

ASPECTOS DA SEDIMENTAÇÃO NA  
REGIÃO NORDESTE DA LAGOA DOS  
PATOS: LAGOA DO CASAMENTO E  
SACO DO COCURUTO-RS - BRASIL

JORGE ALBERTO VILLWOCK

1 9 7 7

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

"ASPECTOS DA SEDIMENTAÇÃO NA REGIÃO NORDESTE DA  
LAGOA DOS PATOS: LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO  
COCURUTO - RS - BRASIL"

Por: JORGE ALBERTO VILLWOCK

Orientador:

Prof. Dr. LUIZ ROBERTO SILVA MARTINS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

Prof. Homero Sô Jobim

REITOR

Prof. Gerhard Jacob

PRÓ-REITOR DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

Profa. Marleni Marques Toigo

COORDENADORA

COMISSÃO COORDENADORA

Prof. Carlos Alfredo Bortoluzzi

Prof. Dr. Irajã Damiani Pinto

Prof. Dr. Luiz Roberto Silva Martins

Prof. Dr. Milton Luiz Laquintinie Formoso

COMISSÃO EXAMINADORA

Prof. Dr. Luiz Roberto Silva Martins

Prof. Dr. Carlos Maria Urien

Prof. Dr. Renato Rodolfo Andreis

Prof. Dr. Ivan Medeiros Tinoco

Prof. Dr. Paulo da Nóbrega Coutinho

Quem nada conhece, nada ama.

Quem nada pode fazer, nada compreende.

Quem nada compreende, nada vale.

Mas quem compreende também ama, observa, vê...

Quanto mais conhecimento houver inerente  
numa coisa, tanto maior o amor...

Aquele que imagina que todos os frutos  
amadurecem ao mesmo tempo como as cerejas,  
nada sabe a respeito das uvas.

Paracelso.

Ama-se aquilo por que se trabalha e  
trabalha-se por aquilo que se ama.

Erich Fromm.

Por e para

MARICÊ, LUIS HUMBERTO E MAITÊ.

## ÍNDICE

	Página nº
RESUMO . . . . .	8
1. INTRODUÇÃO . . . . .	10
1.1. Objetivos . . . . .	10
1.2. Localização Geográfica da Área . . . . .	11
1.3. Métodos de Trabalho . . . . .	13
1.4. Agradecimentos . . . . .	15
2. PANORAMA GEOLÓGICO REGIONAL . . . . .	16
3. GEOMORFOLOGIA E ASPECTOS RELACIONADOS . . . . .	19
3.1. A Margem Lagunar . . . . .	20
3.2. O Corpo Lagunar . . . . .	43
3.3. Evolução Geomorfológica . . . . .	49
4. SEDIMENTOLOGIA . . . . .	59
4.1. Generalidades . . . . .	59
4.2. Sedimentos das Áreas Fonte . . . . .	60
4.2.1. Características Texturais . . . . .	61
4.2.1.1. Sedimentos da Margem Lagunar . . . . .	61
4.2.1.1.1. Terraços Marinhos . . . . .	61
4.2.1.1.2. Depósitos Eólicos . . . . .	64
4.2.1.1.3. Terraços Lagunares . . . . .	66
4.2.1.1.4. Depósitos Fluviais . . . . .	69
4.2.1.1.5. Depósitos Flúvio-Deltáicos . . . . .	72
4.2.1.1.6. Praias Lagunares . . . . .	75
4.2.1.1.7. Cristas de Praia . . . . .	75
4.2.1.2. Sedimentos do Complexo Fluvial do Guaíba . . . . .	79
4.2.1.3. Sedimentos de Fundo da Parte Norte da Lagoa dos Patos . . . . .	82
4.2.2. Características Mineralógicas . . . . .	82
4.2.2.1. Fração Grosseira . . . . .	84
4.2.2.2. Fração Fina: Argilo-Minerais . . . . .	85
4.3. Sedimentos da Lagoa do Casamento e Saco do Cocu ruto . . . . .	87
4.3.1. Características Texturais . . . . .	87
4.3.1.1. Fácies Arenosa . . . . .	89
4.3.1.1.1. Sub-Fácies Areia Média . . . . .	91
4.3.1.1.2. Sub-Fácies Areia Média-Fina . . . . .	93
4.3.1.1.3. Sub-Fácies Areia Fina-Média . . . . .	94

	Página nº
4.3.1.1.4. Sub-Fácies Areia-Fina . . . . .	98
4.3.1.2. Fácies Areno-Síltica . . . . .	99
4.3.1.3. Fácies Silto-Arenosa . . . . .	102
4.3.1.4. Fácies Síltica . . . . .	106
4.3.2. Características Mineralógicas . . . . .	108
4.3.2.1. Fração Grosseira . . . . .	109
4.3.2.2. Fração Fina: Argilo-Minerais . . . . .	109
4.4. Distribuição Faciológica dos Sedimentos Laguna res . . . . .	111
4.4.1. Distribuição de Fácies-Texturais . . . . .	111
4.4.1.1. Areia-Silte-Argila . . . . .	111
4.4.1.2. Areia Média-Areia Fina-Silte . . . . .	113
4.4.2. Variação dos Parâmetros Granulométricos Esta tísticos . . . . .	115
4.4.2.1. Variação da Mediana - $M_d$ . . . . .	115
4.4.2.2. Variação do Diâmetro Médio - $M_z$ . . . . .	117
4.4.2.3. Variação do Desvio Padrão - $\sigma_1$ . . . . .	120
4.4.2.4. Variação da Assimetria - $Sk_1$ . . . . .	123
4.4.2.5. Variação da Curtosis . . . . .	125
4.4.3. Controles da Distribuição Faciológica . . . . .	128
4.4.3.1. Características dos Materiais das Áreas Fon te . . . . .	129
4.4.3.2. Morfologia e Condições Hidrodinâmicas do Corpo Lagunar . . . . .	131
4.4.3.3. Evolução Morfológica do Corpo Lagunar . . . . .	135
4.5. A Sedimentação Lagunar Caracterizada pelos Parâ metros Granulométricos . . . . .	137
4.5.1. Parâmetros Estatísticos de FOLK & WARD . . . . .	137
4.5.1.1. Diâmetro Médio versus Desvio Padrão . . . . .	141
4.5.1.2. Diâmetro Médio versus Assimetria . . . . .	144
4.5.1.3. Diâmetro Médio versus Curtosis . . . . .	146
4.5.1.4. Desvio Padrão versus Assimetria . . . . .	148
4.5.1.5. Desvio Padrão versus Curtosis . . . . .	150
4.5.1.6. Assimetria versus Curtosis . . . . .	150
4.5.1.7. Caracterização Ambiental . . . . .	153
4.5.2. Diagramas CM, FM, LM e AM (PASSEGA & BYRAMJEE)	160
4.5.3. Índices Granulométricos de DOEGLAS . . . . .	166
4.5.3.1. Índices $Q_1$ $M_d$ $Q_3$ . . . . .	167

	Página nº
4.5.3.2. Índices $^{10}Q_1M^{10}Q_3^{99}$ . . . . .	172
5. SUMÁRIO DAS CONCLUSÕES . . . . .	175
6. BIBLIOGRAFIA CITADA . . . . .	184

ANEXOS:

18 Tabelas,

57 Figuras,

7 Fotografias e

3 Fotomicrografias, intercaladas no texto.

1 Mapa Geomorfológico em encarte, na contra-capá.

## RESUMO

A formação da Lagoa dos Patos foi condicionada pelo desenvolvimento de uma barreira múltipla, arenosa, sob a influência das oscilações eustáticas ocorridas durante o Quaternário.

Os aspectos geomorfológicos da margem lagunar desta barreira evidenciam a existência de pelo menos quatro ciclos de transgressão e regressão. Os processos de sedimentação que os acompanharam, proporcionaram a compartimentação da laguna mediante o crescimento de pontais arenosos, mecanismo que deu origem a Lagoa do Casamento e ao Saco do Cocuruto.

Os sedimentos do fundo destes corpos lagunares são arenosos e silticos. As fácies arenosas ocorrem nas partes marginais e rasas e tem suas características texturais influenciadas pelo tipo de material das áreas fonte, da natureza, intensidade e tempo de atuação dos agentes de sedimentação. As fácies silticas ocupam as porções centrais, mais profundas. As zonas intermediárias são atapetadas por fácies transicionais areno-silticas e siltico-arenosas.

Os terrenos quaternários da margem lagunar, retrabalhados durante os ciclos transgressivos, constituem a principal fonte dos sedimentos lagunares. Parte do material siltico trazido em suspensão pelas águas da Lagoa dos Patos que ingressam na Lagoa do Casamento, provém das terras altas que margeiam a Província Costeira.

Os principais agentes envolvidos nos processos de sedimentação são o vento, as ondas e as correntes lagunares. A circulação das águas é também influenciada pelos sistemas fluviais atuantes na região.

A sedimentação se processa em um ambiente de águas rasas



e doces, levemente ácidas, oxidantes nas margens e pouco redutoras nas partes centrais. A atividade biológica bentônica é reduzida e relacionada a uma pequena fauna de moluscos.

A evolução geomorfológica da área controlou os aspectos maiores da sedimentação no corpo lagunar.

Tentativas de caracterização ambiental baseadas em análise granulométrica mostraram que os métodos de FOLK & WARD (1957), PASSEGA & BYRANJEE (1969) e DOEGLAS (1968), são efetivamente úteis na descrição e interpretação de ambientes recentes de sedimentação onde os parâmetros físicos são conhecidos. Entretanto a sua utilização como critério único na determinação paleo-ambiental fica prejudicada, pois a sedimentação em uma província costeira é policíclica e promovida por vários ambientes definidos que se deslocam no tempo e no espaço. Ocorre muitas vezes que o rápido retrabalhamento de materiais depositados em ambientes de alta energia é incapaz de apagar as características texturais herdadas do ciclo anterior. A maior parte dos sedimentos das fácies arenosas do fundo lagunar tem propriedades semelhantes aos depositados em ambientes praias e eólicos.

## 1. INTRODUÇÃO

### 1.1. Objetivos

O presente trabalho constitui mais uma contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos, cujo estudo vem sendo feito desde 1963 pela equipe do atual Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO, do Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Esta iniciativa, pretende reunir dados para compor o quadro geral dos processos geológicos atuantes nesta que constitui uma das áreas lagunares costeiras mais importantes da superfície do planeta.

Pretende-se aqui caracterizar a sedimentação que se processa atualmente na Lagoa do Casamento e no Saco do Cocuruto, corpos d'água em adiantado estado de segmentação lagunar, situados na porção nordeste da Lagoa dos Patos, na Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

Paralelamente ao mapeamento faciológico dos sedimentos do fundo, será efetuado um estudo granulométrico do material ali existente, com a finalidade de correlacionar os seus parâmetros texturais com o ambiente deposicional lagunar que domina a área.

O reconhecimento da proveniência dos sedimentos, mediante estudos mineralógicos, e a compreensão do seu mecanismo deposicional, partindo das condições hidrodinâmicas do corpo lagunar, constituirão elementos chaves no sentido de prever a influência, na área de estudo, do material trazido pelas águas do complexo fluvial do Guaíba que apresenta níveis de poluição cada vez mais elevados.

Nesse sentido, a Lagoa do Casamento é, ainda hoje, um dos raros criadouros de peixes não atingidos pela poluição, com

forme afirma FREITAS (1975).

Além disso, desenvolve-se às suas margens intensa cultura rizícola que depende de suas águas na alimentação dos sistemas de irrigação das lavouras.

É pois de interesse regional, a preservação deste ecossistema. Para sua compreensão estão dirigidos também os objetivos deste trabalho.

Do mesmo modo, a área em pauta tem sido apontada, com certa frequência, como adequada para a construção de um canal destinado a ligar Porto Alegre ao Oceano Atlântico, tendo em vista a sua posição geográfica.

Não será discutida aqui a viabilidade de tal obra, entretanto quem o fizer encontrará neste estudo alguns subsídios de natureza geológica indispensáveis para tanto.

## 1.2. Localização Geográfica da Área

Como foi mencionado anteriormente, a área de estudo envolve a porção nordeste da Lagoa dos Patos e é bordejada por terrenos constituídos pelas formações que integram a cobertura quaternária da Província Costeira do Rio Grande do Sul, conforme pode ser observado no mapa índice na Fig. 1.

A área está compreendida entre as coordenadas  $30^{\circ}08'40''$  e  $30^{\circ}30'$  de latitude sul e  $50^{\circ}30'$  e  $50^{\circ}50'37''$  de longitude oeste, abrangendo uma superfície de  $1.264 \text{ km}^2$ , incluindo partes do município de Osório, Viamão e Mostardas.

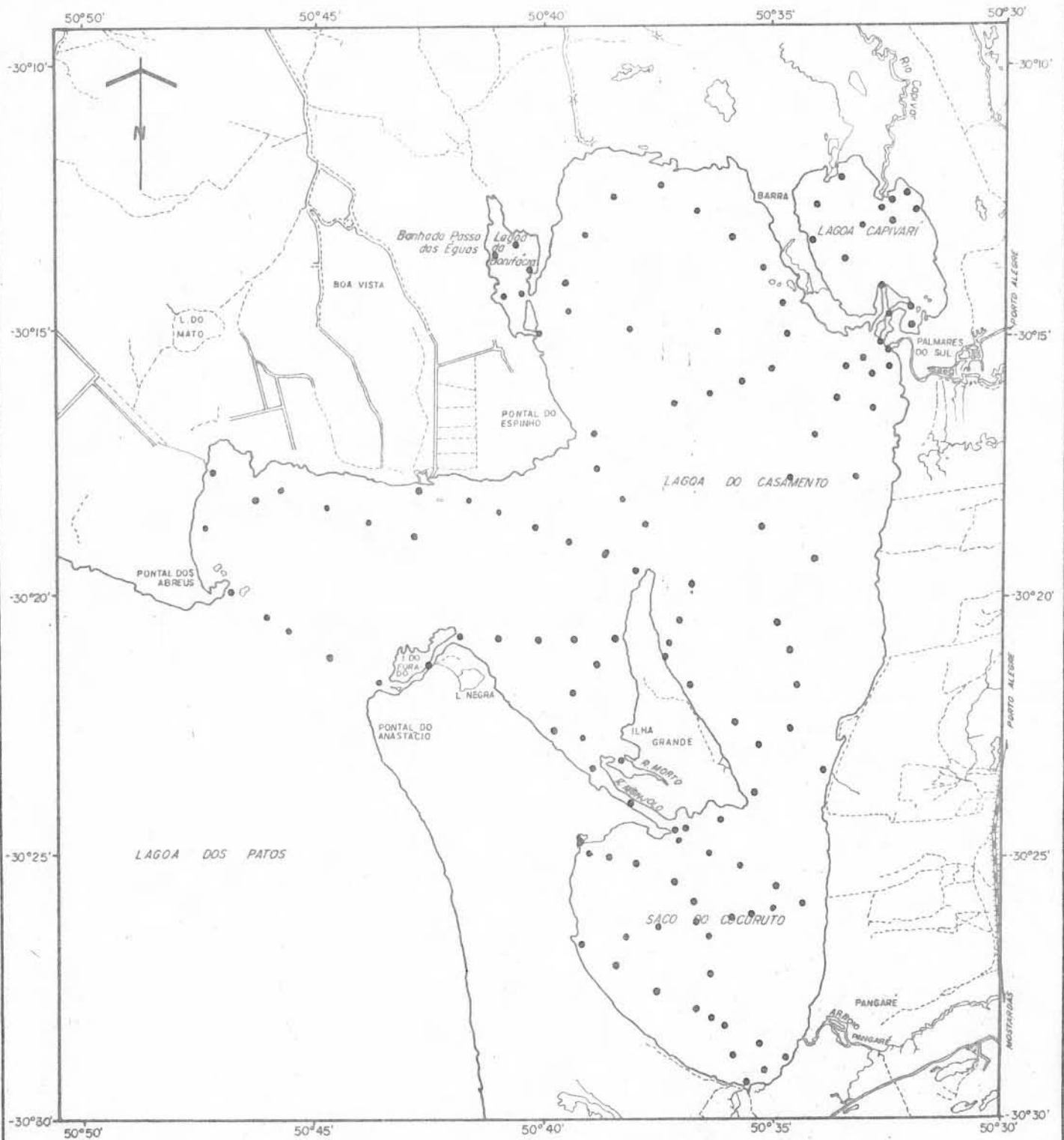
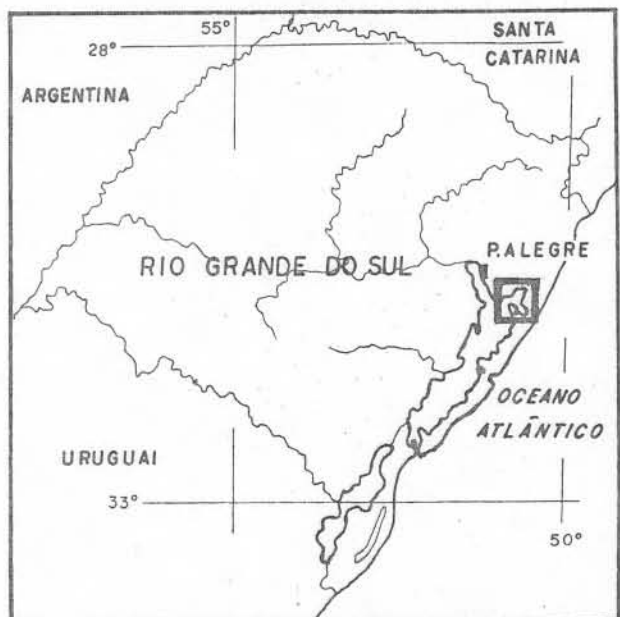


Figura 1 - MAPA DE AMOSTRAGEM E SITUAÇÃO DA ÁREA NO ESTADO.



ESCALA 1:200.000

### 1.3. Métodos de Trabalho

Os trabalhos de mapeamento foram realizados na escala 1 : 100.000, tendo por base as folhas plani altimétricas, em escala 1 : 50.000, publicadas pela Diretoria do Serviço Geográfico do Exército. Foram utilizadas as folhas Passo do Vigário (SH.22-P-I-1), Lagoa do Capivari (SH.22-P-I-2), Desertas (SH.22-P-I-3) e Ilha Grande (SH.22-P-I-4).

A análise das principais feições morfográficas foi efetuada mediante a interpretação geológica de fotografias aéreas, na escala 1 : 60.000, e posterior exame no campo.

As quarenta amostras colhidas na área emersa foram do tipo amostra simples e se destinaram a controle granulométrico do material que, remobilizado pelos agentes da superfície, contribui para a sedimentação lagunar.

Os sedimentos do fundo foram amostrados a partir de um caíque, embarcação utilizada pelos pescadores da região, por intermédio de um busca-fundo do tipo raspador, ao longo de perfis através dos corpos d'água e nos cursos dos diversos rios que neles desaguam. Nesta etapa foram colhidas 135 amostras, cuja localização pode ser observada no mapa apresentado na figura 1.

As amostras acondicionadas em sacos plásticos, foram lavadas em laboratório e após secagem em estufa, desagregadas e submetidas aos processos de análise granulométrica descritos por KRUMBEIN & PETTIJOHN (1938), que incluem a análise da fração grossa (grãos maiores que 0,062mm), por peneiração, utilizando-se peneiras com intervalos de  $1/4 \phi$ , e a da fração fina (grãos menores que 0,062mm), por pipetagem. Foi utilizada a escala de Wentworth para a classificação de tamanho de grão.

Os resultados obtidos da análise granulométrica foram interpretados mediante a aplicação dos métodos de FOLK & WARD

(1957), PASSEGA (1957) e DOEGLAS (1968).

Foram escolhidas quarenta e cinco amostras representativas para o estudo mineralógico.

A fração grosseira foi analisada objetivando conhecer o seu conteúdo em minerais leves e pesados. A separação foi feita por decantação em bromofórmio, utilizando-se a fração compreendida entre 0,250 e 0,125 mm, partindo-se de uma amostra inicial de 5 gramas.

A fração pesada foi montada em lâminas com Bálsamo do Canadá para estudo microscópico.

A fração leve, montada em lâminas com Bálsamo do Canadá, sem lamínula, foi estudada em lupa binocular após a aplicação de método colorimétrico, para determinar feldspatos, conforme o método preconizado por HAYES & KLUGMAN (1959).

Os sedimentos finos tiveram sua fração menor que  $4 \mu$  micra separada por decantação e analisada no difratômetro de raios X objetivando determinar a natureza dos argilo-minerais constituintes.

No estabelecimento do padrão de circulação das águas na Lagoa do Casamento, no Saco do Cocuruto e na porção norte da Lagoa dos Patos foram utilizadas imagens orbitais obtidas pelo satélite ERTS-1, gentilmente cedidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, adotando-se o método apresentado por HERZ (1976).

Com o objetivo de caracterizar de modo global a região estudada, efetuou-se extensa pesquisa bibliográfica, que envolveu os trabalhos nela anteriormente executados, dentre os quais se encontram MARTINS (1963), MARTINS (1966), MARTINS & GAMERMANN (1967), CLOSS (1963, 1970), DELANEY (1960, 1965 e 1966), JOST (1971), CUNHA (1972), VILLWOCK, MARTINS & FORMOSO (1972) e VILLWOCK (1973).

#### 1.4. Agradecimentos

Resulta este trabalho da cooperação e assistência por parte de pessoas e instituições, a quem apresentamos sinceros a gradecimentos.

Aos professores Luiz Roberto Martins, Ely Alberto Dehnhardt, Eloy Lopes Loss, Inês da Rosa Martins pelas críticas, su gestões e pelo incentivo constante.

Aos laboratoristas Rubem Bernardo e Gilberto Santos, ã artista Naira Jane, ao Sr. Girley Valério Simões e ao Sr. Rubem Schmitt Kroeff, pelos trabalhos de laboratório, desenho, datilo grafia e fotografia.

Ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, pelas ima gens orbitais do satélite ERTS-1.

À FAPERGS, CNPq, COCEP-UFRGS pelos auxílios concedidos e que tornaram possível a sua execução.

Ao Instituto de Geociências da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, pela oportunidade.

## 2. PANORAMA GEOLÓGICO REGIONAL

O sistema lagunar em estudo é parte integrante da Província Costeira do Rio Grande do Sul (VILLWOCK; ob. cit.).

A referida Província Costeira é constituída por dois elementos geológicos maiores, o Embasamento e a Bacia de Pelotas. O primeiro é composto pelo complexo cristalino pré-cambriano e pelas seqüências sedimentares e vulcânicas, paleozóicas e mesozóicas da Bacia do Paraná. O segundo, a Bacia de Pelotas, compõe-se de uma seqüência sedimentar clástica acumulada em uma bacia marginal subsidente, instalada tectonicamente na borda do embasamento a partir do Cretáceo.

Cerca de 1500 metros de espessura de sedimentos foram depositados nesta bacia desde os tempos miocênicos até o recente. A sedimentação retrata uma série de regressões e transgressões marinhas. Estas foram controladas a princípio pelo balanço entre as taxas de subsidiência e sedimentação e posteriormente, a partir do Pleistoceno, governadas pelas variações eustáticas ocorridas no decorrer da Era Cenozóica.

A cobertura deste conjunto, detalhadamente descrita por VILLWOCK (ob. cit.), é constituída por um pacote sedimentar trans-regressivo, cuja porção superior expõe-se na planície litorânea encerrando uma série de unidades lito-estratigráficas descontínuas no espaço e no tempo, resultante do deslocamento de vários ambientes de sedimentação por sobre a mesma região, conforme atestam as grandes feições morfográficas nela esculpidas, responsáveis pela configuração que a região costeira apresenta nos dias atuais.

Conforme se observa no esboço geológico apresentado na Fig. 2, a área que margeia a Lagoa do Casamento e o Saco do Cocuruto é constituída fundamentalmente pelos terraços marinhos da



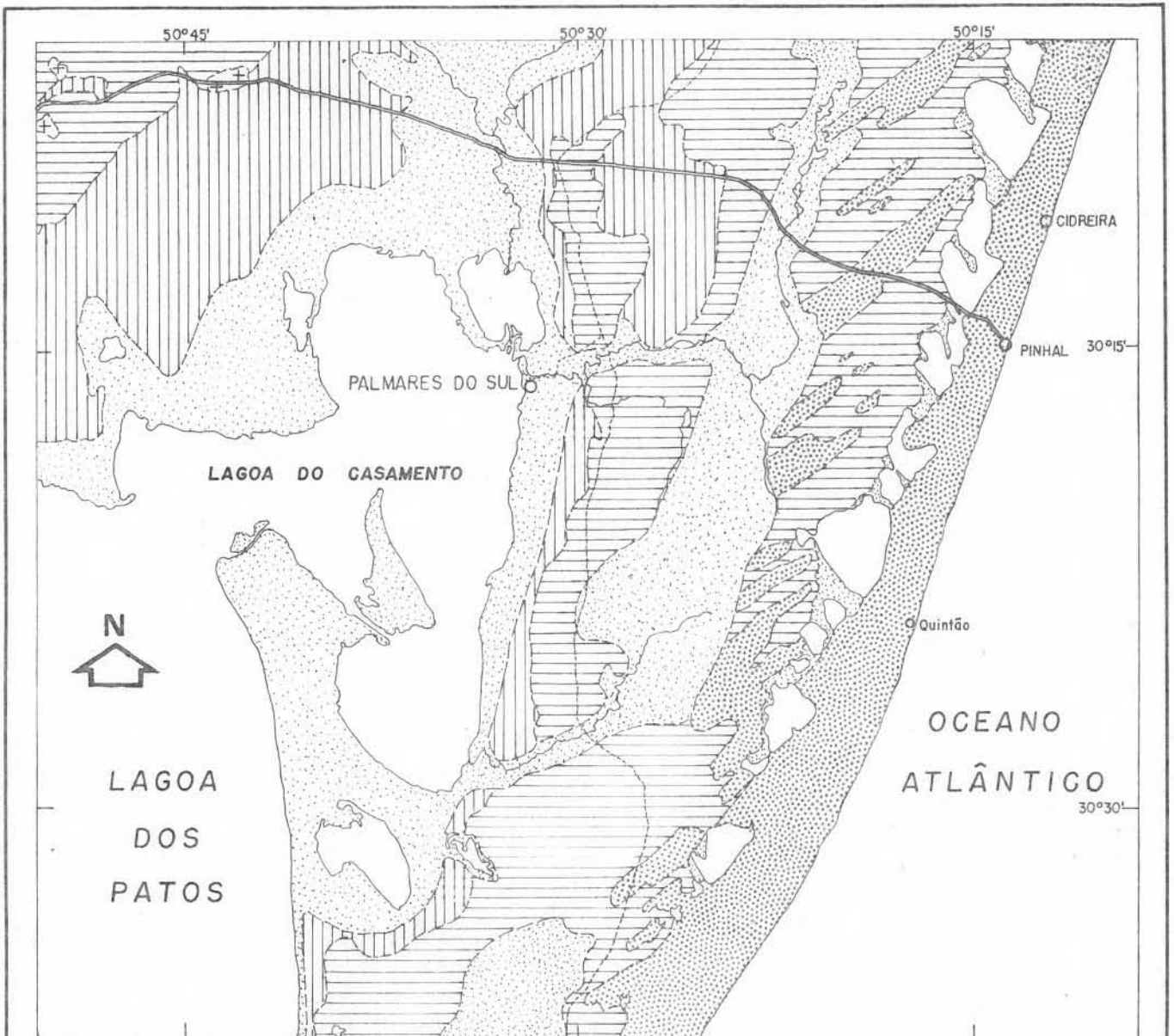


FIG.2 - Esbôço geológico da porção norte da barreira múltipla da Lagoa dos Patos e situação da área no Estado.

4 0 4 8 12 16 km

ESCALA: 1: 400.000

LEGENDA:

- Estradas ..... ————
- Drenagens ..... ————
- HOLOCENO
  - Depósitos eólicos e praias marinhos atuais ..... [stippled pattern]
  - Depósitos lagunares, praias lagunares, paludais, fluviais, indivisos, atuais e sub-atuais ..... [stippled pattern]
  - Itapoã indiviso ..... [horizontal line pattern]
  - Chuí indiviso ..... [vertical line pattern]
- P6
  - Embasamento cristalino ..... [cross pattern]



desenho: a. barbosa

Formação Chuí, depósitos eólicos da Formação Itapoã e os depósitos atuais e sub-atuais de ambientes praial marinho, praial lagunar, lagunar, paludal, fluvial e eólico.

### 3. GEOMORFOLOGIA E ASPECTOS RELACIONADOS

Para melhor compreensão dos fenômenos geológicos complexos que atuaram na área em apreço e que ainda hoje se manifestam, construindo e destruindo as mais variadas feições do modelado topográfico, nela efetuou-se um reconhecimento geomorfológico.

Exterioriza-se a maior parte da Província Costeira do Rio Grande do Sul, em superfície, sob a forma de uma extensa área de terras baixas, cerca de 47.150 km<sup>2</sup>, denominada por NOGUEIRA (1948), de Planície Costeira do Rio Grande do Sul.

DELANEY (1965) e VILLWOCK (1973), subdividiram esta Planície Costeira em várias unidades geomorfológicas distintas. Em uma delas, a Planície Arenosa Litorânea, situam-se os corpos lagunares ora em estudo. Por abranger os terrenos que os margeiam, e, portanto, pelo papel que sua evolução desempenha na sedimentação lagunar, ela será detalhadamente descrita a seguir.

A Planície Arenosa Litorânea desenvolve-se a leste da Coxilha das Lombas e é constituída predominantemente pelos depósitos arenosos das formações Chuí e Itapoã, parcialmente retrabalhados e cobertos por uma grande variedade de acumulações recentes de origem praial, eólica, paludal, lacustre, lagunar, fluvial, deltáica, entre outras, que se espalham pela região.

A grande variedade de feições encontradas nesta área torna difícil a escolha de critérios que permitam sua divisão em sub-unidades morfológicas.

Entretanto, na referida planície arenosa observa-se atualmente a existência de tres grandes domínios ambientais, ou seja, uma longa e complexa barreira arenosa emersa, separando o Oceano Atlântico da Lagoa dos Patos, sofrendo por um lado a ação dos processos relacionados ao mar e pelo outro, submetido a in

fluência dos agentes lagunares. Assim torna-se mais fácil, do ponto de vista prático, subdividir a planície nas seguintes sub-unidades, de acordo com o ambiente predominante, ou seja, a margem lagunar, a barreira e a margem oceânica.

Pelos mesmos motivos mencionados anteriormente, apenas os aspectos relacionados com a margem lagunar serão descritos a seguir.

### 3.1. A Margem Lagunar

Conforme pode ser observado no mapa geomorfológico da parte norte da barreira múltipla da Lagoa dos Patos, reproduzido de VILLWOCK (ob. cit), vide Fig. 58 em encarte na contracapa, o lado oeste da grande barreira arenosa é constituído por uma costa lagunar cujos aspectos morfológicos são peculiares.

Diferindo totalmente das feições observáveis junto à costa oceânica, as que aqui se apresentam resultam da interação dos vários agentes envolvidos na dinâmica lagunar e retratam a sua ação nesta região durante os últimos tempos geológicos.

Deste modo, antes de descrevê-las e tecer maiores comentários sobre a sua origem faz-se necessário ressaltar alguns aspectos da dinâmica da Lagoa dos Patos, responsável em última análise, pela configuração atual de suas margens.

Ligada ao Oceano Atlântico por um único e permanente canal de escoamento, Canal de Rio Grande, a Lagoa dos Patos é uma laguna que se comporta essencialmente como um sistema estuarino, no sentido de BIRD (1968).

Esta laguna constitui a maior das massas d'água represadas na planície costeira do Rio Grande do Sul e de toda a costa brasileira. Possui uma área aproximada de 11.000 km<sup>2</sup>, estendendo

-se por 250 km de NNE para SSE, com uma largura máxima de 60 km.

A topografia de fundo, embora suave, é variada. A maioria das margens mostram-se rasas, oscilando entre 0,5 e 1 metro, estando as partes mais profundas confinadas às zonas centrais com 7 a 8 metros ao longo do Canal de Rio Grande onde oscila entre 10 e 15 metros (Fig. 3).

