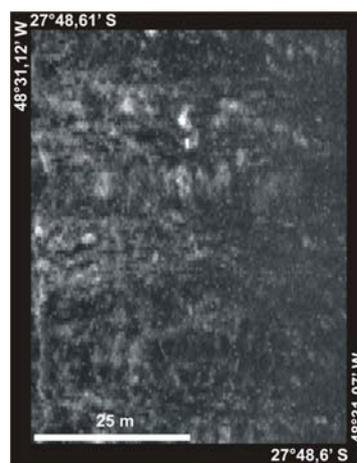


Figura 36. Zona de reflectância granular associada a sedimentos da classe cascalho.

Com a obtenção das imagens através da utilização do *side scan sonar*, foi possível observar as superposições de classes sedimentológicas que ocorrem na plataforma continental interna. As mudanças entre as classes sedimentológicas ocorrem tanto por limites bem definidos, como também, por irregularidades na distribuição que ressaltam a intensidade dos fatores hidrodinâmicos atuantes na área.

Na figura 37, localizada à NE da ilha Irmã do Meio, apresenta um limite bem definido entre as classes sedimentológicas areia fina (área mais escura) e areia média (área mais clara)(Wentworth, 1922).

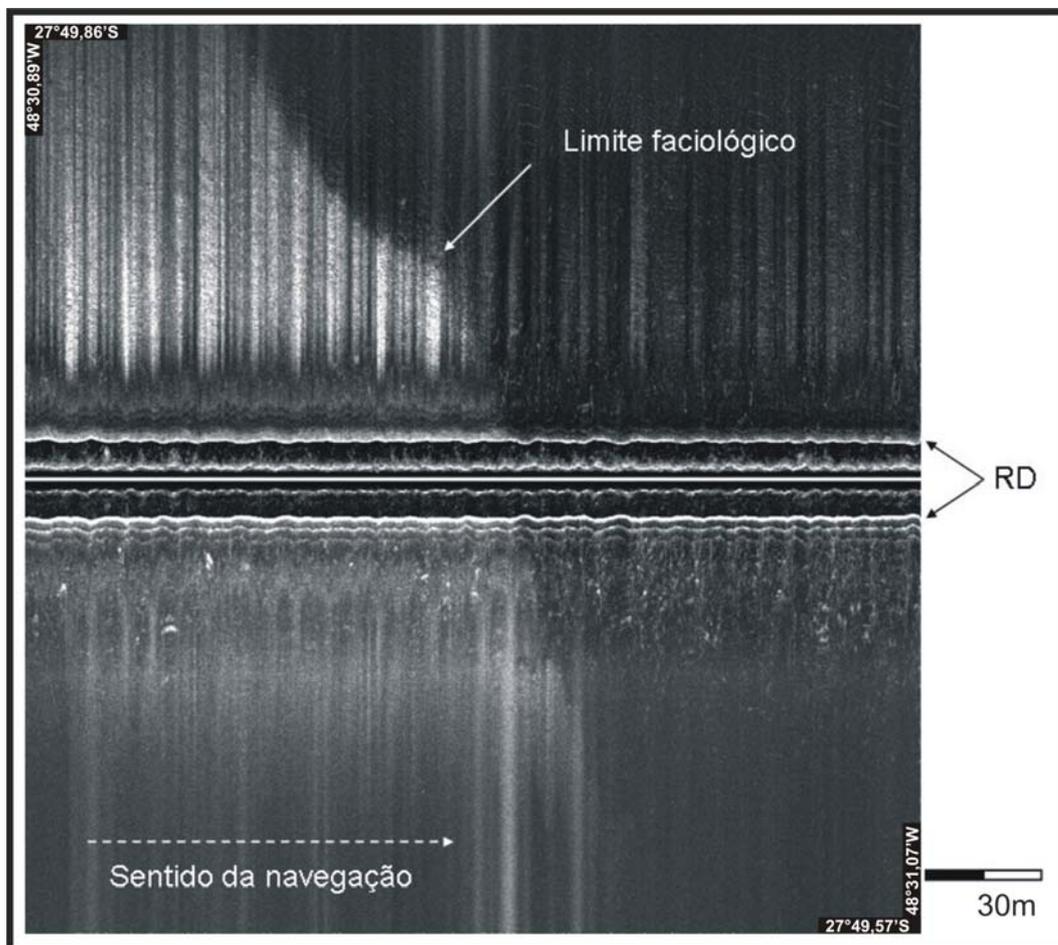


Figura 37. Sonograma demonstrando os limites faciológicos da classe areia fina e areia média.

Observa-se nos sonogramas, distribuições irregulares das classes sedimentológicas presentes na plataforma continental interna a qual não apresentou limites bem definidos entre as classes. Na figura 38, localizada ao Norte da ilha Irmã Pequena, tem-se essa distribuição irregular das classes sedimentológicas, onde nesses limites sedimentares, as áreas mais claras estão associadas às areias médias e as áreas mais escuras às areias finas a muito finas. As áreas mais claras e consequentemente de elevada reflectância do sinal do *side scan sonar* são os costões rochosos do Norte da ilha Irmã Pequena.

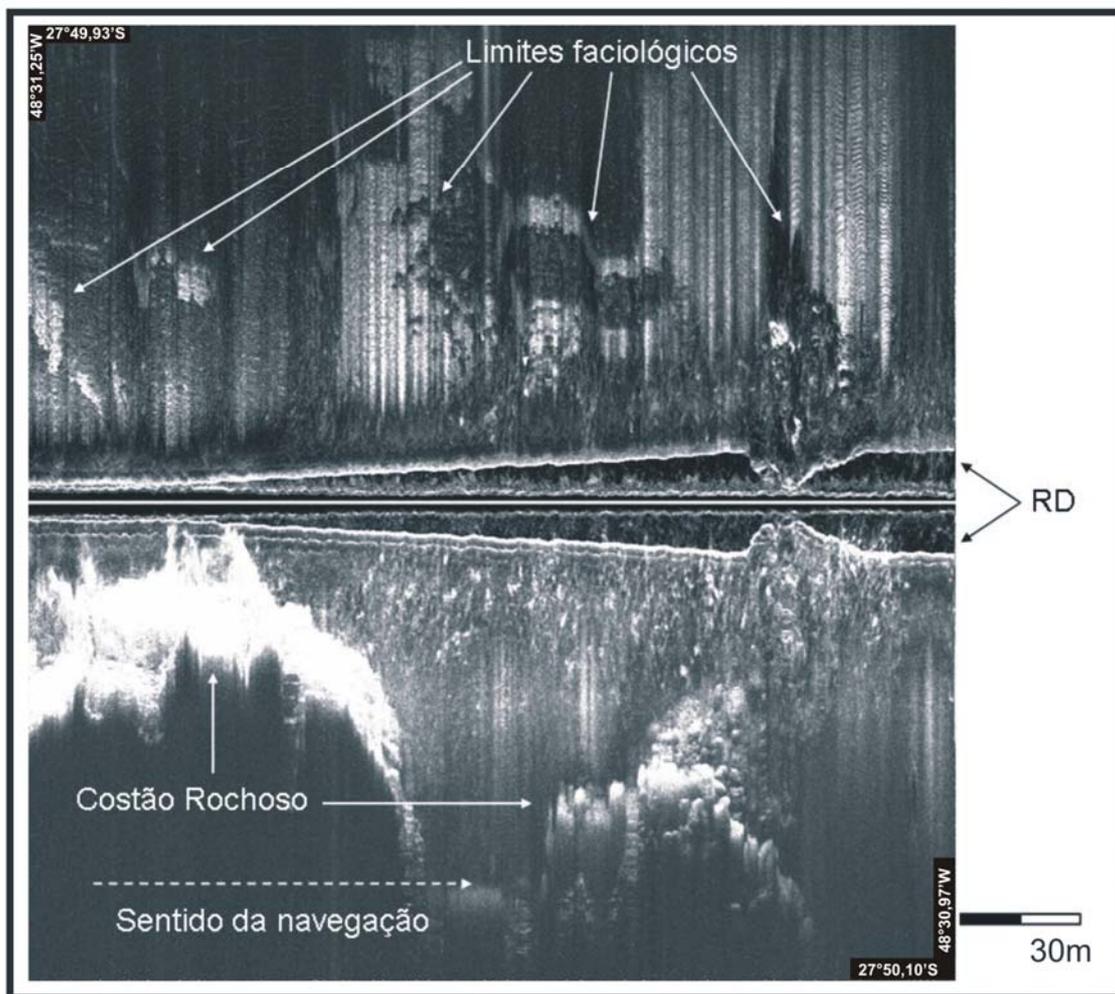


Figura 38. Sonograma demonstrando os limites faciológicos irregulares entre as classes areia fina e areia média.

