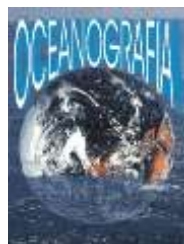




Universidade Federal do Pará



Faculdade de Oceanografia



Instituto de Geociências

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PAULO VICTOR MAGNO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS
(SUBFUNDO RASO) DO CANAL DO ESPADARTE,
CURUÇÁ-PARÁ**

BELÉM – PA

2012

PAULO VICTOR MAGNO SILVA

**CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS (SUBFUNDO RASO) DO
CANAL DO ESPADARTE, CURUÇÁ-PARÁ**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Orientadora: Dra. Odete Fátima Machado da Silveira.

BELÉM-PA

2012

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Geólogo Raimundo Montenegro Garcia de Montalvão

- S586c Silva, Paulo Victor Magno
Caracterização textural dos sedimentos (subfundo raso) do canal do espadarte, Curuçá-Pará / Paulo Victor Magno Silva; Orientador: Odete Fátima Machado da Silveira – 2012
71 f. : il.
Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em oceanografia) – Universidade Federal do Pará, Instituto de Geociências, Faculdade de Oceanografia, Belém, 2012.
1. Sedimentos (geologia). 2. Classificação textural. 3. Matéria orgânica. 4. Carbonato de cálcio. 5. Canal do Espadarte (PA)I. Silveira, Odete Fátima Machado da, *orient.* II. Universidade Federal do Pará. IV. Título.
CDD 20^a ed.: 551.304098115
-

PAULO VICTOR MAGNO SILVA

CARACTERIZAÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS (SUBFUNDO RASO) DO CANAL DO ESPADARTE, CURUÇÁ-PARÁ.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Faculdade de Oceanografia do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Pará, em cumprimento às exigências para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia.

Belém, 16 de janeiro de 2012.

Conceito: _____

BANCA EXAMINADORA:

Prof^a. Odete Fátima Machado da Silveira – Orientadora
Doutora em Geologia e Geoquímica
Universidade Federal do Pará

Prof. Maâmar El-Robrini – Membro
Doutor em Geologia Marinha
Universidade Federal do Pará

Prof. Susane Rabelo Souza-Vieira
Mestre em Oceanografia Geológica
Universidade Federal do Pará

À minha mãe, minha irmã, meu querido sobrinho e meus amigos pelo incentivo, apoio e inspiração.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar sou grato à Deus por ter me dado a sabedoria necessária para chegar até onde cheguei, por ter colocado tantas pessoas especiais em minha vida e por ter me mantido vivo até hoje. Obrigado por tudo!

Agradeço à minha família, principalmente à minha mãe por ter acreditado em mim sempre, mesmo quando nem eu mesmo acreditava, pelo carinho enorme que sente por mim e pelo seu amor incondicional. Agradeço a meu sobrinho que devolveu a felicidade que eu havia perdido, que me lembra quase todo dia chamando “Tô” (abreviatura de Paulo Victor, pra ele) e fazer do meu dia bem mais feliz, Te Amo Alex.

Ao meu tio Jorginho e minha tia Leo, por sempre acreditar em mim e me ajudar sempre, pelo apoio e pelo imenso amor. Agradeço também pelos dias de churrasco na praia do Ariramba e por sempre me acolherem na sua casa de Mosqueiro.

Aos meus primos Murillo e Jorge Henrique por serem meus parceiros de conversa e de vídeo gamem. Treinem um pouco mais para me superar no Mortal Kombat 9.

À minha orientadora Odete Silveira pela oportunidade de desenvolver este trabalho e pelos belos puxões de orelha, bem merecidos, que levei durante meu estágio no Liog.

Agradeço ao Professor Maâmar e a Susane por aceitarem, mesmo que em cima da hora, participar da banca examinadora deste trabalho.

Aos meus companheiros de Laboratório (LIOG), Gustavo, Amandinha, Priscila, Fran, Dani, Caio, Raiza e Diego pela ajuda no meu trabalho.

Agradeço ao Seu Lopes, pela ajuda no laboratório de Sedimentologia do IG, obrigado por fazer as minhas tardes de peneiramento mais divertidas.

Agradeço a minha amiga Gabriela Brasil, que mesmo estando em Sydney na Austrália, me ajudou com o abstract deste trabalho.

Agradeço à Sarah Camelo, minha companheira, amiga e namorada, que foi de imensa importância nesta fase da minha vida, que sempre me apoiou e me deu forças. Obrigado por ter me ajudado na correção do meu trabalho, por sempre rezar por mim e aturar esse meu jeito chato de ser. Obrigado por tudo. A você desejo tudo de bom que houver nessa vida, que seja feliz e realizada nesta nova fase da sua vida, que Deus te ilumine e te abençoe nestes 3 anos que irá passar na França, a saudade vai ser dura mas você pode contar sempre comigo. Sentirei muitas saudades das nossas quartas no “balancinho” da Marquês.

Agradeço à Lucina Dark por ter feito a identificação macroscópica das conchas e do material carbonático, obrigado pela ajuda!

Aos meus queridos amigos da turma de 2008 por me acolher tão bem, agradeço a todos, especialmente ao Rafael e a Thaís Borba, por me ajudarem muito nos trabalhos e nos relatórios e pela nossa parceria nos trabalhos de campo. Agradeço especialmente à Cassiana Ribeiro “Cassi”, por ser minha melhor amiga e irmã, te amo muito!

Aos meus amigos de farra Kléper, Frejat, Malandro, Ernan, Japa, Simão, Jordana, Raque, Rogério, David, Renatinha, Jesus, entre outros, pelos momentos de descontração na beira do rio e no bar do Jorge. Falando em bar, um grande abraço ao Jorge, que aturou nossos porres e os “pinduras” que demos no seu bar.

Faço um agradecimento especial à Thais Cassiano, por ser minha companheira e amiga, por ter me ajudado muito durante minha graduação, que sempre estendeu sua mão sempre que precisei, e sempre me deu carinho e apoio. Obrigado por fazer parte da minha história.

Enfim, agradeço a todos, inclusive aqueles que porventura não citei neste agradecimento, as lágrimas que derramei durante esses textos são de gratidão a todos que fizeram parte da minha história acadêmica. Muito Obrigado!

Eu entendo a noite como um oceano
Que banha de sombras o mundo de sol
Aurora que luta por um arrebol
Em cores vibrantes e ar soberano

Um olho que mira nunca o engano
Durante o instante que vou contemplar
Além, muito além onde quero chegar
Caindo a noite me lançou no mundo

Além do limite do vale profundo
Que sempre começa na beira do mar
É na beira do mar

Zé Ramalho

RESUMO

O Canal do Espadarte situa-se adjacente a linha de costa da praia da Romana, Ilha dos Guarás, Curuçá-Pa, e se caracteriza por um litoral recortado, cheio de reentrâncias onde se encontram vários estuários (Franzlinelli, 1990). O objetivo geral desta proposta foi contribuir com entendimento básico sobre o Canal do Espadarte, descrevendo testemunhos e caracterizando texturalmente os sedimentos superficiais. As amostras foram submetidas à análise granulométrica, caracterização textural e estudos sobre o teor de matéria orgânica e teor de carbonato de cálcio (CaCO_3). A descrição e análise granulométrica dos testemunhos mostraram uma variação entre os intervalos (de *areia grossa* à *silte médio*) gerada principalmente pela ação das marés, que contribuem com o aporte de sedimentos e material orgânico, principalmente do estuário do rio Curuçá, para o Canal do Espadarte. O teor de matéria orgânica e CaCO_3 mantiveram uma correlação com classes granulométricas distintas, sendo os teores de matéria orgânica maiores em sedimentos finos e de CaCO_3 maiores em sedimentos grosseiros. Texturalmente os sedimentos superficiais do canal do Espadarte mostraram uma variação perpendicular em relação ao canal, sedimentos mais grosseiros foram encontrados no centro do canal e sedimentos mais finos foram encontrados em pontos distais ao centro do canal. Segundo a classificação textural de Folk os sedimentos variaram entre *areia muito fina* a *areia grossa* apresentando sedimentos *pobremamente selecionados* à *moderadamente selecionados*, com assimetria variando entre *aproximadamente simétrica* e *assimetria muito positiva*, que indica que na área há predomínio de deposição de sedimentos na porção central do canal e remoção/deposição às margens deste. Na distribuição de Larsson foram encontrados sedimentos do tipo *AL1* principalmente nos pontos mais profundos e nos pontos de cotas batimétricas menores os sedimentos superficiais são do tipo *LL1*. O diagrama de Perjrup classificou o canal como hidronômica muito alta (IV-A) na porção central do canal e alta (III-B) em porções distais.

Palavras-chave: Sedimentos (Geologia). Classificação textural. Matéria orgânica. Carbonato de Cálcio. Canal do Espadarte (PA).

ABSTRACT

The Espadarte Channel is located adjacent to the coastal line of Romana Beach in Guara Island, Curuçá-PA, characterized by indented coastline, full of recesses where can be found a variety of estuaries (Franzinelli 1990). The general objective of this research was to contribute with a basic understand about The Espadarte Channel, describing the testimonies and texturally characterizing the surface sediments. The samples were subjected to particle size analysis, texture characterization and research about the organic matter content and calcium carbonate. The description and the particle size analysis of the testimonies shown a variation between the intervals (coarse sand to medium silt) generated mainly through the tide action, that contribute with the input of sediment and organic material mainly the ones from the Curuçá River estuary to The Espadarte Channel. The organic matter and CaCO₃ kept a correlation with different particle size fractions, being the largest amounts of organic matter in sediments and CaCO₃ higher in coarse sediments texturally the surface sediments of Espadarte Channel shown a perpendicular variation in relation to the channel, thicker sediments were found in the centre of the channel and thinner samples were found in points distal to the centre of the channel. According to Folk's texture classification the sediments ranged from thinner sand to coarse sand sediments showing sediments poorly selected to moderately selected with asymmetry varying from roughly symmetric and asymmetric very positive, which indicates that in the area there is predominance of sedimentation in the central portion of the channel and removal/disposal on the banks. In the Larsson distribution were found sediments type AL1 mainly on the deeper points and on the points where the bathymetric quotas were lower it was observed that sediments surfaces are of type LL1. The Perjrup diagram classified the channel as high hydrodynamic (IV-A) on the central proportion of the channel and high (III-B) on the distal points.

Keywords: Sediments (Geology). Texture classification. Organic matter. CaCO₃. Espadarte Channel (PA).

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Mapa de divisão da ZCP.....	18
Figura 2 - Localização da área de estudo. Localização dos pontos de amostragem e Fotografia aérea (CDP).	19
Figura 3 - Mapa mostrando as unidades morfológicas da Planície Costeira de Curuçá.....	21
Figura 4 - Mapa Batimétrico da plataforma continental.	26
Figura 5 - Mapa hidrográfico mostrando a Ilha dos Guarás, Canal do Espadarte (Inter-bancos) e os fundos arenosos (Bancos arenosos orientados NE-SW) submarinos adjacentes. O Canal do Espadarte é demarcado pela isóbata de 20m (linha azul tracejada).	27
Figura 6 - Mapa de ondas do Norte e Nordeste, altura e direção de ondas.	28
Figura 7 - Gráficos das variações de maré no período de sizígia e quadratura, BM define o estado de Baixamar e PM o período de Preamar.....	29
Figura 8 - Distribuição mensal de chuvas para o ano de 2007 para Soure.....	31
Figura 9 - Frequência e velocidade do vento média anual para estação de Soure.	32
Figura 10 - Mapa de ventos, intensidade e direção para a Região Norte e Nordeste do Brasil.....	32
Figura 11 - Diagrama triangular de Folk para a classificação de sedimentos finos.	36
Figura 12 - Diagrama de Shepard.	37
Figura 13 - Diagrama de Perjrup (1988).....	38
Figura 14 - Localização dos testemunhos coletados no Canal do Espadarte.	39
Figura 15 - Carta Batimétrica referente ao Canal do Espadarte e adjacências.....	40
Figura 16 - Perfil descrito do testemunho A-22 (esquerda) e fotografia dos testemunhos A-23 e A24 (direita).....	41
Figura 17 - Fluxograma das atividades executadas.	42
Figura 18 - Secagem das Amostras ao Sol.....	43
Figura 19 - Amostra sob ataque químico por Peróxido de Hidrogênio.	44
Figura 20 - Bacia de ultrassom (esquerda) e Centrífuga (direita).....	45
Figura 21 - Agitador Rotap com jogo de peneiras.	46

Figura 22 - Limites dimensionais e designações da classificação textural, segundo Wentworth (1922).....	47
Figura 23 - Perfis verticais mostrando a granulometria dos testemunhos coletados.	48
Figura 24 - Distribuição de matéria orgânica por classe granulométrica.	51
Figura 25 - Distribuição da média do teor de matéria orgânica nos testemunhos.	51
Figura 26 - Testemunho A22 com perfil textural e teor de matéria orgânica por intervalos amostrais	52
Figura 27 - Média de Carbonato de Cálcio nos testemunhos do Canal do Espadarte.....	53
Figura 28 - Distribuição de Carbonato de Cálcio por classe granulométrica.	54
Figura 29 - Testemunho A16 com teor de CaCO_3 e material carbonático.	55
Figura 30 - Curvas de frequência acumulada dos sedimentos superficiais.....	58
Figura 31 - Gráfico bivariado de assimetria e seleção dos grãos.....	59
Figura 32 - Gráfico bivariado da assimetria e média granulométrica.	60
Figura 33 - Diagrama de Shepard para as amostras superficiais.....	61
Figura 34 - Diagrama de Perjrup (1988), para o Canal do Espadarte.	64

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Teor de matéria orgânica nos testemunhos do Canal do Espadarte.....	50
Tabela 2: Teor de Carbonato de Cálcio nos testemunhos do Canal do Espadarte.	53
Tabela 3: Distribuição das frações granulométricas e classificação por Folk & Ward.....	57
Tabela 4: Distribuição de medidas estatísticas (escala phi).....	57
Tabela 5: Distribuição das frações granulométricas e classificação segundo Shepard(1964).	61
Tabela 6: Distribuição de Larssonneur para sedimentos litoclásticos, com teor de CaCO ₃ menor que 30%, modificado de Dias e Medeiros, 2005.....	62

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 OBJETIVOS	17
2.1 OBJETIVO GERAL.....	17
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	18
3.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS.....	20
3.2.1 Geomorfologia e Geologia	20
3.2.1.1 Planalto rebaixado da Amazônia.....	20
3.2.1.2 Planície Fluvio-marinha.....	21
3.2.1.3 Manguezais.....	22
3.2.1.4 Dunas costeiras.....	22
3.2.1.5 Cheniers	22
3.2.1.6 Praias Barreiras.....	23
3.2.1.7 Deltas de Maré	23
3.2.2 Litoestratigrafia.....	23
3.2.3 Dinâmica costeira	24
3.2.4 Plataforma Continental Interna do Pará	25
3.3 PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS.....	28
3.3.1 Ondas	28
3.3.2 Marés	29
3.3.3 Correntes de maré	30
3.4 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS.....	30
3.4.1 Clima.....	30
3.4.2 Ventos.....	31
4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	33
4.1 ANÁLISE TEXTURAL	33
4.2 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	34
4.3 TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO	34

4.4 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DE FOLK (1954)	35
4.5 CLASSIFICAÇÃO DE SHEPARD (1954).....	36
4.6 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DE LARSONNEUR, MODIFICADO POR DIAS (2005).	37
4.7 DIAGRAMA DE PERJRUP	37
5 MATERIAIS E MÉTODOS.....	39
5.1 ETAPA DE CAMPO	39
5.2 ETAPA DE LABORATÓRIO	40
5.2.1 Amostragem	40
5.2.3 Eliminação da Matéria Orgânica	43
5.2.4 Eliminação do Carbonato de Cálcio	44
5.2.5 Análise Granulométrica.....	45
5.3 GABINETE	47
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
6.1 GRANULOMETRIA (PERFIS).....	48
6.2 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA.....	50
6.3 TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO	53
6.4 ANÁLISE TEXTURAL	56
6.4.1 Método de Folk & Ward (1957)	56
6.4.2. Método de Shepard (1964).....	60
6.4.3 Distribuição de Larsonneur (Dias, 1996; Dias e Medeiros, 2005)	62
6.5 DIAGRAMA DE PEJRUP	63
7 CONCLUSÃO.....	65
REFERÊNCIAS.....	67

1 INTRODUÇÃO

O presente trabalho objetiva contribuir para o conhecimento científico da área submersa adjacente à Ilha dos Guarás (Mariteua) - Curuçá-PA, caracterizando os testemunhos do Canal do Espadarte, que está sujeito a receber o futuro “*Terminal Offshore do Espadarte*” (CDP, 2009) e caracterizando texturalmente os sedimentos e determinando os teores de carbonato de cálcio e de matéria orgânica.

A análise granulométrica é considerada um parâmetro essencial para se compreender o ambiente de sedimentação e o regime hidrodinâmico a que um ecossistema encontra-se submetido. O tamanho dos grãos desde as frações mais grossas (*cascalho*), até frações mais finas (*silte e argila*); oferecem informações quanto ao grau de seleção dos sedimentos e a competência do meio de transporte. Além disso, há uma estreita ligação entre a granulometria dos sedimentos com o teor de matéria orgânica e de carbonato de cálcio (BAPTISTA NETO; PONZI; SICHEL, 2004). Alguns fatores que propiciam a deposição carbonática são: condições climáticas, temperatura, salinidade, intensidade fótica, comportamento do nível de mar relativo, turbidez das águas, natureza do substrato, fluxo de nutrientes e regime hidrodinâmico.

O conhecimento sobre o teor de matéria orgânica em sedimentos fluvio-marinhos é de grande importância em estudos na área ambiental, pois estes estão entre os maiores reservatórios de matéria orgânica da superfície terrestre, podendo ser indicativo do ambiente de deposição (HUTZINGER, 1986). Muitos pesquisadores de diversos campos de estudo têm dado bastante atenção à determinação da matéria orgânica. Essa importância consiste no fato de que a interpretação da ocorrência de matéria orgânica nesses ambientes representa efetiva contribuição sobre a origem, a natureza e o destino final dessa matéria no ambiente (DIAS; LIMA, 2004).

Além dessas características, vale salientar também, que essa área é de grande interesse biológico, pois abrange uma importante unidade de conservação ambiental, RESEX *Mãe Grande de Curuçá*, a qual é carente em informações no que diz respeito à sedimentação quaternária.

Os dados obtidos serão de grande valia, pois permitirão contribuir para o conhecimento da área e estabelecer um *background* da área. Além disso, são importantes para a Marinha do Brasil, que é a responsável pelo monitoramento batimétrico e faciológico da área em questão, a qual compreende o canal do Espadarte, que apresenta as melhores condições morfológicas e batimétricas para a navegação de navios de grande porte, levando em consideração a elevada energia hidrodinâmica desta área.

O Terminal do Espadarte será relevante para o Estado do Pará, uma vez que, nenhum de nossos portos é capaz de exportar uma das principais riquezas do Pará, o ferro de Carajás, escoado para exportação através do porto de Ponta de Madeira, no Maranhão, que está sobrecarregado pela demanda. O porto da capital maranhense, que escoar o minério de ferro do Pará, fica muito mais distante que a Ilha dos Guarás, na Ponta da Romana, onde o terminal do Espadarte deverá ser construído. Vale ressaltar que, a distância entre Carajás, no Pará e o Terminal de Ponta da Madeira, no Maranhão é de 892 Km, enquanto de Carajás para o Terminal de Espadarte será de 520 Km. Isto representa um diferencial significativo que diminui o custo de exportação do Brasil e aumenta a competitividade dos produtos paraenses e brasileiros.