A movimentação das águas nesta bacia alongada é muito pouco influenciada pela maré oceânica que segundo MOTTA (1969), é, na região de Rio Grande, do tipo diurno e atinge valores médios de apenas 0,47 metros.

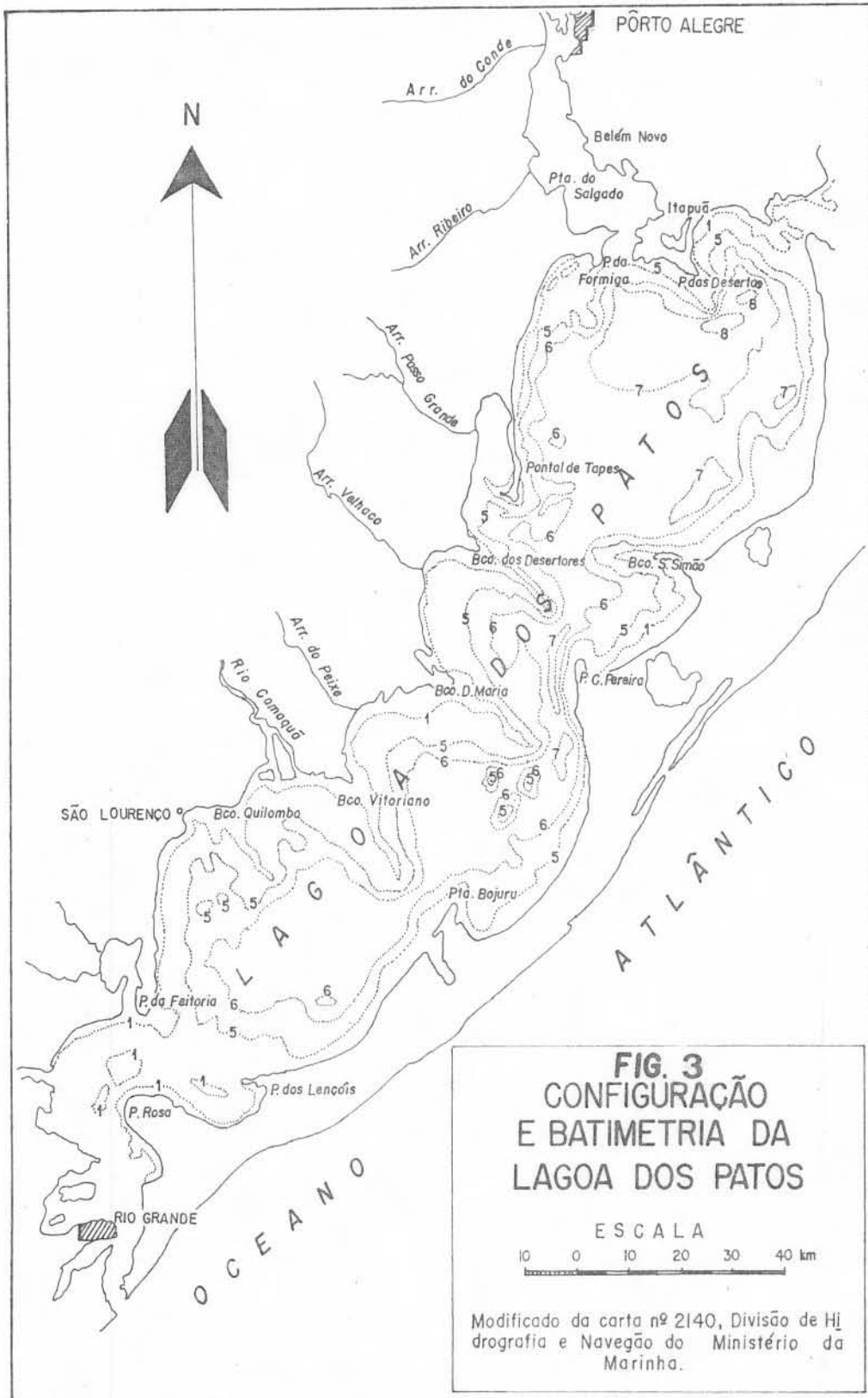
Entretanto, apreciáveis alterações no nível das águas decorrem das variações da vazão de seus tributários que drenam uma área de aproximadamente 175.000 km<sup>2</sup>, cerca de 5/8 da superfície do Estado do Rio Grande do Sul, abrangendo zonas expostas a diferentes regimes pluviais.

A descarga dos rios desenvolve correntes que se projetam para o interior da laguna em torno das desembocaduras. Por ocasião das enchentes o seu efeito se faz sentir por longos trechos.

Da mesma forma, o regime dos ventos é responsável por grandes variações no nível d'água ocasionando diferenças de até 2 metros entre as extremidades da laguna.

As correntes geradas nessas condições são influenciadas pela configuração da laguna. Um forte vento soprando ao longo do comprimento da mesma, desenvolve uma forte corrente na região axial e correntes mais fracas, reversas, ao longo das margens.

Tais agentes somados às variações de pressão atmosfêrica em diferentes partes da laguna são responsáveis pela movimentação das massas d'água e controlam, particularmente, o fluxo e refluxo na zona do Canal de Rio Grande e por conseqüência, a distribuição de salinidade no interior da laguna. Maiores detalhes sobre este mecanismo, podem ser encontrados em CLOSS (1963), CLOSS



& MADEIRA (1968) e VILLWOCK et alii (1972).

HERZ (1976), fazendo interpretações preliminares de imagens orbitais obtidas pelo satélite ERTS-1 e laboratório espacial SKYLAB da área da Lagoa dos Patos, propõe um modelo de circulação para as águas superficiais da referida laguna utilizando o material em suspensão como traçador natural.

As conclusões apresentadas pelo autor confirmam plenamente as considerações feitas até aqui no que diz respeito à circulação das águas.

Com efeito, HERZ (ob. cit.), mostra que as primeiras comparações estabelecidas revelaram o fato de que ventos com intensidade regular abaixo de cinco nós, podem provocar uma circulação semelhante à da Fig. 4, onde as descargas fluviais assumem uma importância maior na manutenção do sistema de circulação que nestas condições é do tipo celular.

Por outro lado, quando os ventos assumem intensidades maiores que cinco nós aquela distribuição vai sendo modificada, podendo chegar ao apresentado na Fig. 5, onde o vento soprando de nordeste com 10 nós de intensidade arrasta as águas provocando um fluxo contínuo de nordeste para sudoeste.

As correntes geradas pela movimentação da massa líquida acima descrita não são muito efetivas no que diz respeito à erosão e transporte de material sedimentar ao longo da laguna. De um modo geral elas são responsáveis apenas pela manutenção em suspensão do material fino trazido pelos rios, distribuindo-o por toda a bacia de sedimentação, levando-o até o extremo sul, onde o aumento de salinidade, através de processos de floculação, provoca a sua deposição (VILLWOCK et alii, ob. cit.).

Entretanto, ao longo dos canais que intercomunicam os vários corpos d'água adjacentes à Lagoa dos Patos estas variações de nível, verdadeiras marés, geram correntes muito fortes. Deve

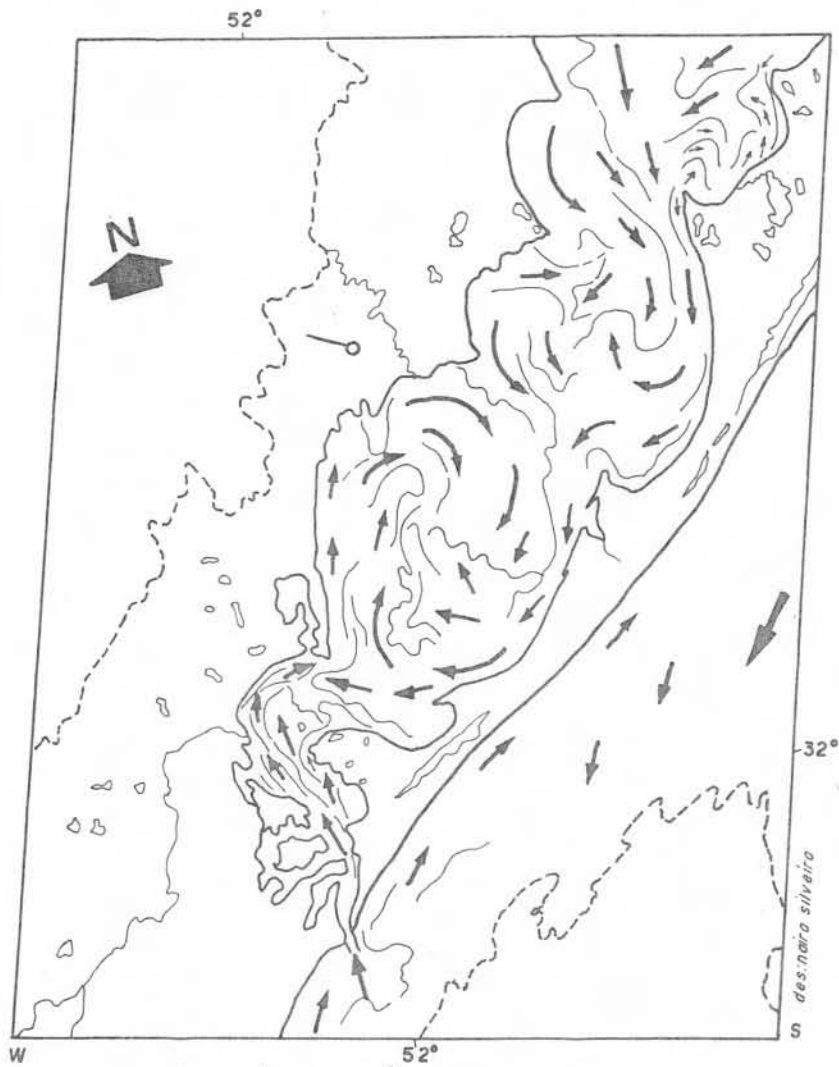


Figura 4 - CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS NA LAGOA DOS PATOS. ESQUEMA DE INTERPRETAÇÃO DE IMAGEM ERTS I338-I2475 DE 26/06/75. Modificado de HERZ (1975).



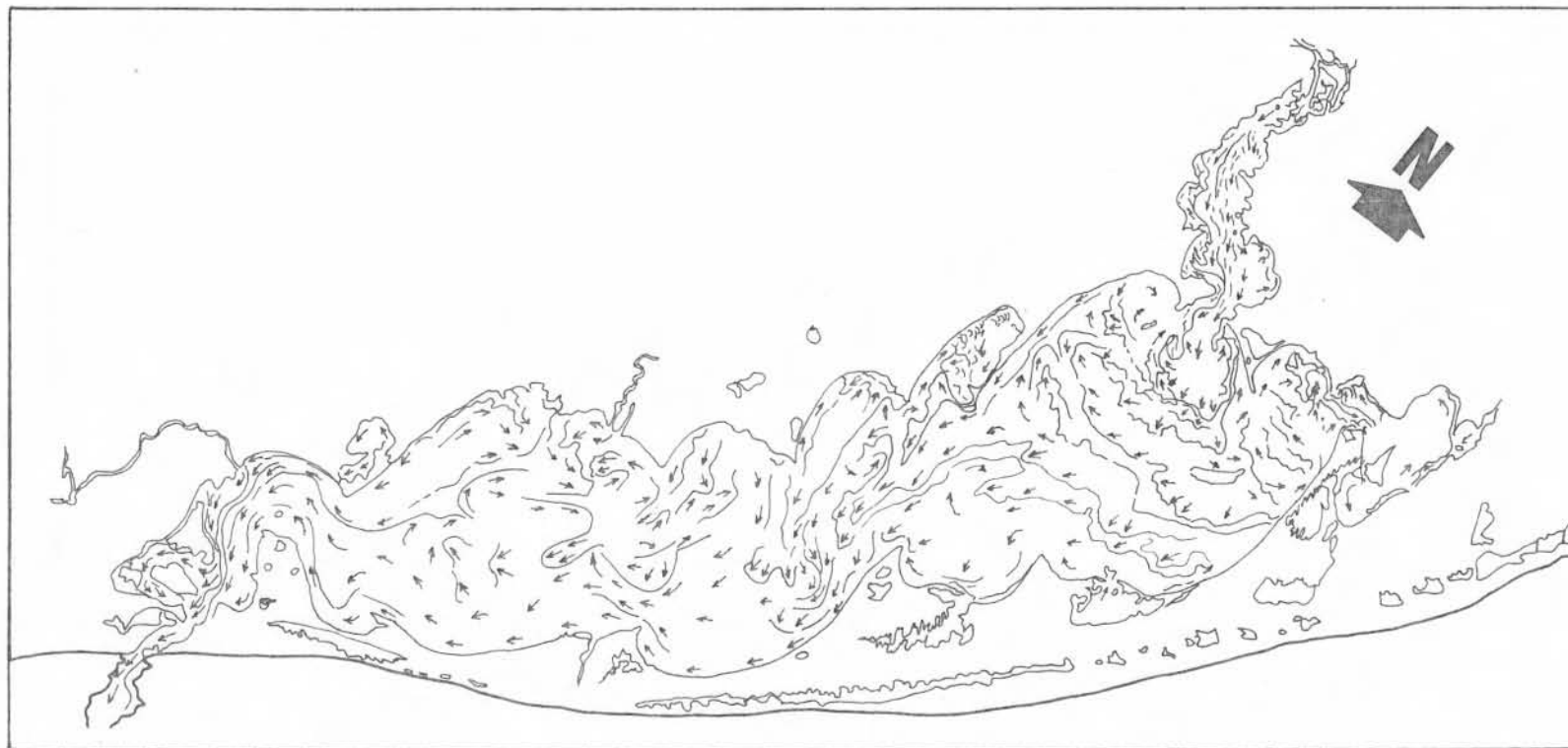


Figura 5 - CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS NA LAGOA DOS PATOS. ESQUEMA DE INTERPRETAÇÃO ELABORADO COM IMAGENS DA ESTAÇÃO ESPECIAL SKYLAB OBTIDAS EM 01/09/73. Modificado de HERZ (1975).

des:naira.silveira

-se a elas a criação e a manutenção das profundidades elevadas do Canal de Rio Grande, bem como das do Canal Furado e do Rio do Monjolo, estes na área da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto. O material sedimentar erodido e movimentado nestes cursos d'água deposita-se nas suas desembocaduras constituindo barras de areia e deltas de maré como o que se observa na Lagoa dos Gateados, pouco ao sul da área em estudo.

É incontestável o fato de que a ação das ondas exerce um papel proeminente no balanço erosão/deposição responsável pela configuração das linhas de costa. Nesse sentido elas são muito mais efetivas do que as correntes de maré (KIDSON, 1968).

Enquanto que nas costas oceânicas as características das ondas resultam da modificação por refração, difração e reflexão de ondulações provindas de áreas de geração distantes (KIDSON, ob. cit.), portanto independentes dos ventos locais, as ondas geradas na superfície de uma laguna estão relacionadas à direção, velocidade, duração dos ventos que sobre elas sopram e do comprimento do "fetch" sobre o qual o vento atua (BIRD, ob cit.).

Segundo este último autor, as ondas das lagunas são tipicamente curtas e esbeltas, particularmente durante os períodos em que o vento sopra forte quando então podem desenvolver alturas de até 2 metros. Elas são capazes de erodir a costa lagunar, transportar e depositar o material erodido, construindo praias, esporões e barreiras. Removem os sedimentos inconsolidados do fundo nas áreas mais rasas, depositando-os nas partes mais profundas, aplainando o assoalho lagunar.

As ondas que chegam à linha de costa, fazendo com ela um ângulo de  $45^{\circ}$ , são mais efetivas na geração de correntes litorâneas do que as que ali incidem com qualquer outra direção. Estas correntes litorâneas (longshore currents) são as responsáveis pela movimentação de grande quantidade de material sedimentar, con

tribuindo sobremaneira para o modelado da linha de costa, que tende a orientar-se perpendicularmente a direção resultante dos ventos que nela incidem.

Entretanto, se a resultante desses ventos geradores de ondas não for a mesma que as do "fetch" mais longo, a linha de costa orientar-se-á perpendicularmente à bissetriz entre as duas.

Mudanças nesta orientação são sempre acompanhadas tanto por erosão (retrogradação) como por deposição (progradação) da margem lagunar, através da deriva litorânea. Estas modificações alteram o padrão do "fetch" no sistema lagunar até o ponto em qualquer parte da praia o "fetch" coincida com a resultante das direções dos ventos tornando-se a configuração lagunar uma expressão direta do regime eólico da região. Se os ventos de todas as direções forem equivalentes em velocidade e duração, uma configuração circular pode ser atingida, mas usualmente as lagunas tornam-se ovais em forma, alongadas na direção dos ventos dominantes (BIRD, ob. cit.).

De acordo com ZENKOVITCH (1959), em lagoas alongadas e estreitas, estes processos levam ao desenvolvimento de enseadas por erosão e esporões deposicionais que tendem a crescer e convergir de modo a dividir a laguna em uma série de bacias menores cuja forma refletirá o regime regional dos ventos (Fig. 6). Este processo foi denominado pelo autor acima citado, de segmentação lagunar.

No decorrer desse processo, a erosão de ambas as costas faz com que a largura da laguna torne-se consideravelmente maior do que na sua forma inicial.

Os dados apresentados por DELANEY (ob. cit.), relativos ao regime dos ventos na Planície Costeira do Rio Grande do Sul, reproduzidos na Fig. 7, mostram em resumo que os ventos ali predominantes são os de nordeste oriundos da zona de alta pressão da mas

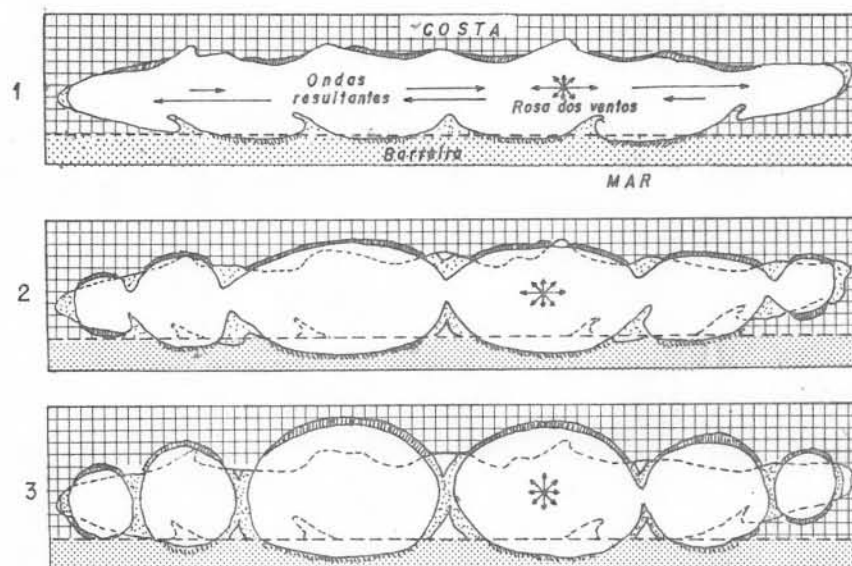


Fig 6

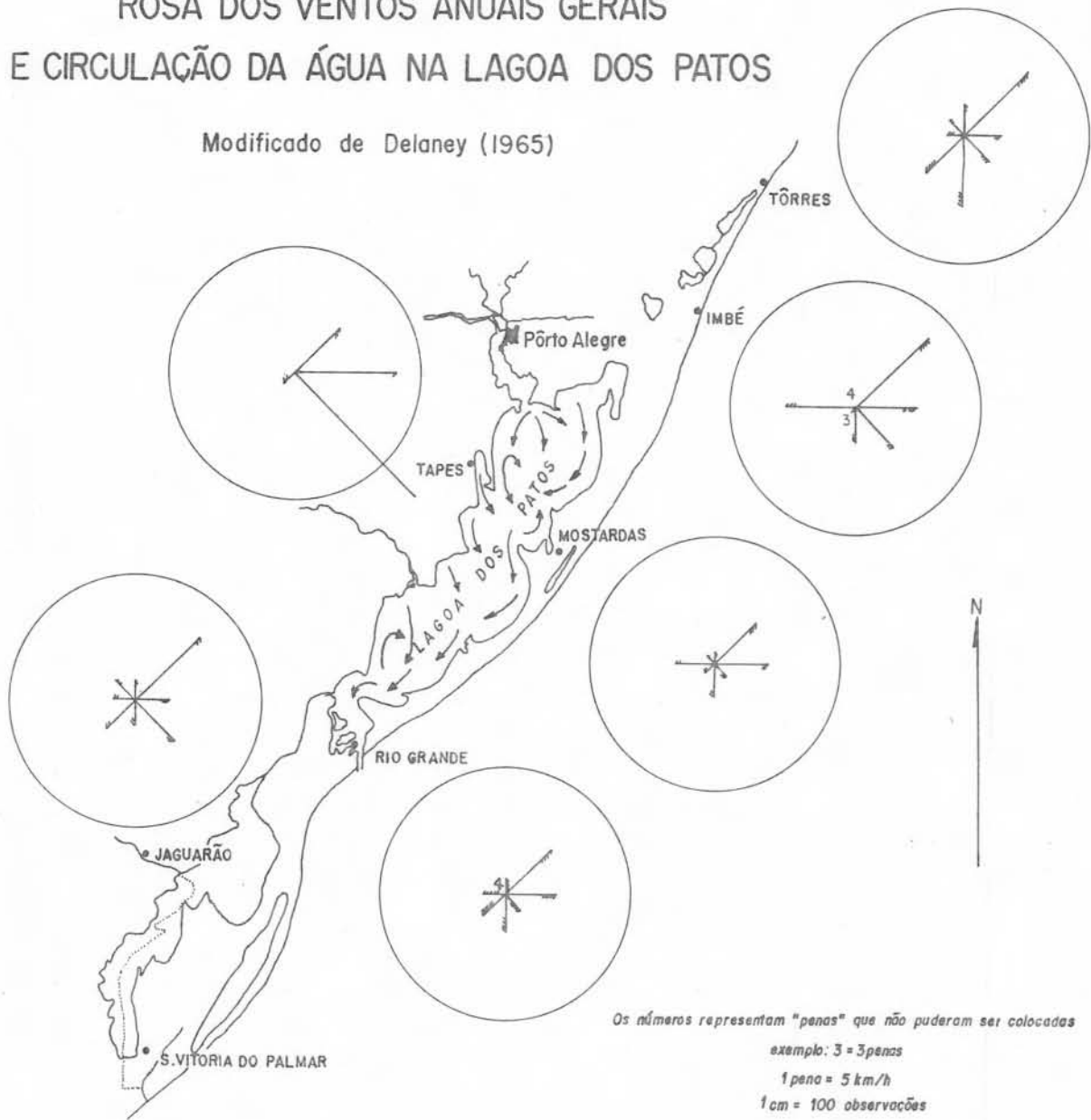
DIAGRAMA DA EVOLUÇÃO DE UMA ÁREA DE LAGOA

Segundo Zenkovitch (1967)

desenho: a. barbosa

FIG. 7  
ROSA DOS VENTOS ANUAIS GERAIS  
E CIRCULAÇÃO DA ÁGUA NA LAGOA DOS PATOS

Modificado de Delaney (1965)



desenho: a. barbosa

sa tropical atlântica que se situa sobre o Oceano Atlântico entre os paralelos  $30^{\circ}$  e  $40^{\circ}$  de latitude sul (MORENO, 1961).

Entretanto há uma variação estacional acentuada. Conforme MOTTA (1969), os ventos do quadrante nordeste são mais frequentes e violentos de setembro a abril e mais raros e fracos de maio a agosto, enquanto que os do quadrante sudeste apresentam-se sobretudo de maio a outubro e são mais raros de novembro a abril.

Embora não seja ainda possível estabelecer padrões quantitativos mais detalhados no que diz respeito ao regime dos ventos, a configuração atual da Lagoa dos Patos retrata fielmente o trabalho dos mecanismos dinâmicos acionados pelo sistema eólico que acima se caracterizou.

As suas margens mostram uma sucessão de amplas baías e esporões arenosos resultantes do trabalho das ondas e das correntes litorâneas no sentido de orientar as praias perpendicularmente à direção dos ventos dominantes.

O processo de formação e evolução desses esporões arenosos enquadra-se perfeitamente naquele estabelecido por ZENKOVITCH (1959).

É notável o fato de que essas feições sejam muito mais desenvolvidas na margem oeste da laguna, exatamente a que sofre com maior intensidade os ventos oriundos do nordeste. Tal situação contraria o processo estabelecido por FISCHER (1955), que atribua a formação dos esporões da ilha de São Lourenço, no Alaska, ao retrabalhamento em ambiente lagunar, de material detrítico de leques de espraiamento desenvolvidos a partir da barreira arenosa por ondas durante tempestades.

A presença de sedimentos finos, predominantemente sílticos, atapetando a maior parte das porções norte e média da Lagoa dos Patos (MARTINS & GAMERMANN, 1967), exclui a possibilidade de formação dos referidos esporões arenosos, a partir de remobiliza

ção do material de fundo por flutuações ressonantes do nível d'água da laguna, tal como propuseram PRICE & WILSON (1956).

Deste modo, fica perfeitamente caracterizado o fato de que a Lagoa dos Patos encontra-se em franco processo de segmentação, mostrando uma largura entre baías opostas muito maior do que a que apresentava nos tempos imediatos à sua formação.

O processo é evidente em sua região nordeste, onde os pontais dos Abreus e do Anastácio, praticamente isolam a Lagoa do Casamento. Por sua vez, o Pontal das Desertas, que se situa pouco mais a oeste e que com sua parte submersa prolonga-se por quase 20 quilômetros para o interior da Lagoa dos Patos retrata uma fase pouco menos adiantada do mesmo mecanismo.

As condições hidrodinâmicas da área lagunar abrangida pelo presente trabalho, isto é, margem nordeste da Lagoa dos Patos e Lagoa do Casamento, tal como se deduz da sua configuração, do relevo de fundo, do regime dos ventos e de observações qualitativas feitas no local, são esquematizadas na Fig. 8.

Como pode ser observado a circulação nesta área segue os mesmos padrões gerais da Lagoa dos Patos, com a qual se comunica. Aqui ela é controlada pelo regime dos ventos e que geram as ondas e correntes litorâneas, responsáveis pelo modelado da linha de costa. Da mesma forma, a circulação é influenciada pelo fornecimento d'água ao corpo lagunar, pelos rios que ali chegam e pela área entre os pontais dos Abreus e Anastácio que lhe serve de comunicação com a Lagoa dos Patos.

Os rios Capivarí, Palmares e a Sanga Pangaré, são rios senis, uma vez que drenam uma superfície aplainada e de cotas baixas. Servem apenas como elementos de drenagem das áreas pantanosas e seu regime é controlado pelas condições pluviométricas.

Deste modo, na maior parte do tempo, a Lagoa do Casamento e o Saco do Cocuruto, recebem uma grande quantidade d'água pro

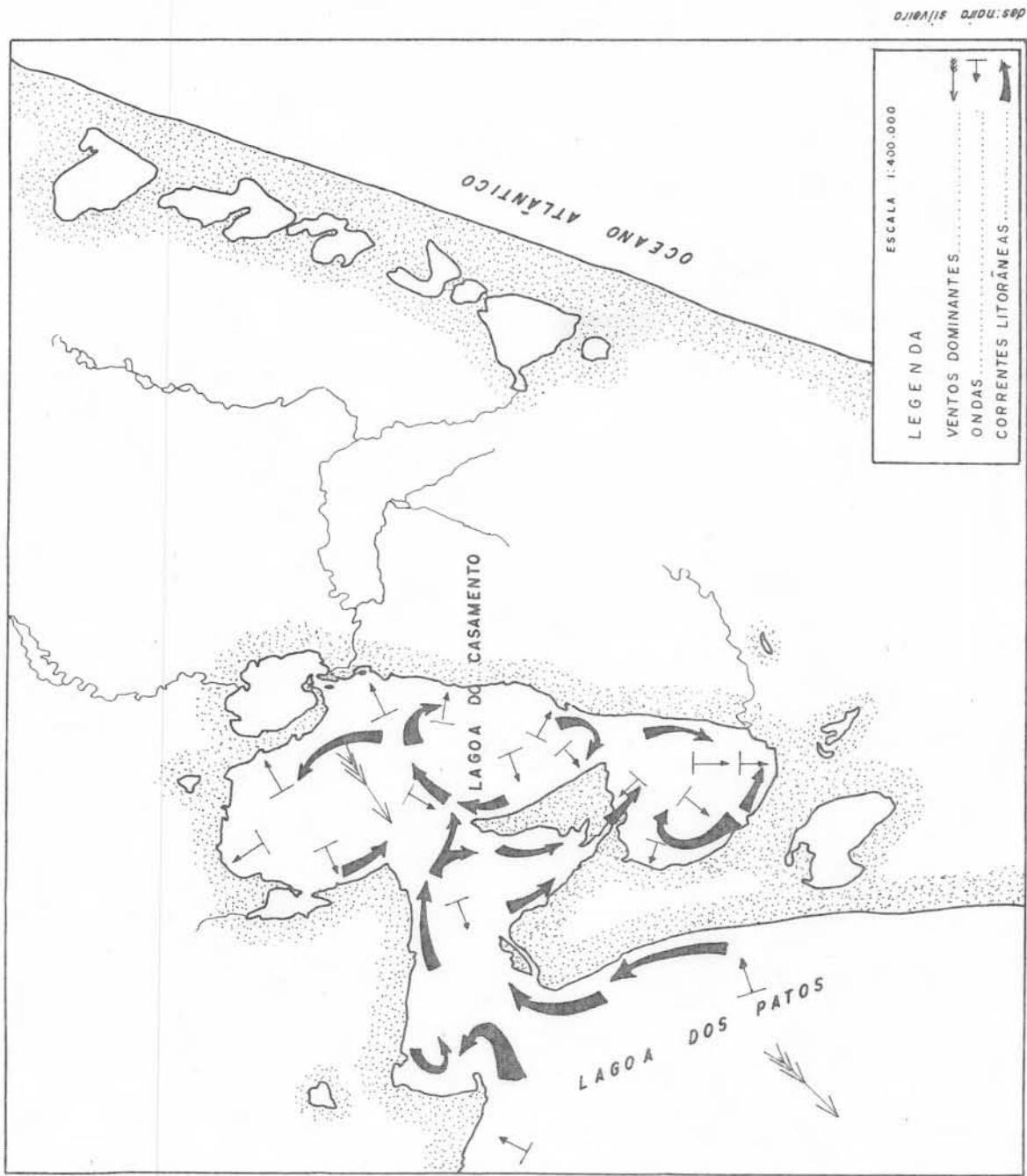


Figura 8 - CONDIÇÕES HIDRODINÂMICAS DA LAGOA DO CASAMENTO



veniente da Lagoa dos Patos.