As variações nos padrões de distribuição dos sedimentos no fundo da plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul observada através do levantamento com *side scan sonar* ressalta a elevada hidrodinâmica e também a complexidade das distribuições faciológicas do fundo.

Na figura 39, observa-se a distribuição de faixas de sedimentos mais grossos, relacionado a uma areia média sobre uma areia fina, onde não há uma distribuição homogênea dos sedimentos. Essas faixas foram observadas ao longo de toda a área perfilada pelo *side scan sonar*, apresentando-se variando tanto em faixas largas (Figura 39), como também, mais estreitas (Figura 40).

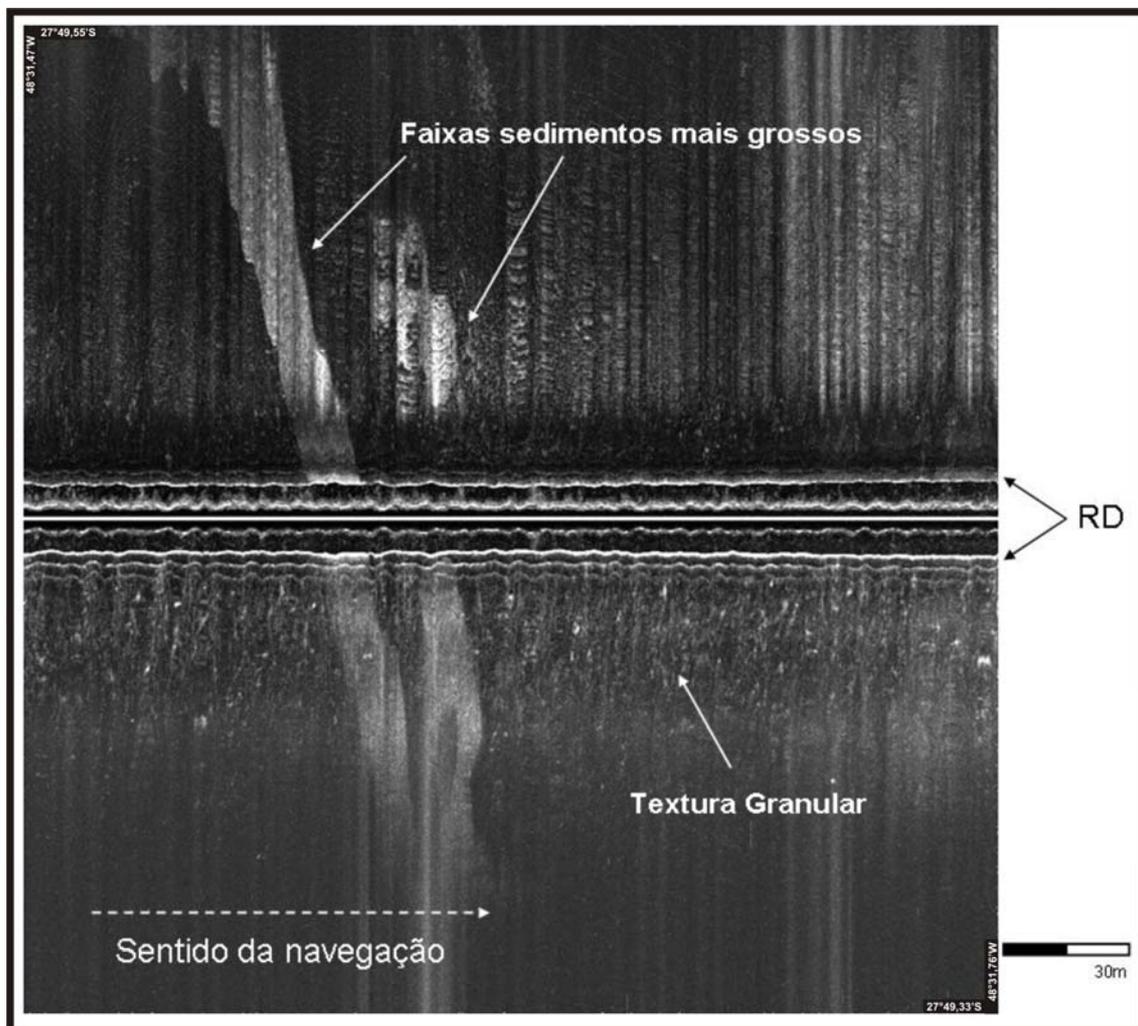


Figura 39. Sonograma demonstrando a distribuição em faixas de sedimentos mais grossos.

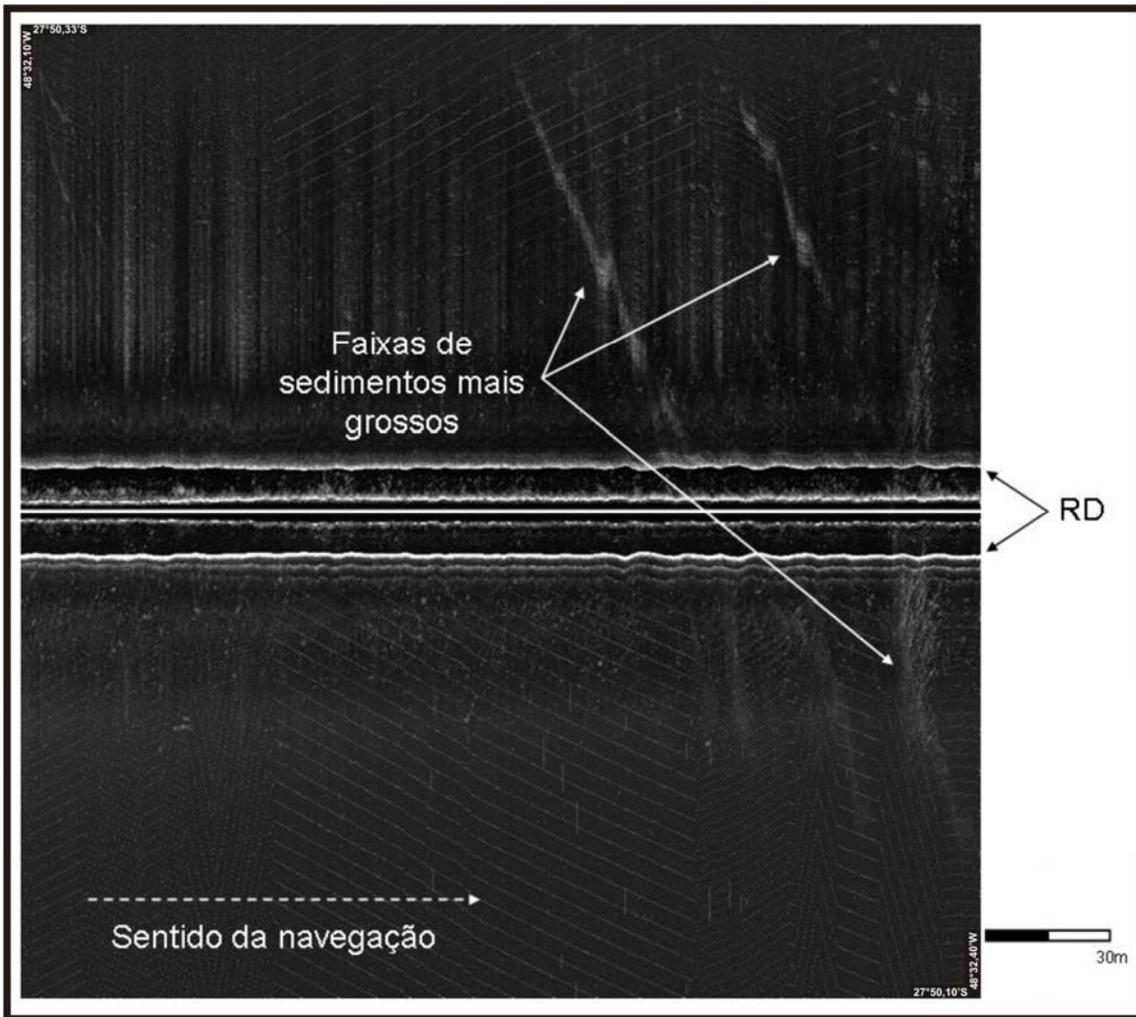


Figura 40. Sonograma demonstrando a distribuição em faixas estreitas de sedimentos mais grossos.