Portanto, o presente trabalho visa obter dados básicos sobre a área, através de análises texturais, baseados em análises granulométricas, determinação dos teores de matéria orgânica e carbonato de cálcio, visando obter conhecimento sobre a sedimentação marinha e dados geológicos da área do Canal do Espadarte.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho é caracterizar texturalmente os sedimentos de fundo e subfundo e descrever os testemunhos da área submersa adjacente à Ilha dos Guarás (Mariteua).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Confeccionar perfis das seções verticais quanto à granulometria;
- Analisar a granulometria dos sedimentos de fundo;
- Determinar o teor de matéria orgânica das amostras;
- Determinar o teor de Carbonato de Cálcio das amostras;
- Aplicar o diagrama de Pejrup.

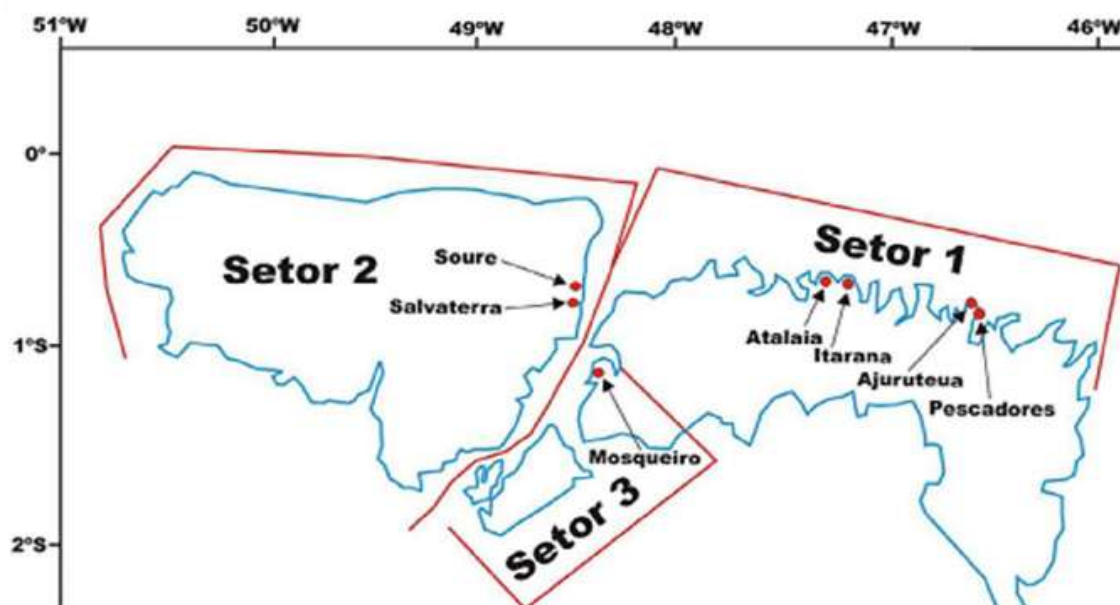
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo situa-se na zona costeira do Estado do Pará, 1.200 km de extensão, perfazendo uma superfície de 82.596,43 km², dividida em três grandes setores baseados em características naturais e socioeconômicas, segundo El-Robrini et al. (2006): (i) Setor 1 ou costa Atlântica do Salgado Paraense; (ii) Setor 2 ou insular estuarina; (iii) setor 3 ou costa continental estuarina (Figura 1). De acordo com a lei nº 7.661/98, as zonas costeiras são áreas de interação do ar, do mar e da terra. Constituem, também, uma fronteira entre continente e oceano sujeita a contínuas alterações morfodinâmicas no espaço e no tempo.

O Panorama da Zona Costeira e da Zona Marítima (MMA, 2002) mostra que a zona costeira, como região de interface entre os ecossistemas terrestres e marinhos, é responsável por ampla gama de “funções ecológicas”. Assim como a área em estudo, vários trechos do litoral do nordeste do Estado do Pará são demarcados por áreas de proteção e/ou outros tipos de reservas ambientais.

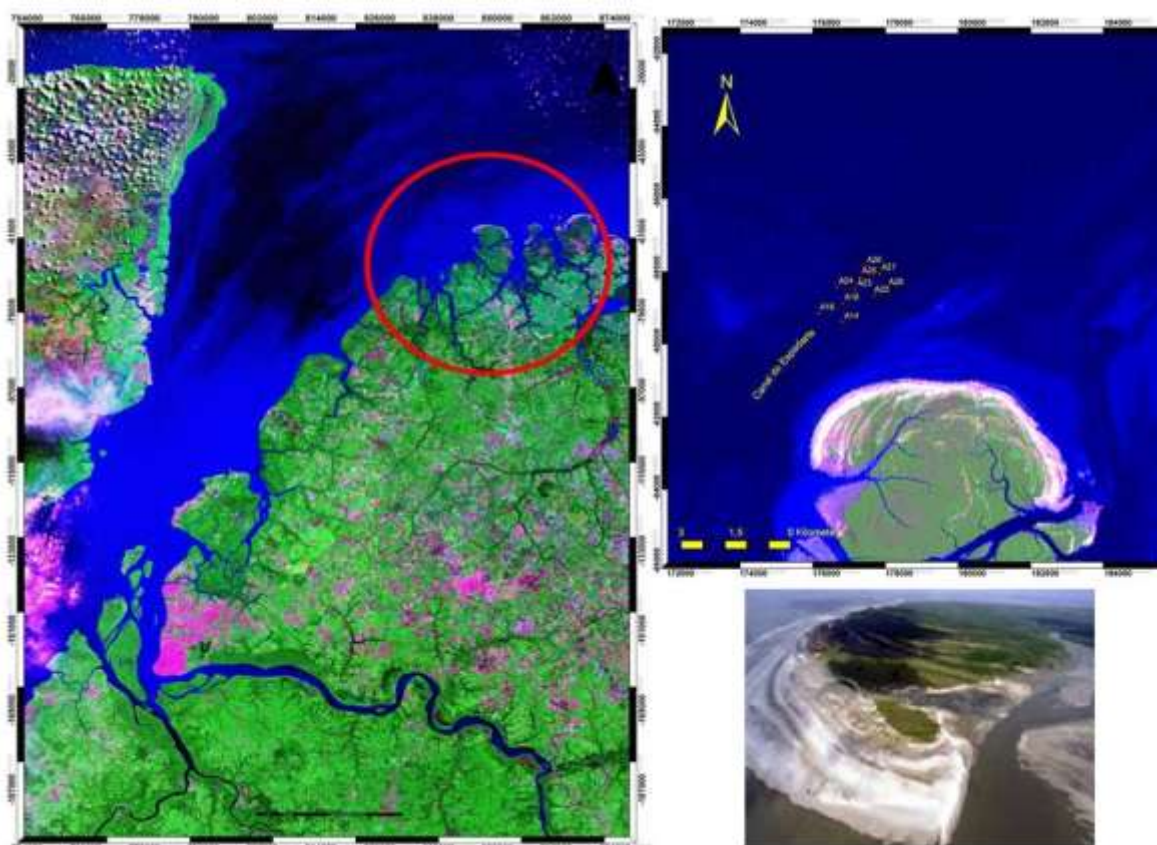
Figura 1 - Mapa de divisão da ZCP.



Fonte: El-Robrini et al.(2006).

O município de Curuçá pertence à Mesorregião do Nordeste paraense e à Microrregião do Salgado, sua sede municipal encontra-se nas coordenadas de $00^{\circ} 43' 48''$ de latitude Sul e $47^{\circ} 51' 06''$ de longitude a Oeste de Greenwich (Figura 2). O município tem como seus limites: ao Norte o Oceano Atlântico; a Leste o município de Marapanim; ao Sul o município de Terra Alta; e a Oeste o município de São Caetano de Odivelas. O trajeto é feito através da Rodovia BR-316, a partir do município de Castanhal, de onde se prossegue pela rodovia estadual PA-136, até chegar ao município de Curuçá. O acesso a Ilha dos Guarás (Mariteua) é feito através de embarcação motorizada.

Figura 2 - Localização da área de estudo. Localização dos pontos de amostragem e Fotografia aérea (CDP).



3.2 ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

3.2.1 Geomorfologia e Geologia

O relevo litorâneo do município de Curuçá sugere que a costa apresenta-se em submersão, semelhante ao quadro regional de “rias” do NE do Pará, representado por vales afogados, obliterados pela sedimentação pelítica fluvio-marítima (BARBOSA; PINTO, 1973). Esta unidade regional ocorre a norte do município de Curuçá, desenvolve-se com orientação (NE-SW) e adentrando o relevo continental nas direções NW-SE e N-S. Ocorrem nessa região os sistemas de Planície Costeira, Terraços Marinhos e Mangues; e as Pontas da Romana e de Tijoca são consideradas praias-barreiras, formadas por um conjunto de barras coalescentes, podendo indicar um processo de progradação (GEMC; CHD, 2004). Os principais sedimentos reconhecidos nesta região são representados pela formação do Grupo Barreiras (Terciário Inferior), Pós-Barreiras e recentes (Quaternário). Segundo Rossetti (1989), as unidades litoestratigráficas aflorantes na região da Ilha dos Guarás (Mariteua) inclui exclusivamente sedimentos cenozóicos. Sendo a estruturação fisiográfica da região sustentada pela formação do Grupo Barreiras.

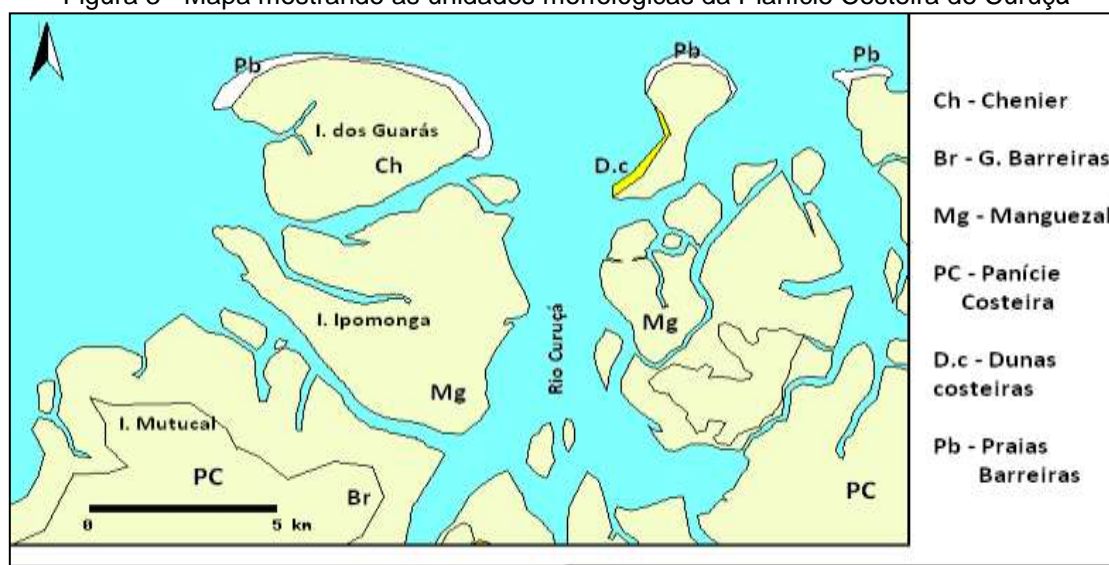
3.2.1.1 Planalto rebaixado da Amazônia

Grande parte das formas de relevo da área faz parte do Planalto Rebaixado da Amazônia, que estão esculpidos nas formações do Grupo Barreiras e nos depósitos pleistocênicos do Pós-Barreiras, onde a cobertura vegetal é do tipo floresta secundária (capoeira). Assim, destaca-se o sistema de relevo colinoso, no qual ocorrem colinas extensas de topo plano, localmente arredondado, com formas irregulares. São de pequena amplitude, com cotas que não ultrapassam os 60 m e declividades com valores menores que 5% (GEMC; CHD, op.cit.).

3.2.1.2 Planície Fluvio-marinha

A Planície Fluvio-marinha ocorre a norte do município de Curuçá, e desenvolve-se com orientação (NE-SW), adentrando o relevo continental nas direções NW-SE e N-S (GEMC; CHD, 2004). Ocorrem os sistemas de Planície Costeira, Terraços Marinheiros e Mangues. O sistema de Planície Costeira são terrenos relativamente planos, ocorrendo descontinuidade na orla litorânea. Este sistema é representado pelas seguintes formas: cordões litorâneos, praias, dunas, barras emersas e bancos pré-litorais. O Sistema de Terraço Marinho constitui superfícies aplainadas por agradação, no entanto, atualmente sofre, em parte, efeitos erosivos em função das marés. Esta unidade regional é compartimentada em três unidades geomorfológicas: Planície aluvial, com canal fluvial, diques marginais e planície de inundação; Planície estuarina, com canal estuarino, subdividido em curso superior, segmento reto, segmento meandrante e funil estuarino e a Planície costeira, com ambientes de pântano salino (interno e externo), planície de maré (manguezais de supamaré, intermaré e inframaré), planície arenosa com baixios de maré, dunas costeiras ativas e inativas, deltas de maré enchente e vazante e praias-barreira - “barrier-beach ridge”) e cheniers. (GEMC; CHD, op cit.), como se pode observar na Figura 3.

Figura 3 - Mapa mostrando as unidades morfológicas da Planície Costeira de Curuçá



Fonte: (GEMC; CHD, op.cit.)

3.2.1.3 Manguezais

São caracterizados por terrenos baixos quase horizontais, constituídos por sedimentos lamosos ricos em matéria orgânica com intensa bioturbação e fitoturbação, sofrendo influência das marés (SILVA JR.; EL-ROBRINI, 2001). São localizados principalmente nas baías estuarinas e são recortados por córregos e canais de maré. Esses manguezais são bordejados por praias e estão presentes também na porção interna, junto aos cheniers e aos depósitos arenosos das praias barreira (“barrier-beach ridge”).

3.2.1.4 Dunas costeiras

Na área em estudo, as dunas costeiras apresentam forma linear, às vezes piramidal; e são transversais à direção principal do vento. Estas dunas estão recobertas total ou parcialmente por vegetação. Estão distribuídas na Ilha dos Guarás, e separam as praias dos manguezais. São constituídas por areias finas a muito finas, localizadas principalmente na parte inferior.

3.2.1.5 Cheniers

São paleo-cordões praias (não ultrapassando a altura de 2 m) ou duna-praia repousando sobre depósitos lamosos de manguezais, isolados dos processos costeiros por uma planície lamosa subsequente, implicando geneticamente que a progradação da planície lamosa seja interrompida pela formação do chenier. São colonizados por vegetação do tipo arbustivo (SILVA JR.; EL-ROBRINI, 2001). Sendo essa uma unidade basicamente representada isoladamente no meio do Manguezal nas Ilhas do Ipomanga e Guarás.

3.2.1.6 Praias Barreiras

São as áreas mais dinâmicas da planície costeira, e configuram elevações arenosas que se estendem desde o cordão de dunas vegetadas até a linha média de maré baixa de sizígia. Margeiam as áreas de manguezais interiores, e são dominadas pelos processos de macromaré semidiurna. As praias-barreira são constituídas essencialmente por cordões arenosos lineares, constituídos, principalmente, de areias quartzosas finas, de coloração cinza clara a esbranquiçada, bem selecionadas, com fragmentos de conchas, plantas e outros organismos (GEMC; CHD, 2004). As Pontas da Romana e de Tijoca são praias-barreiras, formadas por um conjunto de barras coalescentes, podendo indicar um processo de progradação (ROBRINI et al., 2004).

3.2.1.7 Deltas de Maré

Fazem parte da Planície Fluvio-marinha e são caracterizadas por barras arenosas coalescentes, normais à costa e expostas durante a maré baixa, e recortadas por canais de maré rasos. Este sistema contém uma variedade de formas de leito, entre elas, marcas onduladas em várias escalas e “sand waves” (GEMC; CHD, op.cit.). São constituídas por areias finas a muito finas, bem selecionadas, contendo fragmentos de conchas. Ocorrem nos limites dos canais de maré, e configuram deltas de maré vazante, com suas barras e canais associados. São observados na Ilha dos Guarás.

3.2.2 Litoestratigrafia

Os principais sedimentos reconhecidos nesta região são representados pela formação do Grupo Barreiras (Terciário Inferior), Pós-Barreiras e recentes

(Quaternário). As unidades litoestratigráficas aflorantes na região da Ilha dos Guarás (Mariteua) inclui exclusivamente sedimentos cenozóicos.

A estruturação fisiográfica da região é sustentada pela formação do Grupo Barreiras. Goés e Truckenbrodt (1980) dividem esse Grupo em três litofácies: argilo-arenosa, arenosa e conglomerática. Segundo os estudos de Rossetti et al. (1989), o Grupo Barreiras possui litofácies siliciclásticas; das quais já conseguiram identificar treze litofácies para os sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras do NE do Pará.

Os depósitos sedimentares da formação Pós-Barreiras repousam sobre os sedimentos do Grupo Barreiras, e destes separam-se por uma discordância erosiva (SÁ, 1969). Constituem-se de sedimentos areno-argilosos, mal selecionados, depositados a partir da atuação de movimentos gravitacionais (ROSSETTI, op cit.). Costa et al. (1991) incluem esses depósitos como pleistocênicos juntamente com o arenito pilões, cujas estruturas sugerem a presença de um paleolitoral com barras arenosas, planícies de maré e pântanos de supamaré. O Quaternário é representado por sedimentos areno-argilosos pleistocênicos do Pós-Barreiras e pelos depósitos da planície aluvionar, estuarina e costeira da cobertura sedimentar recente. Em cima dos sedimentos do Grupo Barreiras, ocorrem os sedimentos “Pós-Barreiras”, sendo estes amarelados sobrepostos ao Grupo Barreiras. Estes sedimentos são areno-argilosos, de granulometria grossa, amarelados e inconsolidados, que recobrem discordantemente o Grupo Barreiras. Rossetti et al., (op.cit.) denominaram fácies “areno-argilosa geralmente maciça”, para a unidade Pós-Barreiras, no qual a deposição está relacionada à atuação de movimentos gravitacionais, associados à dissipação de dunas na faixa litorânea.

3.2.3 Dinâmica costeira

A erosão praial é um dos principais fenômenos entre os processos costeiros, que acabou transformando-se em um problema emergencial, na maioria das áreas costeiras do mundo. A erosão costeira é o resultado de uma complexa interação entres os processos físicos, movimentos combinados de

águas induzidos pelas ondas incidentes e de tempestades, marés e correntes litorâneas, interagindo com a costa. Trabalhos sobre o transporte de sedimentos na zona costeira norte (onshore/offshore, crosshore, onshore, offshore e offshore/onshore) são escassos. No entanto, observações feitas na praia de Ajuruteua, mostram a ocorrência de mudanças na deriva litorânea de um setor a outro, onde existem duas direções preferenciais, devido principalmente, às variações na orientação da linha de costa e nas condições oceanográficas (GEMC; CHD, 2004).

Durante o período seco, ocorre transporte "onshore", e durante o período chuvoso, o transporte é "offshore". Na praia da Romana, o recuo máximo de linha de costa foi de até 25 m (1999-2000), apresentando um balanço positivo para um setor, em sua variação de volume ($50,14 \text{ m}^3/\text{m}$) e para outro, um severo processo de erosão, indica um balanço negativo ($47,65 \text{ m}^3/\text{m}$) (GEMC; CHD, op.cit).

Tomando base no trabalho desenvolvido por França (2003), que mostrou que toda a margem leste da ilha de Marajó (Soure e Salvaterra) sofreu o predomínio da erosão nos últimos 15 anos, sendo um total de 2.02 km^2 de áreas erodidas e 0.61 km^2 de áreas progradadas. Os balanços negativos (perdas sedimentares) estão relacionados, principalmente, às zonas de intermaré superior, quando ocorre erosão das dunas frontais. Os balanços positivos (ganhos sedimentares) são justificados pela migração de bancos arenosos e retrabalhamento dos sedimentos pelas marés de sizígia que retiram sedimentos da zona de intermaré.