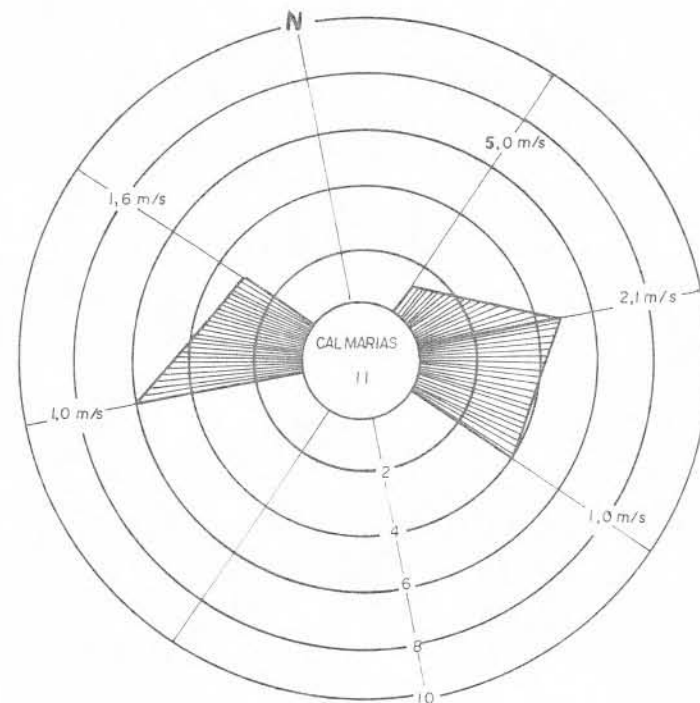
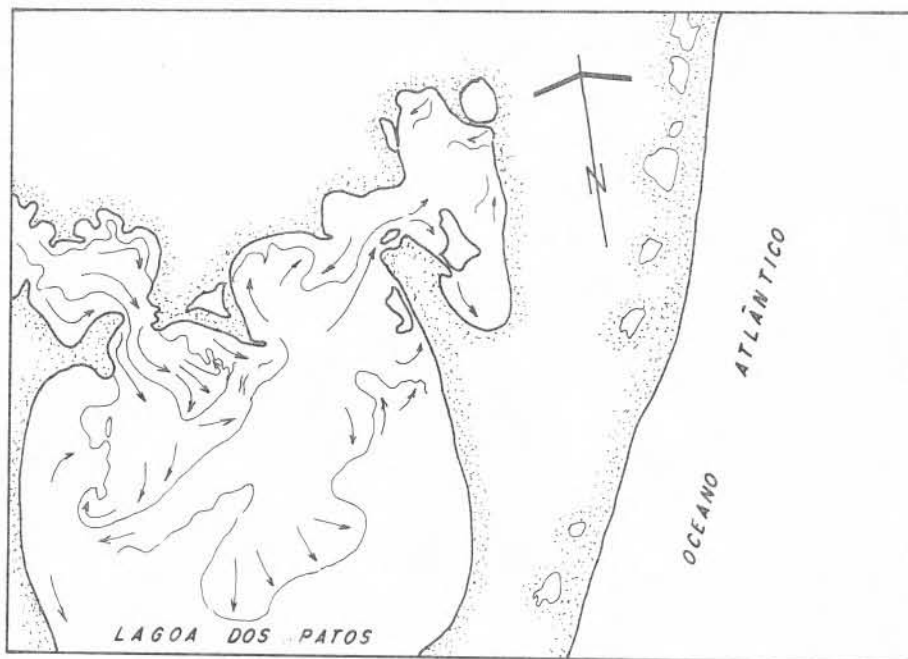
Tal fato fica perfeitamente comprovado pelo exame das imagens orbitais tomadas pelo satélite ERTS-1, apresentadas nas Figs. 9 e 10.

A imagem obtida às 09h41m do dia 18/08/73, a uma altitude de 920 km, tomada quando na região soprava uma vento leste, com velocidade de 1 m/s, aproximadamente 2 nós, mostra a saída d'água através do complexo fluvial do Guaíba modificando a circulação celular na parte norte da Lagoa, criando correntes de retorno pelas margens da mesma, fato que ocasiona a troca das águas desta com as da Lagoa do Casamento.

As condições meteorológicas durante os dez dias que precederam a tomada da imagem, igualmente apresentadas na Fig. 9 mostram ventos variáveis de leste, sudeste e oeste com um período muito grande de calmarias. A precipitação pluvial, relativamente elevada, 77,3 mm no mesmo período é responsável pelo grande fornecimento de águas pluviais na área lagunar. Observa-se também que a quantidade de material em suspensão trazido pelas águas do Guaíba é muito maior do que o trazido pelas águas dos rios Palmares e Capivarí que chegam no lado leste da Lagoa do Casamento. Como conseqüência, é a Lagoa dos Patos quem fornece a maior parte da carga em suspensão que aporta à Lagoa do Casamento e ao Saco do Cocuruto.

Por outro lado, a imagem obtida às 09h30m do dia 11/10/73 à mesma altitude, mostra um padrão de circulação perfeitamente celular. No momento em que a imagem foi tomada, os ventos eram de leste e sua velocidade em torno de 1 m/s.

As condições meteorológicas durante os dias precedentes, mostram ventos dominantes de leste e sudeste, com velocidades médias entre 2,2 e 3,0 m/s. Houve um período pequeno de calmarias e a precipitação foi de apenas 30,7 mm. Nestas condições observa

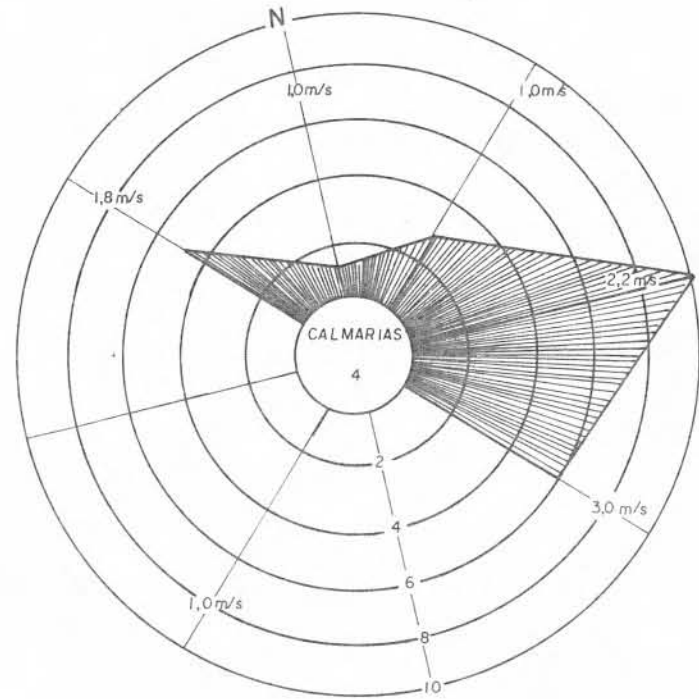
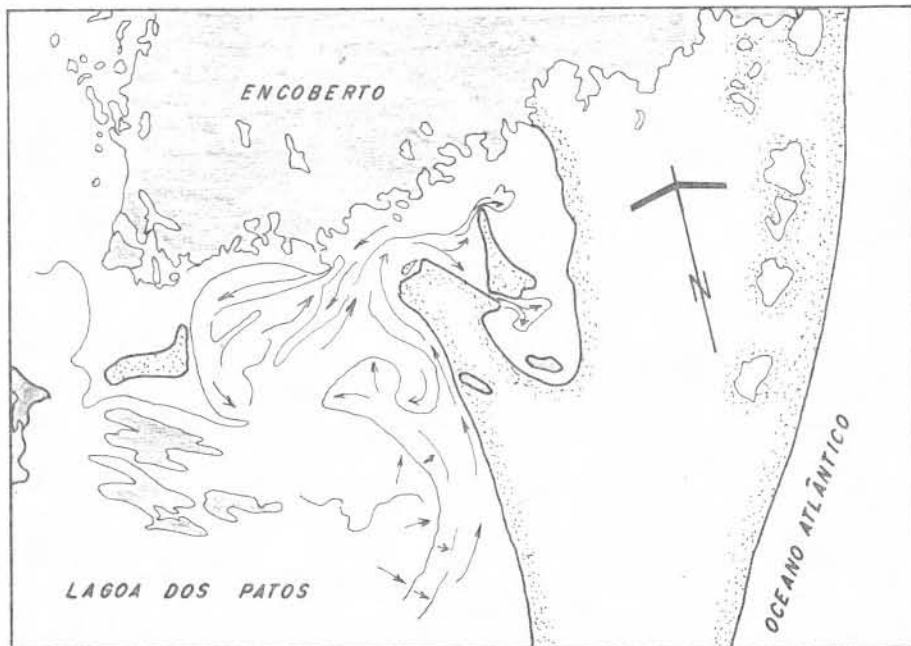
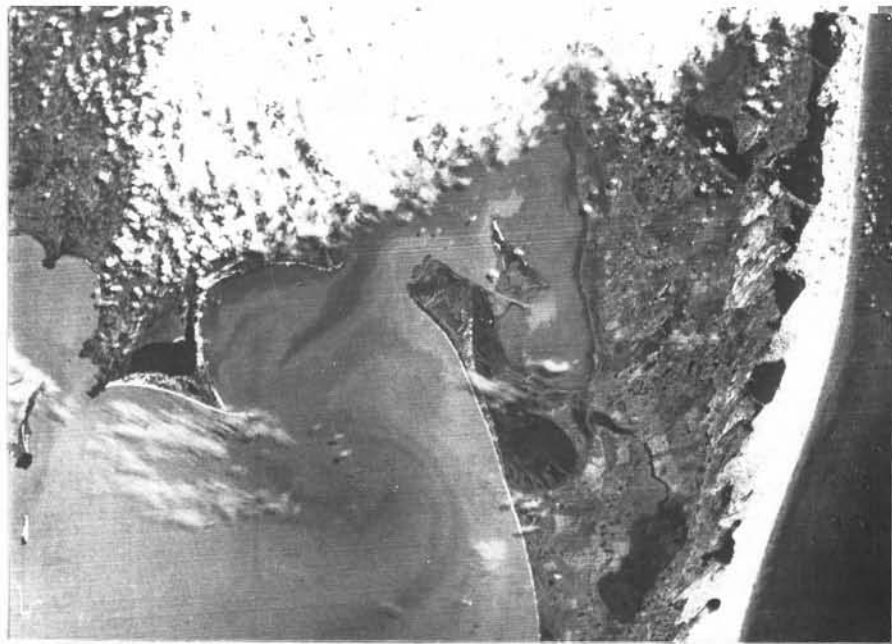


VENTOS (PORTO ALEGRE): PERÍODO 09/08/73 a 18/08/73  
30 medidos. PRECIPITAÇÃO TOTAL 77,3 mm

Figura 9 - CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS NA PARTE NORTE  
DA LAGOA DOS PATOS

IMAGEM ORBITAL: ERTS-1 - 18/08/73 - 09h:41min  
920 km alt.

CONDIÇÕES LOCAIS DE VENTO (PORTO ALEGRE): 18/  
08/73 09h:00min E - 1,0 m/s



VENTOS (PORTO ALEGRE): PERÍODO 02 - 11/10/73. 30 medidas.  
 PRECIPITAÇÃO TOTAL: 30,7 mm

Figura 10 - CIRCULAÇÃO DAS ÁGUAS NA PARTE  
 NORTE DA LAGOA DOS PATOS

IMAGEM ORBITAL: ERTS-1 - 11/10/73 - 09h:39min  
 920km alt.  
 CONDIÇÕES LOCAIS DE VENTO (PORTO ALEGRE): 11/  
 10/73 09h:00min E - 1,0 m/s

-se uma grande redução no fornecimento de água pelo Guaíba e um grande aumento na entrada d'água da Lagoa dos Patos para o interior da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto, com grande contribuição de material em suspensão daquela para com estes.

É interessante ressaltar mais uma vez, o papel dos canais e do rio do Monjolo neste sistema hidrodinâmico. Este último, particularmente, separando o Pontal do Anastácio da Ilha Grande, funciona como um verdadeiro bico injetor d'água para o interior do Saco do Cocuruto.

As imagens utilizadas para essa interpretação foram fornecidas pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), e os dados meteorológicos da época, foram cedidos pelo 8º Distrito de Meteorologia do Ministério da Agricultura, com sede em Porto Alegre.

Uma vez apontados os agentes delineadores da linha de costa e conseqüentemente escultores da margem lagunar, apresentar-se-á a seguir as características morfológicas mais significativas desta zona na área mapeada.

Observa-se ali um grande terraço lagunar (TL-1) que bordejando a Lagoa do Casamento e o Saco do Cocuruto, projeta-se para a Lagoa dos Patos sob a forma de esporões recurvados a exemplo dos pontais do Anastácio e dos Abreus que balizam o limite geográfico entre aquelas lagoas.

Levemente inclinado em direção às margens lagunares, com uma largura variável entre 1 e 12 quilômetros, sua altitude oscila entre 2 e 5 metros.

O limite interno desta superfície manifesta-se sob os mais variados aspectos.

Ao norte, ocorrem esporadicamente cordões arenosos de até 3 metros de altura, remanescentes de antigas cristas de praia que foram parcialmente retrabalhadas pelo vento, constituindo an

tigas dunas, hoje fixadas pela vegetação que usualmente de porte médio. Em alguns locais, e. g., ao norte do Pontal dos Abreus, o correm várias dessas cristas de praia compondo feixes cuja configuração lembra perfeitamente a dos atuais esporões arenosos que se projetam para o interior das lagunas (Foto 1). Constituem na realidade antigos pontais desenvolvidos em épocas em que o nível das águas da laguna situava-se 4 a 5 metros acima do atual.

A leste, entre o Arroio Palmares e a Sanga Pangaré, de senvolve-se uma escarpa erosional, retilínea e abrupta, com cerca de 4 metros de altura, testemunha igualmente de um nível mais elevado das águas lagunares que a solaparam (Foto 2).

Nos demais locais esta escarpa é atenuada por processos erosivos posteriores e, ao longo dos vales dos principais cursos d'água, o terraço se interioriza, aumentando gradativamente a sua cota, até atingir as superfícies mais elevadas sem mostrar descontinuidade alguma na topografia. Alguns destes vales mostram, antes de atingir o terraço lagunar, depósitos estuarinos suspensos e interiorizados, alguns com suas feições características preservadas, e. g., Sanga Pangaré, hoje recortados pelos cursos d'água que os construíram. Retratam modificações drásticas no nível base de erosão, i. é., um abaixamento do nível das águas da laguna onde desembocam.

Ao sul da Lagoa dos Gateados o limite interno deste terraço sofre uma inflexão para oeste e é abruptamente seccionado pela linha de costa leste da Lagoa dos Patos. Ali o terraço praticamente deixa de existir, coalescendo com o rebordo de outros, mais baixos e mais recentes. Este fato, comprova a considerável erosão sofrida pela costa lagunar e conseqüentemente o alargamento da laguna após a sua formação. O material dali retirado foi transportado para o norte pelas correntes litorâneas e depositado nas sucessivas cristas de praia que construíram o Pontal do Anas



Foto 1 - Vista aérea dos Pontal dos Abreus.

Cristas de praia limitam o Terraço Marinho (parte superior esquerda), e o Terraço Lagunar 1 (Parte inferior esquerda e superior direita). O Terraço Lagunar 2, mais estreito, aparece margeando a lagoa, limitando internamente por outra série de cristas de praia parcialmente retrabalhadas pelo vento.

Escala aproximada: 1 : 100 000



Foto 2 - Vista aérea da escarpa que limita internamente o Terraço Lagunar 1 (esquerda). À direita observam-se depósitos eólicos da Segunda Barreira acumulados sobre o Terraço marinho.

Escala aproximada: 1 : 60 000

tácio.

A superfície do Terraço Lagunar 1 é quase que totalmente ocupada por arrozais que afetam e mascaram as feições morfológicas ali existentes. Mesmo assim elas são visíveis em fotografias aéreas, algumas dignas de destaque.

São notáveis os feixes de cristas de praia preservadas em vários locais ao longo do terraço lagunar, e. g., Pontal do Anastácio, Pontal dos Abreus, Ponta do Espinho, na parte oriental da Ilha Grande e a norte de Palmares do Sul.

Com um comprimento variável, alguns atingindo dezenas de quilômetros, e com um espaçamento da ordem de dezenas a uma centena de metros entre as cristas, estes corpos arenosos apresentam alturas que oscilam entre 1 e 3 metros mantendo uma orientação que em última análise é paralela a atual linha de costa.

Tendo em vista as dimensões e aspectos texturais do material constituinte, pode-se identificar dois tipos de feixes de cristas de praia.

O primeiro constituído por cristas bem desenvolvidas, identificáveis no terreno e constituídas por areia média a grosseira, construídos na margem da Lagoa dos Patos, mais precisamente nos pontais do Anastácio e dos Abreus, e na margem ocidental da Lagoa do Casamento, na Ponta do Espinho e na metade leste da Ilha Grande (Foto 3).

O segundo, constituído por cristas pequenas, pouco espaçadas, identificáveis apenas em fotografias aéreas, constituídas por areias finas e médias, construídas na margem oriental da Lagoa do Casamento como as que ocorrem ao norte de Palmares do Sul, e ainda, as que desenvolvem nas margens de corpos d'água menores como as que se observam no esporão que separa a Lagoa do Capivarí da Lagoa do Casamento.

A diferença entre os dois tipos de cristas de praia aci

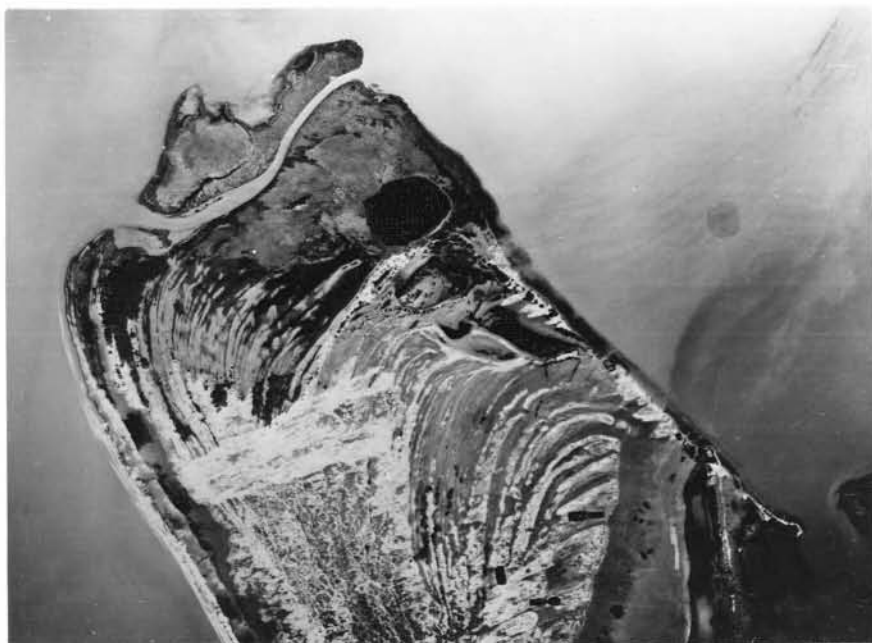


Foto 3 - Vista aérea do Pontal do Anastácio.

Feixes de cristas de praia, parcialmente re trabalhados pelo vento e truncados (parte superior) pelo Terraço Lagunar 2. O Rio do Anastácio ou Fura do (parte superior), evoluiu de um antigo canal de maré ativo nas épocas de segmentação da lagoa.

Escala aproximada: 1 : 100 000

ma descritos está claramente relacionada a energia dos agentes que presidiram sua formação, mais intensa nas margens dos corpos d'água maiores e nas praias mais expostas ao vento.

De um modo geral, os feixes de cristas de praia do primeiro grupo mostram-se afetados pelo vento que proporciona o desenvolvimento de dunas, às vezes de padrão longitudinal com uma orientação nordeste.

O mecanismo de formação destas feições tem sido objeto de discussão por parte de vários autores, dentre os quais se pode destacar JOHNSON (1919), KING (1959), SHEPARD (1963) e ZENKOVITCH (1967), envolvendo processos relacionados a ondas, correntes litorâneas e vagas decorrentes de tempestades.

A interpretação das descrições encontradas na bibliografia, permite concluir que as cristas de praia podem resultar na



realidade da interação de todos estes processos que em última análise modificam o perfil de equilíbrio de uma praia. A restauração desse perfil de equilíbrio leva, muitas vezes, à acumulação de corpos arenosos alongados que evoluem para cristas de praia, conforme demonstram as experiências em laboratório efetuadas por Mc KEE & STERRET (1961) e MOTTA (1964).

A ação dos ventos sobre as cristas de praia ocasiona a formação de dunas que elas se superimpõem, dando origem a cristas de dunas "dune ridges", discutidas por SHEPARD (1960).

As praias lagunares encontradas na área são sempre de constituição arenosa, estreitas, muito afetadas pela vegetação e se desenvolvem sobre um terraço lagunar mais jovem (TL-2), cuja cota oscila em torno de um metro. O limite mais interno deste terraço é muitas vezes marcado por uma micro-falésia. Segue-se a pós-praia geralmente ornamentada por cristas de praia de pequena envergadura, totalmente atapetadas por gramíneas. Ali são frequentemente observáveis marcas de espraiamento, constituídas, via de regra, por uma franja contínua de fragmentos secos de junco e pequenos galhos de árvores depositados sobre a grama, retratando as apreciáveis variações de nível que a laguna sofre, esporadicamente, nos dias de hoje (Foto 4).

O estirâncio com uma largura de 5 a 10 metros é composto por material arenoso constantemente submetido ao fluxo e refluxo das ondas.

A antepraia encontra-se muito bem desenvolvida, atingindo larguras de até um quilômetro, caracterizada por um fundo essencialmente arenoso de declividade muito pequena, onde invariavelmente se desenvolve uma vegetação constituída por juncáceas (Foto 5).

Também aqui no caso das praias, o vento dominante de nordeste mostra a sua influência, fazendo com que sejam mais desen



Foto 4 - Vista parcial da praia lagunar.

Marcas de espraiamento delineadas por fragmentos de junco seco.



Foto 5 - Vista parcial da ante-praia lagunar atapeta da por juncos.

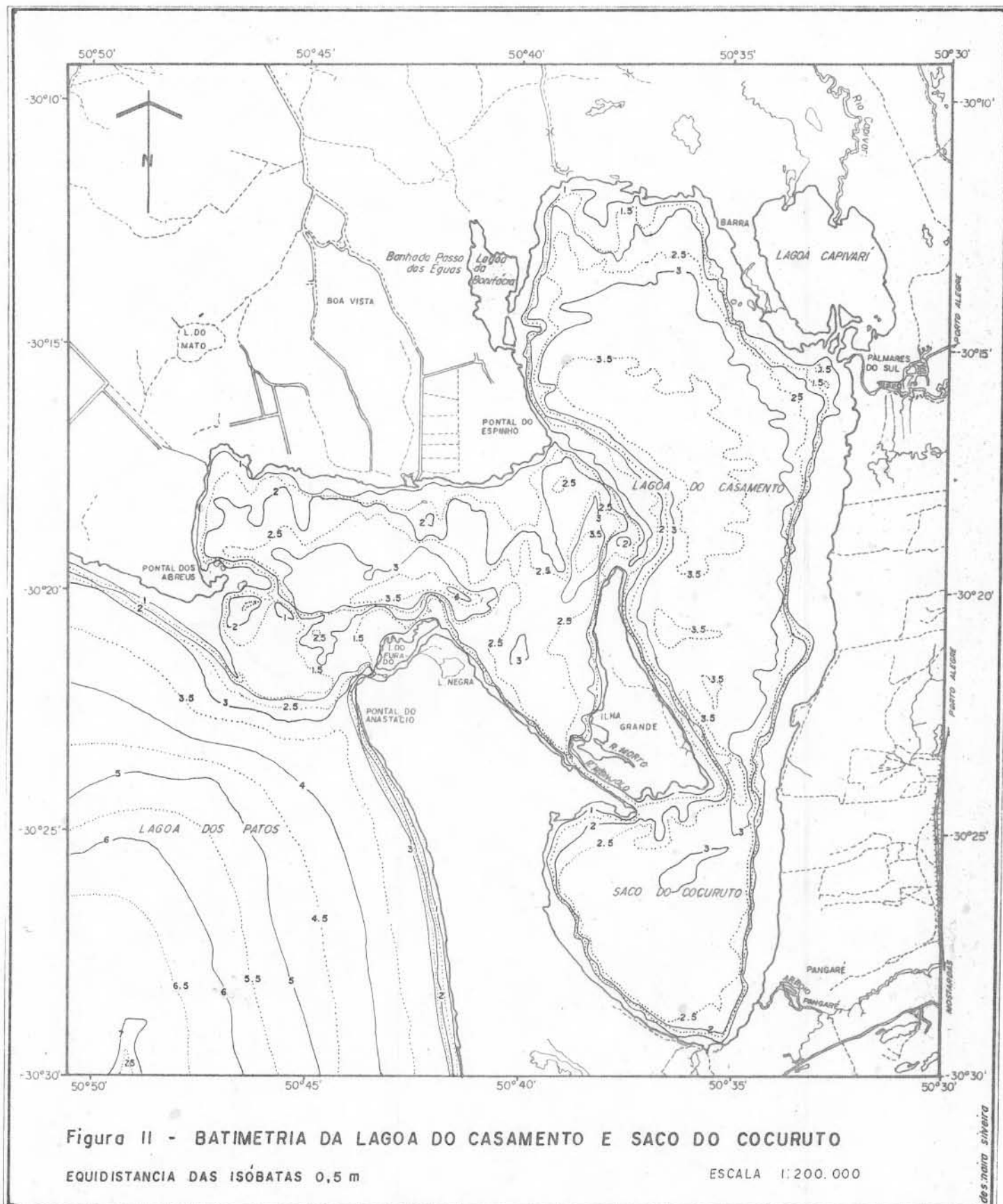
volvidas e constituídas por areia mais grosseira as praias da Lagoa dos Patos e as do lado oeste da Lagoa do Casamento e do Saco do Cocuruto, enquanto que as do leste, mais abrigadas, são mais estreitas, cobertas por uma vegetação exuberante, cedendo lugar, em muitos pontos, a verdadeiros banhados costeiros, e. g., ao leste da Ilha Grande e ao norte do Pontal do Anastácio.

### 3.2. O Corpo Lagunar

Pelo que se deprende da observação da Carta Batimétrica da Lagoa do Casamento, levantada pela antiga Divisão de Estudos Hidrográficos da Secretaria de Obras Públicas do Estado do Rio Grande do Sul, gentilmente cedida pelo Departamento Estadual de Portos Rios e Canais, cuja reprodução é encontrada na Fig. 11, a Lagoa do Casamento é um corpo de águas rasas que para efeitos de descrição pode ser dividido em tres partes distintas:

- 1 - Parte leste, compreendida entre a margem leste de uma linha imaginária interligando a Ponta do Espinho e a Ilha Grande.
- 2 - Parte oeste da linha anterior até os pontais dos Abreus e Anastácio.
- 3 - Parte sul, constituída pelo Saco do Cocuruto.

As partes leste e sul interligadas por uma estreita faixa d'água, aproximadamente 3 quilômetros de largura, apresentam características comuns. Assemelham-se a grandes pratos onde o fundo é relativamente plano com profundidades máximas inferiores a 4 metros. Nas proximidades das margens estas profundidades vão diminuindo gradativamente até a isóbata dos 2 metros quando então, num espaço relativamente pequeno, passam para uma extensa zona onde as profundidades são menores do que um metro. Esta zona, com largura de até 2 quilômetros gradua para as antepraias.



Pelo seu aspecto morfológico, o de uma plataforma limitada por uma escarpa que cai em direção ao centro da lagoa, esta superfície lembra um antigo terraço lagunar, atualmente submerso. Ele é mais largo nas margens leste e norte e mais estreito nas de oeste.

A parte oeste da Lagoa do Casamento é de um modo geral mais rasa e a maior parte da área ocupada pelo fundo situa-se a uma profundidade que oscila entre 2 e 3 metros. Somente a parte mais central exhibe profundidades superiores a 3 metros e mesmo uma pequena depressão alongada com mais de 4 metros. Aqui os declives marginais são bem mais suavizados e o terraço submerso não é tão evidente.

Feições interessantes observam-se nos limites submersos desta bacia, tanto com a parte leste da Lagoa do Casamento como com a Lagoa dos Patos.

A leste, um esporão arenoso recurvado, cujo topo jaz a uma profundidade inferior a 1 metro, prolonga-se desde a Ponta do Espinho até o norte da Ilha Grande, cerca de 6 quilômetros, compartimentando fisicamente a Lagoa do Casamento. A sua forma lembra perfeitamente a dos pontais que emersos nos dias atuais tentam segmentar a Lagoa dos Patos, conforme foi descrito anteriormente. Velhos moradores da região referem-se a tropeiros conduzindo gado para invernar nos campos da Ilha Grande, durante os meses mais secos, através desta parte rasa da lagoa.

A oeste, uma outra parte rasa, consideravelmente mais larga, jáz entre os pontais dos Abreus e do Anastácio, com profundidades inferiores a 2 metros esta soleira estende-se desde o Pontal dos Abreus até a Ilha do Furado, sugerindo a existência ali, de um pontal simétrico ao do Anastácio, atualmente submerso e re-trabalhado pelos agentes da dinâmica lagunar, desenvolvido em épocas de nível mais baixo das águas da lagoa. Nestas épocas, esta

belecida uma compartimentação destes corpos lagunares, a circulação das águas era feita através dos canais do Monjolo e do Furado, os quais serão oportunamente descritos.

Vários corpos d'água de menor tamanho são encontrados sobre o terraço lagunar (TL-1), dentre os quais destacam-se a Lagoa dos Gateados e a Lagoa do Mato.

Geralmente circundadas por terras baixas ocupadas por extensos banhados, resultantes do seu assoreamento, estas lagoas foram isoladas da Lagoa do Casamento mediante o abaixamento do nível das águas ou ainda pela formação de esporões arenosos que levaram à sua segmentação. A Lagoa da Bonifácia e a do Capivari representam, respectivamente, fases intermediárias e finais, deste processo.

Em sua maior parte estas pequenas lagoas encontram-se ligadas ao corpo d'água maior por intermédio de canais de maré (tidal inlets), no sentido de PRICE (1968 b). Dentre eles o mais representativo pelas feições relacionadas que apresenta é o que se observa ligando a Lagoa dos Gateados ao Saco do Cocuruto.

Responsáveis pelo equilíbrio hidrodinâmico entre as baías que intercomunicam, desenvolvem-se nestes canais, correntes de elevada competência capazes de erodir e transportar quantidades razoáveis de material sedimentar, retrabalhando por migração lateral os depósitos das áreas por onde correm redistribuindo-os e depositando-os nas desembocaduras construindo os denominados deltas de maré (tidal deltas), (PRICE, 1968 a), dos quais um magnífico exemplo é o que se encontra no interior da Lagoa dos Gateados (Foto 6).

Este mesmo canal parece ter contribuído desde há muito para o assoreamento da Lagoa dos Gateados, conforme atesta a existência de feições de um antigo delta, visível em fotografias aéreas, situado cerca de 6 quilômetros ao norte do delta atual, em



Foto 6 - Vista aérea da Lagoa dos Gateados, mostrando o delta de maré (a esquerda) e os conjuntos de cristas de praia ao longo de suas margens. Abandonada sobre o Terraço Lagunar 2, a Lagoa dos Gateados encontra-se em franco processo de assoreamento.

Escala aproximada: 1 : 100 000.

meio ao terraço lagunar. Por outro lado a sua migração lateral contribuiu decisivamente para o desenvolvimento de uma série de feições peculiares que ornamentam esta porção interna do Pontal do Anastácio, tais como a destruição parcial do antigo feixe de cristas de praia e a formação de pequenos lagos alongados e pântanos resultantes de seu assoreamento, por abandono de trechos de seu curso, e mudanças na posição de sua desembocadura no Saco do Cocuruto. Nesta última, a existência de condições de energia praial mais alta do que a encontrada na Lagoa dos Gateados, redistribuíram o material ali depositado construindo em vez de um delta, vários feixes de cristas de praia cujas diferentes orientações e truncaduras testemunham a instabilidade deste tipo de curso d'água.

O canal que intercomunica a Lagoa do Mato quase inteiramente

mente assoreada, é do tipo anastomosado e encontra-se modificado pelas obras de irrigação.

Os canais Furado e Monjolo, que separam respectivamente a Ilha do Furado e a Ilha Grande do Pontal do Anastácio, ao longo dos quais se encontram as maiores profundidades da região, cerca de 15 metros, a despeito das grandes áreas de comunicação entre as Lagoas dos Patos e do Casamento e entre esta e o Saco do Cocu ruto atuam ainda como verdadeiros canais de maré.

Ainda é digno de nota o delta de maré ora em construção na zona de interligação entre as lagoas do Capivarí e do Casamento, a oeste de Palmares do Sul (Foto 7). Naquele local os depósitos deltaico-lagunares confundem-se com os fluvial-deltáicos do Arroio Palmares que ali desemboca.



Foto 7 - Vista aérea da localidade de Palmares do Sul.