A complexidade na distribuição sedimentológica é observada na sobreposição de variadas classes sedimentares, principalmente nas proximidades dos costões rochosos das ilhas Três Irmãs e também da Ponta das Pacas (Figura 41).

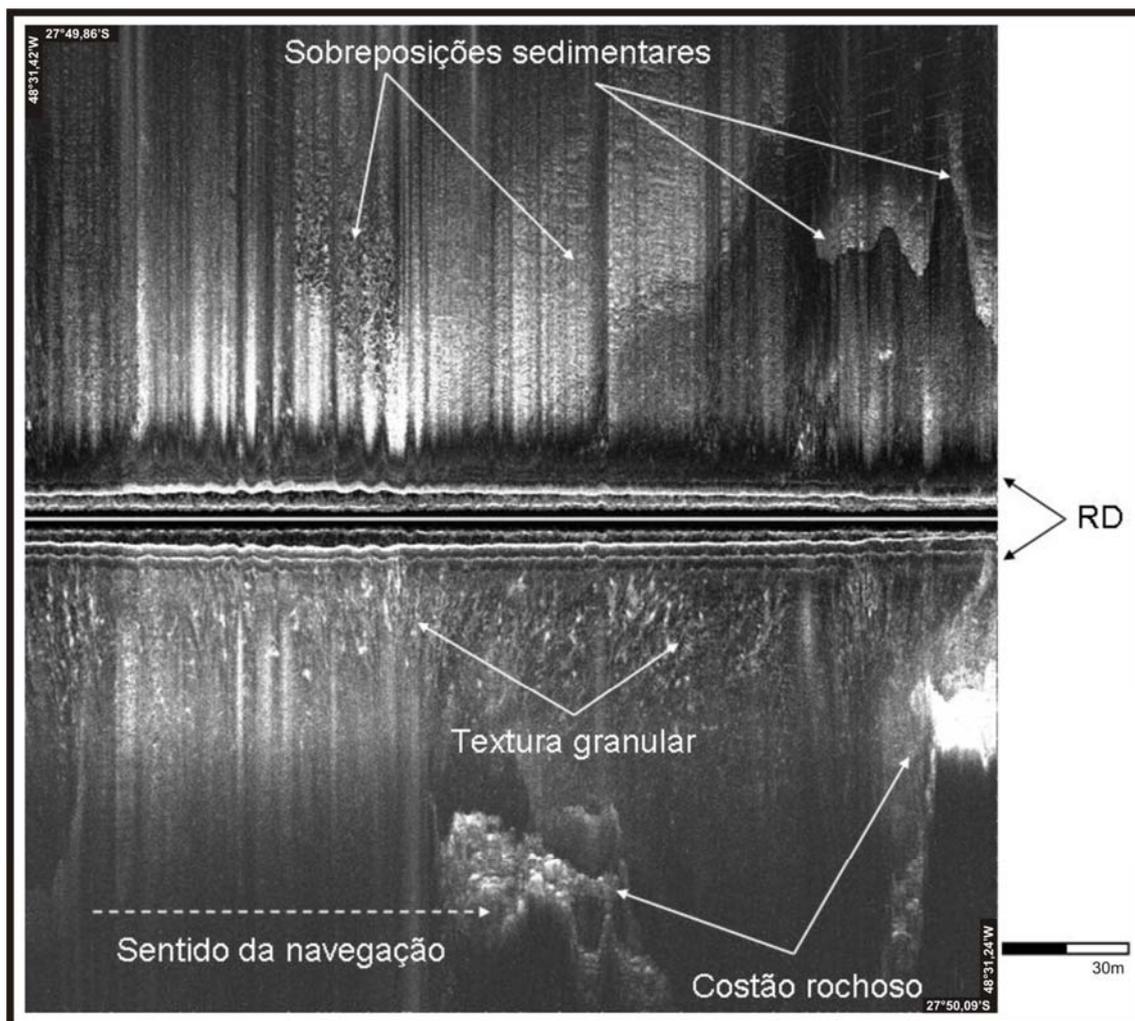


Figura 41. Sonograma demonstrando a sobreposição das classes sedimentares.

Observa-se nos sonogramas a ocorrência de feições sedimentares que têm a sua formação relacionada às condicionantes hidrodinâmicas atuantes na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul.

Na porção central da plataforma continental interna e ao Norte das ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio, têm-se a formação de *megaripples*. Essas *megaripples* possuem um comprimento entre cristas variando de 1 a 2,5m (Figura 42) e de 3 a 5m (Figura 43).

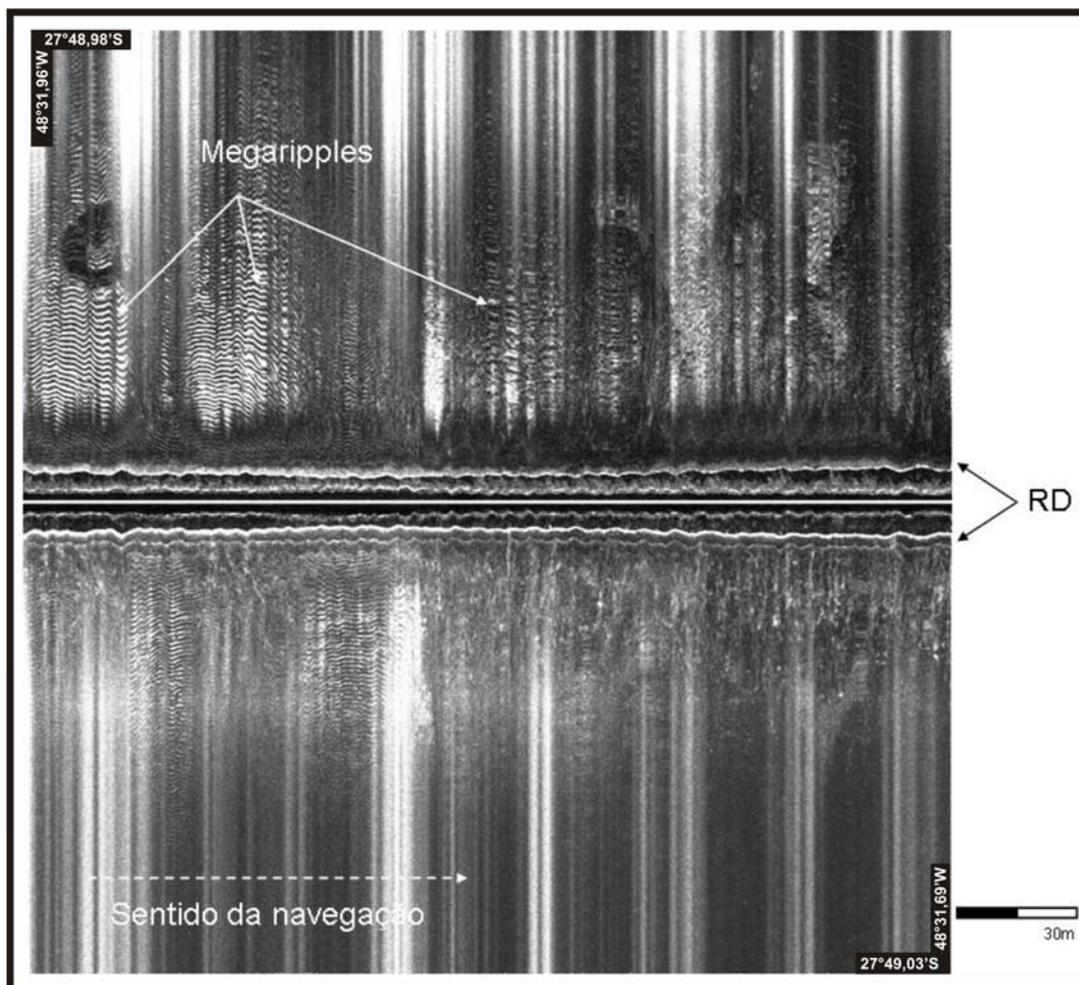


Figura 42. Sonograma com feições sedimentares do tipo megaripples, com comprimento entre cristas variando de 1 a 2,5m.