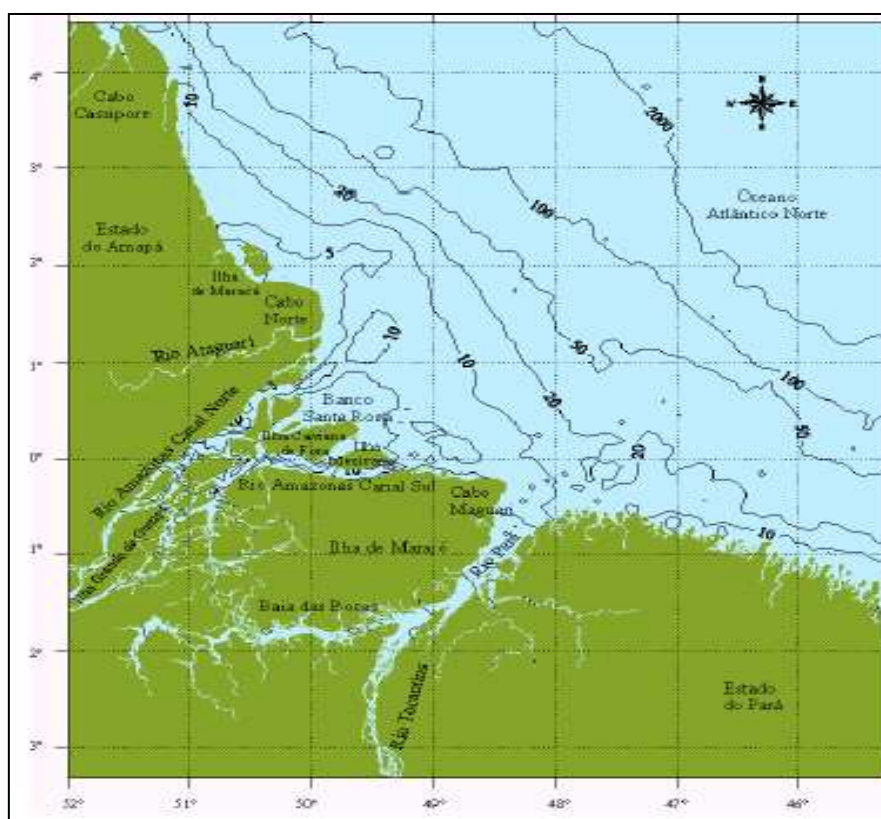
3.2.4 Plataforma Continental Interna do Pará

A plataforma continental interna, limitada offshore pela isóbata de 20 m (Figura 4) possui um relevo suave, ocorrendo pequenas irregularidades, devido à presença de canais e ondulações. A Plataforma Continental Interna do Pará é desenvolvida na faixa de 0 a 30 m e apresenta um gradiente bastante suave de 3.5° , com uma largura máxima de 90 km (GEMC; CHD, op cit).

Os fundos marinhos são em regra geral, na maioria, arenosos e/ou ocupados por várias estruturas arenosas, na foz do rio Pará, as estruturas

arenosas apresentam-se alongadas e orientadas segundo a direção NE-SW, a mesma das correntes de maré: Coroa Grande, da Muriçoca, Banco São João, Espadarte, Coroa das Gaivotas e na Plataforma Continental Interna, Marapanim, Maracanã, Bragança, Salinópolis, entre outros (Figura 5). No entanto, ocorrem afloramentos rochosos (Lateritas da Formação Barreiras) em determinados pontos, por exemplo: Pedra da Cerveja, da Corvina, Manuel Luís na frente de Salinópolis (GEMC; CHD, 2004).

Figura 4 - Mapa Batimétrico da plataforma continental.



Fonte: (GMC; CHD, op.cit.)

Ocorre fundos arenosos adjacentes a Ilha dos Guarás. Entretanto, pode-se observar também o Canal do Espadarte, numa posição de inter-bancos (Figura 5). No fundo deste canal, jaz uma crista arenosa submarina alongada. Segundo o relatório técnico de (GEMC; CHD, op cit.), todas as estruturas arenosas apresentam uma direção preferencial, que é das correntes de marés. Lembra-se que os dispositivos arenosos submarinos (dunas hidráulicas) apresentam-se em regra geral, dinâmicos.

Trabalhos abordando estes processos são escassos na região estudada, porém, trabalhos realizados na Baía de São Marcos (EL-ROBRINI, 1990, 1992), principalmente no setor de Itaqui mostraram uma evolução rápida dos fundos estuarinos, caracterizada por migrações de bancos arenosos, cuja velocidade alcançou 100 m/ano.

Figura 5 - Mapa hidrográfico mostrando a Ilha dos Guarás, Canal do Espadarte (Inter-bancos) e os fundos arenosos (Bancos arenosos orientados NE-SW) submarinos adjacentes. O Canal do Espadarte é demarcado pela isóbata de 20m (linha azul tracejada).

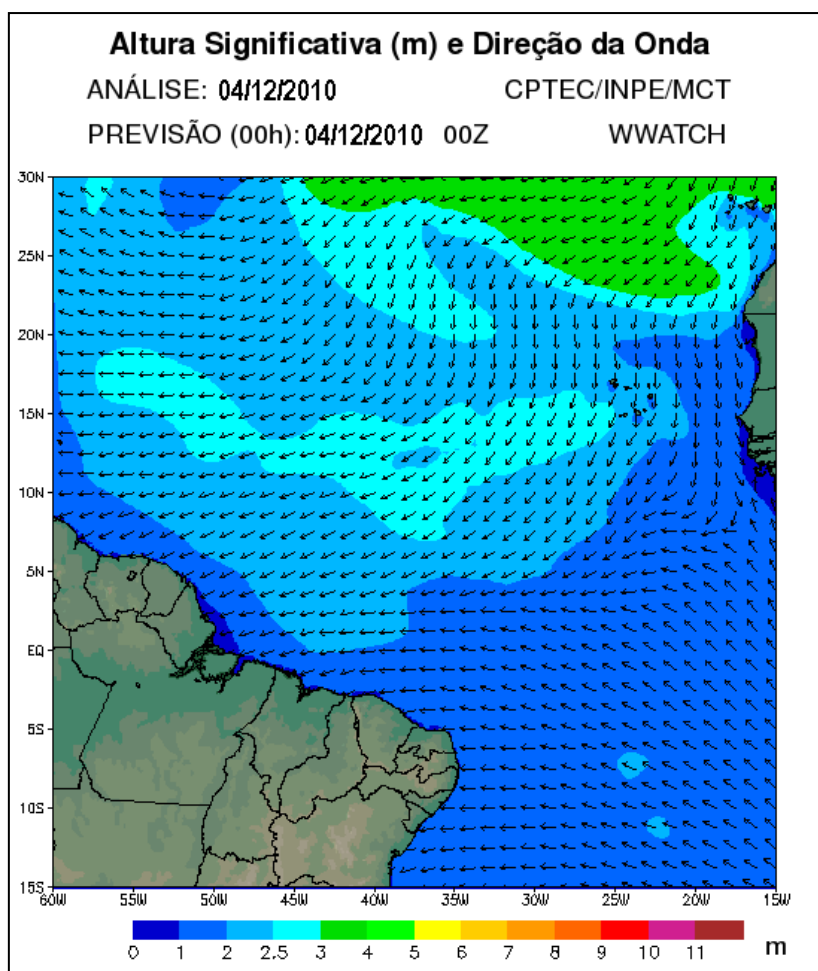


3.3 PARÂMETROS HIDRODINÂMICOS

3.3.1 Ondas

Os dados referentes às ondas na região foram obtidos através do modelo WAVEWATCH, desenvolvido pela NOAA/NCEP (TOLMAN, 1999), que tem como variável prognóstica o espectro de ondas, sendo as variáveis, H_{SIG} e direção de propagação. O litoral norte sofre influência das ondas formadas a partir dos alísios, que apresentam em regra geral, ondas que se propagam de nordeste com alturas de até 1 metro na faixa litorânea, e de até 1,5 metros em oceano aberto, como podemos observar na Figura 6.

Figura 6 - Mapa de ondas do Norte e Nordeste, altura e direção de ondas.

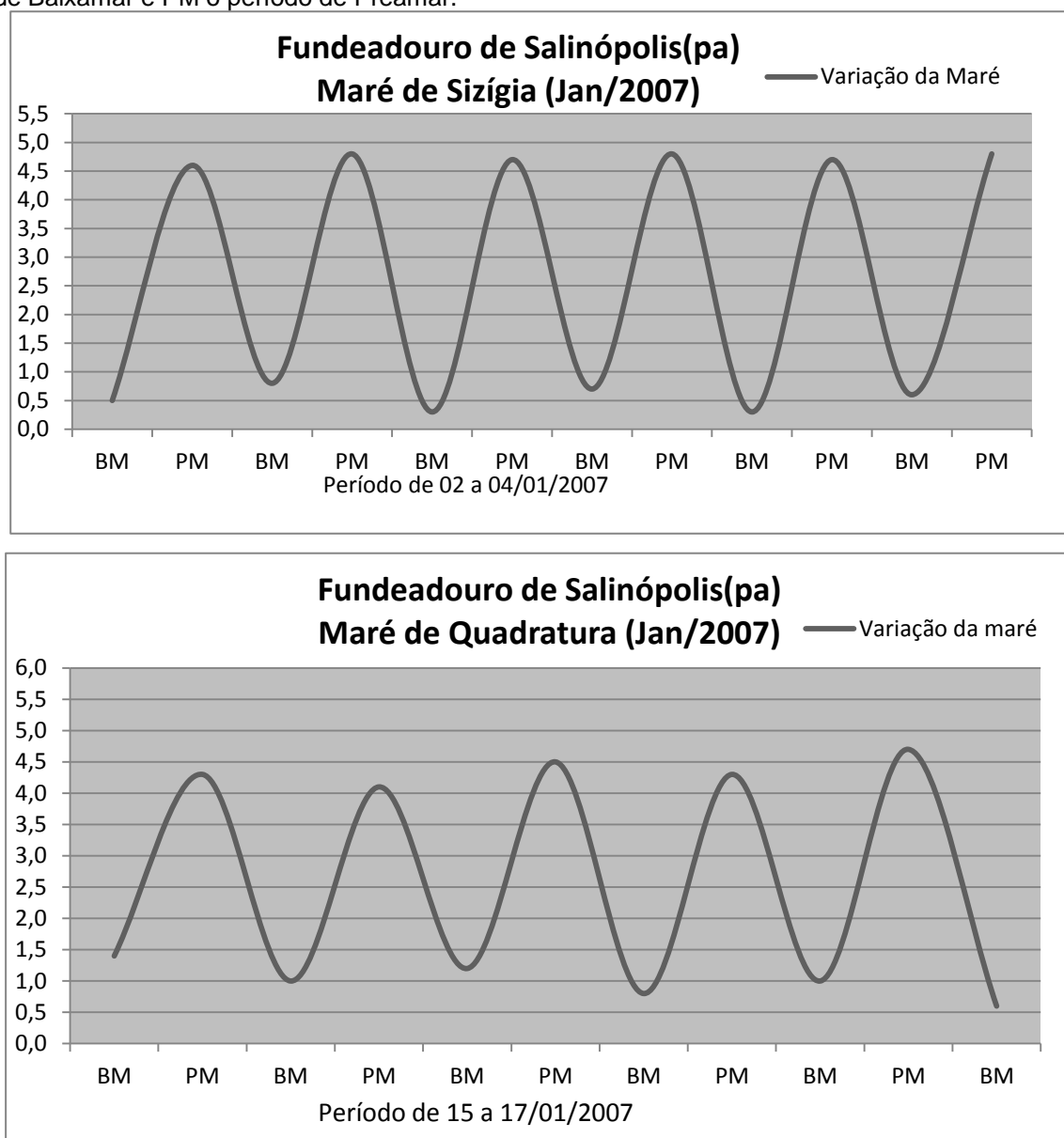


Fonte CPTEC/INPE

3.3.2 Marés

A maré na região nordeste do Estado do Pará é definida como semidiurna, ou seja, apresenta duas enchentes e duas vazantes num período de 24 horas, com amplitude anual máxima de maré de 5,2 m, caracterizando um regime de macromaré (> 4 m). A Figura 7 mostra a Variação da maré semidiurna em períodos de sizígia e quadratura respectivamente.

Figura 7 - Gráficos das variações de maré no período de sizígia e quadratura, BM define o estado de Baixamar e PM o período de Preamar.



3.3.3 Correntes de maré

As principais correntes que atuam no litoral paraense são as correntes de maré, e, secundariamente, as correntes litorâneas resultantes da chegada das ondas à costa, sendo estas responsáveis pelo transporte de grandes quantidades de sedimentos da plataforma continental para o litoral.

As correntes de marés são, também, as principais responsáveis pela presença dos inúmeros bancos de areias, que se dispõem perpendicularmente à costa, na foz do rio Pará e na área *offshore* da Ilha dos Guarás (Mariteua). As correntes induzidas pelos fluxos dos rios são restritas às regiões estuarinas e vários fatores climáticos afetam a quantidade e a sazonalidade da descarga. As correntes induzidas pelos ventos alísios na direção NE e E transportam grandes quantidades de sedimentos pelíticos e arenosos da plataforma continental interna, em direção a costa e são responsáveis pela orientação das ondas, que atingem a linha de costa com um ângulo de 45°, estabelecendo um fluxo paralelo à linha de costa, gerando as correntes de deriva litorânea “*longshore currents*”, que transportam sedimentos no sentido E-W (GEMC; CHD, 2004).

3.4 PARÂMETROS METEOROLÓGICOS

3.4.1 Clima

O clima da área é do tipo Am2 (segundo adaptação da classificação de Köppen). É caracterizado por ser quente e úmido, com estação seca prolongando-se de junho a novembro, e um período chuvoso bem acentuado, com fortes chuvas nos demais períodos do ano (dezembro a maio), apresentando pluviosidade média anual variando de 2.500 a 3.000 mm (Figura 8) e umidade relativa do ar entre 80 e 91% (MARTORANO et al. 1993). Na faixa costeira, tem como principais características climáticas, temperaturas oscilando entre a máxima de 30 °C e mínima de 22 °C. A temperatura da água do mar varia de 27 °C no verão a 24 °C no inverno. A época de chuvas concentra-se entre fevereiro e abril,

com um máximo de 216 dias de Sol ao ano e mínimo de 200 dias de insolação. Os totais pluviométricos variam de 1750 mm a 3250 mm.

Figura 8 - Distribuição mensal de chuvas para o ano de 2007 para Soure.

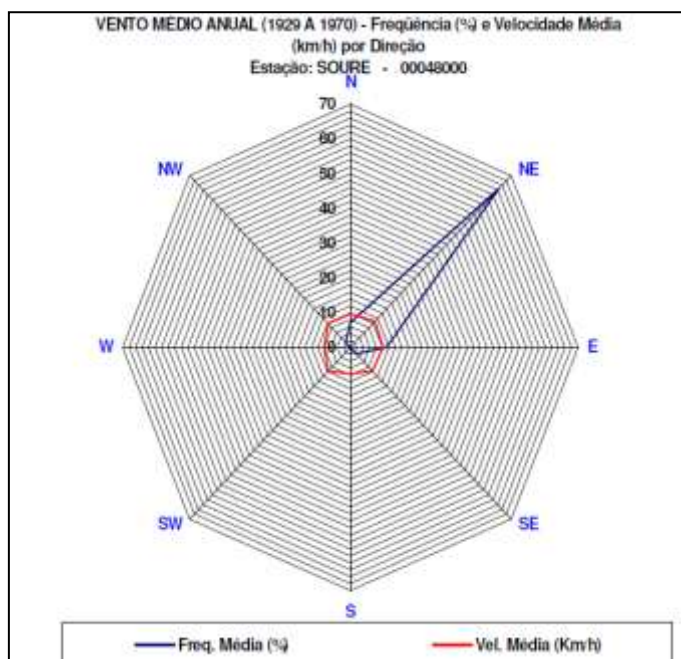


3.4.2 Ventos

O vento no litoral norte segue essencialmente a circulação de grande escala, com predominância de fluxo zonal de leste e atingindo uma velocidade média em torno de 5 m/s. Para esse parâmetro foram usados dados do município de Soure onde observa-se predominância do vento (correspondente à maior intensidade) na direção nordeste com intensidade média de aproximadamente 7 km/h (Figura 9).

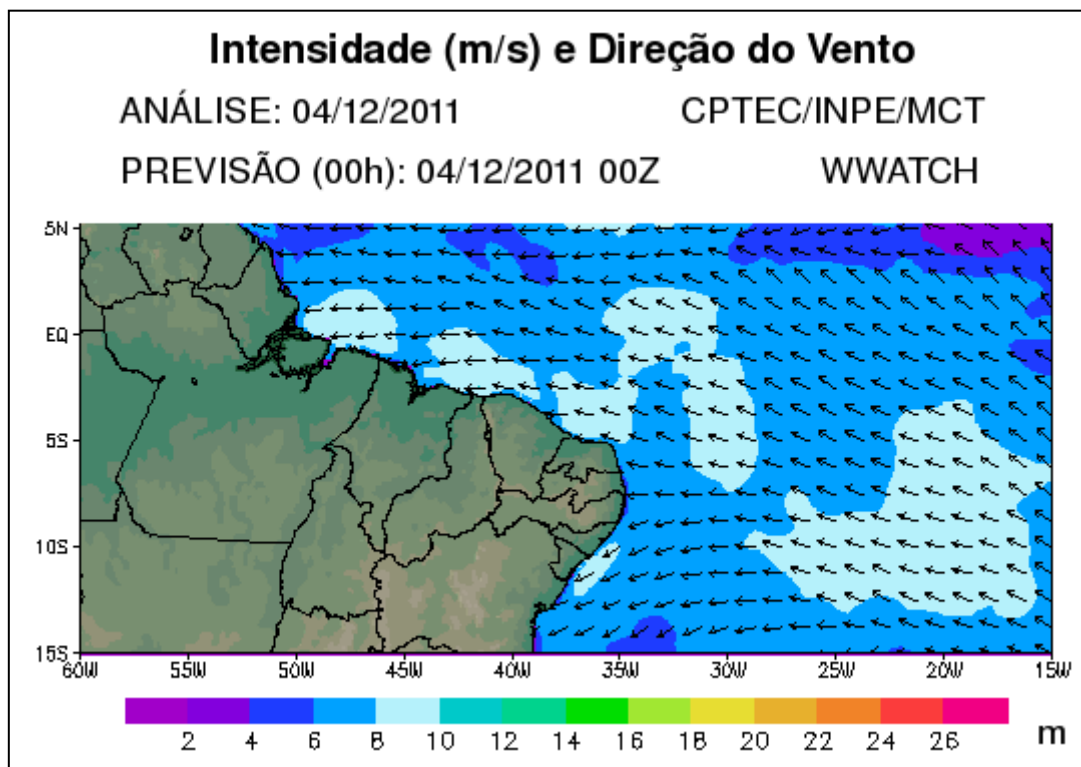
A figura 10 mostra os padrões de vento (intensidade e direção) atuantes na região norte do Brasil, os ventos predominantes nesta área são os alísios de nordeste, principais geradores de ondas para a região costeira do norte do Brasil, como citado no item 3.3.1 do presente trabalho.

Figura 9 - Frequência e velocidade do vento média anual para estação de Soure.



Fonte: GMC; CHD(2004).

Figura 10 - Mapa de ventos, intensidade e direção para a Região Norte e Nordeste do Brasil.



4 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

4.1 ANÁLISE TEXTURAL

A determinação das propriedades físicas dos sedimentos é de fundamental importância para o entendimento da dinâmica responsável pela formação de depósitos sedimentares. Sendo assim, a propriedade mais importante dos sedimentos é, provavelmente, a dimensão das partículas que os compõem e a quantificação por grandes classes dimensionais (MARTINS, 2007)

A análise granulométrica ou *Análise Textural* é considerada um parâmetro essencial para se compreender o ambiente de sedimentação e o regime hidrodinâmico em que um ecossistema encontra-se submetido. O tamanho dos grãos desde as frações mais grossas (cascalho) a frações mais finas (*silte* e *argila*) oferece informações quanto ao grau de seleção dos sedimentos e a competência do meio de transporte (SUGUIO, 1973).