Da direita para a esquerda observa-se, depósitos eólicos da barreira, Terraço Lagunar 1, ornamentado com cristas de praia de pequena envergadura, e, o Terraço Lagunar 2 constituído por pântanos costeiros e pelos depósitos do delta intra lagunar entre as lagoas do Capivarí e do Casamento. A planície aluvial do Arroio Palmares confunde-se com o Terraço Lagunar 1; nela observam-se lagos em ferradura originados pela migração dos meandros.

Escala aproximada: 1 : 80 000.



O Arroio Palmares, cujas nascentes situam-se nos banha dos Grande e da Cidreira atravessando a barreira arenosa chega ao terraço lagunar construindo diques marginais e desenvolvendo uma planície de inundação onde não raro observam-se meandros abandona dos retratados por típicos lagos em crescente ou em ferradura (ox bow lakes).

No interior da Lagoa do Capivari, em ambientes de baixa energia, o Rio Capivari constroi um pequeno delta do tipo "bird-foot".

### 3.3. Evolução Geomorfológica

Da descrição e discussão das várias feições morfológi cas que caracterizam a margem lagunar da região em apreço, deduz-se que além dos aspectos relacionados à dinâmica lagunar ali evi dente, outros fatores exerceram uma considerável influência no es tabelecimento de sua configuração atual. Estes fatores relacionam-se a lentas e periódicas modificações no nível base da região as quais se traduziram em emergências e submergências alternadas da margem lagunar.

O que se segue resume apenas uma tentativa de esboçar a sucessão cronológica do estabelecimento das referidas feições re lacionando-as com as oscilações trans-regressivas que muitas de las retratam.

Torna-se necessário esclarecer que tal procedimento des tina-se única e exclusivamente a fornecer elementos que permitam uma compreensão dos processos morfogenéticos que condicionaram a sedimentação no domínio ambiental lagunar. Permanece em aberto a discussão sobre a cronologia absoluta dos principais eventos e sua correlação com a curva de variação eustática proposta por

FAIRBRIDGE (1961) e BIGARELLA & SANCHES (1966), iniciadas na área de estudo por VILLWOCK (1972).

Da observação do esboço geomorfológico da região adjacente ao Pontal dos Abreus (Fig. 12) e, levando-se em conta as considerações efetuadas anteriormente, depreende-se que em dado momento, durante os tempos geológicos, a costa foi submetida a uma submergência que fez transgredir as águas até a pequena escarpa que limita internamente o terraço lagunar (TL-1) cuja base situa-se a proximadamente três metros acima do nível atual. Esta submergência, designada por submergência lagunar nº 1 (SL-1), foi responsável pela abrasão do terraço lagunar (TL-1), pela formação das micro-falésias e cristas de praia que modelaram os pontais hoje emersos ao norte do Pontal dos Abreus.

A submergência cedeu seu lugar a uma fase regressiva. A esta relacionam-se a emersão do terraço lagunar (TL-1) com a construção das cristas de praia, isolamento de pequenas lagoas e a construção do arcabouço arenoso do Pontal dos Abreus. Com o nível das águas mais baixo que o atual, esta emergência lagunar (EL-1) possibilitou o desenvolvimento do referido pontal até a segmentação do corpo d'água principal proporcionando o aparecimento de um canal de maré que se tornava responsável pelo equilíbrio hidrodinâmico da região.

Novo regime transgressivo, submergência lagunar (SL-2), caracterizou-se pela destruição parcial do pontal e o restabelecimento da unidade do corpo lagunar. Atingindo cerca de um metro e meio acima do nível atual, as águas erodiram o TL-1, modelando uma nova linha de costa, atual limite interno do terraço lagunar (TL-2).

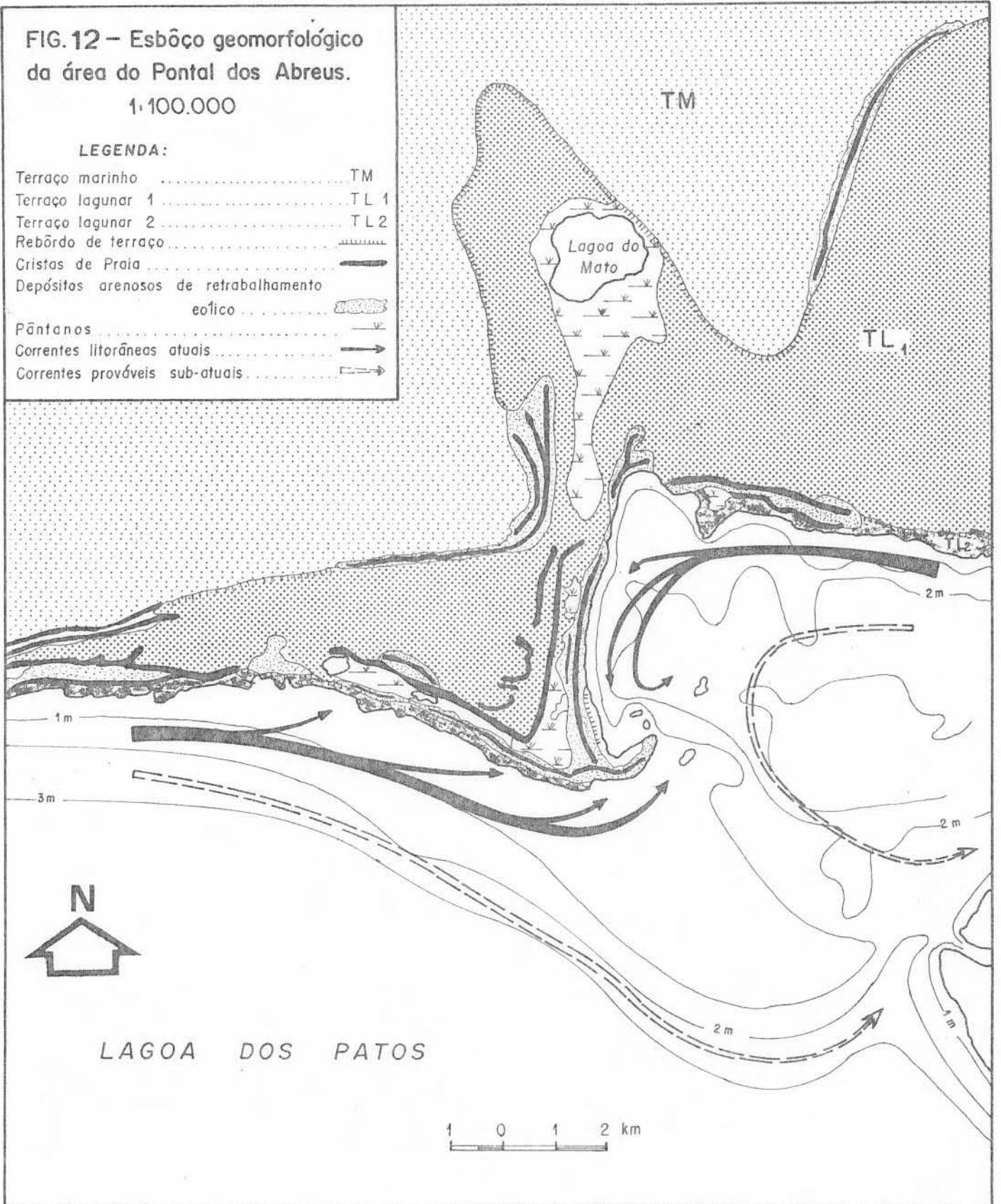
O material erodido das pequenas falésias pela ação das ondas acumulava-se no pontal que adquiria nova forma, dirigindo sua extremidade para leste, fugindo à sua orientação original pa

**FIG. 12 – Esbôço geomorfológico da área do Pontal dos Abreus.**

1:100.000

**LEGENDA:**

- |  |      |
|--|------|
| Terraço marinho .....                              | TM   |
| Terraço lagunar 1 .....                            | TL 1 |
| Terraço lagunar 2 .....                            | TL 2 |
| Rebôdo de terraço .....                            |      |
| Cristas de Praia .....                             |      |
| Depósitos arenosos de retrabalhamento eólico ..... |      |
| Pântanos .....                                     |      |
| Correntes litorâneas atuais .....                  |      |
| Correntes prováveis sub-atuais .....               |      |



desenho: a. barbosa

ra sul.

Um novo período de emergência (EL-2) está retratado nas cristas de praia existentes sobre o terraço lagunar (TL-2) que provavelmente se estendeu até a isóbata de 1 metro, ocasionando nova compartimentação na Lagoa do Casamento.

A submergência que se seguiu (SL-3), é a responsável pela configuração atual da linha de costa. Relacionados a ela estão o afogamento de boa parte do terraço lagunar (TL-2), o desenvolvimento de banhados a este superpostos, além das extensas antepraias arenosas que cobertas de juncos constituem boa parte das margens da Lagoa do Casamento.

O conjunto de feições morfológicas que se acaba de analisar na área do Pontal dos Abreus, pode ser observado em quase toda a margem lagunar, de modo que se torna fácil o desenvolvimento do esquema de evolução geomorfológica que se apresentará a seguir.

Condicionada às grandes oscilações eustáticas ocorridas durante o Quaternário, a Lagoa dos Patos instalou-se na Província Costeira do Rio Grande do Sul, isolando-se do Oceano Atlântico a partir do crescimento de uma barreira arenosa desenvolvida sobre um terraço marinho regressivo, conforme foi sugerido por JOST (1971) e VILLWOCK (ob. cit.).

Submetida a uma fase de emergência EL-0 a regressão do corpo lagunar expôs sobre o terraço marinho arenoso uma delgada espessura de sedimentos lagunares em meio aos quais lagoas abandonadas eram paulatinamente transformadas em áreas paludais.

A Lagoa dos Barros entre outras, os banhados do Gerivá e Capivari, e uma série de depósitos paludais que se espalham sobre o antigo terraço marinho, constituem remanescentes deste sistema lagunar que já no decorrer desta fase regressiva, e daí por diante, foi assoreado e segmentado. O panorama morfológico apre

sentado pela região na época da emergência lagunar EL-0, supõe-se não ter sido muito diferente do esquematizado na Fig. 13 A.

A presença de depósitos eólicos na Coxilha das Lombas e sobre a barreira que separava a lagoa do oceano mostra que o vento desempenhava, já naquela época, um papel importante na sedimentação costeira da região.

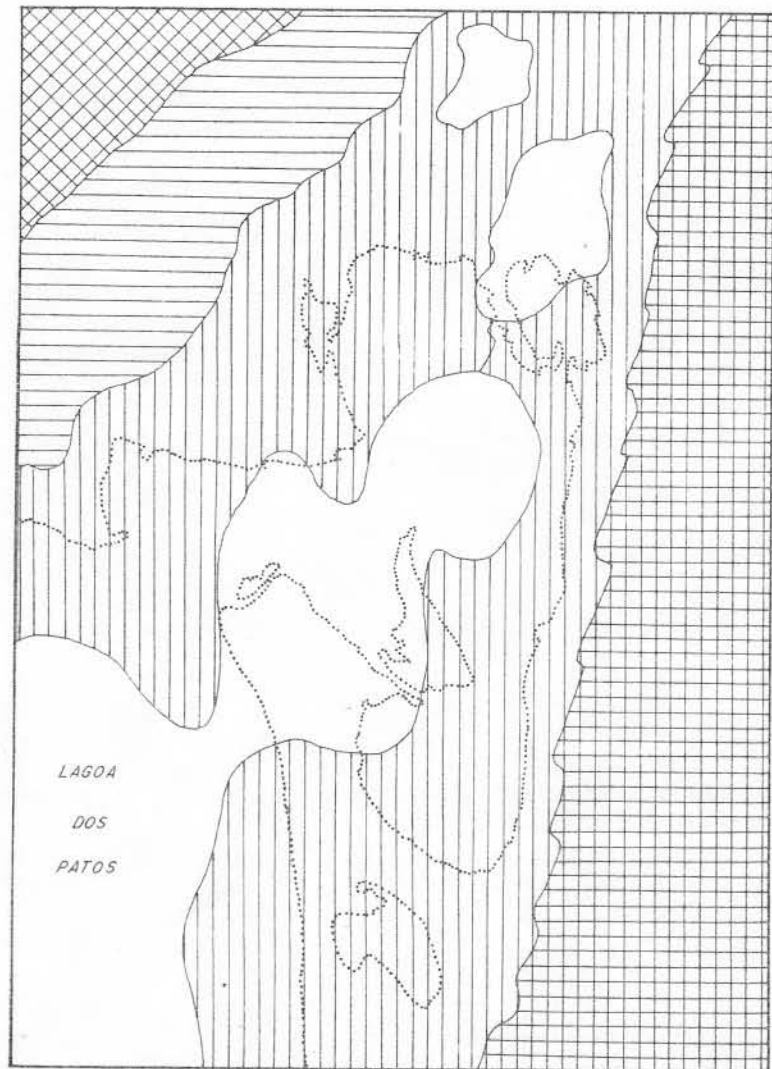
Condicionada por uma transgressão marinha, a Lagoa dos Patos que se comunicava ao Sul com o Oceano Atlântico, foi palco da submergência lagunar (SL-1) anteriormente comentada.

A Fig. 13 B mostra que, nesta época, a superfície da laguna ampliava-se às expensas da erosão dos depósitos que constituíam o terraço marinho e mesmo dos de origem lagunar-paludal acumulados na fase de emergência imediatamente anterior.

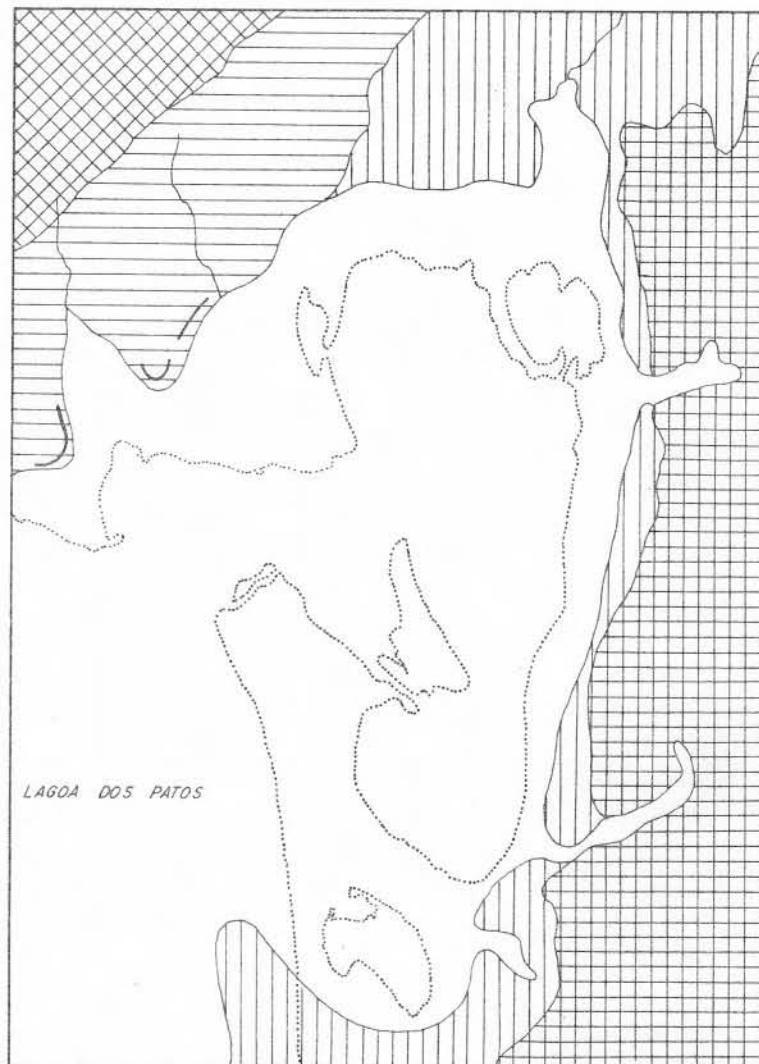
A escarpa que limita internamente o terraço lagunar (TL-1) e as cristas de praia que em muitos pontos a acompanham, bem como vários pontais e estuários hoje suspensos, registram o máximo desta transgressão a uma cota de aproximadamente três metros acima do nível atual do mar.

Outra regressão, Fig. 14 A, marcando o período de emergência (EL-1), permitiu a formação das séries de cristas de praia que ornamentam o terraço lagunar (TL-1), muitas das quais foram modificadas por processos eólicos. Restos do corpo lagunar em regressão ficaram sobre a superfície deste terraço, a exemplo das lagoas do Mato e dos Gateados. O desenvolvimento dos pontais do Espinho, do Anastácio e dos Abreus, cuja construção iniciou-se nesta fase, proporcionou, a medida que as águas recuavam, a segmentação da atual Lagoa do Casamento em pelo menos dois grandes corpos d'água que se interligavam através dos canais Furado e Monjolo onde construíram-se deltas de maré.

Esta segmentação não deve ter durado muito, pois outra fase transgressiva, SL-2, se fez sentir, afogando parcialmente os



A: EL-0



B: SL-1

SIMBOLOGIA

-  DEPÓSITOS EÓLICOS DA COXILHA DAS LOMBAS
-  TERRAÇO MARINHO
-  DEPÓSITOS EÓLICOS E MARINHOS DA BARREIRA DA LAGOA DOS PATOS
-  DEPÓSITOS LAGUNARES E PALUDAIS
-  CONFIGURAÇÃO ATUAL
-  CRISTAS DE PRAIA

Escala 1:400.000



Figura 13 - ESQUEMA DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA MARGEM LAGUNAR DA BARREIRA MÚLTIPLA DA LAGOA DOS PATOS

pontais recém construídos e dando origem as Ilhas Grande e do Furado. Conforme se observa na Fig. 14 B, a expansão da laguna favoreceu a abrasão do TL-1, conforme atestam a escarpa, as linhas de praia e as cristas de praia que limitam internamente o TL-2.

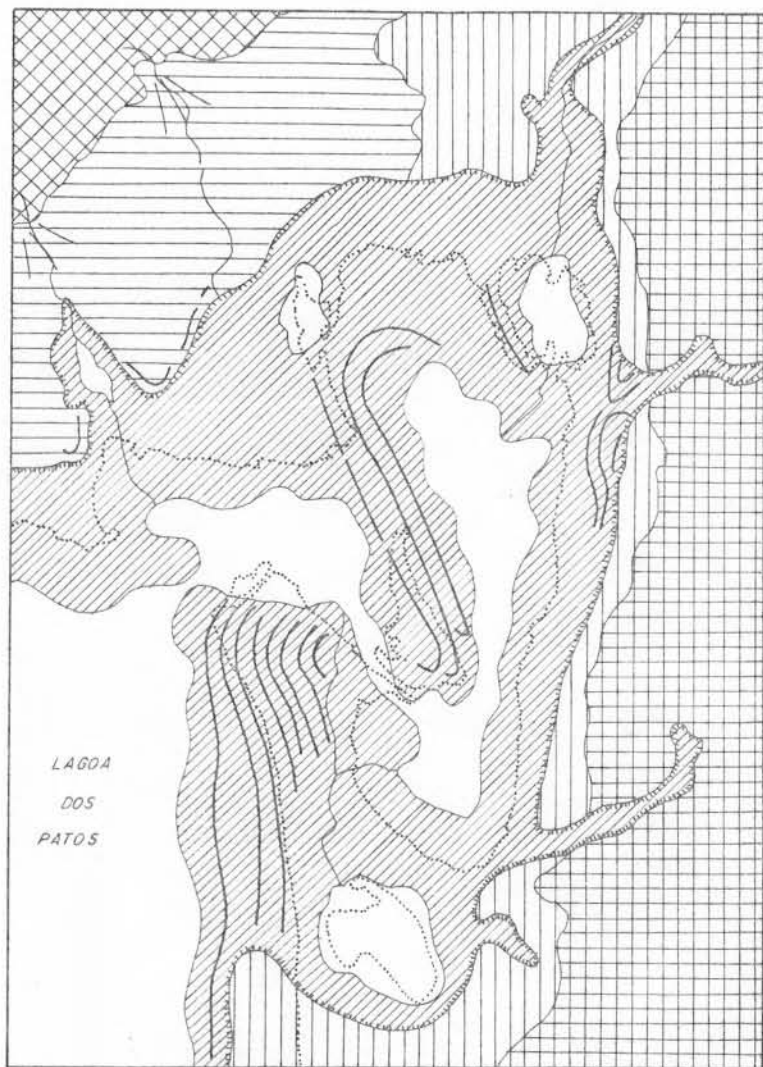
A carga clástica colocada em movimento foi parcialmente acrescida aos pontais que submetidos às novas condições hidrodinâmicas lagunares desenvolveram-se no sentido leste.

Perdendo praticamente a sua função, os antigos canais de maré sofreram um sensível alargamento, migrando lateralmente e aumentando a sua sedimentação deltáica.

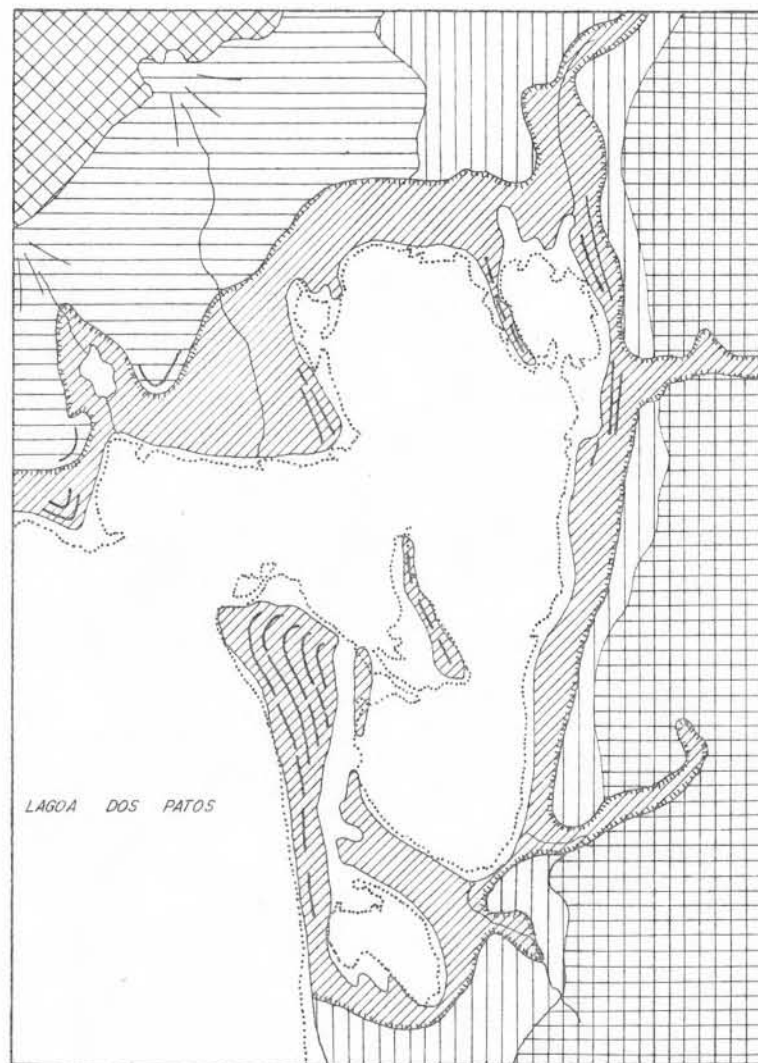
Pela cota da base da escarpa de abrasão, estima-se que o nível máximo atingido pela lagoa tenha sido cêrca de 1,5 m acima do nível atual.

Nova fase regressiva, a emergência lagunar (EL-2), ocasionou a formação de uma série de cristas de praia sobre o TL-2, vide Fig. 15 A. Pelo contorno apresentado pela isóbata de 1 metro e pela continuidade morfológica que a área marginal do fundo lagunar apresenta com o TL-2, deduz-se que aquela isóbata demarca aproximadamente o nível mais baixo atingido pelas águas durante esta regressão. Embora de pequena amplitude, esta fase de emergência causou novamente a segmentação da Lagoa do Casamento mediante a emersão e o crescimento dos pontais, o que conseqüentemente proporcionou outro período de ativação hidrodinâmica nos canais de maré.

Efeitos de uma posterior fase de submergência, SL-3, observaram-se na margem lagunar. A transgressão ocasionou o afogamento parcial do terraço TL-2, retratado pela existência de extensas ante praias, pela existência de pântanos costeiros, pela destruição parcial dos pontais que ainda se preservam sob uma fina lâmina d'água. Conforme se observa na Fig. 15 B, a submergência SL-3 é a responsável pelo contorno da atual linha de costa lagunar.



A: EL-1



B: SL-2

SIMBOLOGIA

-  DEPÓSITOS EÓLICOS DA COXILHA DAS LOMBAS
-  TERRAÇO MARINHO
-  DEPÓSITOS EÓLICOS E MARINHOS DA BARREIRA DA LAGOA DOS PATOS
-  DEPÓSITOS LAGUNARES E PALUDAIS
-  TERRAÇO LAGUNARAR 1
-  CONFIGURAÇÃO ATUAL
-  REBÔRDO DE TERRAÇO
-  CRISTAS DE PRAIA
-  LEQUE DE DEJEÇÃO


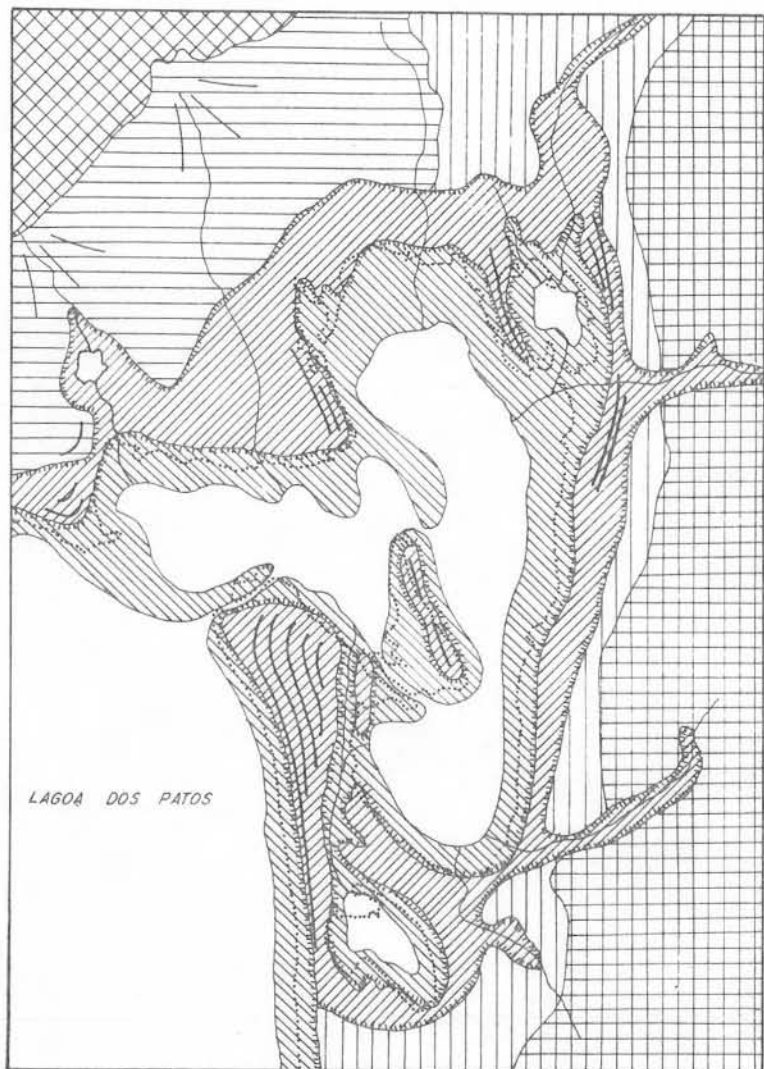
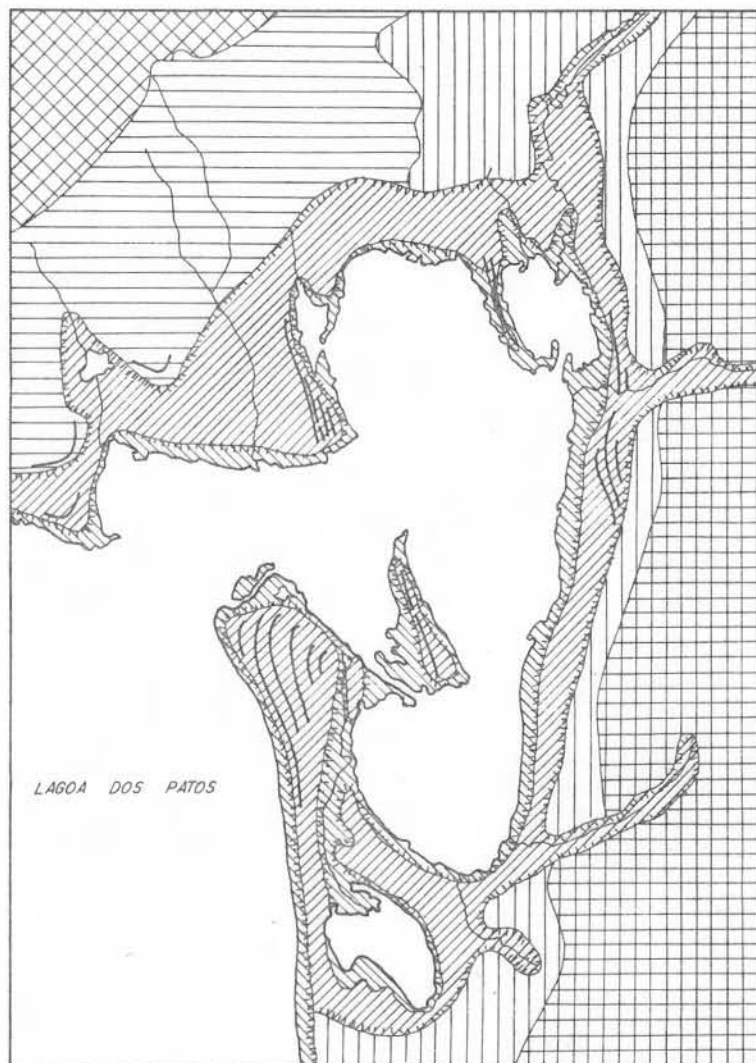
Escala 1:400.000  


Figura 14 - ESQUEMA DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA MARGEM LAGUNAR DA BARREIRA MÚLTIPLA DA LAGOA DOS PATOS




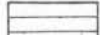

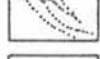



A: EL - 2



B: SL - 3

SIMBOLOGIA

-  DEPÓSITOS EÓLICOS DA COXILHA DAS LOMBAS
-  TERRAÇO MARINHO
-  DEPÓSITOS EÓLICOS E MARINHOS DA BARREIRA DA LAGOA DOS PATOS
-  DEPÓSITOS LAGUNARES E PALUDAIS
-  TERRAÇO LAGUNAR 1
-  TERRAÇO LAGUNAR 2
-  CONFIGURAÇÃO ATUAL
-  REBÔRDO DE TERRAÇO
-  CRISTAS DE PRAIA
-  LEQUE DE DEJEÇÃO


Escala 1:400.000  


Figura 15 - ESQUEMA DA EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DA MARGEM LAGUNAR DA BARREIRA MÚLTIPLA DA LAGOA DOS PATOS

O esquema evolutivo que se acabou de analisar mostra que a área da Lagoa do Casamento e do Saco do Cocuruto foi palco de uma série de transgressões e regressões que proporcionaram a movimentação de um grande volume de material sedimentar que retrabalhado pela ação de ondas, correntes e vento, em condições variáveis no tempo e no espaço, foi empregado na construção dos diversos depósitos que constituem a margem e o fundo lagunar da área em estudo.

Em que pese a quase total inexistência de dados cronológicos sobre os depósitos resultantes destas oscilações eustaticamente controladas, é notável a coincidência entre a ordem e a magnitude dos eventos aqui registrados com os que se encontram representados na curva eustática absoluta de variação do nível marinho, apresentada por BIGARELLA & SANCHES (ob. cit.), apoiada em vários trabalhos de FAIRBRIDGE.