A formação dessas feições sedimentares denominadas de *megaripples* denotam a influência e competência das *rip currents* atuantes na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul (Figuras 42 e 43).

Em condições de *storm*, Gruszcznski *et. al.* (1993), sugerem que a formação de *megaripples*, na plataforma continental interna, podem estar associadas às *rip currents*.

Popov (1956), já relatava que as *rip currents* têm a capacidade de transportarem, mar adentro, matacões pesando 40-50 kg, ou até mesmo uma ancora de 200 kg, indicando que as *rip currents* momentaneamente detêm velocidades elevadas.

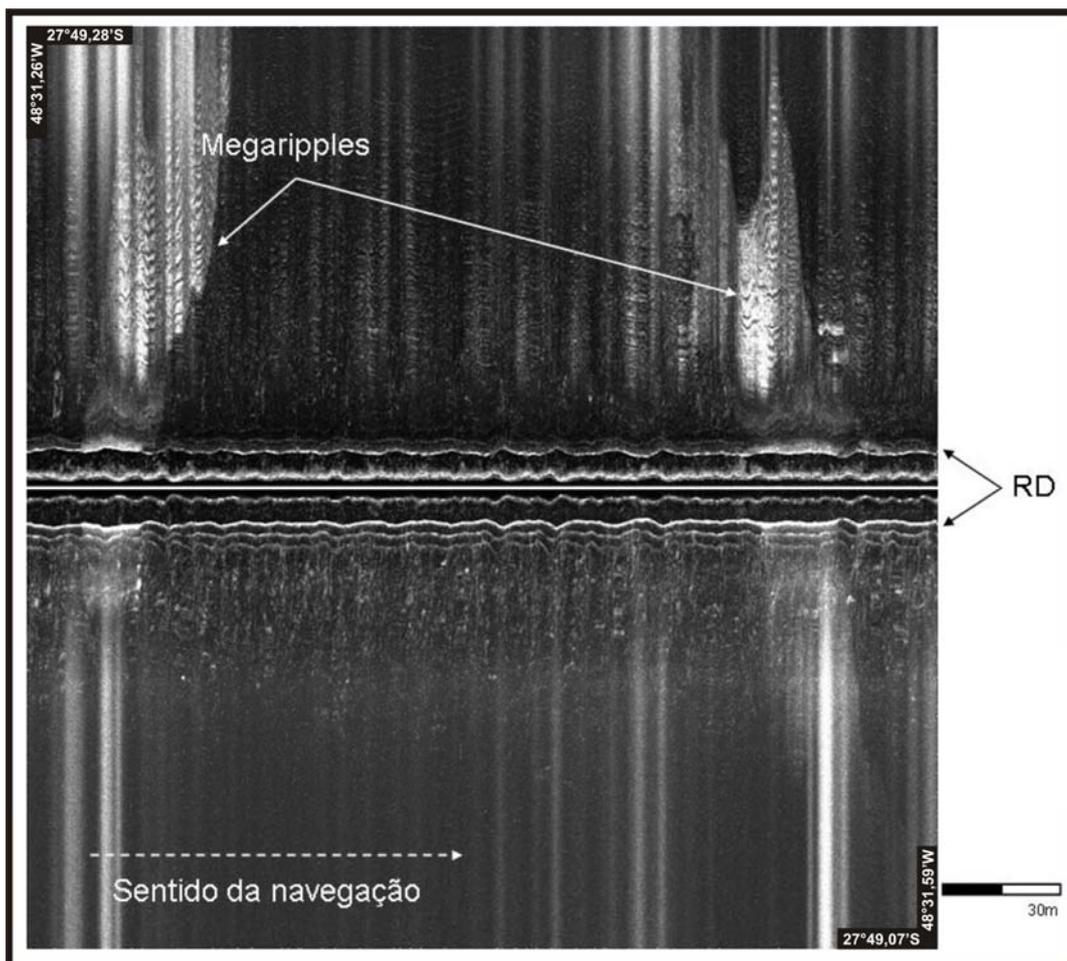


Figura 43. Sonograma com feições sedimentares do tipo megaripples, com comprimento entre cristas variando de 3 a 5m.

As principais feições deposicionais de fundo que foram reconhecidas como originadas pela ação das *rip currents* são as *ripples* de correntes migratórias em direção ao mar, incluindo estreitas faixas de *megaripples* situadas perpendicularmente à linha de costa (Morang & McMaster, 1980) e *megaripples* do tipo *lunated*, preenchendo *rip channels*, usualmente com 0,25-0,60m de altura e 1,0-1,5m de comprimento (Ingle, 1966; Cook, 1970; Hunter et. al., 1979; Short, 1984).

As maiores *megaripples* encontradas (Figura 43) estão dispostas em faixas de sedimentos arenosos mais grossos e possuem uma dispersão em direção a *offshore*.

Uma outra feição sedimentar foi encontrada nos sonogramas da área de estudo, principalmente ao longo do canal secundário. Essa feição caracteriza-se por apresentar-se distribuída em faixas e é composta de material sedimentar mais grosso e também por cascalho bioclástico (Figuras 44, 45 e 46). Essas faixas encontram-se distribuídas tanto longitudinalmente, como transversalmente à linha de costa e são muito semelhantes às feições descritas por Murray *et. al.* (2004) e Cacchione *et. al.* (1984).