Para estudar a distribuição granulométrica das partículas que constituem um sedimento é preciso utilizar uma escala. As primeiras escalas a serem utilizadas foram as escalas milimétricas. Posteriormente foi desenvolvida a escala logarítmica de Wentworth (1922), designada como “escala (phi)”, facilitando a aplicação dos métodos estatísticos aplicados à sedimentologia.

No presente trabalho foram utilizados os métodos de: Peneiramento a úmido, peneiramento a seco, decantação e centrifugação para a determinação granulométrica das amostras.

Além da análise granulométrica, outras propriedades dos sedimentos são importantes para a caracterização sedimentar, tais propriedades como o teor de matéria orgânica e de carbonato de cálcio, são fundamentais também para caracterizar uma área sedimentar. A determinação dessas outras duas propriedades também será mostrada nesse trabalho.

4.2 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

A matéria orgânica no sedimento desempenha um papel de suma importância do ponto de vista químico, físico e biológico. A sua origem, as transformações, a composição química e as suas diferentes funções vêm sendo objeto de muitos estudos.

Especificamente a matéria orgânica do sedimento, é composta pela fração carbonosa de solo de origens vegetal e/ou animal, transformada no interior do solo por processos físicos, químicos ou biológicos. A matéria orgânica do solo é importante na retenção de umidade e nutrientes, além de atribuir outras propriedades físicas essenciais à produtividade agrícola (SUGUIO, 1998).

A importância dessa determinação reside no fato de que a interpretação da ocorrência de matéria orgânica representa efetiva contribuição sobre origem, natureza e destino final dessa matéria no ambiente considerado (DIAS; LIMA, 2004). Além do que, a matéria orgânica transportada pelos cursos d'água, seja particulada ou dissolvida, pode agregar-se a materiais geológicos, e, deste modo, produzir ambientes de sedimentação (CUSTODIO; LLAMAS, 1976).

A eliminação de matéria orgânica compreende a utilização de métodos visando remover a matéria orgânica presente no sedimento, tendo como objetivo análises granulométricas e/ou mineralógicas. A eliminação pode ser realizada através da retirada física de porções maiores (com o auxílio de bastão de vidro, por exemplo), aquecimento (calcinação) ou ainda, ataque químico através da adição de substâncias que entrem em reação com o Carbono orgânico presente na amostra, como o Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2) ou o Hipoclorito de Sódio (NaOCl) (SFRENDRECH, 2009)

4.3 TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO

Segundo Freire (1985), a fixação de $CaCO_3$ pelos organismos vivos, vegetais e animais, é um fenômeno natural e que a maioria dos calcários de origem orgânica é na realidade o produto indireto da atividade de microrganismos.

Principalmente as plantas, pelo jogo de assimilação clorofiliana, absorvem o gás carbônico dissolvido na água, o que, conseqüentemente produz precipitação de calcário.

A quantificação do teor de carbonato de cálcio se faz necessário devido a sua contribuição para a classificação textural de sedimentos por Dias (2005), modificado de Larssonneur e sua relação com a biota local, já que estudos mostram uma ligação entre determinados organismos carbonáticos com classes sedimentares distintas (AGUIAR NETO; GOMES; SÁ FREIRE, 2008).

4.4 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DE FOLK (1954)

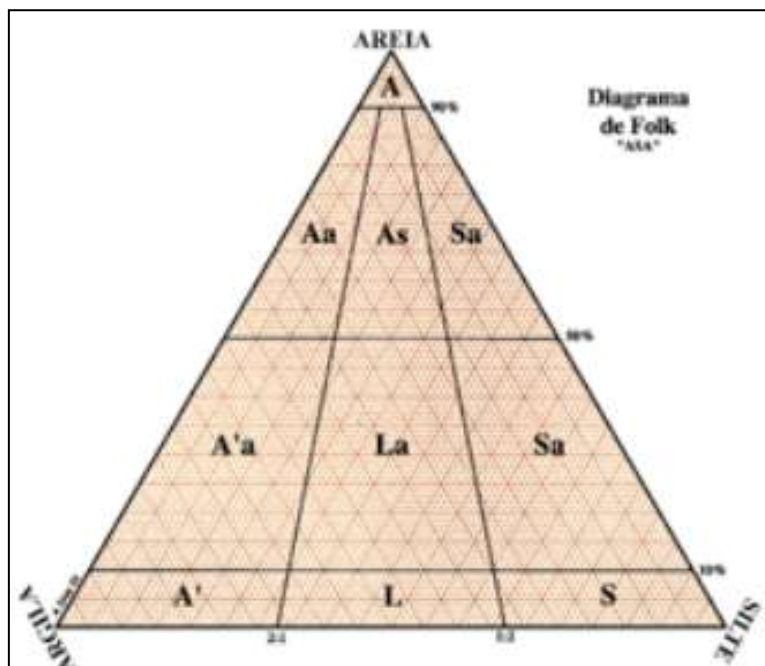
A classificação proposta por Folk em 1954, baseia-se, essencialmente, num diagrama triangular (Figura 11), em que são representados proporcionalmente os conteúdos percentuais em cascalho (> 2 mm), em areia (2 mm a 63 µm) e em lama (< 63 µm) (DIAS, 2004).

Para aplicar esta classificação torna-se necessário conhecer duas grandezas: as quantidades percentuais de cascalho, utilizando-se as fronteiras de 80%, 30%, 5% e traços (< 0,01%); e a razão areia/lama, usando-se as fronteiras proporcionais 9:1, 1:1 e 1:9. (DIAS, op. cit).

Na concepção desta classificação, Folk utilizou vários princípios científicos. Por exemplo, a quantidade de cascalho existente no sedimento é extremamente significativa, pois a deposição ocorre em função de velocidades máximas da corrente de fundo. Mesmo uma quantidade ínfima desta classe textural pode refletir as características que o fluxo tinha no período de deposição. (DIAS, op. cit)

Também a proporção entre areia e lama é importante, pois esta depende das características do fluxo durante a deposição e da capacidade de remobilização que esse fluxo possuía. A classificação dos sedimentos lodosos é efetuada segundo o conteúdo percentual em areia (considerando as fronteiras de 10%, 50% e 90%) e a proporção *argila*/silte (utilizando as fronteira 2:1 e 1:2).

Figura 11 - Diagrama triangular de Folk para a classificação de sedimentos finos.

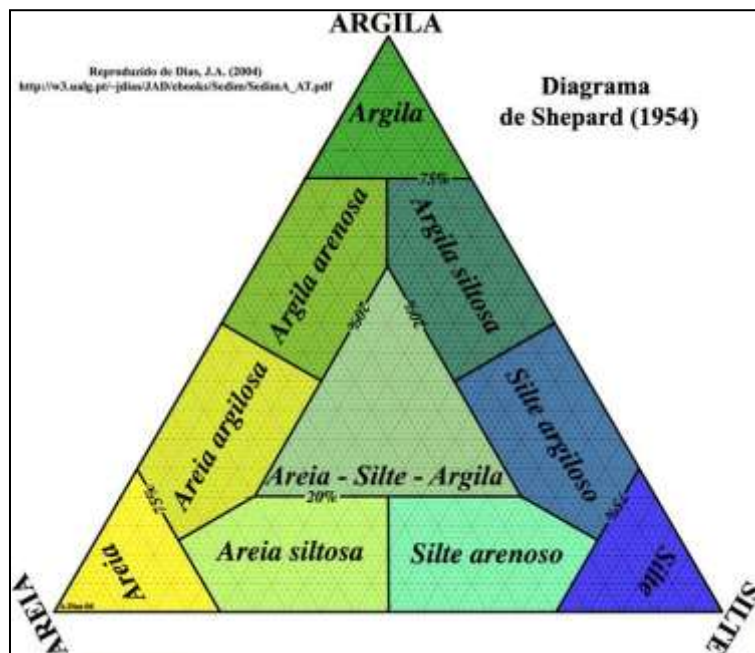


Fonte DIAS (2004).

4.5 CLASSIFICAÇÃO DE SHEPARD (1954)

Em 1954 Francis P. Shepard, propôs novo esquema classificativo para sedimentos. Ao contrário da classificação de Folk, em que existe a preocupação de permitir a extração de informações sobre a hidrodinâmica, isto é, de viabilizar a dedução de características do ambiente de deposição, este esquema de Shepard é puramente descritivo, não existindo quaisquer preocupações “hidrodinâmicas”. Neste esquema classificativo existem 10 classes, cujas caracterizações e designações encontram-se no diagrama abaixo (Figura 12).

Figura 12 - Diagrama de Shepard.



Fonte: Dias (2005).

4.6 CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DE LARSONNEUR, MODIFICADO POR DIAS (2005).

A proposta de Larsonneur visa definir o tipo de sedimento com base tanto na análise textural como composicional, o que muitas vezes pode indicar a variação nos processos de sedimentação e no padrão de aporte sedimentar (BASTOS, 2005). Esta classificação, originalmente, estabelece 48 tipos de sedimentos, em função de granulometria e dos teores de carbonato. São evidenciadas quatro categorias com relação à granulometria: seixos, grânulos, areias e lamas. (DIAS; MEDEIROS, 2005).

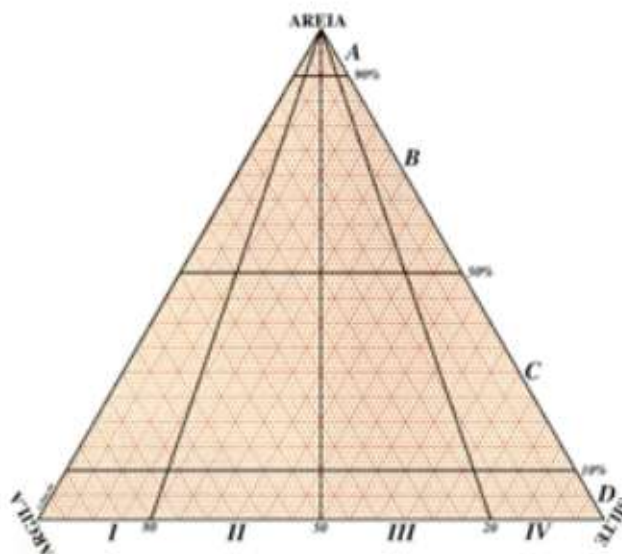
4.7 DIAGRAMA DE PERJRUP

Segundo Dias (2005), no Diagrama de Pejrup, o conteúdo em areia é o elemento principal da classificação, porém, considera também, como elemento

estruturante, a razão silte/argila que compõe o sedimento de fundo. Os sedimentos com teores de *argila* maior que 80%, na fração lama, são pouco frequentes e caracterizam ambientes de baixa energia; este valor é utilizado para dividir um dos campos de seu diagrama. Por razão simétrica, a linha que corresponde a 20% de *argila*, na fração lama, é utilizada para representar ambientes de energia mais elevada e, finalmente a linha de 50% de *argila*, na fração lama, é utilizada para dividir a seção média do diagrama em duas partes iguais.

Desta maneira o diagrama proposto fica dividido em quatro seções (Figura 13). A seção I caracteriza ambientes com condições hidrodinâmicas muito baixas, enquanto que as seções II, III e IV, caracterizam ambientes com aumento gradativo da energia. A divisão do diagrama nas seções A, B, C e D é efetuada a partir do conteúdo de areia presente nos sedimentos. A linha de 10% de areia é escolhida por Pejrup (1988), pelo motivo que tal conteúdo de areia em sedimentos lamosos é Insignificante em termos de dinâmica ao passo que a linha de 90% de areia foi escolhida devido à perda do caráter coesivo por sedimentos com tais características. Finalmente a linha de 50% de areia foi escolhida para dividir o grupo central em duas partes iguais.

Figura 13 - Diagrama de Pejrup (1988).



5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 ETAPA DE CAMPO

Para coleta dos testemunhos foi utilizado um sistema de amostragem em profundidade (PUSHCORE). Para a localização dos pontos de amostragem (Figura 14) utilizou-se o sistema de posicionamento global (GPS) e cartas Batimétricas da área que compreende ao canal do Espadarte (Figura 15). Foram coletados cerca de 30 testemunhos adjacentes a linha de costa da praia da Romana, dentre eles 8 foram utilizados para o desenvolvimento deste trabalho.

Figura 14 - Localização dos testemunhos coletados no Canal do Espadarte.

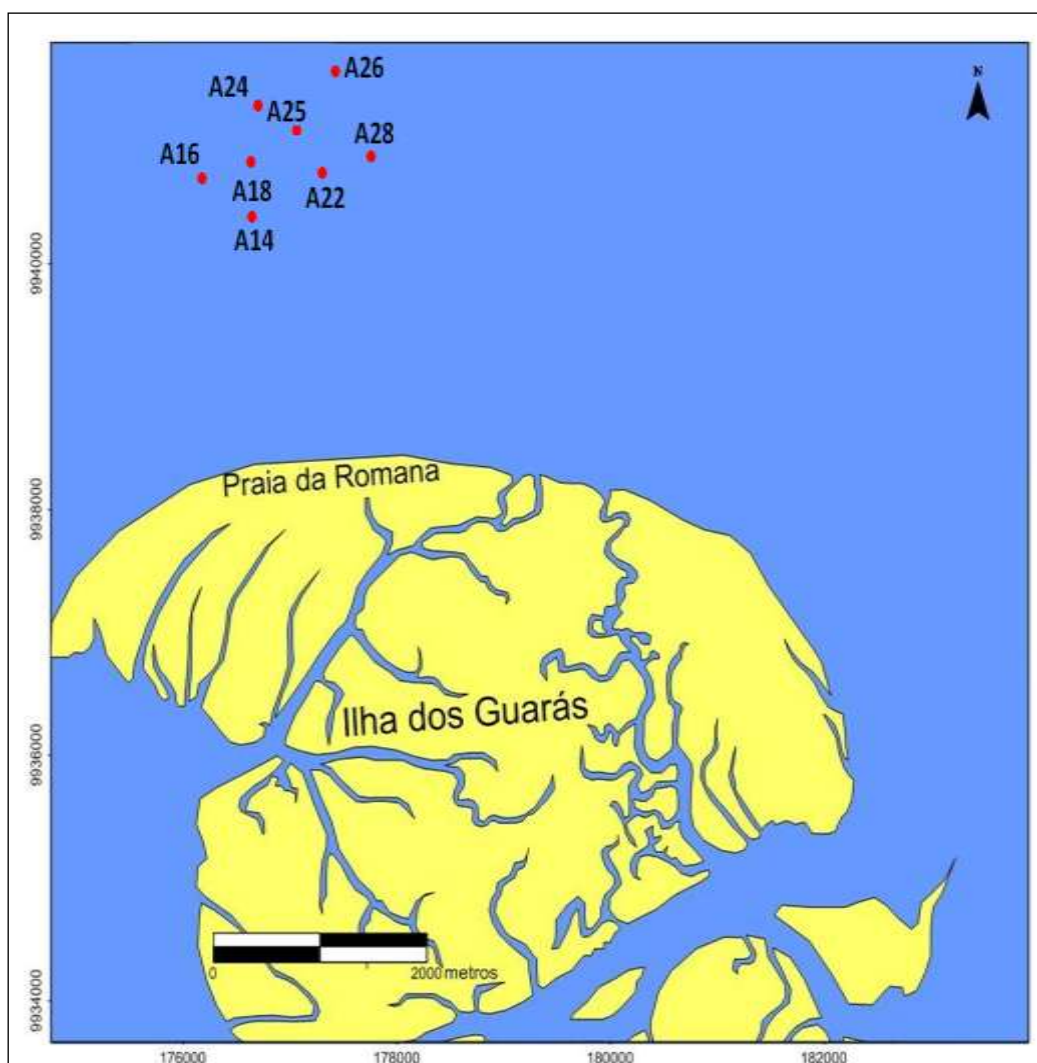
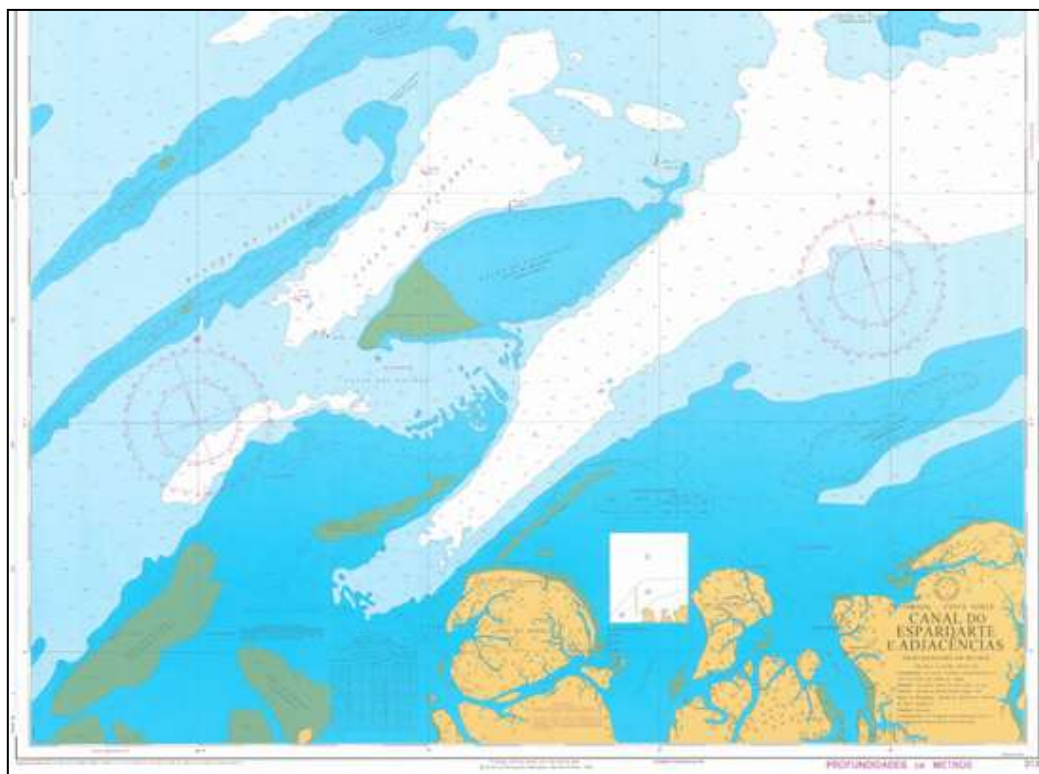


Figura 15 - Carta Batimétrica referente ao Canal do Espadarte e adjacências.