Conforme foi apontado por VILLWOCK (ob. cit), o único dado de idade absoluta disponível nesta área provém de uma amostra de turfa colhida nas proximidades da Lagoa Negra, no Pontal das Desertas, situada sobre o terraço lagunar TL-1, descrito neste trabalho. A idade de  $2.925 \pm 125$  anos, publicada por DELANEY (ob. cit.), corresponde assim ao período de emergência lagunar EL-1 que pode ser correlacionada com a "Pelham Bay Emergency" de FAIRBRIDGE (ob. cit.).

Tal dado permite inferir que os principais eventos construtores e modeladores da atual margem lagunar tiveram lugar no decorrer dos últimos 3.000 anos.

#### 4. SEDIMENTOLOGIA

##### 4.1. Generalidades

A análise sedimentológica que se apresenta a seguir, visa fornecer subsídios para uma correlação entre as características texturais dos sedimentos e os vários ambientes que compõem a dinâmica deposicional da área em estudo, com a finalidade de estabelecer parâmetros utilizáveis na identificação de antigas sequências sedimentares acumuladas em ambientes costeiros.

Uma vez conhecidos os principais agentes hidrodinâmicos e os passos mais importantes da evolução geomorfológica da área em estudo, apontados no capítulo precedente, serão aqui caracterizados os sedimentos dos diversos ambientes envolvidos como fontes prováveis de material para a sedimentação lagunar. Com estes dados pretende-se avaliar a contribuição de cada ambiente e determinar as modificações texturais e mineralógicas causadas no material proveniente das áreas fonte pelos diversos agentes físicos e químicos que atuaram durante a erosão, o transporte e a deposição na bacia receptora, impressas no material constituinte das diversas fácies mapeadas no fundo lagunar.

Assim, como matérias das áreas fonte serão analisados os sedimentos da margem lagunar, os do complexo fluvial do Guaíba e os da parte norte da Lagoa dos Patos e como produtos da sedimentação lagunar na área de estudo, as diversas fácies que atapetam a Lagoa do Casamento e o Saco do Cocuruto.

Para cada unidade considerada serão apresentadas as principais características físicas, texturais e mineralógicas.

Após a apresentação dos dados seguir-se-á a sua interpretação global e a discussão dos resultados.

#### 4.2. Sedimentos das Áreas Fonte

Conforme ficou demonstrado no capítulo anterior, a fonte imediata dos sedimentos depositados em ambiente lagunar situa-se na área emersa adjacente à lagoa, constituída por terraços marinhos e lagunares e por depósitos eólicos e praias que de quando em quando a eles se superpõem.

O material daí erodido chega à lagoa através de transporte em parte fluvial, em parte eólico.

O material fluvial é acumulado predominantemente na desembocadura dos rios, construindo pequenos deltas, enquanto que o material eólico é espalhado nas antepraias lagunares. Ambos são posteriormente remobilizados pelas ondas e correntes litorâneas.

Entretanto a maior massa de sedimentos mobilizada pela dinâmica lagunar é sem dúvida a que provém por erosão das próprias margens do corpo d'água. As ondas e as correntes atuando durante os últimos tempos geológicos, superpostos à ação das oscilações eustáticas, foram os responsáveis pelo conjunto de formas erosivas e deposicionais que configuram a margem lagunar de hoje e conseqüentemente pela distribuição dos sedimentos de fundo.

Deste modo, dentre os sedimentos das áreas fonte para a deposição lagunar, serão considerados os terraços marinhos constituídos pela Formação Chuí, os depósitos eólicos da Formação Ita-poã, os terraços lagunares, as cristas de praia desenvolvidas sobre estes últimos e as praias lagunares que as margeiam.

Com a finalidade de avaliar as características do material que chegam à lagoa serão considerados também os depósitos fluviais e fluvio-deltáicos que se encontram na margem lagunar.

Considerando que a Lagoa do Casamento mantém ligação aberta com a Lagoa dos Patos e que esta recebe, nas proximidades, todo o material trazido pelas águas do complexo fluvial do Guaíba,

também aqui serão apresentadas as principais características dos sedimentos depositados nestes compartimentos. Tal procedimento permitirá estabelecer comparações entre os sedimentos de fundo das diversas bacias, isto é, o complexo fluvial do Guaíba, a Lagoa dos Patos e a Lagoa do Casamento, bem como avaliar a transferência de material detrítico de uma para outra.

#### 4.2.1. Características Texturais

##### 4.2.1.1. Sedimentos da Margem Lagunar

##### 4.2.1.1.1. Terraços Marinhos

Os sedimentos que constituem os terraços marinhos são em sua maioria areias semi-consolidadas, de cor creme e amarela a castanhada, às vezes castanho avermelhado, com matriz siltica e em muitos casos com cimento ferruginoso.

O exame das amostras feito sob o esteriomicroscópio, permite observar que os grãos são predominantemente arredondados e sub-arredondados e apresentam uma esfericidade boa a moderada.

A textura superficial dominante é lisa e polida.

Nota-se em algumas amostras a existência de outra população de grãos, esses bem arredondados e esféricos, com textura superficial lisa e fosca, que parecem retratar uma contaminação eólica nestes sedimentos na área amostrada.

As características granulométricas podem ser visualizadas na Fig. 16 e os parâmetros estatísticos de tamanho são apresentados na Tabela 1.

Para efeito de classificação foi utilizado o diagrama triangular tendo por base a variação das proporções de areia-sil

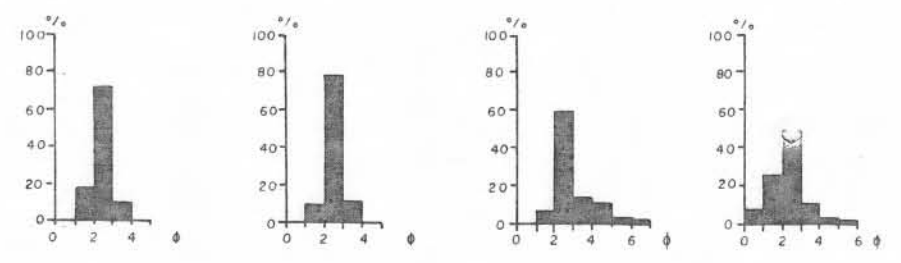
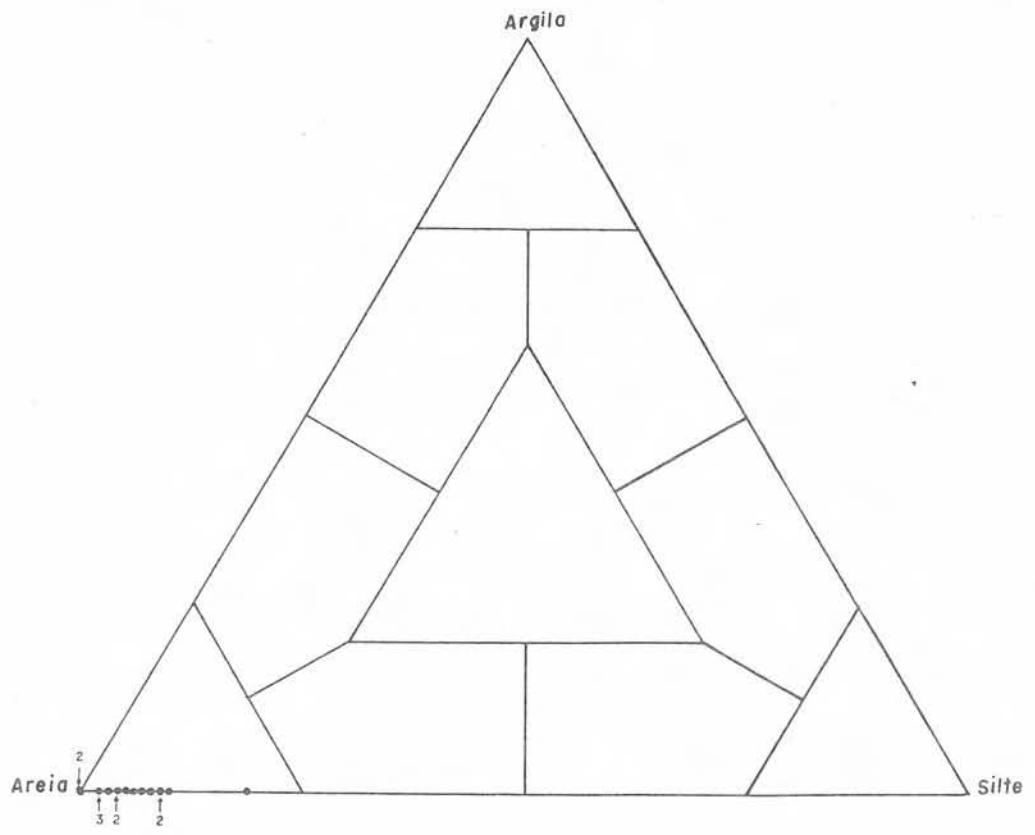
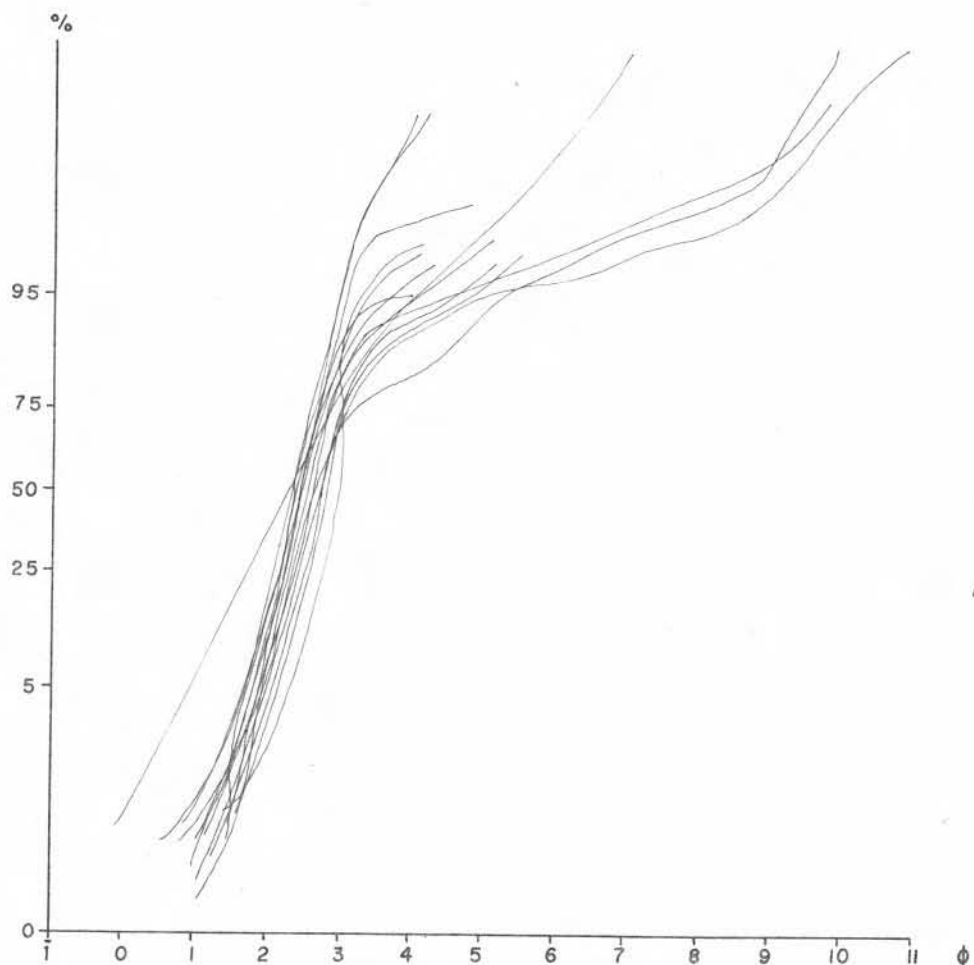


Figura 16 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DE TERRAÇOS MARINHOS.

TABELA 1 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de terraços marinhos.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 2	2,300	2,320	0,366	0,082	0,500
LC - 3	2,500	2,463	0,315	-0,178	0,479
LC - 5	2,980	2,893	0,291	-0,378	0,592
LC - 6	2,480	2,530	0,727	0,327	0,632
LC - 8	2,800	2,769	0,784	0,140	0,592
LC - 10	2,730	2,679	0,380	-0,122	0,590
LC - 12	2,740	2,743	0,392	0,100	0,569
LC - 15	2,800	3,116	1,086	0,496	0,657
LC - 16	2,430	2,443	0,349	0,067	0,490
LC - 20	2,160	2,253	0,529	0,362	0,582
LC - 21	2,630	2,659	0,499	0,297	0,642
LC - 27	2,320	2,266	0,940	0,063	0,588
LC - 28	2,700	2,753	0,772	0,346	0,697
LC - 29	1,740	1,766	0,603	0,113	0,493
LC - 30	2,520	2,523	0,626	0,121	0,577
LC - 32	2,290	2,370	0,541	0,416	0,627

te e argila, conforme SHEPARD (1954). Nesse sentido todas as amostras de terraços marinhos enquadram-se na classe areia.

A análise das curvas de frequência acumulada e histogramas de amostras representativas, e, dos parâmetros da distribuição granulométrica, permite definir as principais características desses sedimentos.

São areias finas, de seleção boa a moderada, com uma assimetria variável desde negativa até muito positiva nas amostras com matriz siltica, mostrando distribuições predominantemente leptocúrticas, pois a presença da matriz não alterou a propriedade diagnóstica de areias acumuladas neste regime deposicional (meso-leptocúrticas).

Via de regra os grãos de quartzo constituintes desses sedimentos ocorrem pigmentados por óxidos de ferro.

A alteração de feldspatos que ocorrem em quantidades acessórias, a argilo-minerais e a ferrificação dos sedimentos são responsáveis pelo aumento da fração fina verificado em algumas amostras coletadas nesta unidade.

#### 4.2.1.1.2. Depósitos Eólicos

As amostras coletadas em depósitos eólicos são de areias inconsolidadas a semi-consolidadas de cor amarelo e castanho avermelhado. As representativas dos depósitos mais antigos mostram uma matriz siltica e uma cimentação ferruginosa bastante intensa enquanto que as dos depósitos mais recentes são limpas e desprovidas de materiais finos secundários.

Os grãos apresentam-se arredondados a bem arredondados, esféricos e com uma textura superficial lisa, às vezes mamelonada, predominantemente fosca.

As principais características granulométricas destes sedimentos são apresentadas na Fig. 17 e na Tabela 2.

As quantidades de areia, silte e argila ali presentes, permitem classificá-los como areias e areias silticas.

Da observação das curvas de frequência acumuladas e histogramas de amostras representativas, depreende-se a existência de dois tipos de sedimentos eólicos. Com efeito, os depósitos antigos da Formação Itapoã distinguem-se claramente das acumulações eólicas mais recentes, pela ausência das frações silticas que foram adicionadas aos primeiros por processos secundários.

Em ambos os casos a classe modal dominante é a de areia fina, embora nos depósitos mais antigos ela possa se situar no in



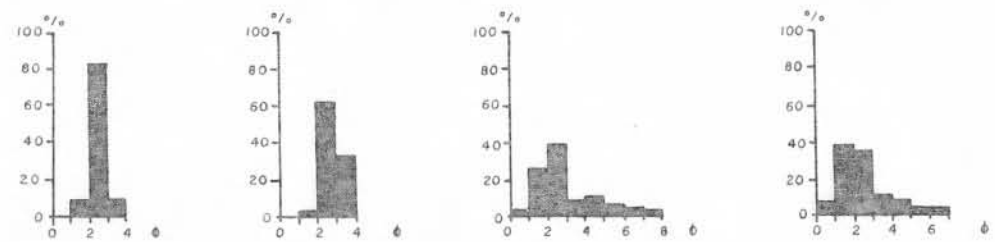
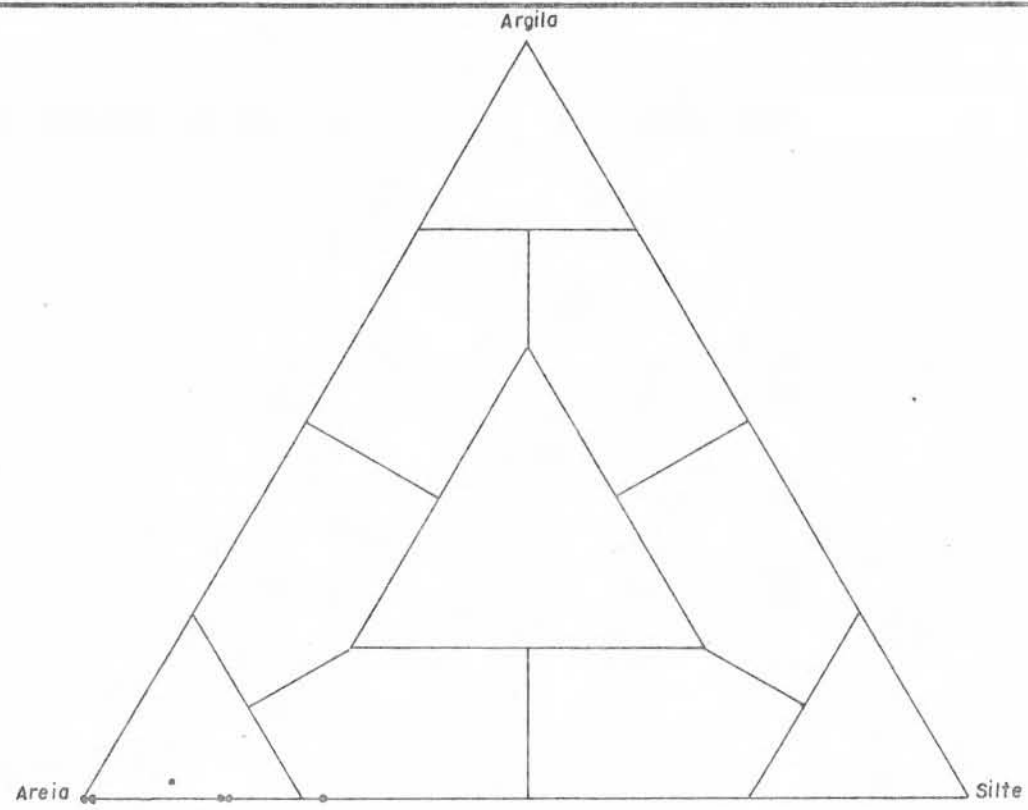
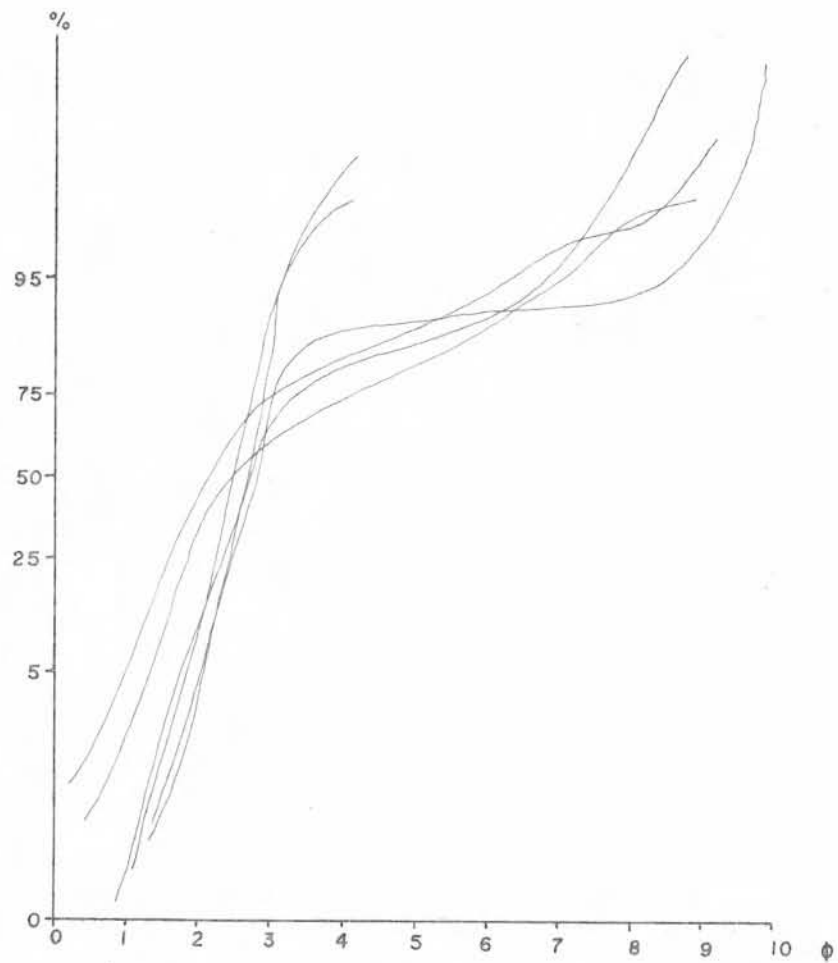


Figura 17 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DE DEPÓSITOS EÓLICOS

TABELA 2 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de depósitos eólicos.

	$\underline{Md}$	$\underline{M_z}$	$\underline{\sigma_1}$	$\underline{SK_1}$	$\underline{K'G}$
LC - 1	2,730	2,676	1,282	0,275	0,805
LC - 9	2,490	2,473	0,382	-0,056	0,529
LC - 11	2,620	2,980	1,182	0,655	0,706
LC - 14	2,690	2,643	0,331	-0,175	0,524
LC - 22	2,360	3,063	1,762	0,607	0,499
LC - 23	2,130	2,476	1,409	0,493	0,607

tervalo de areia média.

As areias mais velhas são muito pobremente selecionadas, tem uma assimetria muito positiva e sua distribuição granulométrica, é muito leptocúrtica, enquanto que as mais jovens são bem a muito bem selecionadas, tem assimetria negativa e são meso-leptocúrticas.

Os produtos de alteração dos grãos feldspáticos somados aos materiais resultantes dos processos de ferruginização, são os responsáveis pelo acréscimo de finos presente nos depósitos antigos, desfigurando as propriedades granulométricas típicas de um sedimento depositado em condições originalmente eólicas.

#### 4.2.1.1.3. Terraços Lagunares

Os sedimentos que constituem esse tipo de depósito são resultantes do retrabalhamento das areias das formações Chuí e I tapoã. São areias inconsolidadas de cor creme, às vezes amareladas por uma incipiente ferruginização, às vezes cinzento chumbo até pretas, enriquecidas em matéria orgânica.

Os grãos constituintes são predominantemente arredondados, de esfericidade média, com textura superficial lisa e polidos.

As características granulométricas retratadas na Fig. 18 e na Tabela 3, mostram que esses sedimentos são bastante diversificados, ocorrendo tanto areias como areias sílticas.

TABELA 3 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de terraços lagunares.

	$M_d$	$M_z$	$\sigma_1$	$SK_1$	$K'G$
LC - 4	3,400	3,556	0,653	0,369	0,522
LC - 7	2,960	3,690	1,724	0,566	0,444
LC - 31	2,340	2,376	0,428	0,238	0,561

A classe modal dominante nas areias é a areia muito fina. São sedimentos unimodais bem classificados, de assimetria positiva, leptocúrticos.

As areias sílticas podem ser polimodais e as classes dominantes oscilam entre areia fina, muito fina, silte grosso e médio. Como consequência sua seleção é moderada a pobre, a assimetria é muito positiva e a distribuição plati a mesocúrtica.

A diversidade das características granulométricas destes sedimentos é consequência das condições ambientais que regeram a sua formação. Elas envolveram a erosão de depósitos sedimentares variados durante a transgressão lagunar e posteriormente, com a regressão, a formação de uma planície arenosa ornamentada por feixes de cristas de praia e pequenas lagoas abandonadas, estas assoreadas com o passar do tempo, transformadas em pântanos.

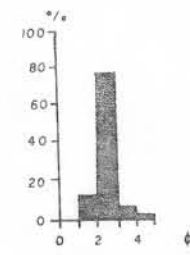
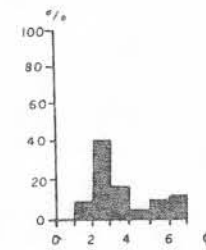
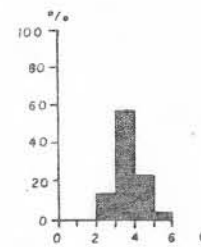
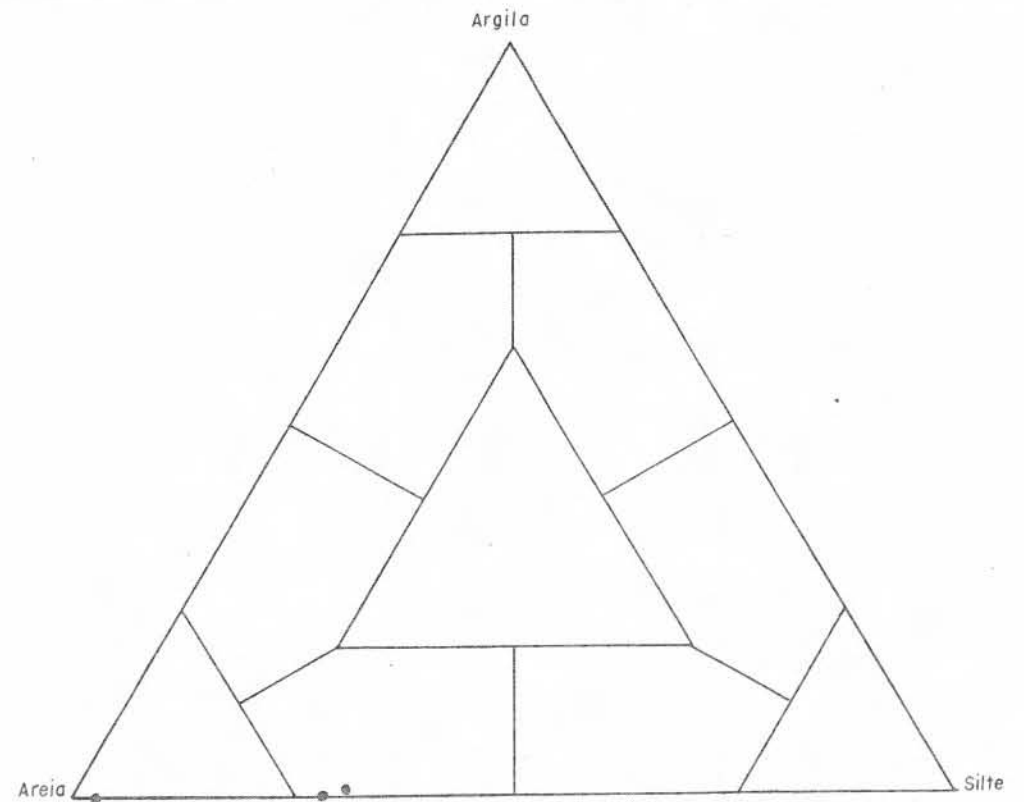
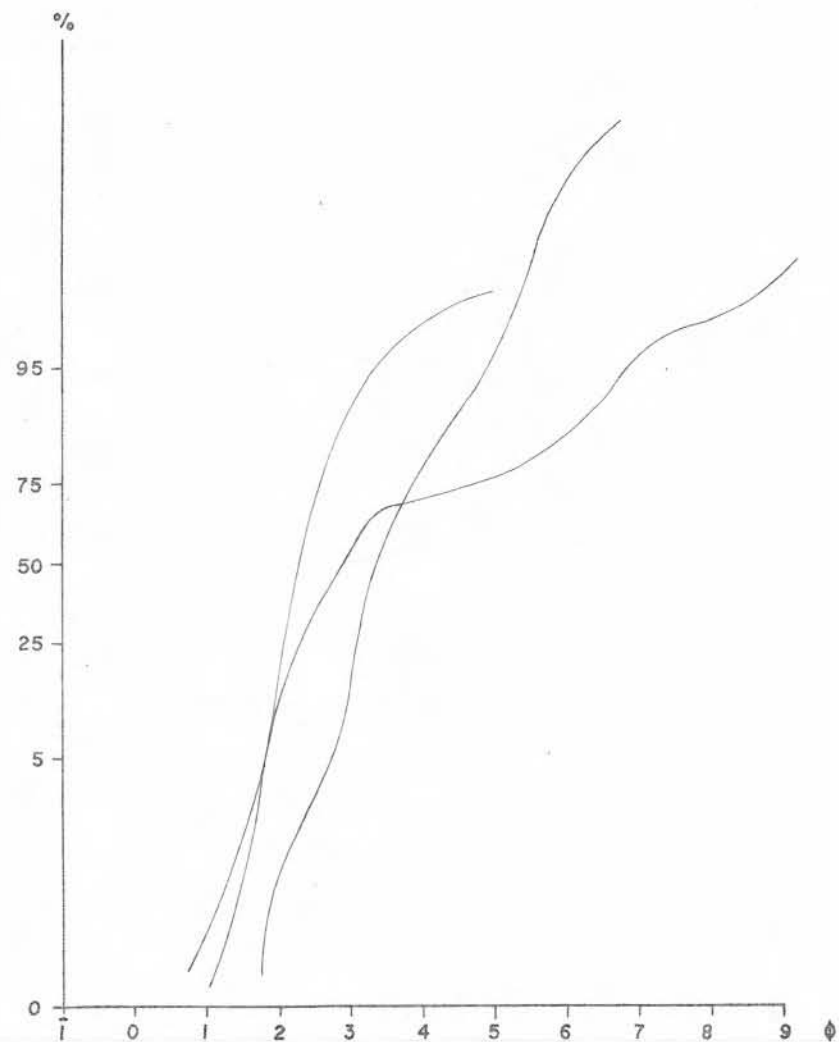


Figura 18 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DE TERRAÇOS LAGUNARES

#### 4.2.1.1.4. Depósitos Fluviais

Os sedimentos fluviais aqui analisados representam o material em trânsito ao longo dos cursos d'água que drenam a margem lagunar constituída pelos materiais descritos nos ítems anteriores.

Para fins de maior representatividade as amostras foram coletadas tanto no fundo dos canais como nas planícies de inundação adjacentes, o que explica a diversidade das características apresentadas por estes sedimentos, consequência das variações da mecânica deposicional em cada sub-tipo de regime fluvial. Também foram incluídas aqui amostras tomadas no fundo dos canais lagunares, pela semelhança que este ambiente apresenta com o fluvial.

Pelas observações de campo, deduz-se claramente que os depósitos aqui abordados resultam do retrabalhamento dos materiais constituintes dos terraços marinhos e lagunares e das acumulações eólicas. São areias e areias lamíticas, inconsolidadas, de cor amarelo claro a cinzento escuro, seguidamente enriquecidas em matéria orgânica.

Os constituintes grosseiros mostram diversos graus de esfericidade e arredondamento, embora sejam, em sua maioria, bem trabalhados. A textura superficial também é variável, ocorrendo grãos mamelonados e lisos, foscos e polidos.

Tais aspectos texturais retratam uma mistura de populações de origem diversa, as quais o agente transportador, quer pela sua baixa energia, quer pelo pequeno intervalo de tempo em que atuou sobre os sedimentos, não foi capaz de homogeneizar. Tal fato é perfeitamente admissível, uma vez que são rios de planície retrabalhando sedimentos quaternários.