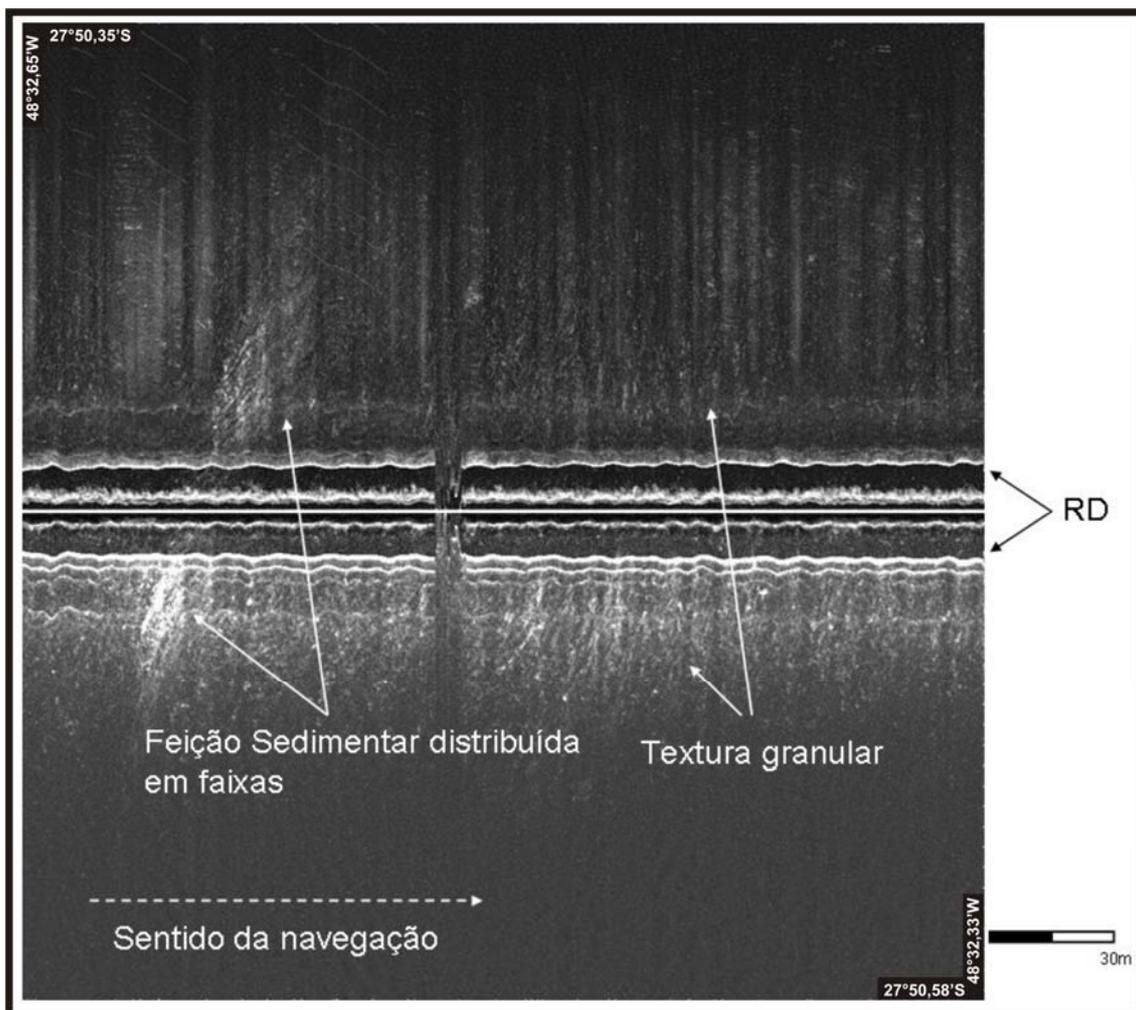


Figura 44. Sonograma com feição sedimentar de material mais grosso, distribuída em faixas.

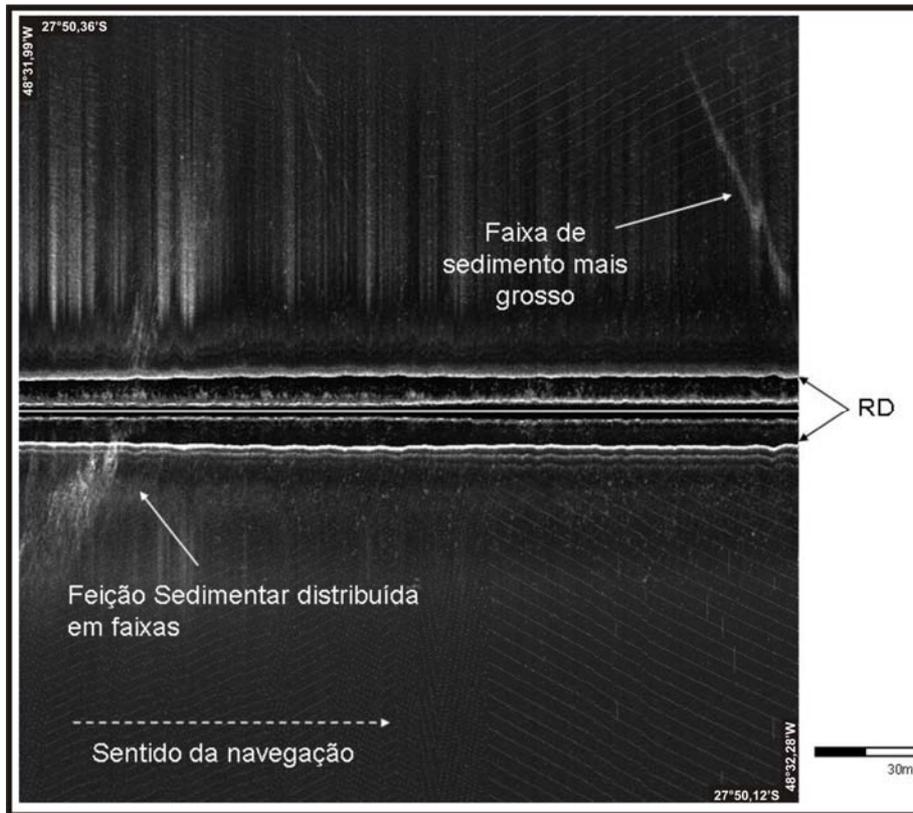


Figura 45. Sonograma com feição sedimentar de material mais grosso, distribuída em faixas.

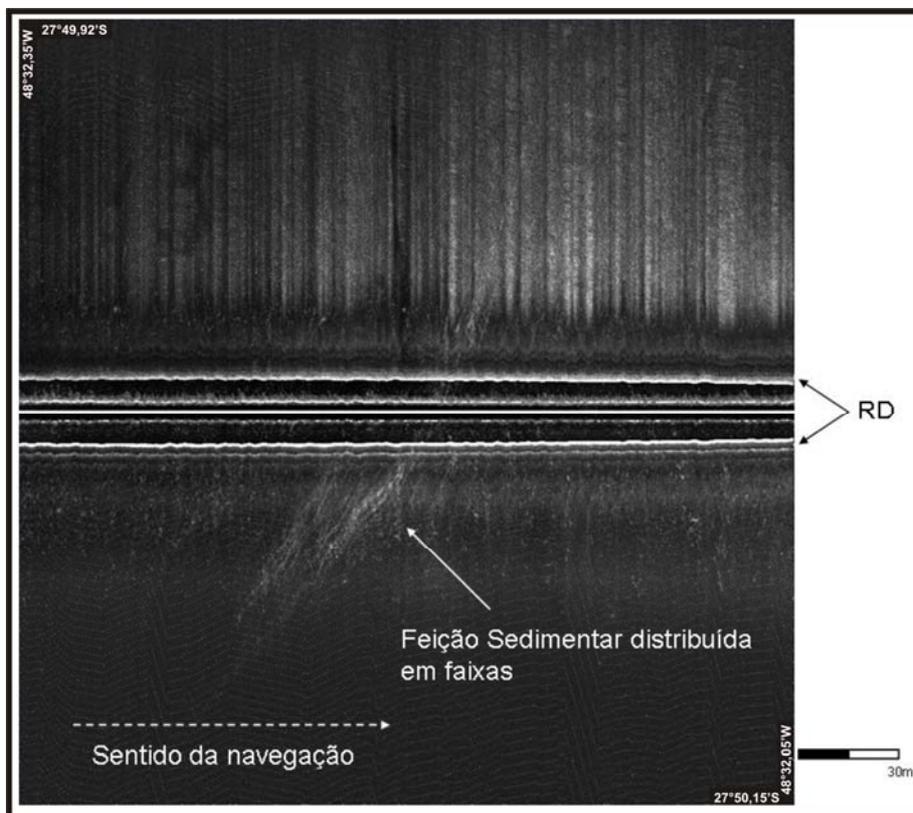


Figura 46. Sonograma com feição sedimentar de material mais grosso, distribuída em faixas.

Cacchione *et. al.* (1984) propuseram a denominação de *Rippled Scour Depressions* para essa as feições sedimentares caracterizadas por serem compostas de um sedimento mais grosso e também por estarem depositadas em depressões localizadas na plataforma continental interna, usualmente relacionadas as *sand waves*. Murray *et. al.* (2004) denominaram essas feições sedimentares descritas anteriormente por Cacchione *et. al.* (1984) de *Sorted Bedforms*.

As *Sorted Bedforms* são feições sedimentares de suave expressão topográfica formadas por areias grossas e, em alguns casos, por cascalhos e fragmentos de conchas (Murray *et. al.* 2004). Possuem usualmente de 100-200m de largura e se estendem por centenas a milhares de metros na direção da *cross-shore*, desde a zona de surf até à plataforma continental interna (Cacchione *et. al.* 1984). Cacchione *et. al.* (1984) atribuíram que essas feições têm sua formação em áreas de intensos fluxos de *cross-shore*.