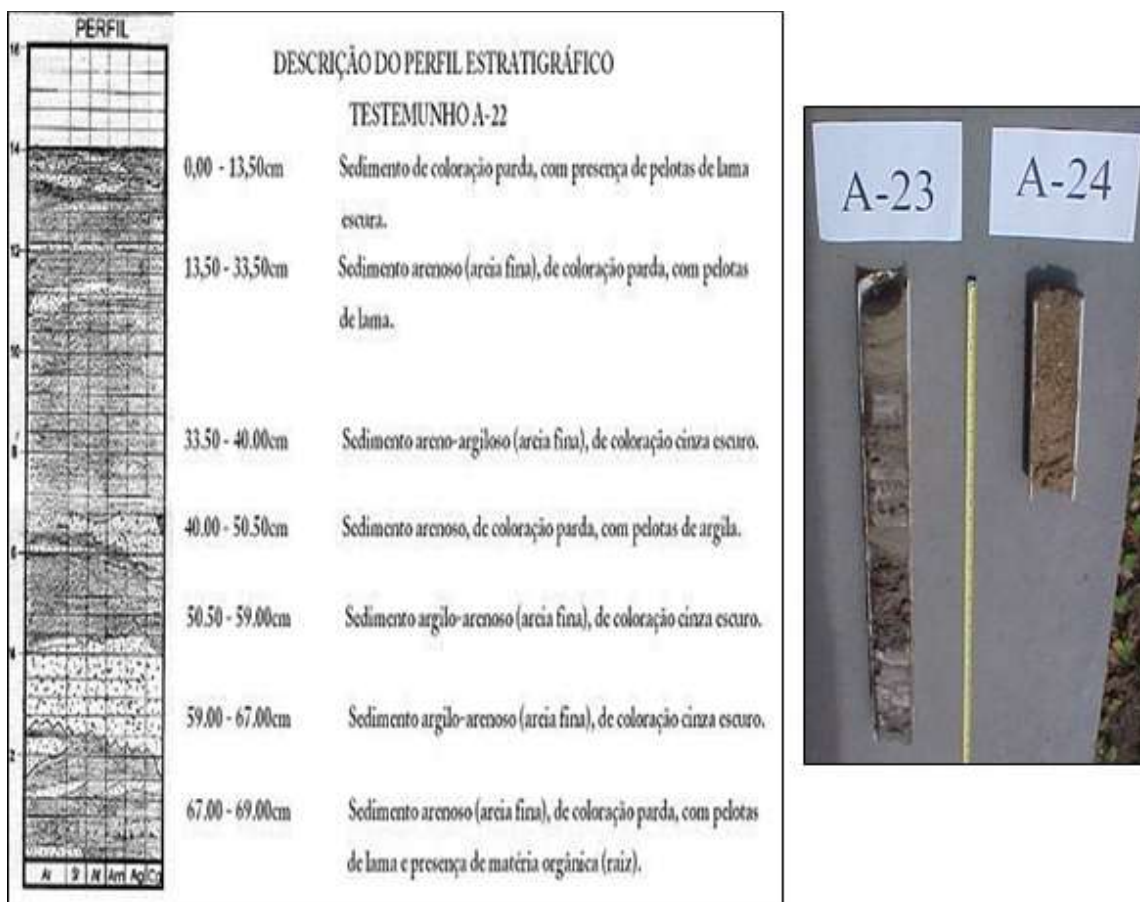
Fonte: DNH, 2010.

5.2 ETAPA DE LABORATÓRIO

5.2.1 Amostragem

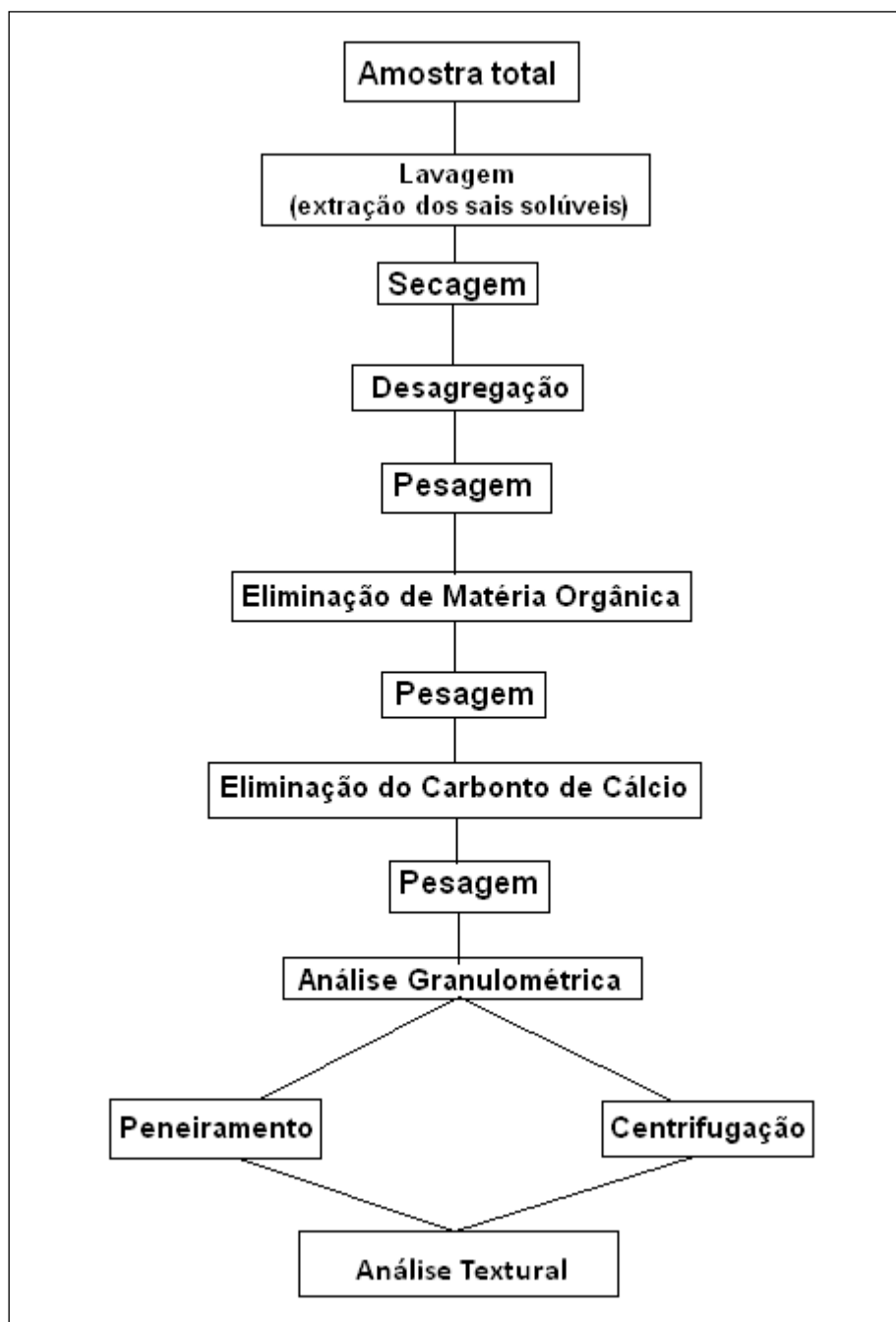
No Laboratório de Oceanografia Geológica e Geofísica Marinha– LIOG, os testemunhos coletados em campo foram abertos longitudinalmente com o auxílio de uma serra elétrica, após a abertura, os testemunhos foram fotografados, descritos e desenhados em planilha própria para amostragem, como visualizada na figura 16.

Figura 16 - Perfil descrito do testemunho A-22 (esquerda) e fotografia dos testemunhos A-23 e A-24 (direita).



Cada testemunho aberto foi dividido em amostras de intervalos, correspondendo à sua descrição macroscópica (textura, cor, estruturas sedimentares, laminações, presença de matéria orgânica e/ou fragmentos de organismos). Cada uma das amostras foi dividida em duas, uma subdivisão foi adicionada ao Banco de Amostras da Margem Continental Norte Brasileira para futuro uso e a outra foi usada para análise, seguindo o Protocolo Sedimentológico do Projeto *Piatam Mar II* 2008, representado no fluxograma da figura 17.

Figura 17 - Fluxograma das atividades executadas.



A parte das amostras destinadas à análise foi lavada pelo menos três vezes para a retirada de sais que poderiam alterar futuras análises granulométricas e/ou reações químicas utilizada durante a eliminação de matéria orgânica. Em seguida, as amostras foram secas sob o sol até que ficassem totalmente livres de umidade (Figura 18). As amostras secas foram desagregadas em um almofariz com auxílio de um pistilo com proteção de borracha e depois quarteadas até adquirir uma quantidade suficiente e representativa para a análise.

Figura 18 - Secagem das Amostras ao Sol.



Fonte: Acervo do autor.

5.2.3 Eliminação da Matéria Orgânica

No presente trabalho foi empregado o método de eliminação de matéria orgânica por adição de Peróxido de Hidrogênio (H_2O_2). Esse método consiste no ataque químico com Peróxido de Hidrogênio, fazendo com que o H_2O_2 entre em reação com a matéria orgânica presente nas amostras consumindo-as quase que totalmente (Figura 19).

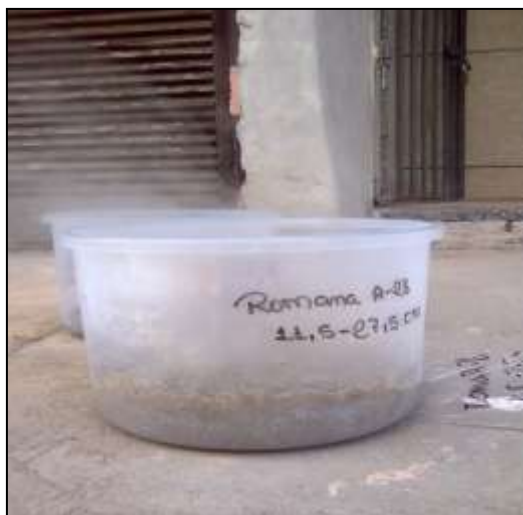
Para o processo de eliminação de matéria orgânica, foram utilizados em média 60 gramas de cada amostra, onde foi adicionado inicialmente 40 mL de peróxido de hidrogênio a 30% deixando reagir naturalmente, caso a reação não cessasse, era adicionado mais reagente nas amostras.

Segundo Sfrendrech (2009), apesar do método de ataque químico por Peróxido de Hidrogênio ser facilmente aplicado a um grande número de amostras simultaneamente, o tempo de decantação das *argilas* impõe um ritmo muito lento a este processo, algumas vezes atingindo a duração de semanas.

Após a eliminação dos constituintes orgânicos, foi realizada a lavagem das amostras até que todo reagente (H_2O_2) fosse eliminado das amostras. O

percentual de matéria orgânica eliminada durante o processo foi obtido através da relação entre peso inicial e final das amostras.

Figura 19 - Amostra sob ataque químico por Peróxido de Hidrogênio.



Fonte: Acervo do autor.

5.2.4 Eliminação do Carbonato de Cálcio

Após a eliminação da matéria orgânica, as amostras foram pesadas para quantificar a fração de constituinte orgânico eliminado durante o processo. Para a eliminação do carbonato de cálcio (CaCO_3) foi adicionado 40 mL de solução de Ácido Clorídrico a 10% às amostras, sendo acrescentado mais solução quando necessário.

O processo de eliminação do carbonato de cálcio (CaCO_3) tem como objetivo, além de quantificar a percentagem de carbonato de cálcio presente nas amostras sob forma de conchas e outras estruturas animais, ajudar a obter uma melhor análise dos grãos, visto que a presença dessas estruturas podem interferir no processo de análise granulométrica das amostras.

Após a eliminação do carbonato de cálcio, as amostras passaram por outro processo de lavagem para retirada completa do Ácido Clorídrico (HCl) das amostras. O percentual de CaCO_3 eliminado durante o processo foi obtido através da relação entre peso inicial e final das amostras.

5.2.5 Análise Granulométrica

Após a eliminação da matéria orgânica e do Carbonato de Cálcio das amostras, estas foram submetidas a duas etapas para verificar sua granulometria, de acordo com as características macroscópicas de cada uma das amostras, um pelo processo seco e um por via úmida.

As amostras de granulometria fina (*lama*) foram submetidas ao processo de peneiramento a úmido. Primeiramente as amostras foram homogeneizadas em um *becker* de 600 mL com água destilada e agitadas com o auxílio de um bastão de vidro dentro de um banho de *ultrassom* por 5 minutos para facilitar o processo de homogeneização. Depois de homogeneizadas, as amostras foram despejadas em uma peneira de 0,062 mm para separar a fração areia das frações *silte/argila*. A fração areia que ficou retida na peneira foi levada a estufa para secar à 60° C, para ser novamente pesada e levada para o processo de peneiramento a seco.

Para a separação do *silte* e *argila*, as amostras foram submetidas ao método de centrifugação. Nesse processo, as amostras foram novamente homogeneizadas e a elas fora adicionado Pirosofato de Sódio ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) para evitar a floculação da *argila*. Após essa etapa, o conteúdo da amostra foi despejado igualmente em tubos de 100 mL, pesados em uma balança de equilíbrio e levadas para a centrífuga a 1000 rpm durante dois minutos (Figura 20), tempo necessário para que o *silte* decantasse, deixando a *argila* em suspensão. A fração *argila* foi descartada e o *silte* foi levado à estufa para secar.

Figura 20 - Bacia de ultrassom (esquerda) e Centrífuga (direita).



Fonte: Acervo do autor.

Para as amostras com granulometria maior (*areia*), como exemplo, as frações que ficaram retidas na peneira de 0,062 mm, foram submetidas ao processo de peneiramento a seco, com auxílio de um peneirador automático *Rotap*, que imprime ao conjunto de peneiras, movimentos de alta intensidade que ajudam no peneiramento dos grãos (Figura 21).

Cerca de 30 a 60 gramas de cada amostra foi colocada no peneirador, sobre uma sequência de 11 peneiras sobrepostas em ordem decrescente de abertura (intervalo de 0,5 Ø), que seguiu a seguinte disposição: 2 mm; 1,41 mm; 1 mm; 0,710 mm; 0,500 mm; 0,350 mm; 0,250 mm; 0,177 mm; 0,125 mm; 0,088 mm; e 0,062 mm, de acordo com a proposta de Wentworth (1922) e Suguio (1973). Cada amostra foi submetida a uma agitação 4 no *Rotap*, durante um período de dez minutos, em seguida foram separadas em sacos e levadas para pesagem, afim de analisar a quantidade de material retido em cada peneira.

Os resultados obtidos durante a análise granulométrica foram tratados no *software* Sisgran 3.0, onde foram gerados histogramas dos sedimentos de fundo e diagramas de Shepard (1954) e Pejrup (1988).

Figura 21 - Agitador Rotap com jogo de peneiras.



Fonte: Acervo do autor.

Após o peneiramento as amostras foram classificadas de acordo com os limites dimensionais e designações da classificação textural, segundo Wentworth (1922), como demonstrado na figura 22.

Figura 22 - Limites dimensionais e designações da classificação textural, segundo Wentworth (1922).

ϕ	Português	Inglês	mm
-9	Bloco	Boulder	512
-8			256
-7	Seixo	Cobble	128
-6			64
-5			32
-4	Cascalho muito grosseiro	Very coarse gravel	16
-3	Cascalho grosseiro	Coarse gravel	8
-2	Cascalho médio	Medium gravel	4
-1	Cascalho fino	Fine gravel	2
0	Areia muito grosseira	Very coarse sand	1,000
1	Areia grosseira	Coarse sand	0,500
2	Areia média	Medium sand	0,250
3	Areia fina	Fine sand	0,125
4	Areia muito fina	Very fine sand	0,0625
5	Silte grosseiro	Coarse silt	31,25
6	Silte médio	Medium silt	15,63
7	Silte fino	Fine silt	7,81
8	Silte muito fino	Very fine silt	3,91
9	Argila grosseira	Coarse clay	1,95
10	Argila média	Medium clay	0,98
11	Argila fina	Fine clay	0,49
12	Argila muito fina	Very fine clay	0,24
13	Colóides	Colloid	0,12

5.3 GABINETE

Para obter os dados estatísticos de Folk, os histogramas sedimentares e os diagramas de Shepard e Pejrup, foi utilizado o *software Sysgran 3.0* e o *Microsoft Office Excel*.

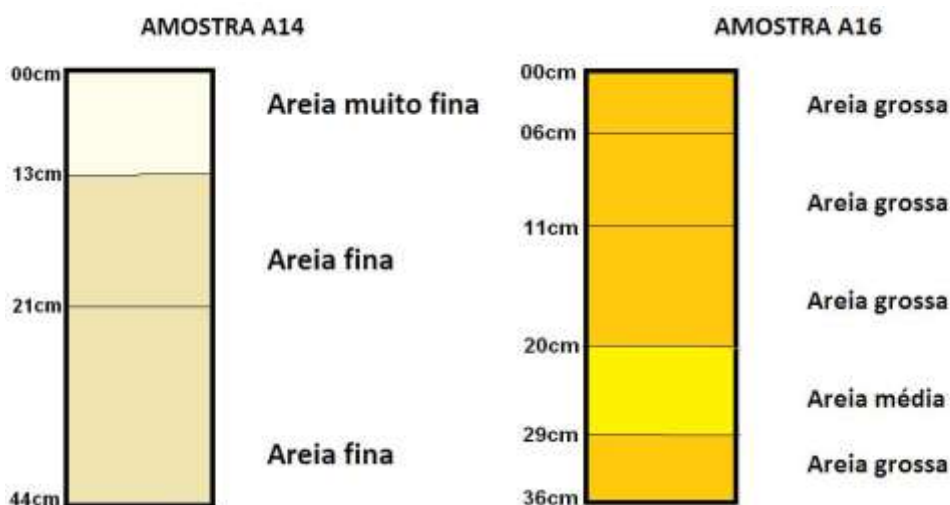
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

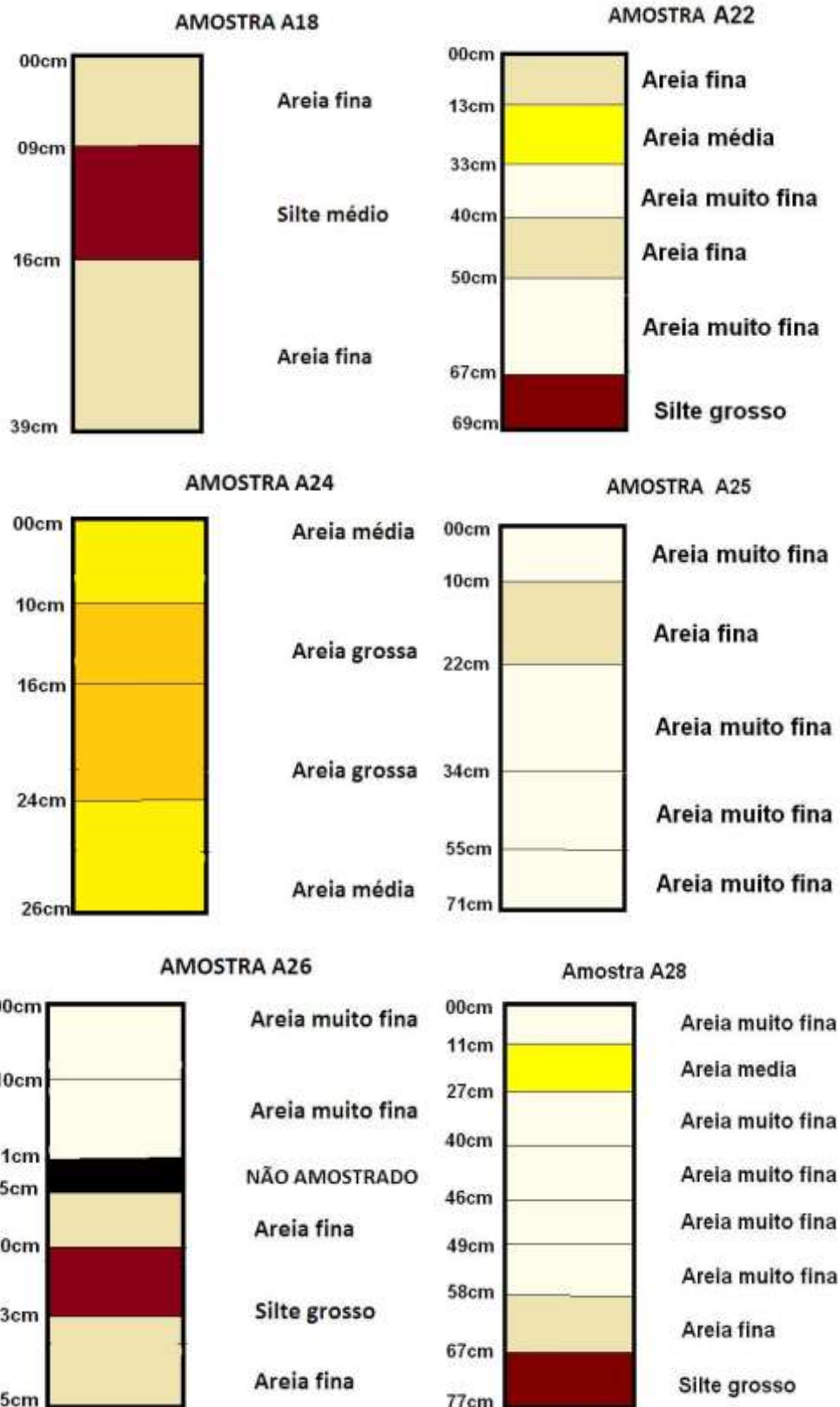
6.1 GRANULOMETRIA (PERFIS).