As características granulométricas apresentadas na Fig. 19 e na Tabela 4, revelam igualmente uma grande variação, ocorren

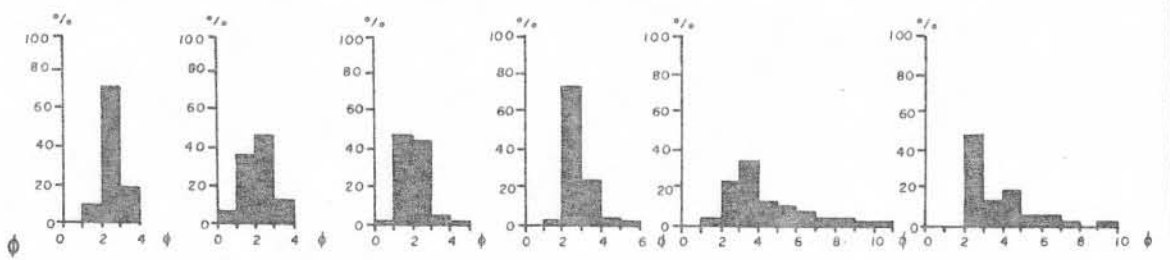
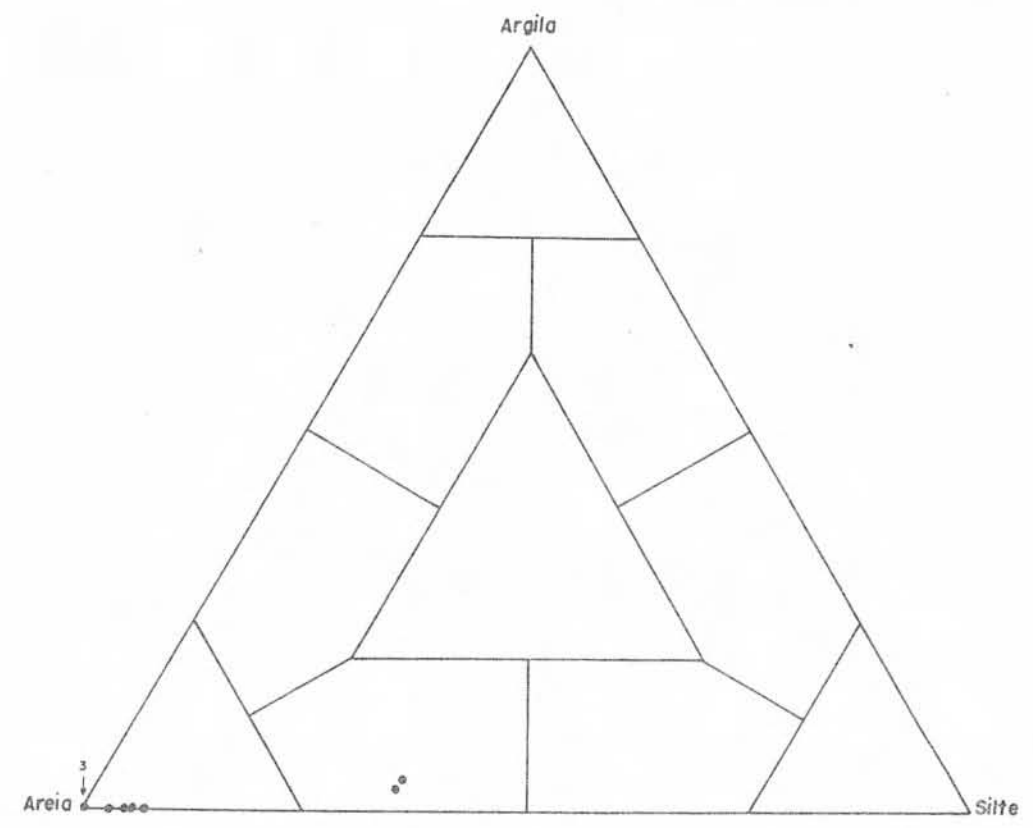
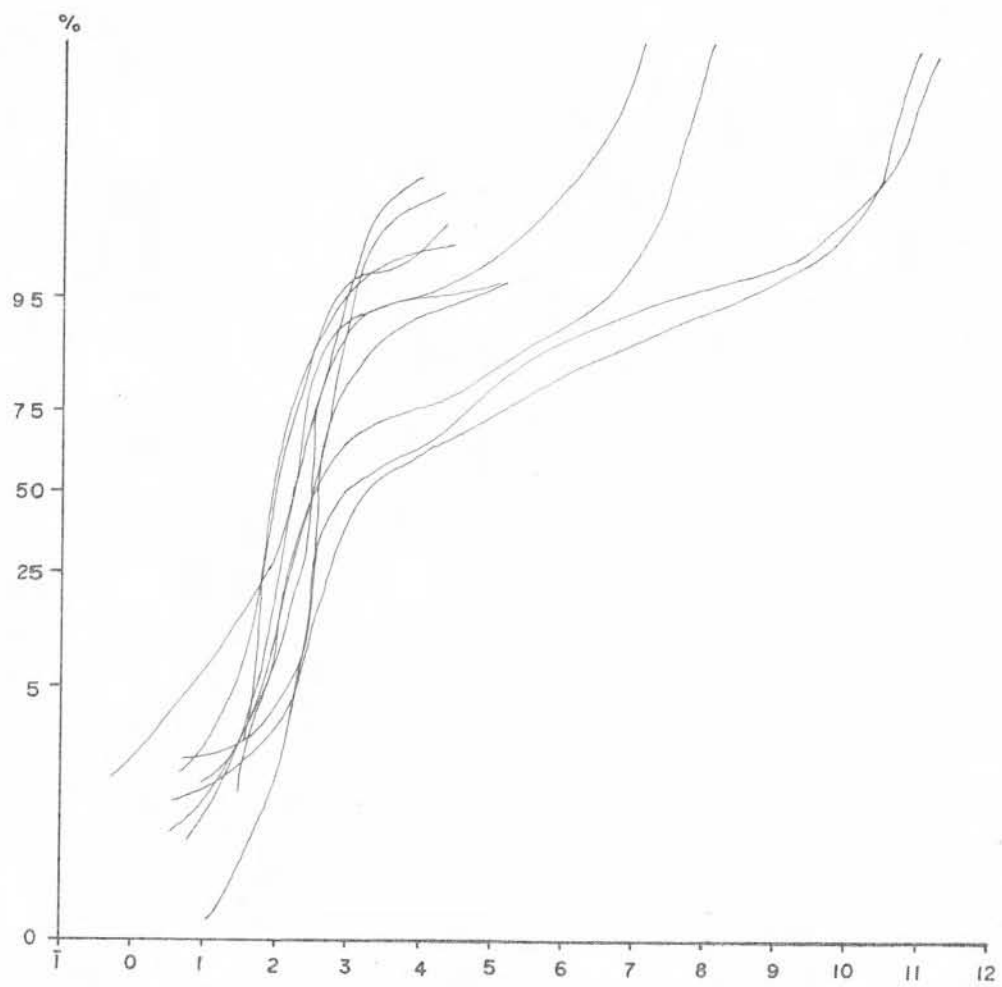


Figura 19 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DE DEPÓSITOS FLUVIAIS

TABELA 4 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de depósitos fluviais.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>	
LC - 13	3,200	3,960	1,839	0,661	0,523	Meandro abandonado
LC - 17	2,400	2,486	0,591	0,357	0,594	Canal fluvial
LC - 18	2,530	2,513	0,338	-0,098	0,519	Canal fluvial
LC - 19	3,000	3,573	1.541	0,665	0,504	Planície de inundação
LC - 33	2,090	2,106	0,517	0,375	0,711	Canal fluvial
LC - 127	2,150	2,116	0,584	-0,158	0,540	Canal fluvial
LC - 136	2,650	2,653	0,292	0,171	0,637	Canal lagunar
LC - 149	2,630	3,309	1.526	0,669	0,507	Canal lagunar
LC - 174	2,160	2,159	0,290	0,066	0,560	Canal fluvial
LC - 183	2,000	2,050	0,419	0,207	0,566	Canal fluvial

do areias e areias sílticas.

Os depósitos de canal fluvial são sempre constituídos por areias cuja classe modal dominante situa-se no intervalo ora da areia média, ora da areia fina, dependendo do material que lhe serve de fonte. Sua classificação é moderada a muito boa e a as simetria é quase sempre positiva, mostrando uma predominância dos materiais finos sobre os grosseiros, em que pese a existência de duas amostras com assimetria levemente negativa. Destas últimas, uma proveio do leito do curso de maior volume d'água da área, on de as correntes permitem a retirada dos finos, e a outra proveio de um pequeno arroio que drena uma área de cristas de praia, que lhe fornece material exclusivamente grosseiro. Em todos os casos as distribuições são leptocúrticas.

Os sedimentos dos canais lagunares são constituídos por areias finas a muito finas de classificação pobre a muito boa, com assimetria positiva, mostrando um enriquecimento em finos e com u

ma distribuição granulométrica meso a muito leptocúrtica.

Os materiais de planície de inundação e de meandros a bandonados, embora constituídos predominantemente por areias fi nas a muito finas são bastante enriquecidos em silte. Mostram u ma distribuição mesocúrtica.

#### 4.2.1.1.5. Depósitos Flúvio-Deltáicos

Os cursos d'água que drenam a margem lagunarao desaguar no corpo de águas relativamente calmas, perdem a sua competência, depositando a maior parte da carga sedimentar que transportam, cons truindo verdadeiros deltas. Estes, pela pouca profundidade da lagoa, desenvolvem amplamente seus fácies de topo, sob a forma de baixios que aos poucos vão sendo tomados pelos juncais e finalmente dando lugar ao desenvolvimento de áreas caracteristicamente pa ludais.

Tais formas acrescionais fazem progradar a margem lagu nar e passam a contribuir igualmente como fonte de material sedi mentar para o fundo das lagoas.

São sedimentos inconsolidados arenosos e/ou lamíticos de cores amarelo claro a cinzento escuro, às vezes bastante enri quecidos em matéria orgânica. Da mesma forma que os sedimentos fluviais, estes apresentam diferentes graus de arredondamento e esfericidade, sendo a textura superficial variada, confirmando a mixtura de populações trazidas pelos rios.

Conforme se observa na Fig. 20 e na Tabela 5, os sedi mentos flúvio deltáicos apresentam propriedades granulométricas que, embora heterogêneas, permitem agrupá-los em dois tipos dis tintos, ou seja, os depósitos arenosos de canais deltáicos e os depósitos areno sílticos e sílticos de fácies deltáico de topo



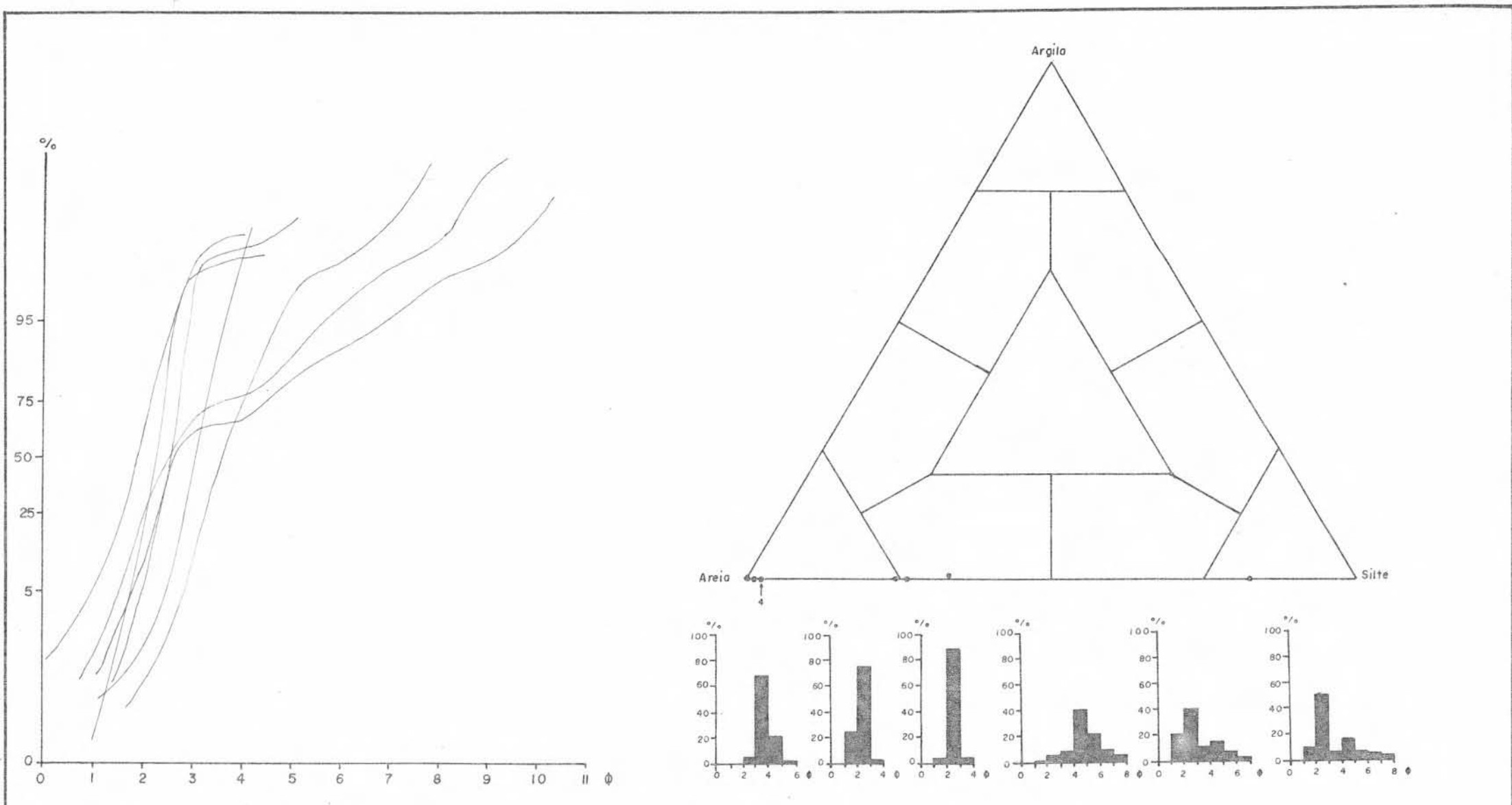


Figura 20 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DE FLUVIO-DELTAÍCOS

TABELA 5 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de depósitos fluvio-deltáicos.

	<u>M<sub>d</sub></u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 34	3,550	3,616	0,559	0,202	0,493
LC - 66	3,100	3,076	0,311	-0,257	0,455
LC - 119	2,400	2,400	0,487	-0,054	0,501
LC - 164	4,900	4,930	1,257	-0,001	0,638
LC - 166	2,280	2,230	0,334	-0,266	0,489
LC - 167	2,510	2,505	0,289	-0,071	0,473
LC - 168	2,500	3,03	1,315	0,573	0,459
LC - 173	2,500	2,506	0,295	0,042	0,516
LC - 180	2,700	3,333	1,494	0,654	0,493
LC - 181	4,31	3,943	1,148	-0,326	0,468
LC - 182	1,890	1,893	0,436	-0,035	0,535

subaquoso.

Os depósitos de canal deltáico são constituídos por areias onde a classe modal dominante situa-se no intervalo da areia fina, mais raramente no da areia média. São sedimentos muito bem classificados, predominantemente simétricos, podendo ocorrer casos de assimetria positiva ou negativa. Mostram distribuições plati a mesocúrticas.

Os depósitos da facies de topo subaquoso tem a classe modal dominante situada nos intervalos da areia fina, da areia muito fina ou do silte muito grosso. São pobremente selecionados, predominando distribuições assimétricas negativas, meso a leptocúrticas.

Entre os dois tipos bem definidos existem todas as graduações. Isto é perfeitamente observado nas amostras da fácies do topo subaquoso, onde a terminal siltica, é provavelmente retirada pela ação das ondas e das correntes que atuam sobre estas áreas

relativamente rasas.

#### 4.2.1.1.6. Praias Lagunares

As amostras coletadas nas praias que limitam externamente os terraços lagunares são constituídas por areias limpas de cor amarelo-claro, resultantes do retrabalhamento pelas ondas do material que constitui os próprios terraços e dos sedimentos distribuídos ao longo das antepraias pela ação das correntes litorâneas.

De um modo geral são constituídos por grãos subarredondados a arredondados, esféricos e subesféricos, com uma textura superficial mamelonada a lisa, predominantemente polidos. Algumas amostras evidenciam mistura com uma população de grãos mais grosseiros, muito bem arredondados, esféricos e foscos, resultantes de uma contaminação eólica recente.

As propriedades granulométricas destes sedimentos, apresentadas na Fig. 21 e na Tabela 6, revelam características homogêneas marcantes.

São areias que apresentam a classe modal dominante situada quase sempre no intervalo da areia média, às vezes no da areia fina, muito bem selecionados. A distribuição de tamanho de grão é simétrica até assimétrica negativa, meso a leptocúrticas.

#### 4.2.1.1.7. Cristas de Praia

As cristas de praia existentes sobre os terraços lagunares são constituídos por areias limpas de cor amarelo claro, em tudo muito semelhantes às que constituem as praias lagunares atuais.

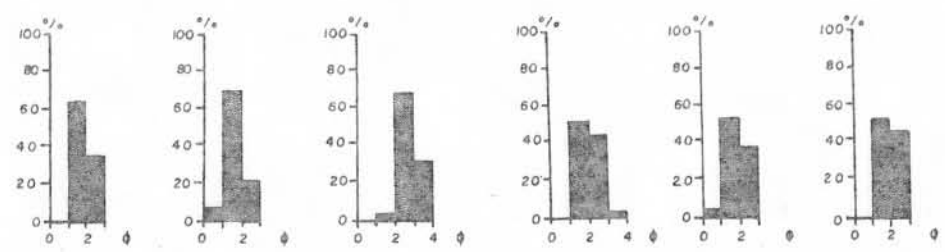
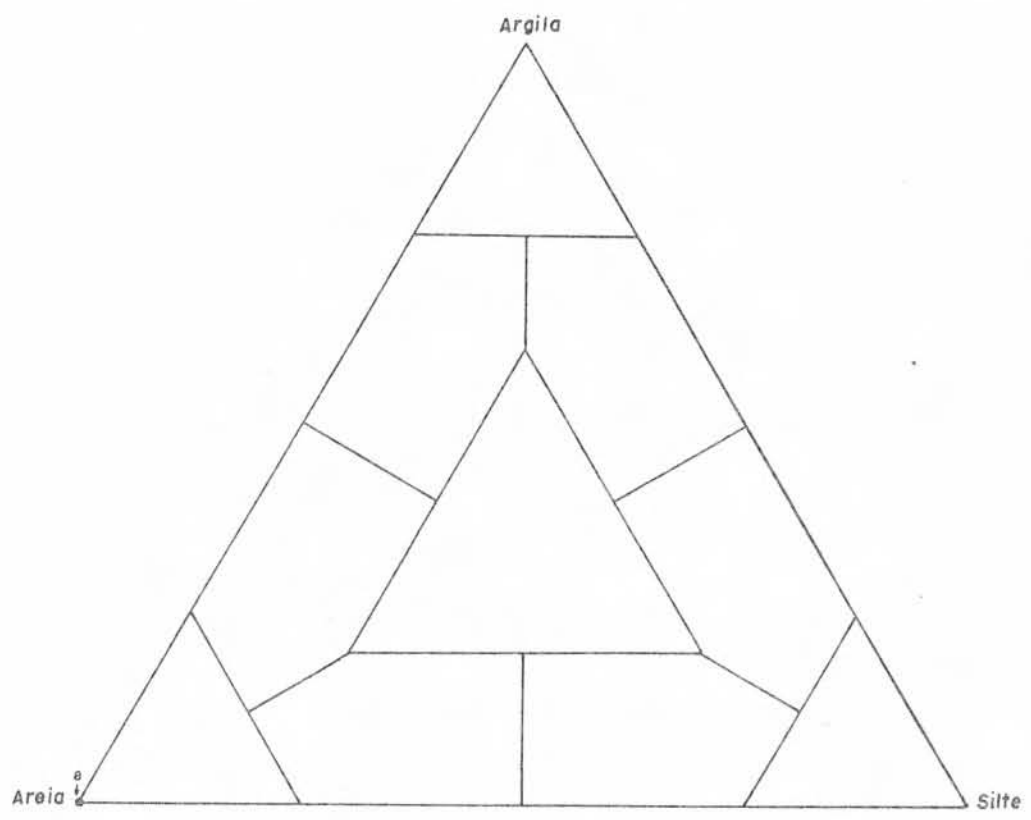
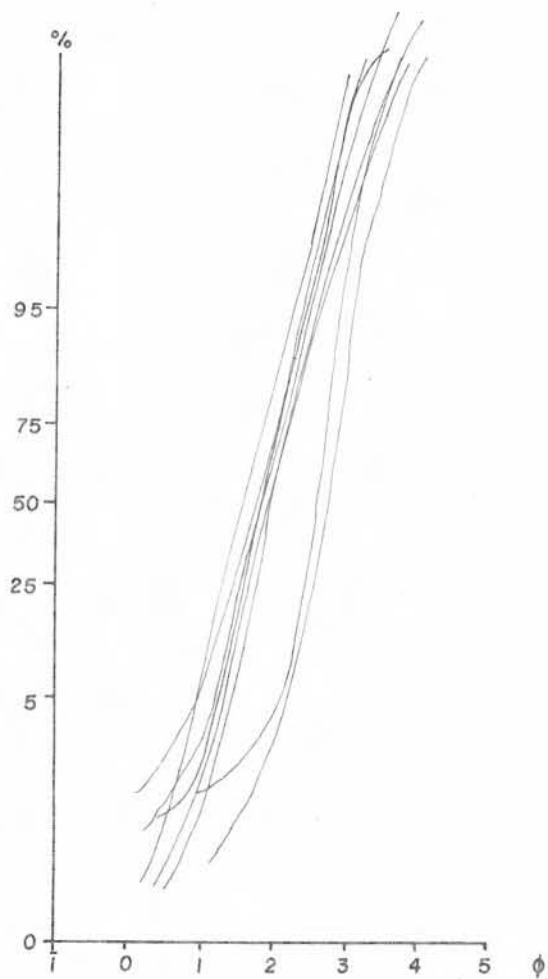


Figura 21 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DE PRAIAS LAGUNARES

TABELA 6 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de praias lagunares.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 24	2.590	2.563	0,219	-0,220	0,554
LC - 48	1.910	1.906	0,305	-0,037	0,528
LC - 80	1.700	1.686	0,410	-0,042	0,472
LC - 92	2.700	2.683	0,222	0,012	0,469
LC - 108	1.980	2.010	0,341	0,162	0,547
LC - 112	1.900	1.869	0,414	-0,126	0,515
LC - 131	2.000	2.000	0,412	0,000	0,519
LC - 141	2.000	2.026	0,377	0,075	0,493

São constituídos por grãos bem trabalhados, arredondados a subarredondados, esféricos a subesféricos, com textura superficial lisa e polida. Em quase todas as amostras ocorrem vestígios de uma segunda população, mais grosseira, de grãos muito bem arredondados, esféricos, lisos e foscos, os quais denunciam, também aqui, uma contaminação eólica.

As características granulométricas apresentadas na Fig. 22 e na Tabela 7, mostram areias puras com a classe modal dominante situada nos intervalos ora de areia média, ora de areia fina. As areias finas ocorrem sempre confinadas à margem do corpo lagunar.

A seleção é muito boa a boa e as distribuições de tamanho são simétricas até assimétricas negativas, meso a leptocúrticas.

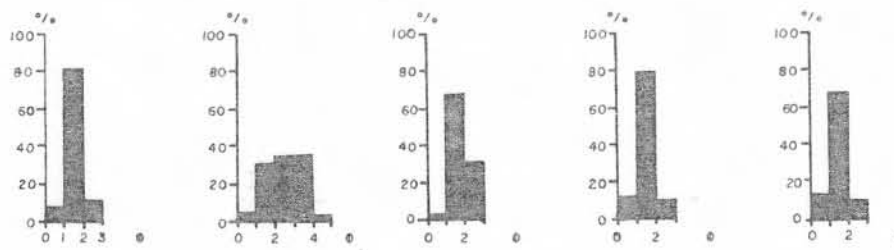
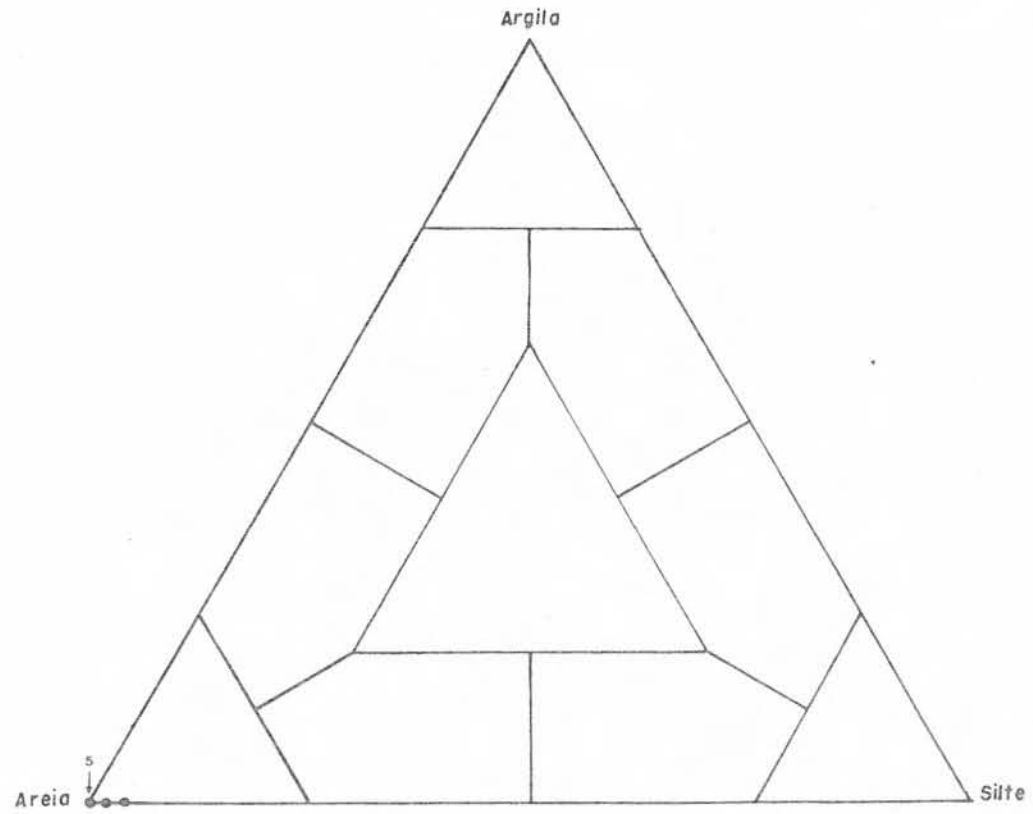
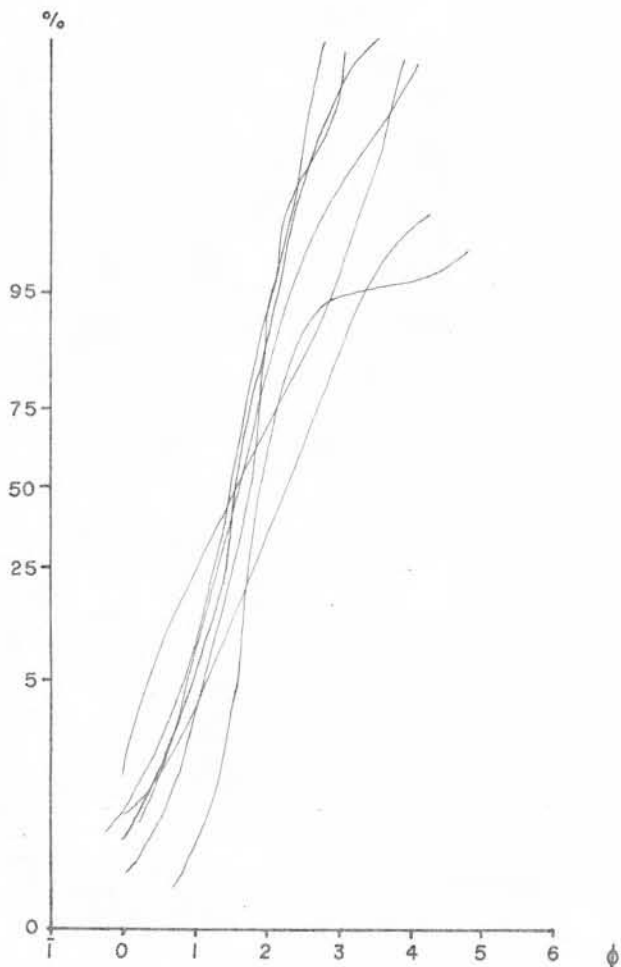


Figura 22 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DE CRISTAIS DE PRAIA

TABELA 7 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de cristas de praia.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 25	1.590	1.590	0,780	0,003	0,501
LC - 26	1.720	1.656	0,367	-0,195	0,540
LC - 47	2.320	2.313	0,681	-0,011	0,497
LC - 128	1.800	1.766	0,304	-0,191	0,504
LC - 142	1.500	1.486	0,369	-0,035	0,505
LC - 159	1.500	1.513	0,366	0,002	0,495
LC - 165	2.000	2.023	0.450	0,343	0,660

#### 4.2.1.2. Sedimentos do Complexo Fluvial do Guaíba

Pelos motivos expostos anteriormente, apresentar-se-ã aqui um sumário das características dos sedimentos do complexo fluvial do Guaiba, estudados por CUNHA (1972).

Aquele autor observou que a sedimentação no interior da quele corpo d'água permitia a individualização de quatro fácies granulométricas distintas, ou sejam: areno-silto-argilosa, silto arenosa, areno-síltica e uma arenosa subdividida em sub-fácies a renosa grosseira, arenosa média e arenosa fina.

As fácies arenosa e areno-síltica são as que possuem maior expressão em área, seguida pela silto-arenosa.

Estes sedimentos são constituídos por grãos subarredon dados a arredondados, com uma esfericidade média a boa e uma tex tura superficial mamelonada a lisa, mais polidos do que foscas.

As características granulométricas mais importantes são apresentadas na Fig. 23, onde estão representadas as principais fácies de fundo.