Essas feições sedimentares (Figuras 44, 45 e 46), denominadas por Murray *et. al.* (2004) de *Sorted Bedforms* ressaltam a magnitude das condições hidrodinâmicas atuantes na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul.

7 – CONCLUSÕES

A plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul apresenta profundidades médias da ordem de 15,42m e uma área total de aproximadamente 17,03 km². Nota-se a presença de dois canais na plataforma continental interna, um principal, na porção mais central da enseada e aprofundando-se em sentido SE, e o outro está situado nas áreas adjacentes à praia da Solidão e seguindo ao longo da linha de costa em direção à SO.

O arcabouço geológico estrutural gera elevada influência no relevo de fundo da plataforma continental interna, apresentando irregularidades nas proximidades com a linha de costa e também nas proximidades das ilhas Três Irmãs.

No relevo de fundo da plataforma continental interna observa-se a presença de um terraço marinho nas proximidades das ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio. Esse terraço evidencia variações dos níveis eustáticos do mar mais baixos que o atual.

Os limites litorâneo e oceânico encontram-se na isóbata de 19m, de acordo com Hallermeier (1981). Nas profundidades menores que 19m ocorre uma maior atuação hidrodinâmica ocasionada pela ação de movimentação dos grãos pelas ondas e consequentemente uma maior capacidade de transporte de sedimentos.

A enseada do Pântano do Sul foi dividida em três setores de acordo com suas condições hidrodinâmicas: o setor I, caracterizado por apresentar uma região mais abrigada das ações das ondas e onde os processos de transporte e deposição de sedimentos ocorrem predominantemente em resposta à refração das ondas provenientes principalmente de S/SE; o setor II, que abrange a porção Centro-Norte, caracterizado por ser o setor da enseada mais exposto às ações das ondas provenientes de S/SE e o setor III, na porção mais a Sudoeste da enseada, que caracteriza-se pela predominância de costões rochosos e também de estar mais protegido das ondulações mais significativas provenientes de S/SE, onde essa proteção se dá pela presença das ilhas Irmã do Meio e Irmã Pequena, que formam uma zona de sombra para a área em questão em relação as ondulações vindas de S/SE.

Os sedimentos de fundo da enseada do Pântano do Sul são constituídos predominantemente de sedimentos arenosos, apresentando uma ocorrência relativamente baixa de siltes e argilas, ressaltando dessa forma a elevada energia presente na área de estudo.

A ocorrência de sedimentos mais grossos, da classe dos cascalhos (Wentworth, 1922), estão relacionados aos sedimentos biodetríticos (fragmentos de conchas).

Os histogramas das amostras sedimentológicas da enseada do Pântano do Sul apresenta-se com a predominância de sedimentos unimodais os quais abrangem as classes areia fina e areia muito fina (3 a 4 ϕ).

O Diâmetro Médio mostra a predominância de sedimentos da classe areias, representadas na granulometria de areias muito finas a finas (4 a 3 ϕ) e, areias médias a grossas (2 a 0 ϕ). A distribuição dos sedimentos da classe areia fina, encontra-se na porção mais interiorizada, a Noroeste da enseada e também juntamente com sedimentos da classe areia muito fina e pequena fração de siltes e argilas, numa área entre a ponta do Marisco e ao Norte da ilha Irmã de Fora. Os sedimentos das classes das areias médias encontram-se distribuídos no sentido de SO/NE e as frações mais grossas dos sedimentos de fundo encontram-se nas proximidades das ilhas Irmã Pequena e Irmã do Meio e também se distribuindo em sentido NE em direção ao centro da enseada.

O Desvio Padrão apresenta uma classificação variando de muito pobremente selecionada a bem selecionada para a classe predominante das areias. Na porção mais interiorizada da enseada os valores de Desvio Padrão apresentam-se de moderadamente bem selecionados a bem selecionados. Nas proximidades da ilha Irmã de Fora e em direção ao norte da mesma, os valores de Desvio Padrão aumentam apresentando-se de pobremente selecionado a muito pobremente selecionado.

A Assimetria apresentaram valores médios com tendência para assimetria negativa. As amostras da classe de sedimentos de diâmetro médio areia muito fina apresentaram valores médio de assimetria de aproximadamente simétrica a muito negativa e a classe de sedimentos com diâmetro médio representado pelas areias finas apresentaram assimetria variando, predominantemente, de assimetria muito negativa a aproximadamente simétrica. Os sedimentos mais grossos apresentaram valores de assimetria variando de muito negativa a aproximadamente simétrica.

Os valores de curtose apresentaram curvas variando de extremamente leptocúrticas à muito platicúrtica, com uma tendência para as curvas leptocúrticas. As curvas extremamente leptocúrticas localizaram-se na porção mais a NE e nas proximidades da ilha Irmã de Fora.

Os teores de carbonatos se apresentaram com valores relativamente elevados. Os maiores teores de carbonatos estão relacionados aos sedimentos biodetríticos, os quais compõem a classe cascalho dos sedimentos de fundo.

Os elevados teores de carbonato coincidem em sua distribuição com os limites do terraço marinho encontrado na isóbata dos -15m. Esses valores associados aos dados batimétricos, são fortes evidências da presença de um terraço marinho que teve sua formação durante o processo transgressivo do nível médio do mar ocorrido no Holoceno, por volta de ± 8.000 anos BP, onde o nível do mar esteve a aproximadamente -15m abaixo do atual.

A distribuição de matéria orgânica para a enseada do Pântano do Sul apresentou valores relativamente baixos, sendo que os valores mais expressivos de matéria orgânica estão associados à classe dos sedimentos mais finos encontrados no limite oceânico da área de estudo.

A distribuição de minerais pesados, presentes na classe 3-4 phi, da enseada do Pântano do Sul, apresentou valores elevados na porção mais abrigada das ações das ondas, a NE da enseada, o qual pode estar relacionado à deposição por refração da onda e também a não remobilização por falta de competência do agente transportador.

Adjacente às ilhas Irmã do Meio e Irmã Pequena e ao Norte das mesmas, ocorre um incremento dos valores de minerais pesados na classe 3-4 phi. Esse aumento, na concentração de minerais pesados no sedimento está relacionado à presença de um terraço marinho formado em períodos de estabilização do nível médio do mar, durante a transgressão marinha Holocênica.

De acordo com o diagrama triangular de Shepard (1954), as amostras apresentaram basicamente três fácies sedimentares: fácies areia; fácies areia lamosa e fácies areia cascalhosa.

Utilizando-se da classificação proposta por Dias (1996), modificado de Larssonneur (1977), foram encontrados cinco litofácies: a litofácies areia litoclástica fina a muito fina, a litofácies areia litobioclástica fina a muito fina, a litofácies areia biolitoclástica fina a muito fina, a litofácies areia litobioclástica com grânulos e a litofácies areia biolitoclástica com grânulos.

Os sedimentos de fundo da enseada do Pântano do Sul apresentaram uma textura polida, caracterizando-se como de origem predominantemente marinha. Os valores de arredondamento variaram de anguloso à subarredondado segundo Shepard (1967). Os sedimentos mais angulosos estão relacionados às classes areia muito fina e areia fina (Wentworth, 1922), e os sedimentos com maior grau de arredondamento estão relacionados às classes areia média a grossa (Wentworth, 1922).

Os valores de esfericidade do grão apresentaram-se variando de 0,69 à 0,81 (Rittenhouse, 1943). Os maiores valores encontram-se na porção mais externa da enseada do Pântano do Sul e também nas proximidades das ilhas Três Irmãs. Os menores valores foram encontrados nas regiões adjacentes a porção mais ao Sul da praia do Pântano do Sul e da praia dos Açores.

As imagens obtidas com o *side scan sonar*, demonstraram as superposições das classes sedimentológicas que ocorrem na plataforma continental interna. As variações entre as diferentes classes sedimentológicas apresentaram limites bem definidos, mas também ocorreram de maneira irregular na sua distribuição, que ressaltam a intensidade dos fatores hidrodinâmicos atuantes na área e a complexidade que envolve o mapeamento sedimentológico de subsuperfície.