Os perfis verticais foram desenvolvidos com base na análise granulométrica, sendo assim, nos dão uma melhor visão sobre a diferença na deposição sedimentar no Canal do Espadarte. De uma maneira geral, os valores de diâmetro médio dos sedimentos (granulometria) variaram texturalmente entre *areia grossa* a *silte médio* (Figura 23).

Essa variação do tamanho médio dos grãos no Canal do Espadarte se dá principalmente pela diferença na hidrodinâmica, ou seja, na competência que o meio tem para transportar os grãos. Essa diferença na deposição pode estar ligada à variação da maré (Sizígia e quadratura) e sazonalmente (períodos “mais” e “menos” chuvosos) que condicionam a hidrodinâmica da área. Sendo assim, em períodos de alta pluviosidade as descargas dos rios aumentam, conseqüentemente, aumenta sua competência e o aporte de sedimentos para a plataforma interna, o que pode explicar a alto teor de grãos mais finos (*silte* e *argila*) e de matéria orgânica em alguns intervalos.

Figura 23 - Perfis verticais mostrando a granulometria dos testemunhos coletados.





6.2 TEOR DE MATÉRIA ORGÂNICA

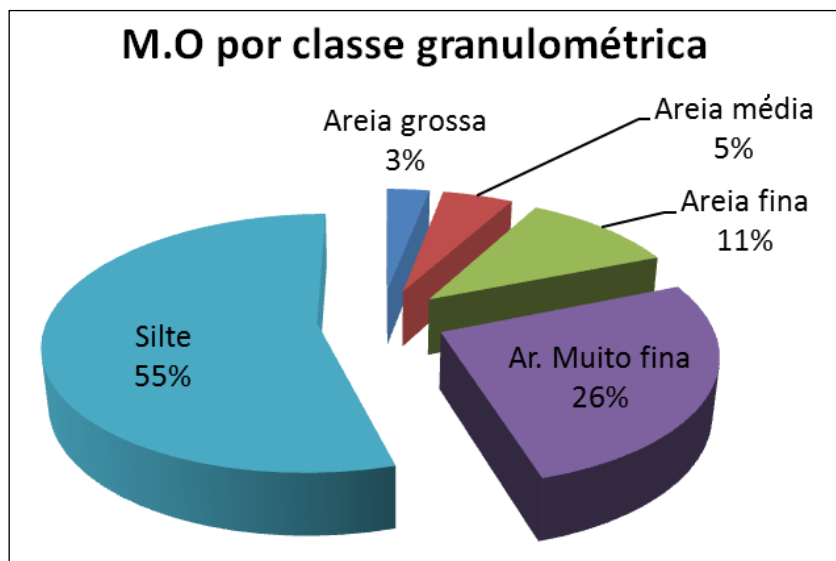
Os resultados obtidos sobre o teor de matéria orgânica, apresentados na tabela 1, permitiram fazer uma correlação entre estes e a granulometria (Figura 24). De acordo com BAISCH (1994) quanto mais fina a granulometria dos sedimentos maior será sua capacidade de retenção de matéria orgânica, assim foi possível observar que as amostras de granulometria fina obtiveram as maiores porcentagens de matéria orgânica, com uma média de 10% de matéria orgânica nas amostras de *silte* (médio e grosso), 5,2% nas amostras de areia muito fina e 1,8% nas amostras de areia fina. Os intervalos de granulometria grossa obtiveram os menores teores de matéria orgânica, com 0,6% nas amostras de *areia grossa* e 0,7% nas amostras de *areia média*.

Tabela 1: Teor de matéria orgânica nos testemunhos do Canal do Espadarte.

A14				A16				A18				A22			
INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)	
0,00	13,00	10,07	21,15	0,00	6,00	0,81	1,51	0,00	9,00	0,70	1,17	0,00	13,50	1,23	2,05
13,00	21,00	0,90	1,50	6,00	11,00	0,08	0,13	9,00	16,00	8,19	13,65	13,50	33,50	0,83	1,38
21,00	43,50	1,02	1,70	11,00	20,00	0,80	1,33	16,00	38,50	0,50	0,83	33,50	40,00	1,54	5,13
				20,00	29,00	0,10	0,17					40,00	50,50	2,02	3,37
				29,00	34,00	0,11	0,18					50,50	67,00	1,63	5,43
												67,00	69,00	7,43	24,77

A24				A25				A26				A28			
INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)	
0,00	10,00	0,09	0,15	0,00	10,00	0,75	2,50	0,00	10,00	2,15	3,58	0,00	11,50	2,75	4,58
10,00	16,00	0,10	0,17	10,00	22,00	1,01	1,68	10,00	21,00	2,23	3,72	11,50	27,5	1,03	1,72
16,00	24,00	0,14	0,23	22,00	34,00	1,29	2,15	21,00	30,00	1,63	2,72	27,5	40,00	3,78	6,30
24,00	26,00	0,06	0,20	34,00	55,00	2,17	3,62	30,00	53,00	10,02	16,70	40,00	46,00	2,54	4,23
				55,00	71,00	1,20	2,00	53,00	65,00	0,40	0,67	46,00	49,00	1,01	3,37
												49,00	58,50	2,82	4,70
												58,50	67,00	1,51	2,52
												67,00	77,00	8,76	14,60

Figura 24 - Distribuição de matéria orgânica por classe granulométrica.



O teor médio de matéria orgânica por testemunho variou de 0,19% a 8,12% (Figura 25), esses valores estão agregados também em função da granulometria das amostras, no entanto, o alto teor de matéria orgânica encontrado no intervalo de 0 a 13 cm da amostra A14, está relacionado com a presença de material vegetal, principalmente folhas e raízes presentes neste intervalo (SILVA et al., 2011). Os valores altos de matéria orgânica no testemunho A22 (Figura 26) estão ligados à presença de turfa, principalmente no intervalo de 67 a 69 cm, que possui uma camada de turfa de aproximadamente 30 mm.

Figura 25 - Distribuição da média do teor de matéria orgânica nos testemunhos.

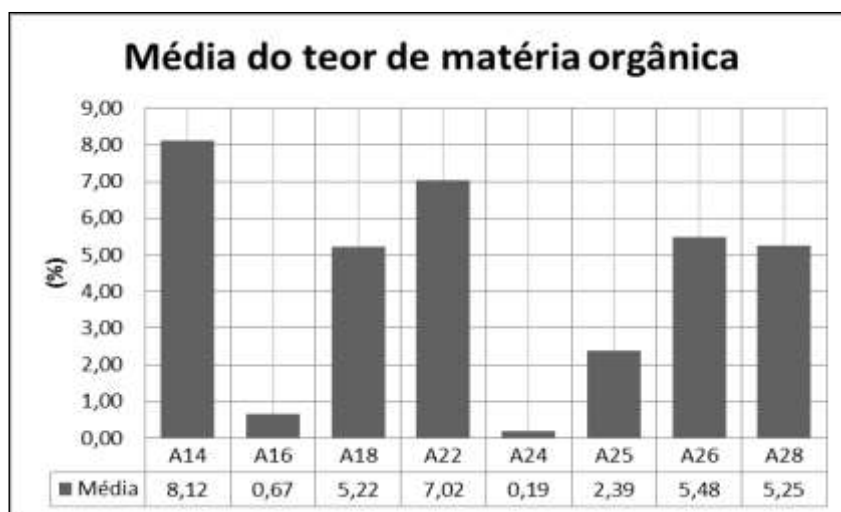
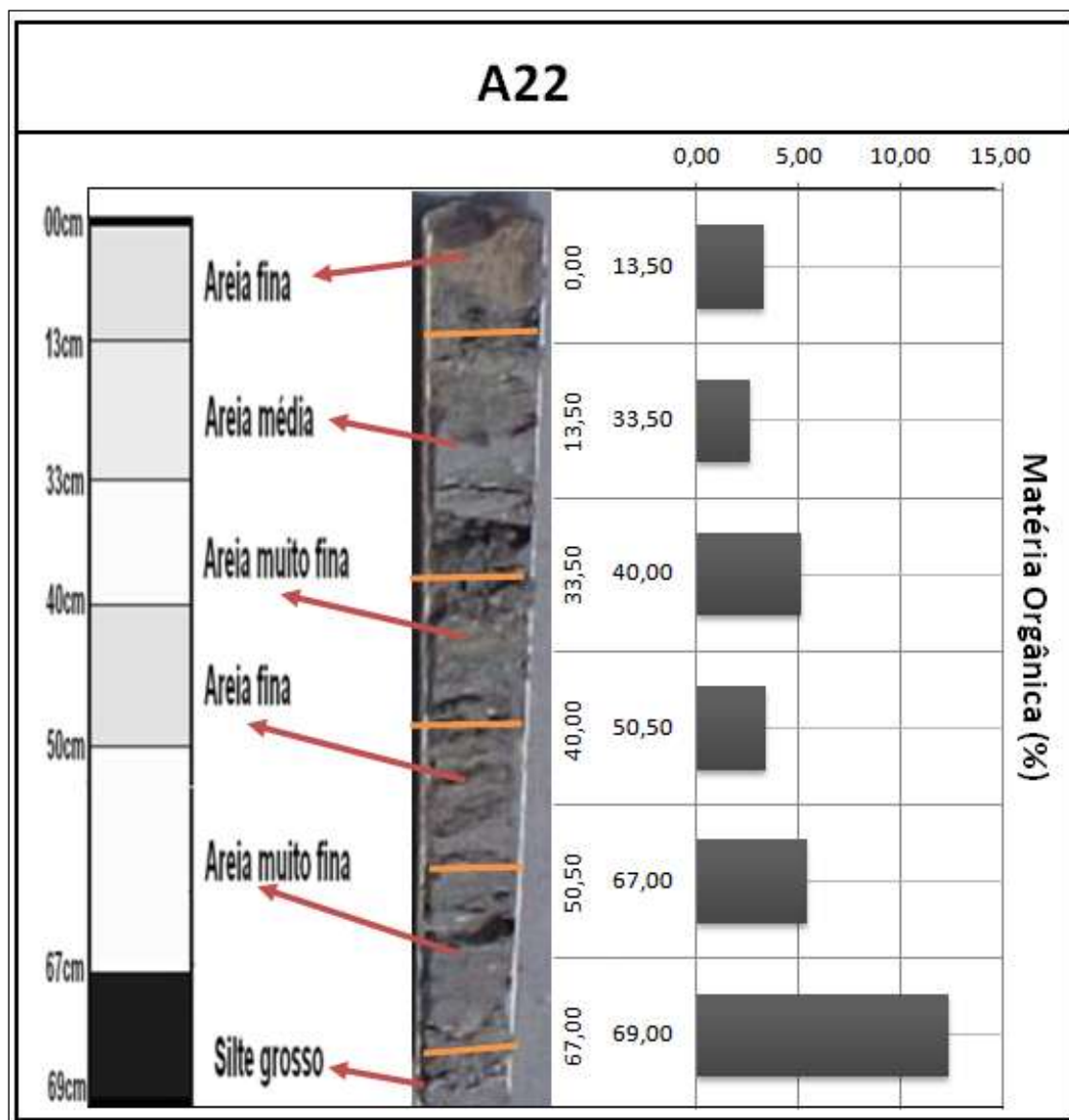


Figura 26 - Testemunho A22 com perfil textural e teor de matéria orgânica por intervalos amostrais



Sabe-se que, à medida que se reduz o tamanho da partícula, aumenta-se sua superfície específica e a capacidade de troca de cátions, assim como a capacidade de concentrar substâncias dissolvidas, bem como matéria orgânica, através da adsorção destes por partículas menores, como *silte* e *argila*. Para o canal do Espadarte, os principais exportadores de material orgânico são os manguezais ocorrentes ao longo do estuário de Curuçá, que aportam esse material orgânico durante a maré de vazante, do estuário para a plataforma continental.

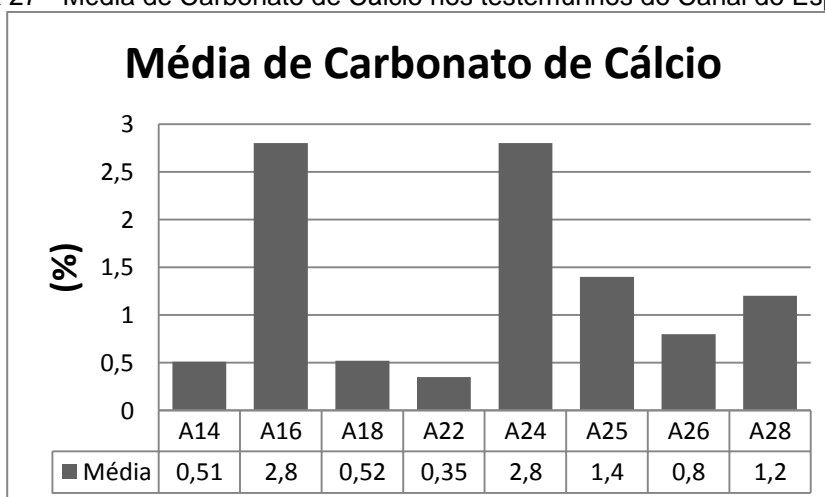
6.3 TEOR DE CARBONATO DE CÁLCIO

Os valores de Carbonato de Cálcio nas amostras dos testemunhos do Canal do Espadarte variaram de 0,33 a 7,70% (Tabela 3) e apresentaram média de 2,9%, sendo os testemunhos A16 e A24 a possuírem a maior média de carbonato (Figura 27). Nos sedimentos superficiais os teores de carbonato de cálcio variaram entre 0,30 e 5,60%.

Tabela 2: Teor de Carbonato de Cálcio nos testemunhos do Canal do Espadarte.

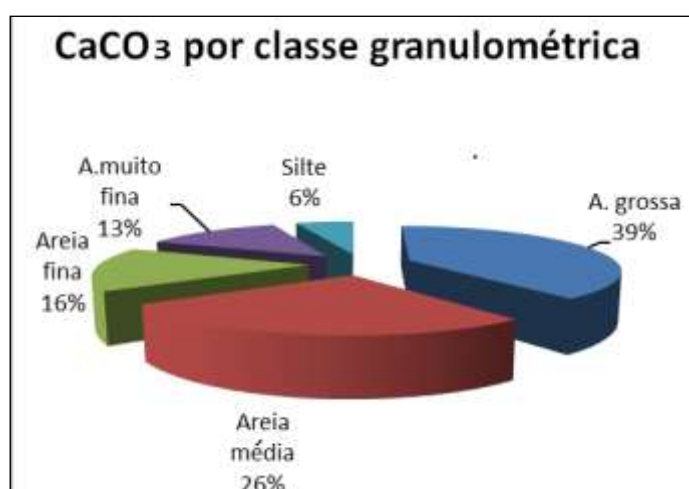
A14				A16				A18				A22			
INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)	
0,00	13,00	0,21	0,35	0,00	6,00	3,36	5,60	0,00	9,00	0,30	0,50	0,00	13,50	0,41	0,68
13,00	21,00	0,34	0,57	6,00	11,00	3,06	5,10	9,00	16,00	0,74	1,23	13,50	33,50	0,79	1,32
21,00	43,50	0,98	1,63	11,00	20,00	2,66	4,43	16,00	38,50	0,53	0,88	33,50	40,00	0,21	0,70
				20,00	29,00	2,03	3,38					40,00	50,50	0,32	0,53
				29,00	34,00	2,91	4,85					50,50	67,00	0,29	0,97
												67,00	69,00	0,12	0,40
A24				A25				A26				A28			
INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)		INTERVALO	PESO(g)	(%)	
0,00	10,00	2,65	4,42	0,00	10,00	1,35	4,50	0,00	10,00	0,80	1,33	0,00	11,50	1,23	2,05
10,00	16,00	2,48	4,13	10,00	22,00	1,89	3,15	10,00	21,00	1,01	1,68	11,50	27,5	1,98	3,30
16,00	24,00	4,62	7,70	22,00	34,00	1,07	1,78	21,00	30,00	0,87	1,45	27,5	40,00	1,12	1,87
24,00	26,00	1,59	5,30	34,00	55,00	1,77	2,95	30,00	53,00	0,85	1,42	40,00	46,00	1,32	2,20
				55,00	71,00	0,90	1,50	53,00	65,00	0,29	0,48	46,00	49,00	0,98	3,27
												49,00	58,50	1,02	1,70
												58,50	67,00	1,78	2,97
												67,00	77,00	0,20	0,33

Figura 27 - Média de Carbonato de Cálcio nos testemunhos do Canal do Espadarte.



Segundo Lana et al. (1996), os sedimentos carbonáticos possuem teores de CaCO_3 em geral acima de 75%, e texturalmente, apresentam predomínio de *areia* e *cascalho* sobre a fração lama, são provenientes da desintegração de organismos de maior porte e em percentuais de até 5%. Os resultados obtidos mostraram uma correlação entre o teor de CaCO_3 com a classe granulométrica, na Figura 28 podemos observar que os maiores teores foram encontrados em sedimentos de maior granulometria (*areia média* e *areia grossa*).

Figura 28 - Distribuição de Carbonato de Cálcio por classe granulométrica.



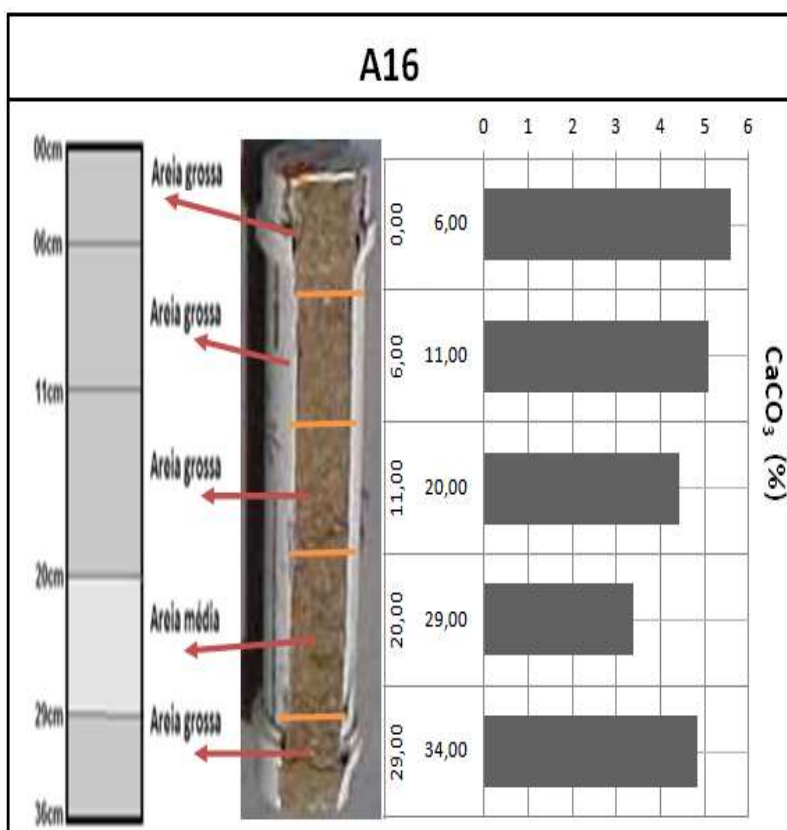
Segundo Saliot (1994), a sedimentação de carbonatos é produzida por organismos marinhos. As maiores concentrações obtidas no testemunho devem-se ao acúmulo de fragmentos de conchas, espinhos de equinodermos e carapaças de crustáceos que apresentam alto teor de CaCO_3 . Possivelmente, essas variações são decorrentes das oscilações dos níveis de marés que carregam sedimentos carbonáticos oriundos da plataforma e através dos processos de organismos que fixam o CaCO_3 dissolvido na água para desenvolver seus processos de calcificação.