Tornar-se-ia fastidioso discutir aqui os parâmetros gra

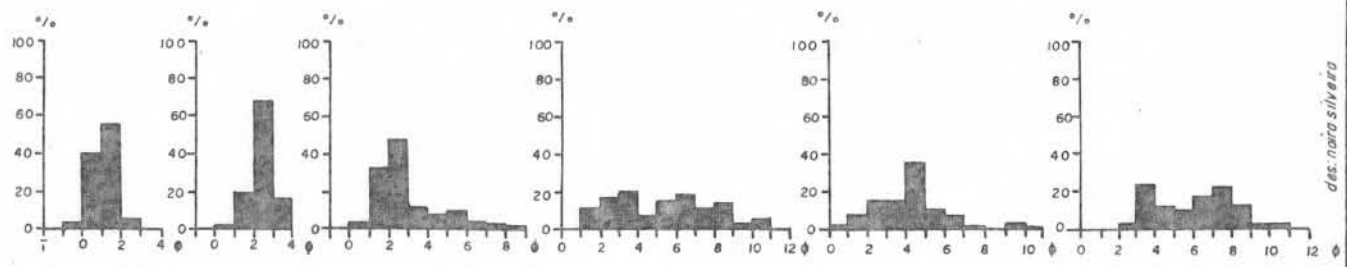
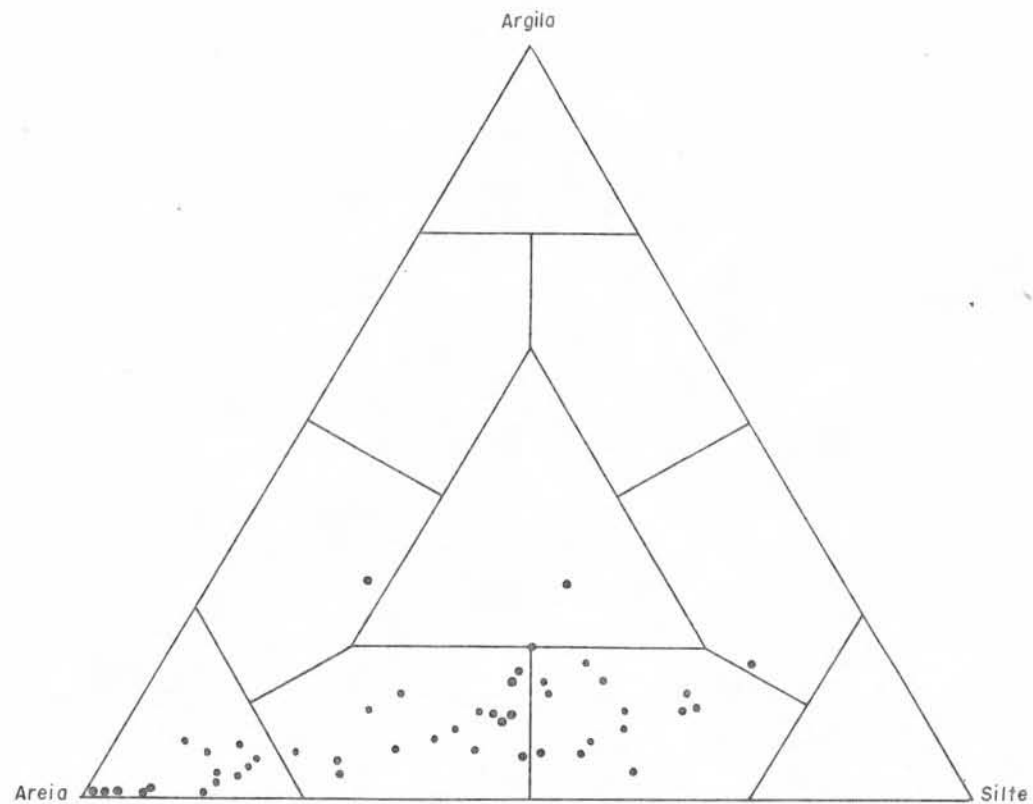
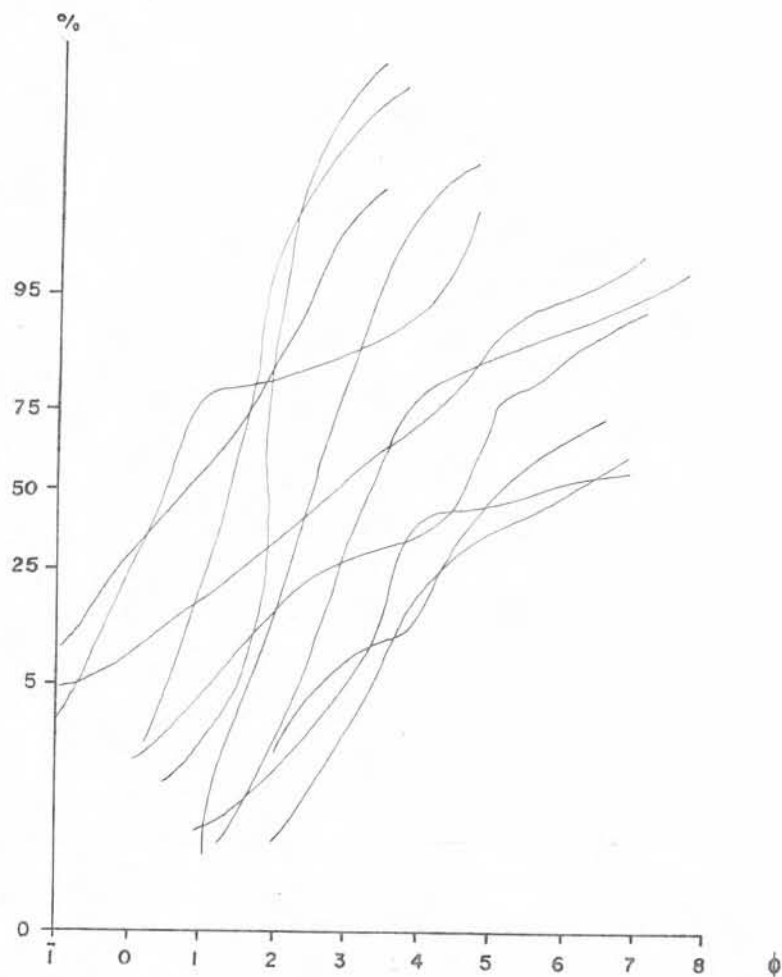


Figura 23 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DO COMPLEXO FLUVIAL DO GUAIBA

des. naira silveira



nulométricos de cada fácies. De um modo geral pode-se dizer que as fácies arenosas apresentam uma classificação moderada a boa, a assimetria é negativa e as distribuições são predominantemente leptocúrticas. Por outro lado, as fácies silticas, polimodais, são muito mal classificadas, a assimetria é positiva e as distribuições são plati a mesocúrticas.

Os sedimentos do Guaíba, provêm da carga trazida pelos tributários do Delta do Jacuí, dos sedimentos quaternários e do manto de alterações das rochas graníticas e migmáticas que constituem as suas margens atuais.

O Delta do Jacuí, por onde passam as águas dos rios Jacuí, Taquarí, Caí, Sinos e Gravataí, contribui com material fino trazido em suspensão, já que a maior parte dos sedimentos grosseiros fica depositada no próprio delta. Estes últimos somente tem condições de chegar ao estuário por ocasião das grandes cheias, quando são redistribuídos pelos agentes da dinâmica estuarina.

Entretanto, a maior parte dos depósitos arenosos ali encontrados provêm do retrabalhamento das formações quaternárias, tais como a Formação Graxaim, Formação Guaíba e Alterito Serra de Tapes, aos quais se somam os produtos do intemperismo e erosão atuais das rochas graníticas que junto com aquelas unidades sedimentares integram a margem de hoje.

O material que assim chega ao corpo d'água é redistribuído pelo fundo, mantendo-se os grosseiros nas áreas marginais enquanto que as frações mais finas são parcialmente depositadas nas partes mais profundas e nas porções mais abrigadas das enseadas que se dispõem entre as pontas rochosas que se adentram pelo estuário.

Uma boa parte do material fino passa em suspensão pelo estuário e vai ser depositado ao longo da Lagoa dos Patos, conforme será visto a seguir.

#### 4.2.1.3. Sedimentos de Fundo da Parte Norte da Lagoa dos Patos

Os sedimentos da parte norte da Lagoa dos Patos foram estudados por MARTINS & GAMMERMANN(1967), sob o ponto de vista de sua granulometria.

Aqueles autores concluíram que a porção norte da lagoa é coberta em sua maior parte por sedimentos silticos limitados a leste por uma estreita zona de sedimentos arenosos finos e a oeste por outra zona estreita de sedimentos arenosos grosseiros, ambas resultantes do retrabalhamento das áreas marginais adjacentes.

Os sedimentos dominantes, cujas características podem ser observados na Fig. 24 e na Tabela 8, tem a classe modal mais saliente situada no intervalo de silte grosso. São mal classificados, com assimetria muito positiva e sua distribuição é sempre leptocúrtica.

A fonte principal desses sedimentos conforme sugeriram MARTINS & GAMMERMANN (ob. cit.), é o material em suspensão trazido pelas águas dos distributários do Delta do Jacuí e que passando pelo complexo fluvial do Guaíba vão ser depositados na Lagoa dos Patos, em ambiente de águas mais calmas e profundas.

#### 4.2.2. Características Mineralógicas

O estudo da composição mineralógica dos sedimentos das áreas fontes foi feito em duas etapas, a saber, a mineralogia da fração grosseira maior do que 0,062 mm; e a mineralogia de argilas da fração fina menor do que 4 micra.

O objetivo deste estudo é fornecer elementos que permitam avaliar, posteriormente, a influência das diversas fontes de

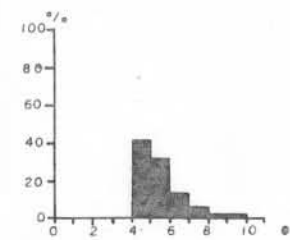
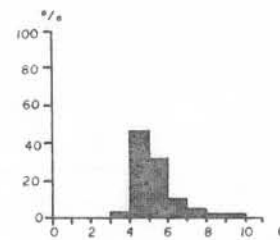
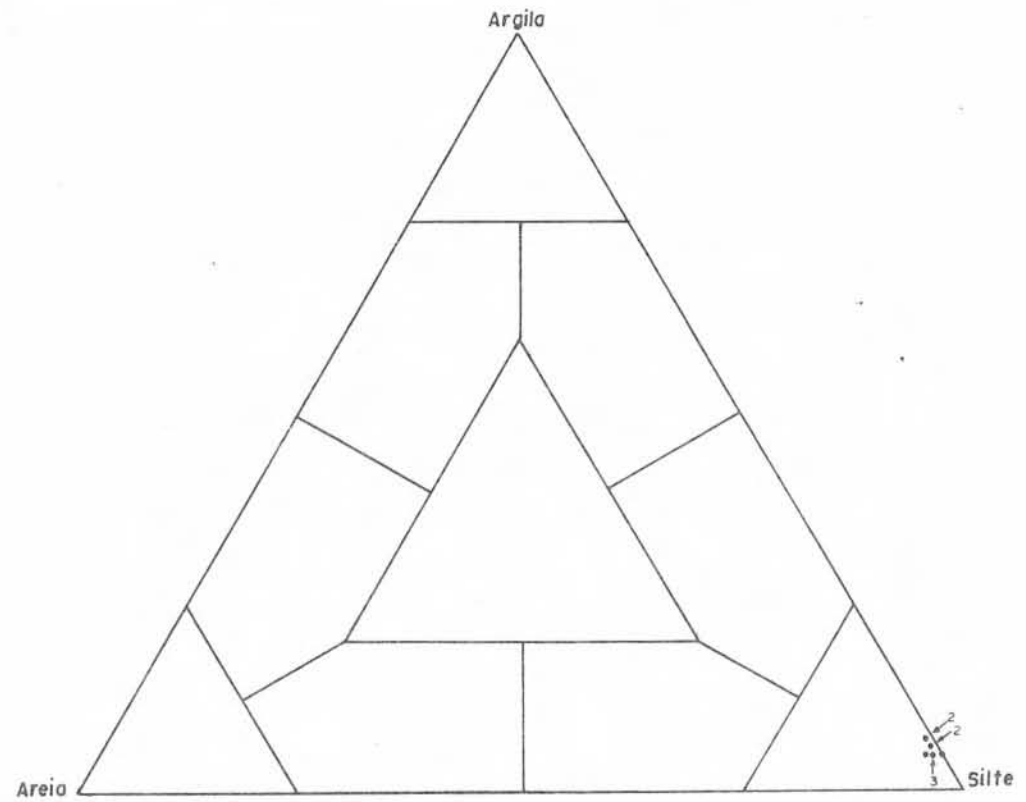
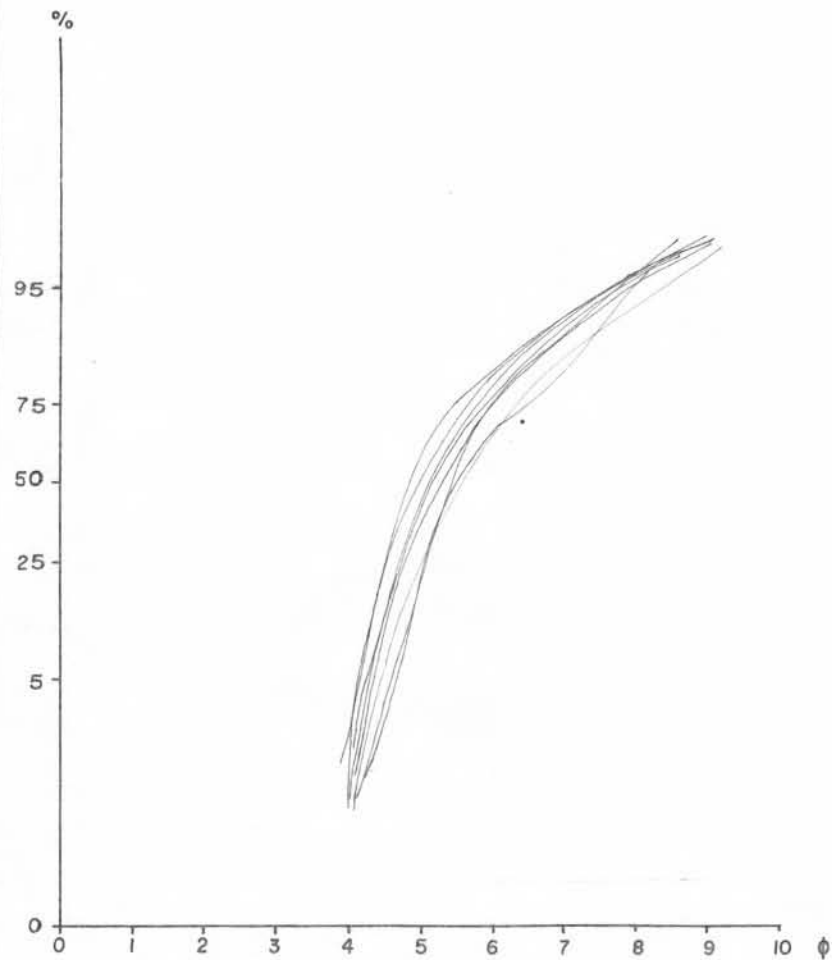


Figura 24 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA PARTE NORTE DA LAGOA DOS PATOS

TABELA 8 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas da parte norte da Lagoa dos Patos.

AMOSTRA	Md	M <sub>z</sub>	$\sigma_1$	Sk <sub>1</sub>	K'G
28	5,02	5,24	1.040	0,431	0,549
29	5,50	5,710	1.168	0,406	0,542
30	5,42	5,600	0,925	0,432	0,596
31	5,15	5,373	1.045	0,439	0,559
32	5,20	5,443	1.105	0,431	0,536
33	5,10	5,363	1.035	0,497	0,595
34	4,85	5,196	1.108	0,576	0,560
35	5,24	5,516	1.150	0,483	0,568
36	5,45	5,666	1.007	0,411	0,557
37	5,60	5,783	1.012	0,393	0,611

material sedimentar na deposição lagunar que se processa na área da Lagoa do Casamento.

#### 4.2.2.1. Fração Grosseira

A composição mineralógica das areias presentes em todos os tipos de depósitos da margem lagunar é essencialmente quartzosa. O teor de feldspato oscila em torno de 3 %, podendo em alguns casos, como ocorreu em algumas amostras dos terraços marinhos atingir até 7 %. Os feldspatos alcalinos dominam sobre os plagioclásios que ocorrem em percentagem de até 2 %.

Foram ainda observados como constituintes da fração leve pequenas quantidades de calcedônia e muscovita.

Os depósitos fluviais e fluviais deltáicos mostram quantidades acessórias de fragmentos de madeira, carapaças quitinosas de insetos e fragmentos de conchas calcáreas de moluscos, estes

últimos, também presentes nas areias de praia e cristas de praia.

Os minerais pesados presentes nestas areias não mostraram variações significativas de ambiente para ambiente, e o seu teor, nas 18 amostras analisadas, jamais ultrapassou 3 % em peso.

A turmalina é o mineral mais abundante, seguido pelo distênio, estaurolita, zircão e opacos. Mais raramente ocorrem rutilo, epidoto, tremolita, andalusita, granada, biotita, monazita e esfênio.

Nos sedimentos do complexo fluvial do Guaíba, conforme reportou CUNHA (ob. cit.), a fração grosseira é constituída essencialmente por quartzo, embora sejam frequentes os grãos de feldspato. Como acessório ocorrem minerais opacos, zircão e turmalina, e mais raramente, esfênio, monazita, rutilo e granadas.

Bão existem dados sobre a composição mineralógica da fração grosseira dos sedimentos da porção norte da Lagoa dos Patos. Entretanto, mais ao sul, MARTINS (1963 e 1966), mostrou que as areias ali encontradas são essencialmente quartzosas e os minerais pesados presentes, em ordem decrescente de abundância são turmalina, zircão, opacos, distênio, andalusita, epidoto, granada, muscovita, rutilo, hornblenda e monazita.

Há pois, uma relativa homogeneidade no que diz respeito a composição mineralógica da fração grosseira dos sedimentos das áreas fontes para a sedimentação da Lagoa do Casamento. São materiais maduros, policíclicos, onde as variações mais acentuadas são quase sempre locais, relacionadas com particularidades de sua fonte imediata.

#### 4.2.2.2. Fração Fina: Argilo-Minerais

A assembléia de argilo-minerais presentes nos sedimentos da margem lagunar mostrou-se homogênea e constituída dominan

temente por montmorilonita, com pequenas quantidades de caulinita. Ilita somente ocorreu em uma amostra de terraço lagunar. Este quadro, entretanto, fica alterado nas amostras dos depósitos eólicos antigos da Formação Itapoã, submetidos a processos secundários de ferrificação. Ali o argilo mineral dominante é a caulinita mal cristalizada (fire clay) e a montmorilonita ocorre em pequenas quantidades.

O quadro abaixo apresenta os argilo minerais encontrados na margem lagunar.

AMOSTRA	DEPÓSITO	% DE ARGILA NA AMOSTRA	M	I	K
LC - 1	Eólico	2,4	2	-	8
LC - 7	Terraço lagunar	1,3	8	1	1
LC - 8	Terraço marinho	<1,0	traços	-	-
LC - 13	Fluvial	4,2	9	-	1

Os sedimentos finos do complexo fluvial do Guaíba, conforme estabelecera CUNHA (ob. cit.), apresentam uma assembléia de argilo-minerais, onde a montmorilonita é o dominante, seguindo-se a ilita e a caulinita em iguais proporções e mais raramente ocorre clorita.

Por outro lado, o estudo dos argilo-minerais dos sedimentos de fundo da Lagoa dos Patos, efetuado por VILLWOCK et alii (ob. cit.), mostrou uma assembléia constituída, em ordem de abundância, por montmorilonita, interestratificados do tipo ilita-montmorilonita, caulinita e clorita, muito semelhante à encontrada nos sedimentos do complexo fluvial do Guaíba acima mencionados, fato que constitui um argumento muito forte na comprovação de sua o

rigem comum.

Analisando as disponibilidades em argilo-minerais das áreas fontes para a sedimentação na Lagoa do Casamento e adjacências, conclui-se que o mineral mais abundante é a montmorilonita, seguida pela illita e caulinita.

Observa-se ainda que os sedimentos da margem lagunar são muito mais pobres em illita que os do Guaíba e Lagoa dos Patos.

#### 4.3. Sedimentos da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto

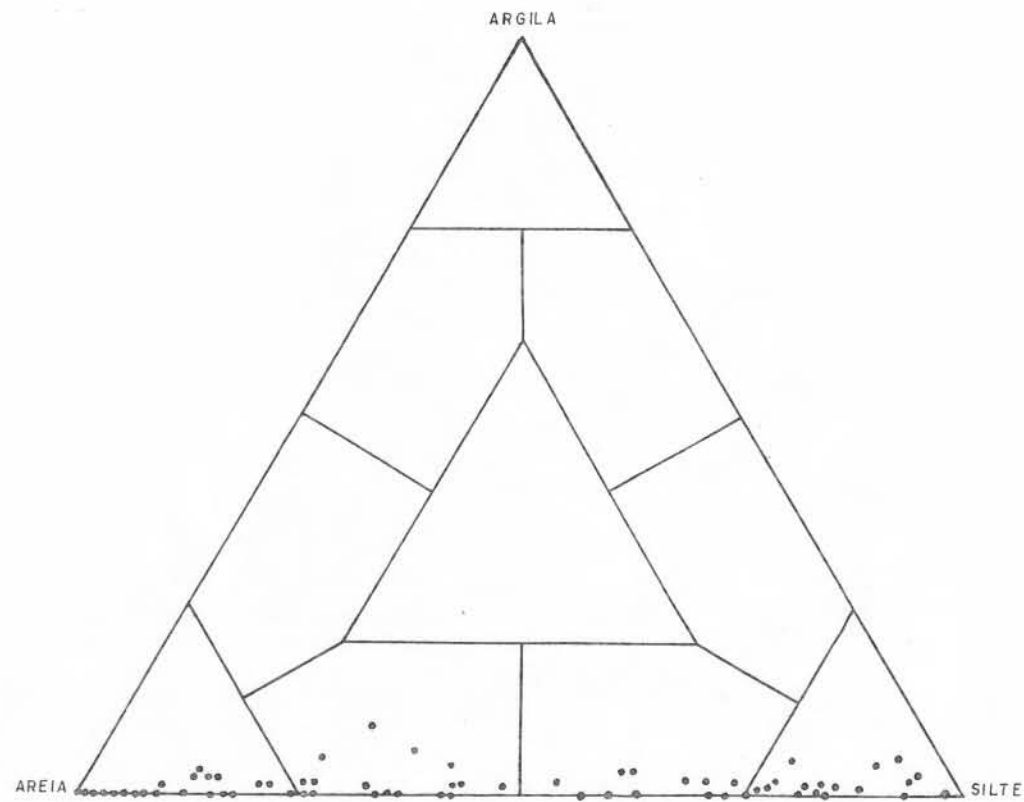
Os materiais detríticos retirados, mediante processos erosivos das áreas fonte anteriormente descritas, chegam à Lagoa do Casamento e ao Saco do Cocuruto onde submetidos aos agentes da dinâmica lagunar são distribuídos e depositados. A descrição destes sedimentos lagunares obedecerá a mesma sistemática utilizada para os sedimentos das áreas fonte.

##### 4.3.1. Características Texturais

Partindo-se dos resultados da análise granulométrica e levando-se em conta as quantidades de areia, silte e argila lançadas para o fim de classificação em um diagrama triangular, foi possível mapear a distribuição dos sedimentos de fundo nos corpos lagunares.

Conforme se observa na Fig. 25 quatro fácies texturais foram determinadas nestes sedimentos:

- 1 - Fácies arenosa
- 2 - Fácies areno-siltica



*des. nora silveira*

Figura 25 - CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO. DIAGRAMA AREIA - SILTE - ARGILA.



3 - Fácies silto-arenosa

4 - Fácies siltica

A grande variedade de sedimentos agrupados na fácies arenosa, evidenciada durante os trabalhos de campo e laboratório permitiram sua divisão em sub-fácies, o que foi feito lançando as quantidades de areia média, areia fina e silte em outro diagrama triangular, conforme se observa na Fig. 26.

Foram ali estabelecidas as seguintes sub-fácies arenosas:

la - Sub-fácies areia média

lb - Sub-fácies areia média-fina

lc - Sub-fácies areia fina-média

ld - Sub-fácies areia fina

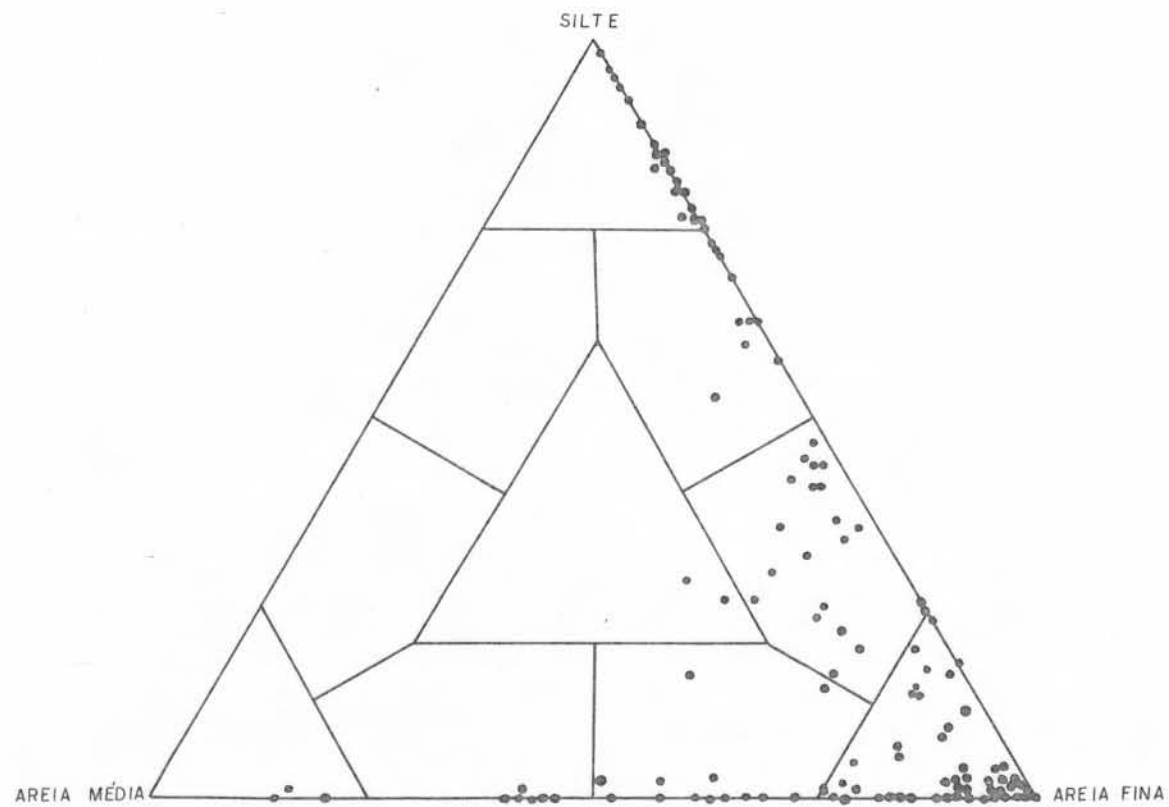
O reagrupamento dos sedimentos de fundo seguindo esse último critério não alterou a distribuição das demais fácies anteriormente estabelecidas.

A seguir serão apresentadas as principais características petrográficas de cada uma das fácies e sub-fácies identificadas, após o que serão discutidos os aspectos mais conspícuos de sua distribuição

#### 4.3.1.1. Fácies Arenosa

Os sedimentos que integram a fácies arenosa espalham-se pelas partes mais rasas e marginais do corpo lagunar, aquelas que são constantemente submetidas aos efeitos de uma dinâmica ambiental mais severa. São em sua grande maioria, constituídas de areias puras desprovidas de silte e argila.

Pela sua natureza e localização, esta fácies é a que deverá retratar mais fielmente a influência das margens no que diz



*des:naira silveira*

Figura 26 - CLASSIFICAÇÃO TEXTURAL DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO. DIAGRAMA AREIA MÉDIA - AREIA FINA - SILTE.

respeito ao fornecimento de material para a sedimentação

#### 4.3.1.1.1. Sub-Fácies Areia Média

Somente três amostras enquadraram-se nesta sub-fácies. Apesar disso, sua distribuição é bastante significativa. Duas estão situadas em antepraias adjacentes à acumulações de material arenoso praiial, relativamente grosseiro, enquanto que uma outra foi coletada na área de comunicação entre a Lagoa do Casamento e a Lagoa dos Patos, onde as condições ambientais, via de regra, são de grande energia.

De modo geral, são areias limpas de cor creme a amarelo pouco acastanhado, constituídas por grãos bem trabalhados com alto a médio grau de esfericidade e arredondamento e uma textura superficial variável desde mamelonada até lisa, fosca a polida. Alguns grãos mostram uma pigmentação por óxidos de ferro.

Observa-se invariavelmente a existência de uma segunda população constituída por grãos mais grosseiros, esféricos, muito bem arredondados, lisos e foscos.

As características granulométricas apresentadas na Fig. 27 e na Tabela 9 revelam materiais de classificação muito boa a boa, com uma assimetria variável, tanto positiva como negativa e uma distribuição meso a leptocúrtica.

São areias essencialmente quartzosas, com pequenas quantidades de minerais pesados e fragmentos de conchas de moluscos.

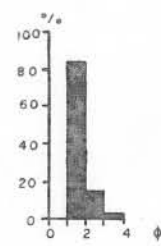
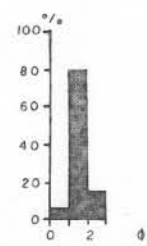
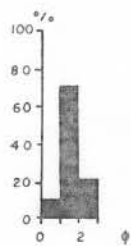
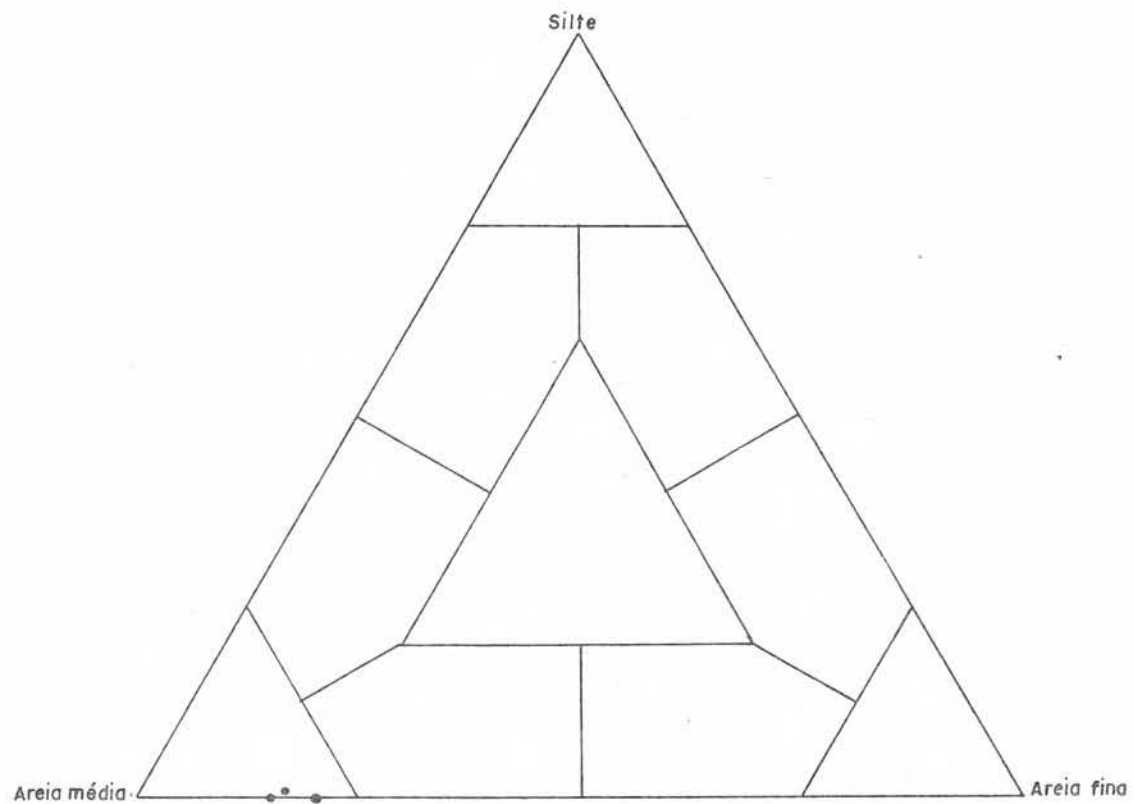
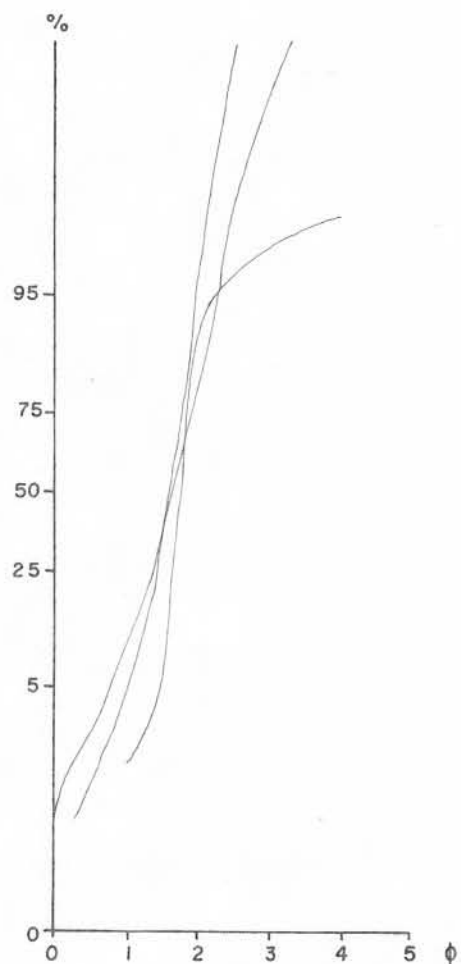


Figura 27 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA SUB-FÁCIES AREIA MÉDIA

TABELA 9 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras de sub-fácies areia média.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>Z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 113	1.610	1.603	0,279	-0,093	0,497
LC - 132	1.70	1.676	0,418	-0,174	0,515
LC - 163	1,73	1,753	0,214	0,248	0,570

#### 4.3.1.1.2. Sub-Fácies Areia Média Fina

O número de amostras enquadradas nesta sub-fácies também não é muito grande. Elas se distribuem na área de comunicação entre a Lagoa dos Patos e a Lagoa do Casamento, nas proximidades das margens lagunares e em alguns locais nas partes mais internas da área de ocorrência da fácies arenosa, onde a profundidade é relativamente maior.