Os sonogramas revelaram a formação de *megaripples* com até 5m de comprimento entre cristas. A presença de feições sedimentares denominadas *megaripples* denotam a influência e competência das *rip currents* atuantes na plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul.

Também através dos sonogramas, observou-se a formação de feições sedimentares distribuídas em faixas e compostas basicamente de cascalho bioclástico. Essas feições foram denominadas por Murray *et. al.* (2004) de *Sorted Bedforms* e ressaltam a magnitude dos fatores hidrodinâmicos atuantes na área de estudo.

Com base nos dados sedimentológicos e com o imageamento através do *side scan sonar*, tem-se que a plataforma continental interna da enseada do Pântano do Sul trata-se de uma área de elevada hidrodinâmica e conseqüentemente de ser muito vulnerável às alterações que possam vir a ocorrer nas regiões costeiras adjacentes.

A ocupação desordenada da região do Pântano do Sul poderá trazer sérias conseqüências ao meio marinho circundante, devido à hidrodinâmica que este apresenta. Estudos costeiros e de gerenciamento e planejamento ambiental, devem ser aplicados para a boa preservação do meio marinho, tanto geológico como biologicamente.

8 – BIBLIOGRAFIA

- ANGULO, R.J., Souza M. C. de, Araújo A. D. de, Pessenda L. C. R., Odreski L. L. R., Lamour M. R., Carrilho J. C., Nadal C. A. 1999. Fácies sedimentares de uma barreira regressiva holocênica na planície costeira de Praia de Leste, Estado do Paraná. In. ABEQUA, VII Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário, Porto Seguro, *Resumos Expandidos*, CD Rom.
- ARAUJO, C.E.S.; FRANCO, D.; MELO FILHO, E. & PIMENTA, F. 2003. *Wave regime characteristics of southern brazilian coast. 6^a International Conference on Coastal and Port Engineering in Developing Countries. CODEPEC. Colombo, Sri Lanka, Paper No. 97, 15p.*
- BROOKS, G. R., DOYLE, L.J., SUTHARD, B.C., LOCKER, S.D., HINE, A.C. 2003. *Facies architecture of the mixed carbonate/siliciclastic inner continental shelf of west-central Florida: implications for Holocene barrier development. Marine Geology, 200: 325-349*
- BROWNE, G.H. & NAISH, T.R. 2003. *Facies development and sequence architecture of a late Quaternary fluvial-marine transition, Canterbury Plains and shelf, New Zealand: implications for forced regressive deposits. Sedimentary Geology 158: 57–86*
- BUSSOLO JR, G. Contribuição ao estudo morfo-sedimentar de fundo da enseada de Ratonas, ilha de Santa Catarina, SC. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Geografia, UFSC. 123p.
- CACCHIONE, D.A; GRANT, W.D.; TATE, G.B. 1984. *Rippled scour depressions on the inner continental shelf off central California. Journal of Sedimentary Petrology, 54, 1280-1291.*

- CALHOUN, R.S., FLETCHER, C.H., HARNEY, J.N. 2002. *A budget of marine and terrigenous sediments, Hanalei Bay, Kauai, Hawaiian Islands*. *Sedimentary Geology*, 150: 61–87
- CALLIARI, L.J. & ABREU, J.G.N. 1984. Litologia da plataforma continental interna adjacente a cidade do Rio Grande (RS), através da interpretação de registros de sonar de varredura lateral e amostragem superficial. *Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro. 1553-1564
- CARUSO JÚNIOR, F. 1993. Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina, escala 1:100.00: texto explicativo e mapa. *Notas Técnicas*, v.6: 1-28pp.
- CORRÊA, I.C.S., ABREU, V.S. 1984. Evolução da sedimentação Holocênica da plataforma continental e talude superior entre Rio Grande e Torres-RS. *Anais do XXXIII Congresso Brasileiro de Geologia*, Rio de Janeiro. 1565-1577pp.
- CORRÊA, I.C.S. 1986. *Evidence of sea level fluctuation in the Rio Grande do Sul continental shelf, Brazil*. *Quaternary of South America and Antarctic Peninsula*, 4: 237-249p.
- CORRÊA, I.C.S. 1990a. *Analyse Morphostructurale et Evolution Paleogeographique de la Plate-Forme Continentale Atlantique Sud Bresilienne (Rio Grande do Sul-Brésil)*. Université de Bordeaux I. Talence-France. Tese de Doutorado. Bordeaux-France. 314p.
- CORRÊA, I.C.S. 1990b. *Variation de la Ligne de Rivage Depuis 17.500 ans BP sur la Plate-Forme Continentale du Sud du Brésil*. In: *Colloque de L'Union des Océanographes de France*, 16. Roscoff-França. Programme et Activits..., Roscoff-França, 15p.

- CORRÊA, I.C.S.; MARTINS, I.R.; KETZER, J.M.M.; ELIAS, A.R.D.; MARTINS, R. 1996 a. Evolução sedimentológica e paleogeográfica da plataforma continental sul e sudeste do Brasil. *Pesquisas*, v.9: 51-61pp.
- CORRÊA, I.C.S. & VILLWOCK, J.A. 1996 b. *Explanatory text of the Atlas: Morphology and sedimentology of Southwest Atlantic coastal zone and continental shelf from Cabo Frio (Brazil) to Peninsula Valdez (Argentina)*. Instituto de Geociências, UFRGS, Porto Alegre. 74p.
- CORRÊA, I.C.S. 1996 c. *Les variations du niveau de la mer durant les derniers 17.500 ans BP: l'exemple de la plate-forme continentale du Rio Grande do Sul – Brésil*. *Marine Geology* 130: 163-178pp.
- CRONAN, C.S. 1972. *Skewness and kurtoses in polymodal sediments from the irish sea*. *Journal of Sedimentary and Petrology*, 42(1): 102-107pp.
- DHN. Ministério da Marinha. Diretoria de Hidrografia e Navegação. 2003. Carta Náutica nº 1902, Proximidades da ilha de Santa Catarina, escala 1:100 928
- DIAS, G.T.M. 1996. Classificação de Sedimentos marinhos: proposta de representação em cartas sedimentológicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, XXXIX, 1996, Salvador, BA. Anais... Salvador: S.B.G.
- DUARTE, G.M. 1981. Estratigrafia e evolução do plano costeiro norte da ilha de Santa Catarina. Dissertação de Mestrado, Instituto de Geociências, UFRGS. 279P.
- FARACO, R.G. 2003. Comportamento morfodinâmico e sedimentológico da praia dos Ingleses – ilha de Santa Catarina, durante o período de 1996 – 2001. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Geografia, UFSC. 119p.

- FRANKLIN-SILVA, L. & BONETTI FILHO, J. 2002. Dinâmica oceanográfico-sedimentar da Baía Sul, Florianópolis - SC. Boletim de Resumos da 2ª Semana de Ensino, Pesquisa e Extensão da UFSC, 2002. UFSC, Florianópolis.
- FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. *Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. Journal of Sedimentary Petrology*, v. 27: 3-7pp.
- GONÇALVES, A.; OLIVEIRA, M.A.M. & MOTTA, S.O. 1979. Geologia da Bacia de Pelotas e Plataforma de Florianópolis. *Boletim Técnico da Petrobrás*. 22(3): 157-174pp.
- GORNITZ, V., 1995. *Sea-level rise: a review of recent past and nearfuture trends. Earth Surface Processes and Landforms*, 20: 7-20
- GRÉ, J.C.R.; ABREU DE CASTILHOS, J. & HORN FILHO, N.O. 1995. *Quaternary deposits of the Pântano do Sul beach, Santa Catarina island, Brazil*. In: ARGOLLO, J. & MOURGUIART, P. (edit.) *Climas Cuaternarios en América del Sur*. La Paz, Bolivia: Proyecto PICG – 281 / ORSTOM, cap. 7, 121-131pp.
- GRUSZCZYNSKI, M; RUDOWSKI, S.; SEMIL, J.; SLOMINSKI, J.; ZROBEK, J. 1993. Rip currents as a geological tool. *Sedimentology*, 40: 217-236
- HALLERMEIER, R.J. 1981. *Seaward Limit of Significant Sand Transport by Waves: An Annual Zonation for Seasonal Profiles. Coastal Engineering Technical Aid No. 81-2, Costal Engineering Resarch Center, U.S. Army Engineer Waterwayss Experimnt Station, Vicksburg, Miss.*
- HORN FILHO, N. 2004. Estudos morfo-sedimentares (1970-2003) nas praias da ilha de Santa Catarina: uma síntese. *Gerenciamento Costeiro Integrado*, UNIVALI, Itajaí.