Tomando como exemplo o testemunho A16 (Figura 29) que apresentou teores altos de CaCO_3 , com média de 2,8%, máximo de 5,6% e mínimo de 3,3%, Gomes e Barreto (1995) encontraram valores de carbonato de cálcio em sedimentos de depósitos flúvio-marinhos de Parajurú (CE), variando de 0,01 a 3,8%. Segundo esses autores, o CaCO_3 provém de conchas de moluscos e algas calcárias que ocorrem na plataforma continental e no estuário.

Após a identificação macroscópica do material carbonático presente nos intervalos da amostra A16, pôde-se correlacionar o alto teor de carbonato com a presença de fragmentos de conchas de Bivalves (*Corbula sp.*, *Crassinela Martinisenses* e *Tellina sp.*), Gastropodas (*Turbo lilla sp.*, *Anachis sp.* *Collumbellidae* e *Olividae*) e fragmentos de espinhos e outras estruturas carbonáticas de crustáceos presente em todos os intervalos amostrados neste testemunho.

A presença desses organismos bentônicos está relacionada diretamente com o substrato local, organismos como *Corbula sp.* e *Anachis sp.* habitam exclusivamente fundos arenosos (CAPÍTOLI; BEMVENUTI, 2006) como os do Canal do Espadarte. Porém muitos desses organismos e/ou fragmentos destes, podem ser trazidos por correntes marinhas ou correntes de maré, entretanto, informações sobre organismos carbonáticos na região são escassos

Figura 29 - Testemunho A16 com teor de CaCO_3 e material carbonático.



O testemunho A16 apresentou os maiores teores de CaCO_3 nos primeiros centímetros do testemunho, devido ao material carbonático apresentar-se mais

conservado, com estruturas mais preservadas em relação ao material encontrado em intervalos inferiores, que se encontram muito fragmentados e de difícil identificação. O fato das estruturas carbonáticas de intervalos inferiores se encontrarem bastante fragmentadas pode estar relacionada com o tempo de exposição aos agentes intempéricos como a ação de correntes de maré.

6.4 ANÁLISE TEXTURAL

Para a caracterização textural foram aplicados vários métodos de análise faciológica/textural e pelo método de caracterização hidrodinâmica sugerida por Pejrup (1988), descritos a seguir.

6.4.1 Método de Folk & Ward (1957)

O resultado das análises dos sedimentos superficiais, considerando o tamanho médio dos grãos, mostraram que no Canal do Espadarte os sedimentos variaram entre *areia muito fina* a *areia grossa* (Tabela 3). A distribuição granulométrica dos sedimentos de fundo apresentou uma maior frequência da classe *areia*. Os sedimentos classificados como *areia fina*, *areia muito fina* e *areia grossa* representam respectivamente 62%, 13% e 25%. Não houve sedimento com classificação *areia média*.

Especialmente estes resultados apontam que os sedimentos mais grosseiros tentem a se depositar na parte mais profunda do canal, de certa forma, o tamanho médio dos grãos tende a diminuir com o aumento da cota batimétrica, para o Canal do Espadarte.

Tabela 3: Distribuição das frações granulométricas e classificação por Folk & Ward

AMOSTRA	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				Classificação Folk & Ward
	Cascalho	Areia	Silte	Argila	
A14	0,00	82,04	12,17	5,78	Areia fina
A16	7,47	92,40	0,13	0,00	Areia grossa
A18	0,00	94,46	5,03	0,51	Areia fina
A22	0,00	98,43	0,90	0,67	Areia fina
A24	6,10	93,90	0,00	0,00	Areia grossa
A25	0,00	80,23	13,15	6,62	Areia fina
A26	0,00	74,40	19,70	5,91	Areia muito fina
A28	0,00	80,93	11,82	7,25	Areia fina
Total	1,70	87,10	7,86	3,34	

Na Tabela 4 estão descritas as medidas estatísticas usadas para os sedimentos do leito do canal do Espadarte. As curvas de frequência acumulada (Figura 30) serão expressas numericamente e discutidas mais adiante, de acordo com as medidas de tendência central, grau de seleção, grau de assimetria e grau de curtose.

Tabela 4: Distribuição de medidas estatísticas (escala phi).

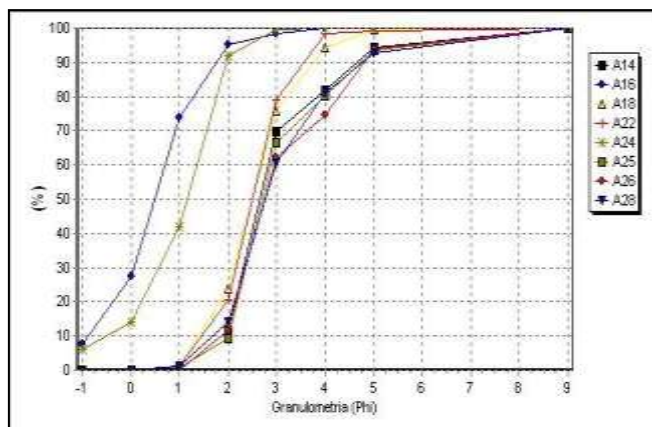
Amostra	TC		σ_1	SK ₁	Curtose
	MZ ϕ	Mediana			
A14	2,965	2,66	1,145	0,4192	1,407
A16	0,4641	0,4878	0,9141	0,047	0,9265
A18	2,432	2,457	0,7656	-0,01455	1,188
A22	2,505	2,502	0,7691	0,00499	1,265
A24	1,024	1,163	0,9297	-0,2348	1,039
A25	2,966	2,668	1,218	0,4371	1,561
A26	3,274	2,857	1,556	0,512	1,199
A28	2,903	2,754	1,026	0,2631	1,233

TC (tendência central); MZ ϕ (diâmetro médio); σ_1 (grau de seleção); SK₁ (assimetria); KG (curtose)

Os valores de Tendência central caracterizam a classe granulométrica mais frequente. Para Suguio (1973), do ponto de vista sedimentológico a granulação média de um sedimento é de interesse porque indica a ordem de magnitude dos tamanhos das partículas e reflete geologicamente o processo. Para o Canal do

Espadarte a medida de tendência central utilizada inclui o diâmetro médio aritmético (média) e o diâmetro mediano (mediana), e apresentou valores de tendência central exclusivamente para a classe *areia*.

Figura 30 - Curvas de frequência acumulada dos sedimentos superficiais.



Segundo McLaren (1981), a granulometria, e conseqüentemente o tamanho médio dos grãos diminuem no sentido do transporte, porém, a faixa amostral é insuficiente para se caracterizar o transporte no canal do Espadarte.

As amostras analisadas apenas nos mostram um relativo decréscimo no tamanho médio dos grãos em relação à cota batimétrica e/ou em relação à distância do centro do canal.

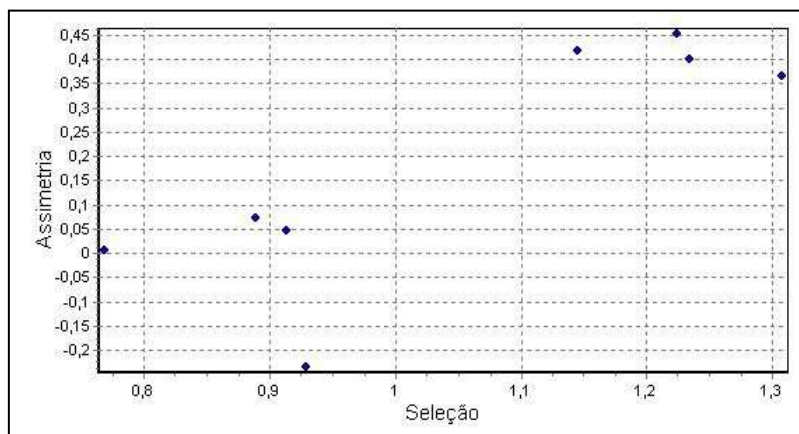
Nas amostras superficiais do Canal do Espadarte, foram observados sedimentos *pobremente selecionados* e *moderadamente selecionados*. Sedimentos *pobremente selecionados* foram encontrados em amostras de *areia muito fina* e *areia fina*, localizadas na porção distal do canal. Sedimentos *moderadamente selecionados* foram encontrados em material mais *grosso*, compostos por *areia grossa*, localizados nos pontos de maior profundidade do canal.

O desvio padrão (grau de seleção) é relacionado ao retalhamento dos depósitos e reflete variações nas condições do fluxo (velocidade e turbulência) no ambiente deposicional (PONÇANO, 1986). Segundo Folk (1957) e Suguio (op cit.), a seleção dos sedimentos depende, até certo ponto, da granulometria do material. Sendo assim, é melhor nas areias e materiais grosseiros, e diminui nas classes menores.

O parâmetro assimetria tem sido usado com sucesso na identificação de ambientes em que predomina a deposição (*assimetria positiva*) e remoção seletiva (*assimetria negativa*) (DUANE, 1964.).

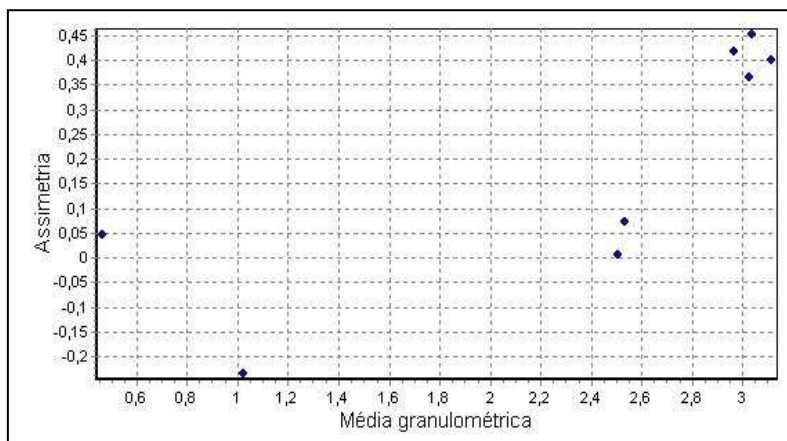
No canal do Espadarte, os graus de assimetria dos sedimentos de fundo, demonstrados na Tabela 4, variam -0,2348 (*assimetria negativa*) a 0,4371 (*assimetria muito positiva*). De uma maneira geral, as amostras superficiais indicam a predominância da distribuição *aproximadamente simétrica* e *assimetria muito positiva* das partículas, os grãos apresentam-se de maneira pobremente à moderadamente selecionados (Figura 31), portanto, nesta área predomina o processo de deposição.

Figura 31 - Gráfico bivariado de assimetria e seleção dos grãos.



Segundo Gregório (2006) pode-se fazer uma relação direta entre o tamanho dos grãos e a assimetria, quanto mais sedimentos finos encontrados nas amostras, mais positiva é a assimetria, assim sendo, o contrário também é verdadeiro. Esse padrão foi encontrado no canal do Espadarte, amostras de *areia muito fina* e *areia fina* apresentaram *assimetria positiva* e *muito positiva*, valendo também para amostras de *areia média* e *areia grossa*, sendo esta última a apresentar um caráter *aproximadamente simétrico* (Figura 32). McLaren (1981) afirma que em ambientes que sofrem deposição/remoção seletiva a assimetria é positiva, mesmo sendo provenientes de fontes com assimetria negativa.

Figura 32 - Gráfico bivariado da assimetria e média granulométrica.



Para o parâmetro curtose apresentados na tabela 4, os sedimentos superficiais apresentaram características *leptocúrticas* e *mesocúrticas*. Valores *leptocúrticos* de curtose podem indicar predominância de uma classe modal, encontrados nos sedimentos classificados como *areia fina* e *areia muito fina*. Valores *mesocúrticos* sugerem uma distribuição mais homogênea das classes modais, valores estes encontrados nas amostras A16 e A24 que apresentaram uma maior distribuição entre as classes granulométricas, variando desde a classe *cascalho* à *silte*.

Os sedimentos que se apresentaram *leptocúrticos* se dispõem mais distais do centro do canal, apresentando, como citado acima, predominância de uma classe modal (*areia*). A presença do padrão *leptocúrtico* pode indicar a remoção de uma fração de sedimentos por correntes de fundo, já os sedimentos *mesocúrticos* foram encontrados principalmente no fundo do canal onde encontram-se principalmente sedimentos moderadamente selecionados (ALMEIDA; NUNES; ROCHA, 2006)

6.4.2. Método de Shepard (1964)

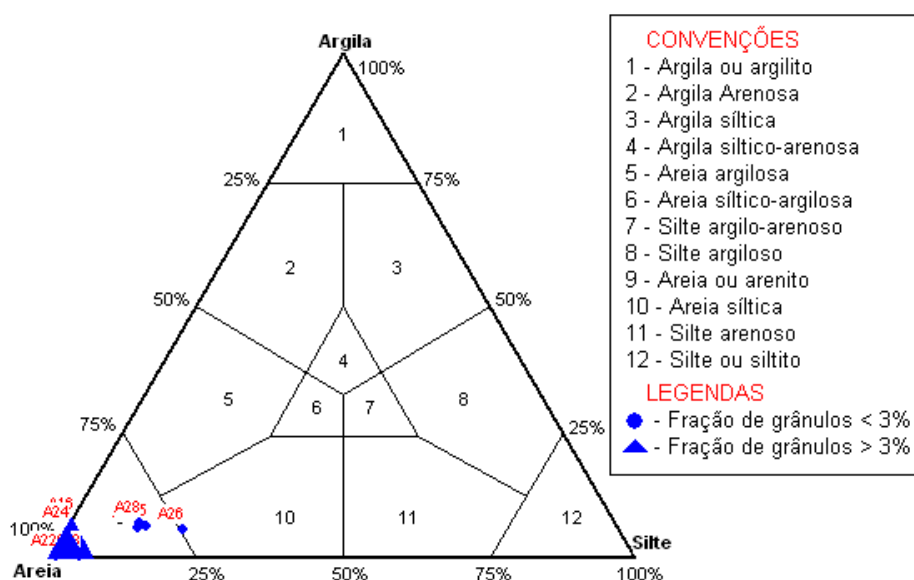
O diagrama triangular de Shepard (1964) leva em consideração o tamanho médio dos grãos e a distribuição das classes *areia*, *silte* e *argila*. As amostras superficiais do Canal do Espadarte em sua maioria apresentaram classificação de

areia ou arenito (unidade 9), com frações de grânulos maiores que 3%. Apenas a amostra A26 foi classificada como *areia siltica* (unidade 10) como mostrado na tabela 5. De maneira geral os sedimentos areia ou arenito tiveram teor de areia maior que 75% (exceto a amostra A26 com 74,4% de areia), *silte* menor que 25% e *argila* menor que 10% (Figura 33).

Tabela 5: Distribuição das frações granulométricas e classificação segundo Shepard(1964).

AMOSTRA	DISTRIBUIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)				Classificação
	Cascalho	Areia	Silte	Argila	Shepard
A14	0,00	82,04	12,17	5,78	Areia ou Arenito
A16	7,47	92,40	0,13	0,00	Areia ou Arenito
A18	0,00	94,46	5,03	0,51	Areia ou Arenito
A22	0,00	98,43	0,90	0,67	Areia ou Arenito
A24	6,10	93,90	0,00	0,00	Areia ou Arenito
A25	0,00	80,23	13,15	6,62	Areia ou Arenito
A26	0,00	74,40	19,70	5,91	Areia siltica
A28	0,00	80,93	11,82	7,25	Areia ou Arenito

Figura 33 - Diagrama de Shepard para as amostras superficiais.



O método de Shepard se manteve dentro do padrão esperado para a classificação textural dos sedimentos superficiais do Canal do Espadarte,

entretanto, Gregório (2006) alerta para a utilização deste método em escala pontual, pois de certa forma, “mascara” alguns resultados.

6.4.3 Distribuição de Larssonneur (Dias, 1996; Dias e Medeiros, 2005)

O método de Larssonneur (1977) adaptado para a costa brasileira por Dias e Medeiros (2005) tem por finalidade definir o tipo de sedimento com base tanto na análise textural como composicional, o que muitas vezes pode indicar a variação nos processos de sedimentação e no padrão de aporte sedimentar (BASTOS, 2005).

Dias e Medeiros (op cit.) originalmente, estabelecem 48 tipos de sedimentos, em função de granulometria e dos teores de carbonato. São evidenciadas quatro categorias com relação à granulometria: seixos, grânulos, areias e lamas. Quanto aos teores de carbonato, os sedimentos podem ser: *litoclásticos* (<30%), *litobioclásticos* (30 a 50%), *biolitoclásticos* (50 a 70%) e *bioclásticos* (>70%).

Para as amostras sedimentares do canal do Espadarte foi utilizada a classificação textural de Dias, modificado de Larssonneur apenas para os sedimentos litoclásticos (Tabela 7).

Tabela 6: Distribuição de Larssonneur para sedimentos litoclásticos, com teor de CaCO₃ menor que 30%, modificado de Dias e Medeiros, 2005.

	SEDIMENTOS ARENOSOS Teor de lama < 15%					SEDIMENTOS LAMOSOS Teor de lama > 15%		
Código	AL1a	AL1b	AL1c	AL1d	AL1e	LL1a	LL1b	LL1c
Descrição	Areia litoclástica c/ cascalho	Areia litoclástica c/ grânulos	Areia litoclástica grossa a muito grossa	Areia litoclástica média	Areia litoclástica fina a muito fina	Areia lamosa	Lama arenosa terrígena	Lama terrígena
Teor de Lama	< 15%					15%< Lama <25%	25%< Lama < 75%	>75%
Phi Médio	< 0 Phi	0 < Phi <1	1 < Phi <2	2 < Phi <3	3 < Phi <3,9	>4 Phi		

A classificação de *Larsonneur* modificada por DIAS (2005) foi a que apresentou a maior variação textural. No Canal do Espadarte 50% dos sedimentos foram classificados como *AL1* (*Areia litoclástica* - < 15% de teor de lama) descritos como *AL1c* (*Areia litoclástica muito grossa à grossa*), *AL1d* (*Areia litoclástica média*) e *AL1e* (*Areia litoclástica fina à muito fina*). Os sedimentos do tipo *AL1* são encontrados principalmente nos pontos mais profundos do canal.

Nos pontos de cotas batimétricas menores do canal do Espadarte os sedimentos superficiais são do tipo *LL1* (sedimentos lamosos com teores maiores de 15% de lama). As amostras A25 e A28 foram classificados como *LL1a* (*Areia lamosa*) e a amostra A26 como *LL1b* (*Lama arenosa terrígena*).

De uma forma geral a distribuição de *Larsonneur* foi mais satisfatória que os outros métodos aplicados para caracterizar os sedimentos superficiais do Canal do Espadarte, pois leva em consideração não apenas o diâmetro médio dos grãos, mas também as parcelas lamosas e o teor de CaCO_3 presente nas amostras, apresentando um resultado satisfatório para a análise textural dos sedimentos superficiais.

6.5 DIAGRAMA DE PEJRUP

De acordo com Christofolletti (1981), para movimentar uma partícula é necessário que seja exercida sobre ela a força de cisalhamento, e a velocidade na qual essa força atua sobre determinada declividade corresponde à velocidade de erosão. Quanto maior o diâmetro de uma partícula, maior a força necessária para movimentá-la.

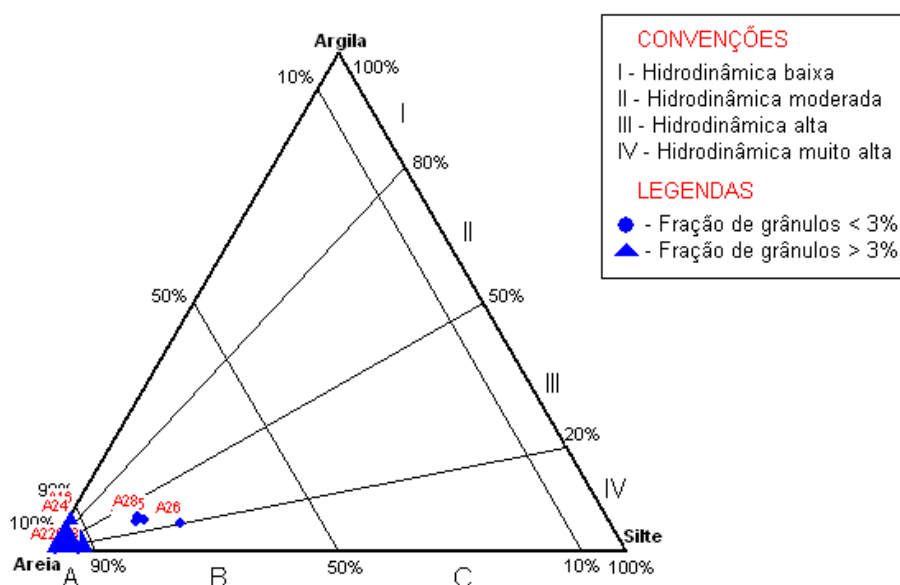
Pejrup (1988) elaborou um diagrama triangular, que permite inferir as condições hidrodinâmicas, através da granulometria. Então, a força necessária para movimentar a carga do leito é função do tamanho do material aluvial, e o diâmetro da maior partícula que um rio ou canal pode transportar corresponde a sua competência.

De acordo com Pejrup (op. cit.), o Canal do Espadarte se configurou com um padrão de hidrodinâmica alta (III-B) a muito alta (IV-A) (Figura 34). O padrão de hidrodinâmica muito alta (IV-A) foi encontrado principalmente na parte central e

mais profunda do Canal do Espadarte, configurando um padrão com cerca de 90% a 100% de classe areia e um percentual acima de 3% de grânulos, como apresentado em tabelas anteriores.

A hidrodinâmica alta (III-B) foi observada em amostras coletadas em pontos menos profundos e/ou distais ao centro do canal, apresentando um padrão com cerca de 90% a 50% de areia e *silte* entre 20% e 50%, representadas pelas amostras A25, A26 e A28.

Figura 34 - Diagrama de Pejrurp (1988), para o Canal do Espadarte.



O diagrama de Pejrup mostrou que a hidrodinâmica no Canal do Espadarte apresenta-se muito alta (IV-A) na porção central do canal, e decresce sua energia à medida que se afasta do centro, passando a mostrar um padrão ainda alto (III-B), porém, menor que o centro. Entretanto, a malha amostral apresentada neste trabalho se mostra insuficiente para caracterizar a real hidrodinâmica do Canal do Espadarte.

7 CONCLUSÃO

A descrição e análise granulométrica dos testemunhos mostraram uma variação, mesmo que tênue, entre os intervalos amostrais. Essa variação pode ser apresentada como fruto da ação das marés, que contribuem com o aporte de sedimentos e material orgânico, principalmente do estuário do rio Curuçá, para o Canal do Espadarte.

A granulometria mostrou uma variação de *areia grossa* à *silte médio* ao longo dos intervalos. De uma maneira geral, a fração lamosa encontrada nos intervalos apresentou-se sob a forma de pelotas de lama distribuídas entre as camadas arenosas.

A análise de teor de matéria orgânica nos testemunhos seguiu ligada à granulometria do sedimento, apresentando um maior teor em sedimentos finos (*areia muito fina, silte e argila*), entretanto, altos teores encontrados nos testemunhos A14 e A22 estão ligados à presença de matéria orgânica sólida (folhas e raízes) que tem como principal exportador o manguezal do estuário do rio Curuçá.

Os teores de carbonato de cálcio contidos nos sedimentos do canal do Espadarte apresentaram também uma relação direta com frações granulométricas específicas. Altos teores de CaCO_3 foram encontrados em sedimentos grosseiros com mais de 3% de *cascalho*.

As classificações texturais de Folk (1954), Shepard (1954) e Larssonneur (modificado por DIAS, 2005), bem como o diagrama de Perjrup (1988) foram aplicadas apenas para as amostras de sedimentos superficiais. Segundo a classificação textural de Folk (1954) no Canal do Espadarte os sedimentos variaram entre *areia muito fina* a *areia grossa*. A distribuição granulométrica dos sedimentos de fundo apresentou uma maior frequência da classe *areia*, apresentando sedimentos *pobremente selecionados* à *moderadamente selecionados*, com assimetria variando entre *aproximadamente simétrica* e *assimetria muito positiva*, que indica que na área há predomínio de deposição de sedimentos na porção central do canal e remoção/deposição às margens deste.

O método de Shepard (1964) classificou o fundo do canal do Espadarte como *areia* ou *arenito*, apenas uma amostra apresentou característica de *areia*

siltica, porém, este método se mostrou não muito exato, apesar de ter obtido êxito na classificação textural dos sedimentos superficiais.

Segundo a classificação de Larssonneur, os sedimentos de fundo são essencialmente *sedimentos litoclásticos*, com teor de CaCO_3 menores que 30%. Os sedimentos do tipo *AL1* são encontrados principalmente nos pontos mais profundos do canal e nos pontos de cotas batimétricas menores do canal do Espadarte os sedimentos superficiais são do tipo *LL1*.

De uma maneira geral os sedimentos superficiais do canal do Espadarte apresentaram uma variação textural perpendicular em relação ao centro do canal. Sedimentos mais grosseiros foram encontrados no centro do canal e amostras mais finas foram encontradas em pontos distais ao centro do canal.

O diagrama de Perjrup mostrou que a hidrodinâmica no Canal do Espadarte apresenta-se muito alta (IV-A) na porção central do canal, e decresce sua energia à medida que se afasta do centro, passando a mostrar um padrão ainda alto (III-B). Entretanto, a malha amostral apresentada neste trabalho se mostra insuficiente para caracterizar detalhadamente a hidrodinâmica do Canal do Espadarte.

Apesar do presente trabalho não caracterizar o canal do Espadarte como um todo, os dados mostraram que as características texturais variam com a profundidade e com a morfologia do canal, variando texturalmente do centro até as porções distais. Possibilitando aferir que a maré influi diretamente como exportadora de sedimentos (principalmente finos) e de matéria orgânica, do continente para a o canal do Espadarte.

REFERÊNCIAS

AGUIAR NETO. A.B.; GOMES. D.F.; SÁ FREIRE. G.S. Níveis e origem do carbonato de cálcio em sedimentos dos manguezais de Icapuí – CE, Nordeste do Brasil. **Revista de Geologia**, v. 21, n. 2, p.135-146. 2008.

ALMEIDA, B. T.; NUNES, J. O. R.; ROCHA, P. C. Caracterização e distribuição de carga sedimentar do leito do ribeirão palmito em três lagoas (ms). SIMPÓSIO NACIONAL DE GEOMORFOLOGIA, 6, 2006, Goiânia. **Anais...Goiânia**, SNG, 2006. Disponível em <www.labogef.iesa.ufg.br/links/sinageo/articles /056.pdf> Acesso em 26/06/2011.

ARAI, M.; UESUGUI, N.; ROSSETTI, D. F.; GOES, A. M. Considerações sobre a idade do Grupo Barreiras no Nordeste do Estado do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 35., 1988. Belém. **Anais... Belém**, SBG, 1988. v. 2, p. 738-752.

ARAI, M.; TRUCKENBRODT, W.; NOGUEIRA, A.C.R.; GÓES, A.M. & ROSSETTI, D.F. 1994. Novos dados sobre a estratigrafia e ambiente deposicional dos sedimentos Barreiras, NE do Pará. In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 4, Belém. **Anais... Belém**: SBG - Núcleo Norte, 1994. p. 185-187.

BAISCH, P. Les oligo-elements metalliques du systeme fluvio-lagunaire dos Patos, Flux et devenir (Bresil). **Tese de Doutorado em Geologia Marinha**. Universidade de Bordeaux, Bordeaux. 1994. 345f.

BAPTISTA NETO, J. A.;PONZI, V. R. A. ;SICHEL, S. E. (orgs.). **Introdução à geologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. p. 279.

BARBOSA, G. V.; PINTO, M. N. **Geomorfologia**. Projeto RADAM. Folha SA.23 São Luís e parte da Folha SA.24 Fortaleza. Rio de Janeiro, DNPM. 1973. (Levantamento de Recursos Naturais, 3).

BASTOS, A. C. **Monitoramento ambiental**. Projeto Recifes Artificiais Marinhos (RAM): Victory 8b. Relatório. Vitória: UFES, 2005. 172 p.

CAMARGO, M.G. SysGran: um sistema de código aberto para análises granulométricas do sedimento. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 36, n.2, p. 371-378. 2006.

CAPÍTOLI, R.R.; BEMVENUTI, C. Associações demacroinvertebrados bentônicos de fundos inconsolidados da plataforma continental e talude superior no extremo sul do Brasil. **Atlântica**, Rio Grande, v.28, n.1, p. 47-59. 2006.

CENTRO DE PREVISÕES DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS (CPTEC/INPE). **Ondas e ventos** <<http://ondas.cptec.inpe.br/>> Acesso 27/10/2011

- CHRISTOFOLETTI, A. **Geomorfologia fluvial**. São Paulo: Edgard Blücher, 1981.
- COMPANHIA DOCAS DO PARÁ (CDP). **Terminal offshore do Espadarte** <<http://www.cdp.com.br/forms/espadarte.aspx>>. Acesso em 12 de Dezembro de 2009.
- COSTA, J.B.S. et al. Aspectos da tectônica Cenozóica na região do Salgado, litoral Nordeste do Estado do Pará: In: SIMPÓSIO DE GEOLOGIA DA AMAZÔNIA, 3, Belém, 1991. **Anais...** Belém: SBG, 1991, p. 156-165.
- CUSTODIO, E.; LLAMAS, M. R. **Hidrología subterránea**. Barcelona: Omega, 1976. 2 tomos. 2359p.
- DIAS, J. A. **Análise sedimentar e o conhecimento dos sistemas marinhos**. Universidade de Algarve. 2004
- DIAS, J.C.; LIMA, W N. Comparação de métodos para a determinação de matéria orgânica em amostras ambientais. **Revista Científica da UFPA**, v. 4. 2004. Disponível em <<http://www.portalufpa.br>>. Acesso em: 10/07/2010.
- DIAS, G.M.T; MEDEIROS, M.F. Proposta de metodologia para a elaboração de cartas sedimentológicas. In. CONGRESSO DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ESTUDOS DO QUATERNÁRIO. 9., 2005, Guarapari/ES. Anais... Guarapari/ES: ABEQUA, 2005. 1 CD-ROM
- DIRETORIA DE HIDROGRAFIA E NAVEGAÇÃO (DHN). **Tábuas de maré** Disponível em: <<http://www.dhn.mar.mil.br/>>. Acesso em: 18/03/2010.
- DUANE, D.B. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound, North Carolina. **Journal Sedimentary Petrology**, v. 34, n.4, p. 864-874. 1964.
- EL-ROBRINI, M. Evolution d'une Zone Estuarine. Itaquí, Maranhão. In. **Symposium PICG 274**; ORSTOM, 9., 1990. Évolution des Littoraux de Guyane et de la Zone Caraibe Méridionale pendant le Quaternaire. Editions ORSTOM: p. 159-176.
- EI-ROBRINI, M; MÁCOLA, G. **Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará): aspectos físicos, meteorológicos & oceanográficos**. 2004. (Relatório técnico).
- EL-ROBRINI, M.; GENNESSEAU, M. E.; MAUFFRET, A. Consequences of the El-Asnam earthquakes: turbidity current and slumps on the Algerian Margin (Western Mediterranean). **Geo Marine Letters**, New York, n. 5, p. 171-176. 1985.
- EL-ROBRINI, M.; SILVA, M. A.; SOUZA FILHO, P. W. M.; EL-ROBRINI, M. H. S., SILVA JR., O. G. S.; FRANÇA, C. F. **Erosão e progradação do Litoral Brasileiro**. Cap. Pará, Ministério do meio ambiente, 2006.
- FOLK, R.L. WARD, W.C. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 27, n. 1, p. 3-26. 1957.

FRANÇA, C.F. (2003) **Morfologia e mudanças costeiras da margem leste da Ilha de Marajó (PA)**. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geologia e Geoquímica, UFPA.

FRANZINELLI, E. Evolution of the geomorphology of the coastal of the state of Pará, Brazil. In: SYMPOSIUM PICG 274, 1990, Cayene. **Annalles** Cayene: ORSTOM, 1990. p. 203-230.

FREIRE, G.S.S. **Geologia marinha da Plataforma Continental do estado do Ceará**. 1985. 108f. Dissertação (Mestrado) - UFPE, Recife, 1985.

GOES, A.M.; TRUCKENBRODT, W. Caracterização faciológica e Interpretação ambiental dos sedimentos Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 31, 1980, Camboriú. **Anais...**Camboriú: CBG, 1980, p. 123 – 149.

GOMES, D.F.; BARRETO, F.M.S. **Mapeamento geológico e geoambiental do distrito de Parajurú, município de Beberibe – CE**. Relatório de Graduação, UFC, Fortaleza, 1995. 144f.

GREGÓRIO, A.M.S. **Contribuição à gestão ambiental da Baía de Guajará (Belém-Pará-Amazônia) através de estudo batimétrico e sedimentológico**. 2008. 172f. Dissertação (Mestrado) - UFRGS, 2008.

GRUPO DE ESTUDOS MARINHOS E COSTEIROS (GEMC). Cartografia, Hidrografia e Digitalização (CHD) **Ilha dos Guarás (Mariteua) – Município de Curuçá (NE do Pará)**: aspectos físicos, meteorológicos & oceanográficos. p.15 – 37p. 2004. (Relatório técnico).

HUTZINGER, O. **The handbook of environmental chemistry**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1986. 3 v., parts A, B, C, D.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Mapas da normais climatológicas**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/sim/mapas/mapas3.php>>. Acesso em: 23/09/2009

LANA, P. C., CAMARGO, M. G., BROGIM., R. A.; ISSAC, V. J., O bentos da costa brasileira: avaliação crítica e levantamento bibliográfico (1858 – 1996). FEMAR, Rio de Janeiro: p. 431., 1996.

LARSONNEUR, C. La cartographie dès dépôts meubles sur Le plateau continental français: méthode mise au point et utilisée en manche. **Journal de Recherches Océanographiques**, 2, p. 34-39.1977.

MARTINS, S. E. M. **Caracterização sedimentológica de fundo da área de influência do porto de vila do conde** - margem leste do rio Pará, Barcarena/PA. 2007. 66f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia). UFPA. 2007.

MARTORANO, L.G.; PERREIRA, L.C.; CÉZAR, E.G.M.; PEREIRA, I.C.B. **Estudos climáticos do estado do Pará, classificação climática (KÖPPEN) e**

deficiência hídrica (THORNTHWHITE, MATHER). Belém: SUDAM/ EMBRAPA, SNLCS. 1993. p. 53.

MENDES, J. C. **Elementos de estratigrafia.** [S.l.:s.n], 1984. p.264-302 .

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Avaliação e ações prioritárias para a conservação da biodiversidade das zonas costeiras:** p. 72. 2002 (Relatório)

MCLAREN, P. An interpretation of trends in grain size measures. **Journal of Sedimentary Petrology**, v. 2, p. 611-624. 1981

NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION (NASA). **Imagem Zulu/ 2000.** Disponível em: <<http://glcf.umiacs.umd.edu/index.shtml>>.

PEJRUP, M. The triangular diagram used for classification of estuarine sediments: a new approach. In: BOER, P.L.; VAN GELDER,A.; NIO, S.D.(Ed). **Tide-influenced sedimentary environments and facies.** Dordrecht: D.Reidel, 1988. p. 289-300.

Ponçano, W.L. Sobre a interpretação ambiental de parâmetros estatísticos granulométricos: exemplos de sedimentos quaternários na costa brasileira. **Revista Brasileira de Geociências**, v. 16, n.2, p. 157-170. 1986.

PROTOCOLO sedimentológico do Projeto Piatam Mar II, p. 1-12, 2008.

ROSSETTI, D. F.; TRUCKENBRODT, W.; GOES, A.M. Estudo paleoambiental e estratigráfico dos sedimentos Barreiras e Pós-Barreiras na Região Bragantina, Nordeste do Pará. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**, Serie Ciências da Terra, v.1, n.1, p.25-74. 1989.

ROSSETTI, D. F. Evolução sedimentar miocênica nos Estados do Pará e Maranhão. **Geologia USP: Série Científica**, v. 6, n. 2, p. 7-18. 2006.

SÁ, J.H.S. Contribuição a geologia e os sedimentos terciários e quaternários da Região Bragantina. **Boletim do Instituto de Geologia do Rio de Janeiro**, 3. , 1969: 21-36 p.

SALIOT, A. **Biogéochimie organique marine. Cours d'océanographie européens.** Paris, France: OCEANIS, 1994. p. 20. (séries de documents océanographiques)

SANTOS SILVA, R, C. **Aplicação dos métodos geofísicos elétricos e eletromagnéticos na determinação de unidades sedimentares costeiras tropicais em Bragança, nordeste do Pará.** 2002. 63 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Geofísica, Universidade Federal do Pará, Belém, 2002.

SFRIENDRECH, D.M. **Comparação metodológica para eliminação de matéria orgânica em sedimentos lamosos: o exemplo em amostras do rio Sucuriçu (AP).** 2010. 72f. Trabalho de conclusão de Curso (Graduação em Oceanografia) - UFPA, 2010.

SILVA, P. V. M.; RIBEIRO, C. A.; MELLO e SILVA, L. M.; SILVA, E. H. N.; SILVEIRA, O. F. M. Teor de matéria orgânica em testemunhos do canal do espadarte, ilha dos Guarás, Curuçá-Pa. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE CIÊNCIAS DO MAR, 14., 2011, Rio Grande(RS). **Resumos expandidos**. Rio Grande(RS): COLACMAR, 2011. p. 322 – 326.

SILVA JÚNIOR, O, B; EI-ROBRINI, M. Morfoestratigrafia do noroeste da planície costeira de São João de Pirabas (Nordeste do Pará). **Rev. Brasileira de Oceanografia**, v. 2, p. 99-114. , 2001.

SOUZA FILHO, P.W.M; EL-ROBRINI, M. A Morfologia, processos de sedimentação e litofácies dos Ambientes morfossedimentares da Planície Costeira Bragantina – Nordeste do Estado do Pará (Brasil). **Geonomos**, v. 4, n.2, p. 1-16. 1997.

SHEPARD, F.P. Nomeclature base don sand-silt-clays rations. **Journal os Sedimentology Petrology**. v. 24, n.3, p. 151-158. 1954.

SUGUIO, K. **Introdução a sedimentologia**. São Paulo, Edgard Blücher. 1973

_____. **Rochas sedimentares**. São Paulo: Edgard Blucher, 1980.

_____. **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins**. Rio de Janeiro: Bertrand, 1998. p. 222.

_____. **Geologia sedimentar**. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2003.

TOLMAN, H.L. **User manual and system documentation of wavewatch version 1.18**. NOAA/NWS/NCEP/OMB. [S.l: s.n], 1999a. (Technical Note, 166, p. 110).

WENTWORTH, C. A scale of grade and class terms for clastic sediments. **Journal of Geology**, v. 1, n. 30, p. 377-392. 1922.