- KRUMBEIN, W.C. 1934. *Size frequency distribution of sediments. Journal of Sedimentary Petrology*, v.4: 65-77pp.
- KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F. 1938. *Manual of Sedimentary Petrography*. New York: Appleton-Century Crofts. 549 p.
- LARSONNEUR, C. 1977. *La cartographie des depots meubles sur le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en Manche*. J. Rech. Oceanogra, 2: 34-39p.
- LISITZIN, A.P. 1986. *Principles of geological mapping of marine sediments*. Unesco *Reports in Marine Science*, [s.l.], 37.
- MARINO, M.V; CHLUDINSKI, A.P.; BONETTI FILHO, J. 2002. Caracterização do relevo submerso no contato entre as baías norte e sul - SC com base na elaboração de um modelo digital de terreno. Simpósio Brasileiro de Oceanografia, 26 a 30 de agosto de 2002, Instituto Oceanográfico, USP, São Paulo, CD-ROM.
- MARIOTTI, M.T. & FRANCO, D. 2001. Análise ARIMA da resposta do nível do mar à forçantes atmosféricos locais, 2003. *IV Seminário sobre ondas, marés e tengerharia oceânica*. Arraial do Cabo, RJ. V.1: 21-22pp.
- MARTIN, L. & SUGUIO, K. 1986. *Coastal Quaternary deposits of the states of Paraná and Santa Catarina*. Proceedings, International Symposium on Sea Level Changes and Quaternary Shorelines. São Paulo. 124p.
- MARTIN, L., SUGUIO, K., FLEXOR, J.M., DOMINGUEZ, J.M.L., BITTENCOURT, A.C.S.P. 1996. *Quaternary sea level history and variation in dynamics along the Central Brazilian coast: Consequences on coastal plain construction*. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 68: 303-354p.

- MORANG, A.; MCMASTER, R.L. 1980. *Nearshore bedform pattern along Rhode Island from side-scan surveys*. *Journal of Sedimentary Petrology*, 50, 831-840.
- MOURRE, B.; DE MEY, P.; LYARD, F.; LE PROVOST, C. 2004. *Assimilation of sea level data over continental shelves: an ensemble method for the exploration of model errors due to uncertainties in bathymetry*. *Dynamics of Atmospheres and Oceans*, 38: 93-121pp.
- MURRAY, A.B.; THIELER, E.R. 2004. *A new hypothesis and exploratory model for the formation of large-scale inner shelf sediment sorting and “rippled scour depressions”*. *Continental Shelf Research*, 24, 295-315.
- NIMER, E. 1989. *Climatologia da região Sul*. *Revista Brasileira de Geografia*, v.34(1): 142-154pp.
- OLIVEIRA, J.S. *Análise sedimentar em zonas costeiras: subsídio ao diagnóstico ambiental da lagoa do Peri – ilha de Santa Catarina – SC*. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Geografia, UFSC. 154p.
- OLIVEIRA, U.R. *Comportamento morfodinâmico e granulometria do arco praial Pântano do Sul – Açores, ilha de Santa Catarina, SC*. Dissertação de Mestrado, Programa de pós-graduação em Geografia, UFSC. 102p.
- POPOV, E.A. 1956. *Ob ottoke nagonnykh vod v beregovoy zone* (in Russian). Tr. Okeanogra. Kom. Akad. Nauk SSSR, 1, 98-104.
- PORTER-SMITHA, R., HARRISA, P.T., ANDERSEN, O., COLEMAN, B. R., GREENSLADEE, D., JENKINS, C.J. 2004. *Classification of the Australian continental shelf based on predicted sediment threshold exceedance from tidal currents and swell waves*. *Marine Geology*, 211: 1– 20pp

- PRUDÊNCIO, R.S. 2003. Estudo numérico da circulação induzida pela maré na baía de Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental. UFSC. 107p.
- RITTENHOUSE, G. 1943. *A visual method of estimating two-dimensional sphericity*. Journal of Sedimentary Petrology, 13 (2): 79-81pp.
- SCHEIBE, L.S. & TEIXEIRA, V.H. 1970. Mapa topo-geológico da ilha de Santa Catarina, Escala 1:50.000. Florianópolis, UFSC.
- SHEPARD, F.P. 1954. *Nomenclature based and sand-silty-clay ratios*. Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, v.24: 151-158pp.
- SHEPARD, F.P. 1967. *Submarine geology*. Nova York: Harper & Row (2^a ed.)
- SUGUIO, K., MARTIN, L., BITTENCOURT, A.C.S.P., DOMINGUEZ, J.M.L., FLEXOR, J.M. 1985. Flutuações do nível relativo do mar durante o quaternário superior ao longo do litoral brasileiro e suas implicações na sedimentação costeira. Revista Brasileira de Geociências, 15: 273-286p.
- SUGUIO, K. 1992. Dicionário de geologia marinha. São Paulo. A. Queiroz. Biblioteca de ciências naturais. 366p.
- SWIFT, D.J.P., HAN, G., VINCENT, C.E., 1986. *Fluid processes and sea-floor response on a modern storm-dominated shelf: Middle Atlantic shelf of north America: Part 1. The storm-current regime*. In: Knight, R.J., McLean, J.R. (Eds.), Shelf Sands and Sandstones. Canadian Society of Petroleum Geologists, Calgary, 99-119pp.
- SWIFT, D.J.P., THORNE, J.A., 1991. *Sedimentation on continental margins: A general model for shelf sedimentation*. Spec. Publ. Int. Assoc. Sedimentol. 14, 3- 31pp.

- THIELER, E.R., BRILL, A.L., CLEARY, W.J., HOBBS, C.H., GAMMISCH R.A. 1995. *Geology of the Wrightsville Beach, North Carolina shoreface: Implications for the concept of shoreface profile of equilibrium*. Marine Geology 126: 271-287pp
- TOLDO JR, E.E. & MEDEIROS, R.K. 1986. Programa interpolar em linguagem *basic* para análise estatística e propriedades texturais de amostras sedimentares em computador. Pesquisas, v. 18: 91-100pp.
- TRUCOLLO, E.C. 1998. *Maré meteorológica e forçantes atmosféricas locais em São Francisco do Sul – SC*. Dissertação de Mestrado, Engenharia Sanitária e Ambiental, UFSC. 100p.
- VILLWOCK, J.A. 1994. A costa brasileira: geologia e evolução. *Notas Técnicas*, v. 7: 28-49pp.
- VILLWOCK, J.A.; TOMAZELLI, L.J.; LOSS, E.L.; DEHNHARDT, E.A.; BACHI, F.A.; DEHNHARDT, B.A.; GODOLPHIN, M.F. & HORN FILHO, N.O. 1995. *Mapa geológico da província costeira do Rio Grande do Sul – Escala 1:1.000.000*. Porto Alegre, CECO/IG/UFRGS & PETROBRAS.
- WALKER, R.G., 1984. *Shelf and shallow marine sands*. In: Walker, R.G. (Ed.), *Facies Models*. Geological Association of Canada, Toronto, pp. 141– 170pp.
- WENTWORTH, C.K. 1922. *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. Journal of Geology, 30: 377-392pp.
- WRIGHT, L.D., 1995. *Morphodynamics of Inner Continental Shelves*. CRC Press, Boca Raton,FL.
- YOUNG, E.J. 1966. *A critique of methods for comparing heavy minerals suites*. Jour. Sed. Petrol., 36: 57-65