Nestas últimas situações a ocorrência de franjas de sedimentos mais grosseiros em meio à massa de areia fina, aparentemente incompatível com as condições de energia ambiental, parece retratar a existência de áreas relíquias da última regressão lagunar que não foram totalmente modificadas e redistribuídas pelos agentes que presidem a sedimentação atual.

O exame dos materiais constituintes desta sub-fácies revela areias limpas de cor creme, às vezes amarelo acastanhado constituídas por duas populações texturais distintas. A mais grosseira composta por grãos esféricos muito bem arredondados, lisos e predominantemente foscos. A mais fina caracteriza-se por grãos subesféricos a esféricos, arredondamento variável, mamelonados a lisos, polidos. Em alguns casos os grãos mostram uma pigmentação por óxidos de ferro.

A caracterização granulométrica, conforme pode ser visto na Fig. 28 e na Tabela 10, revela que tais sedimentos são areias de classificação boa a moderada, assimetria negativa, com uma distribuição meso a leptocúrtica.

Do ponto de vista composicional, são predominantemente quartzosas aparecendo esporadicamente feldspatos, minerais pesados e fragmentos de conchas de moluscos.

TABELA 10 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de sub-fácies areia média-fina.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u>α<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 110	1,940	1,940	0,351	-0,033	0,521
LC - 117	2,05	1,996	0,226	-0,333	0,273
LC - 125	1,870	1,813	0,617	-0,238	0,535
LC - 133	1,970	1,896	0,467	-0,290	0,526
LC - 134	1,930	1,923	0,286	-0,063	0,531
LC - 146	1,80	1,820	0,557	0,026	0,479

#### 4.3.1.1.3. Sub-Fácies Areia Fina-Média

A distribuição desta sub-fácies segue aproximadamente os mesmos padrões da sub-fácies anterior e sua área de ocorrência, embora descontínua, é bem maior.

A areia fina-média aparece em três situações distintas. A primeira constituída por uma ampla franja situada na entrada da Lagoa do Casamento. A segunda representada por duas franjas situadas nas extremidades norte e sul do Canal do Monjolo. A terceira constituída por manchas dispostas na parte mais interna da fácies arenosa.

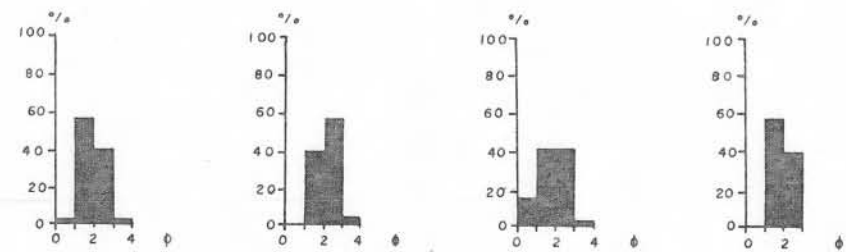
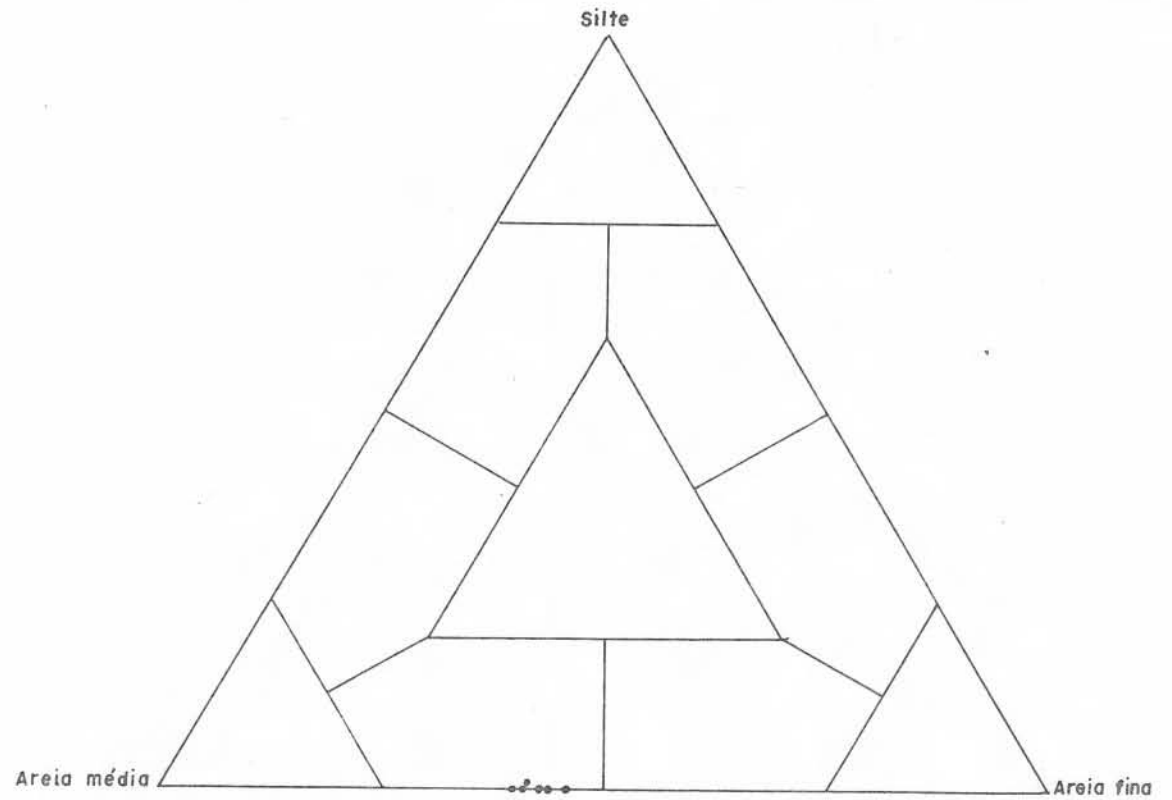
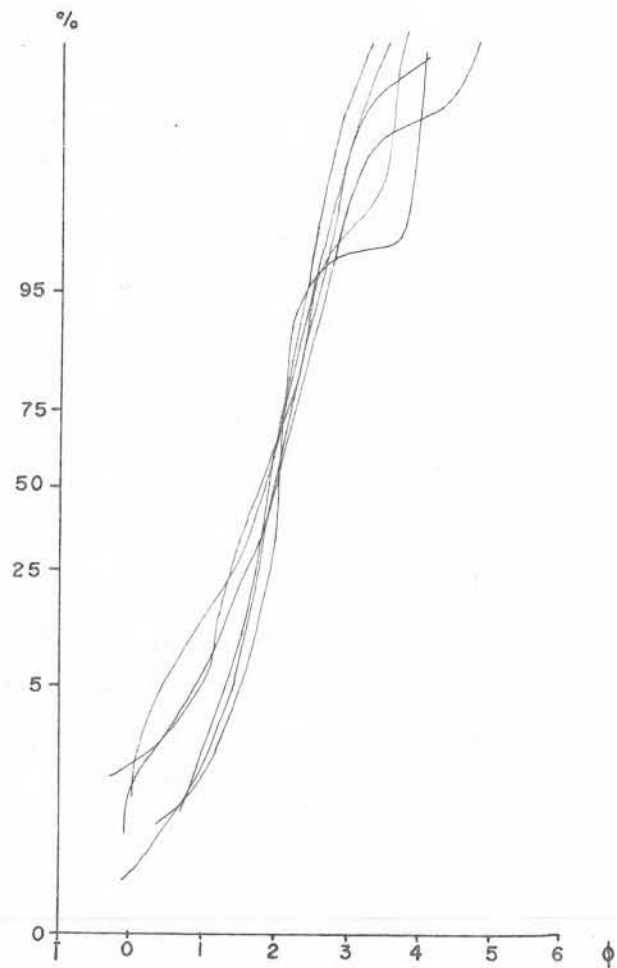


Figura 28 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA SUB-FÁCIES AREIA MÉDIA FINA

As duas primeiras localizam-se em zonas de pequena profundidade com energia ambiental elevada e onde a disponibilidade de areias mais grosseiras das praias e cristas de praia adjacentes é suficiente para contaminar a areia mais fina dominante na fácies arenosa. Tais fatos não se verificam nas ocorrências da terceira situação que desconectadas das fontes atuais de materiais grosseiros se distribuem em maiores profundidades, representando, como acontece com a sub-fácies areia-média-fina, sedimentos reliquias parcialmente modificados pela ação de uma fração arenosa mais fina, mais moderna.

Os aspectos texturais são semelhantes aos da sub-fácies anteriormente descrita, igualmente de natureza transicional.

A fração mais fina predominante, é constituída por grãos subesféricos, subarredondados, mamelonados a lisos e polidos, enquanto que a fração mais grosseira é caracterizada por grãos esféricos e arredondados, lisos, foscos e freqüentemente pigmentados por óxidos de ferro.

Algumas amostras, especialmente as que se situam nas partes mais internas, mais profundas, mostram uma contaminação síltica.

As características granulométricas apresentadas na Fig. 29 e na Tabela 11 mostram que os sedimentos dessa sub-fácies são moderadamente classificados e pobremente classificados nas amostras em que a contaminação síltica se faz sentir. As distribuições são predominantemente simétricas, ocorrendo assimetrias negativas nas amostras coletadas próximo às margens e assimetrias positivas naquelas provenientes de zonas mais profundas. Há uma leve predominância das distribuições leptocúrticas sobre as mesocúrticas.

São areias constituídas essencialmente por quartzo, ocorrendo pequenas quantidades de minerais pesados, fragmentos de con



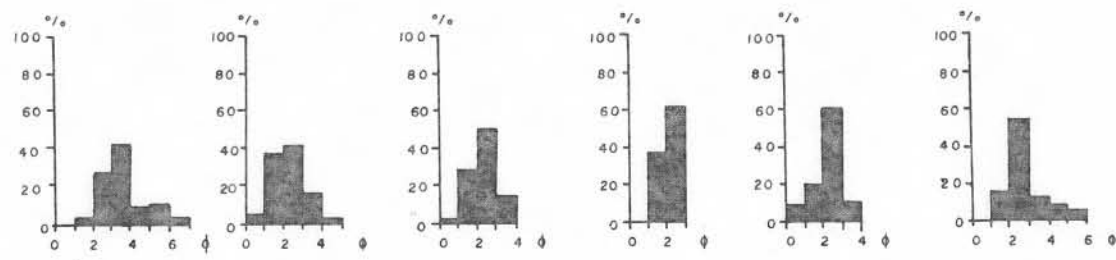
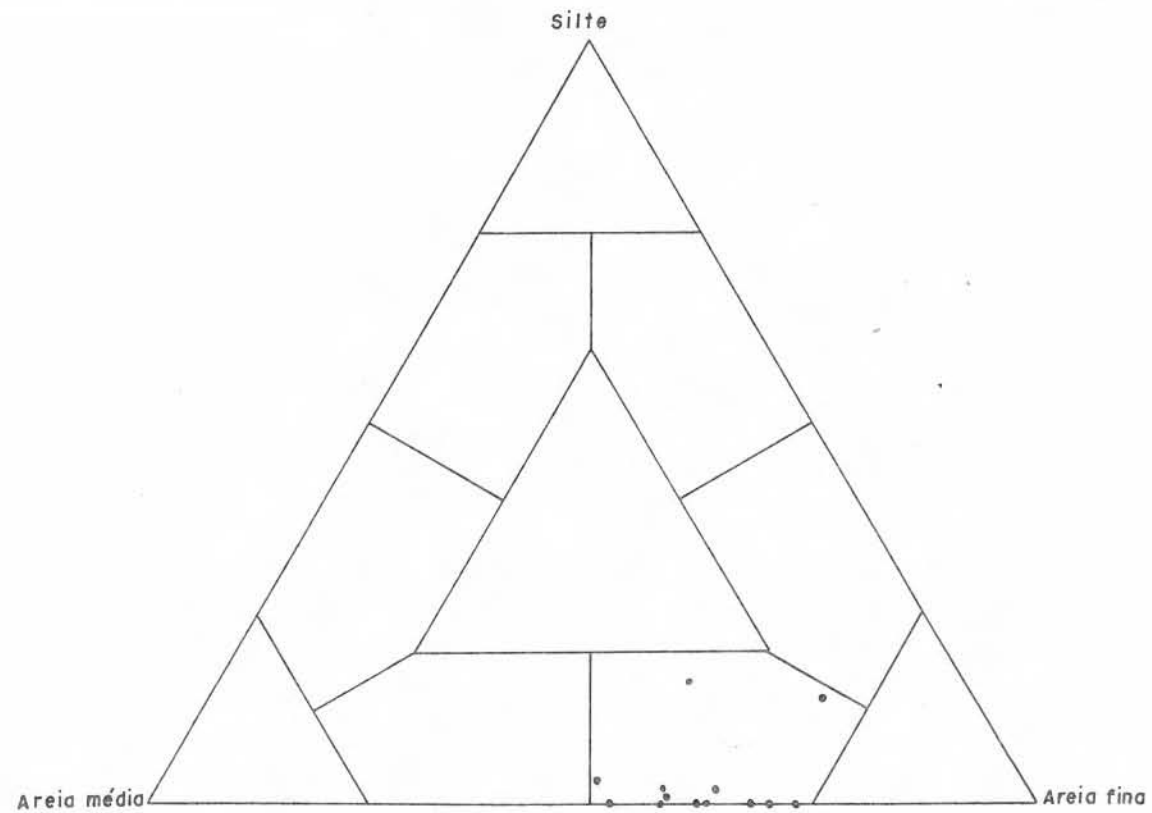
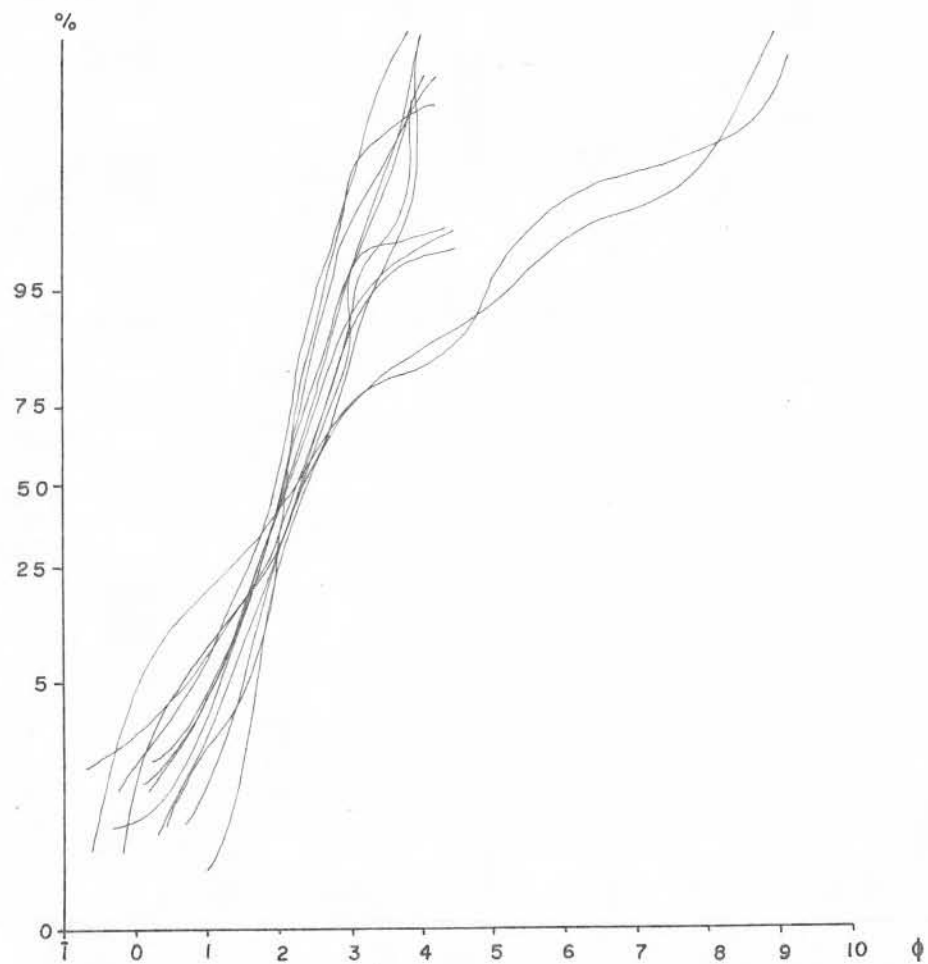


Figura 29 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA SUB-FÁCIES AREIA FINA MÉDIA

TABELA 11 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de sub-fácies areia fina-média.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 76	2,31	2,680	1,167	0,441	0,579
LC - 77	2,08	2,166	0,676	0,151	0,483
LC - 78	2,30	2,283	0,543	-0,061	0,480
LC - 115	2,15	2,136	0,341	-0,072	0,551
LC - 120	2,00	1,983	0,431	-0,054	0,501
LC - 122	2,30	2,273	0,599	-0,081	0,482
LC - 126	2,30	2,030	0,965	-0,521	0,457
LC - 135	2,11	2,103	0,509	-0,048	0,511
LC - 140	2,130	2,103	0,723	-0,060	0,529
LC - 147	2,30	2,230	0,727	-0,187	0,566
LC - 151	2,40	2,730	1,015	0,546	0,615
LC - 158	2,08	2,086	0,221	0,099	0,557

chas de moluscos e restos de matéria orgânica vegetal.

#### 4.3.1.1.4 Sub-Fácies Areia Fina

Conforme foi salientado anteriormente, a sub-fácies areia fina mostra um domínio absoluto sobre as demais no que diz respeito ao volume de material e distribuição em área.

São sedimentos constituídos essencialmente por grãos subesféricos, subarredondados, mamelonados a lisos, polidos. As amostras coletadas nas proximidades das margens são de areias limpas de cor creme, desprovidas de materiais finos e quase sempre mostrando alguns grãos mais grosseiros, esféricos, bem arredondados, lisos e foscos. Por outro lado, aquelas obtidas nas partes mais internas são de areias sujas, de cor cinzento, às vezes acas

tanhado, pouco sílticos, desprovidas de grãos mais grosseiros bem trabalhados.

Do ponto de vista granulométrico, conforme se observa na Fig. 30 e na Tabela 12 os materiais da sub-fácies areia fina a apresentam dois tipos distintos de comportamento. Um grupo constituido por areias puras e outro por areias pouco sílticas, o que confirma as observações feitas quando da descrição dos aspectos texturais relatados no parágrafo anterior. Tal fato é perfeitamente visível tanto nas curvas de frequência acumulada como nos histogramas ali apresentados.

Na maioria absoluta das amostras a classe modal dominante é a de areia fina.

As areias limpas apresentam uma classificação muito boa a boa, moderada quando contaminada por grosseiros, e as distribuições são simétricas ou assimétricas negativas, leptocúrticas ou mesocúrticas. Por outro lado, as areias sujas tem uma classificação moderada, às vezes pobre, e tem distribuições assimétricas positivas em sua maioria, embora ocorram simétricas e assimétricas negativas, todas, quase sempre leptocúrticas.

Do ponto de vista composicional são areias quartzosas, contendo ainda minerais pesados, fragmentos de conchas de moluscos, valvas de ostracodes, carapaças de insetos, restos orgânicos vegetais, pelotas fecais e pelotas de limonita.

#### 4.3.1.2. Fácies Areno-Síltica

Os sedimentos que caracterizam esta fácies distribuem-se nas partes mais internas do corpo lagunar ocupando uma zona transicional entre as fácies arenosa e silto-arenosa.

São areias sílticas onde a fração arenosa é constituída

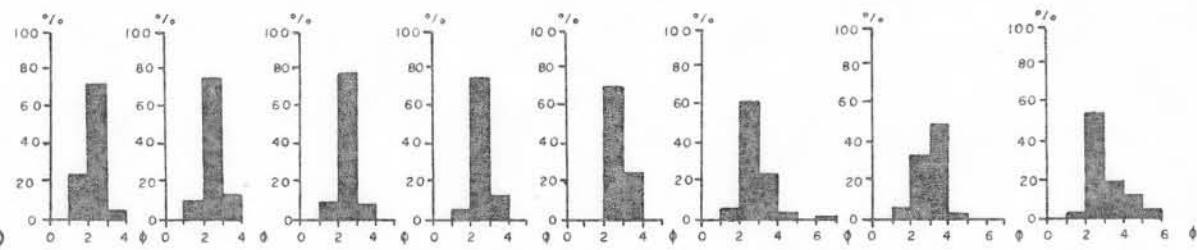
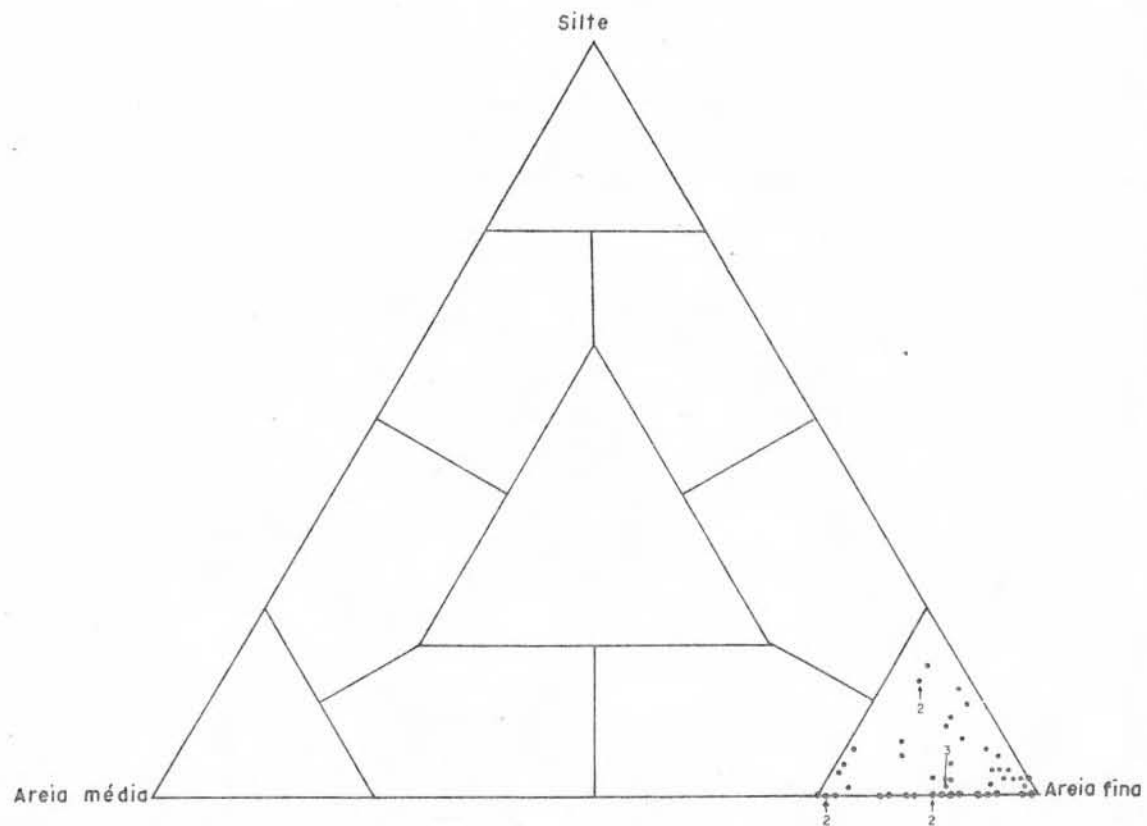
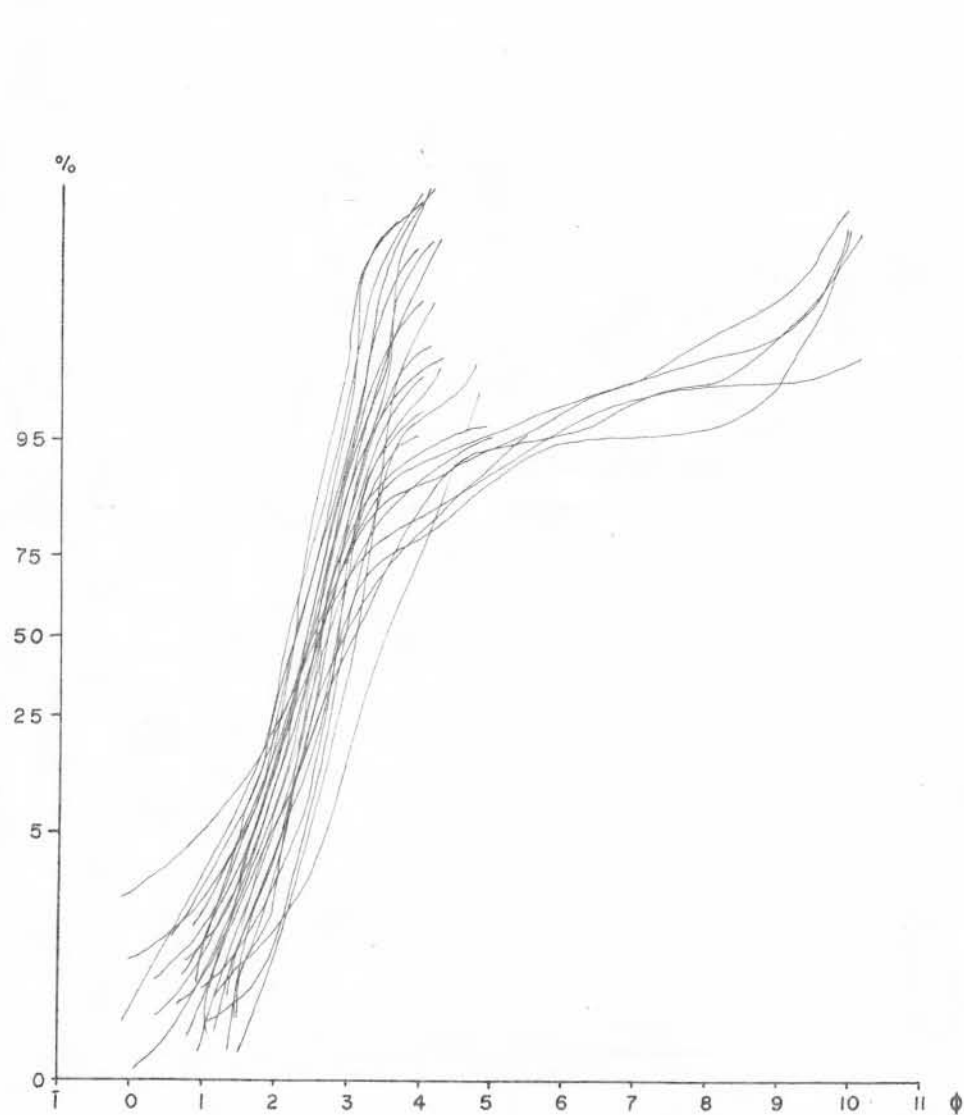


Figura 30 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA SUB-FÁCIES AREIA FINA

TABELA 12 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras re-  
presentativas de sub-fácies areia-fina.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>z</sub></u>	<u><math>\sigma_1</math></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 35	2,52	2,506	0,301	-0,103	0,505
LC - 36	2,30	2,343	0,641	0,346	0,644
LC - 39	2,59	2,53	0,419	-0,294	0,542
LC - 43	3,50	3,593	0,611	0,276	0,517
LC - 53	2,20	2,220	0,307	0,000	0,515
LC - 60	2,95	3,283	0,691	0,617	0,550
LC - 64	3,00	2,943	0,464	-0,157	0,521
LC - 67	3,00	2,966	0,455	-0,153	0,496
LC - 68	2,90	2,806	0,381	-0,378	0,595
LC - 69	2,80	2,766	0,442	-0,091	0,501
LC - 70	2,46	2,466	0,565	-0,010	0,492
LC - 81	2,50	2,536	0,479	0,119	0,501
LC - 82	2,50	2,556	0,693	0,358	0,663
LC - 83	2,64	2,910	1,120	0,578	0,675
LC - 84	3,05	3,476	1,179	0,651	0,650
LC - 85	2,66	2,590	0,445	-0,321	0,520
LC - 86	2,40	2,330	0,393	-0,227	0,506
LC - 87	2,55	2,566	0,422	0,026	0,559
LC - 88	2,60	2,566	0,459	-0,167	0,527
LC - 89	2,60	2,573	0,462	-0,138	0,543
LC - 90	2,60	2,626	0,356	0,127	0,534
LC - 95	2,53	2,476	0,370	-0,252	0,436
LC - 96	2,60	2,506	0,526	-0,339	0,490
LC - 97	2,50	2,503	0,424	-0,094	0,541
LC - 98	2,78	2,783	0,785	0,297	0,732
LC - 100	2,52	2,580	0,535	0,281	0,574
LC - 101	2,50	2,526	0,402	0,180	0,513
LC - 104	2,72	3,066	1,128	0,634	0,737
LC - 105	2,56	2,913	1,000	0,635	0,618
LC - 106	3,04	3,110	0,818	0,259	0,575
LC - 107	2,90	2,890	0,224	-0,091	0,580
LC - 109	2,50	2,500	0,403	0,014	0,513
LC - 116	2,80	2,733	0,357	-0,321	0,494
LC - 118	2,98	2,923	0,542	-0,012	0,746
LC - 123	2,70	2,556	0,655	-0,438	0,500

Cont.

	<u>MD</u>	<u>M<sub>Z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 137	2,72	2,730	0,280	0,142	0,577
LC - 138	2,83	2,760	0,293	-0,350	0,519
LC - 144	3,11	3,020	0,651	-0,076	0,748
LC - 145	2,50	2,453	0,277	-0,267	0,510
LC - 150	2,40	2,450	0,590	0,348	0,654
LC - 171	2,67	3,143	0,996	0,682	0,627
LC - 175	2,52	2,54	0,259	0,127	0,540
LC - 179	2,45	2,46	0,363	0,020	0,495

por grãos subesféricos e subangulares com uma textura superficial mamelonada a lisa, quase sempre polidos. Em algumas amostras há evidências de contaminação com a população arenosa mais madura, constituída por grãos esféricos, muito bem arredondados e foscos.

As características granulométricas apresentadas na Fig. 31 e na Tabela 13 mostram que a classe modal dominante situa-se tanto no intervalo da areia fina como no da areia muito fina, ou mesmo no do silte muito grosso. Apresentam uma seleção pobre a muito pobre e as distribuições granulométricas assimétricas positivas em sua maioria leptocúrticas, com um bom número de amostras platicúrticas.

Composicionalmente são areias quartzosas, contendo fragmentos de conchas e moluscos, ostracodes, restos orgânicos vegetais e em algumas amostras, micro-concreções de pirita.

#### 4.3.1.3. Fácies Silto-Arenosa

Os sedimentos que se agrupam nesta fácies distribuem-se ao longo de uma zona transicional entre as fácies sílticas e areno-síltica, nas partes mais internas e relativamente profundas da

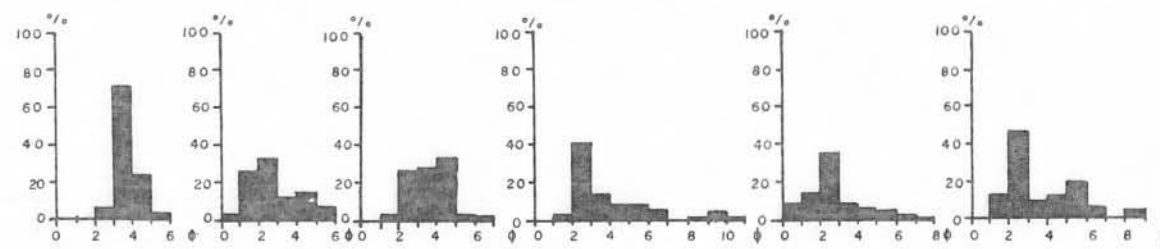
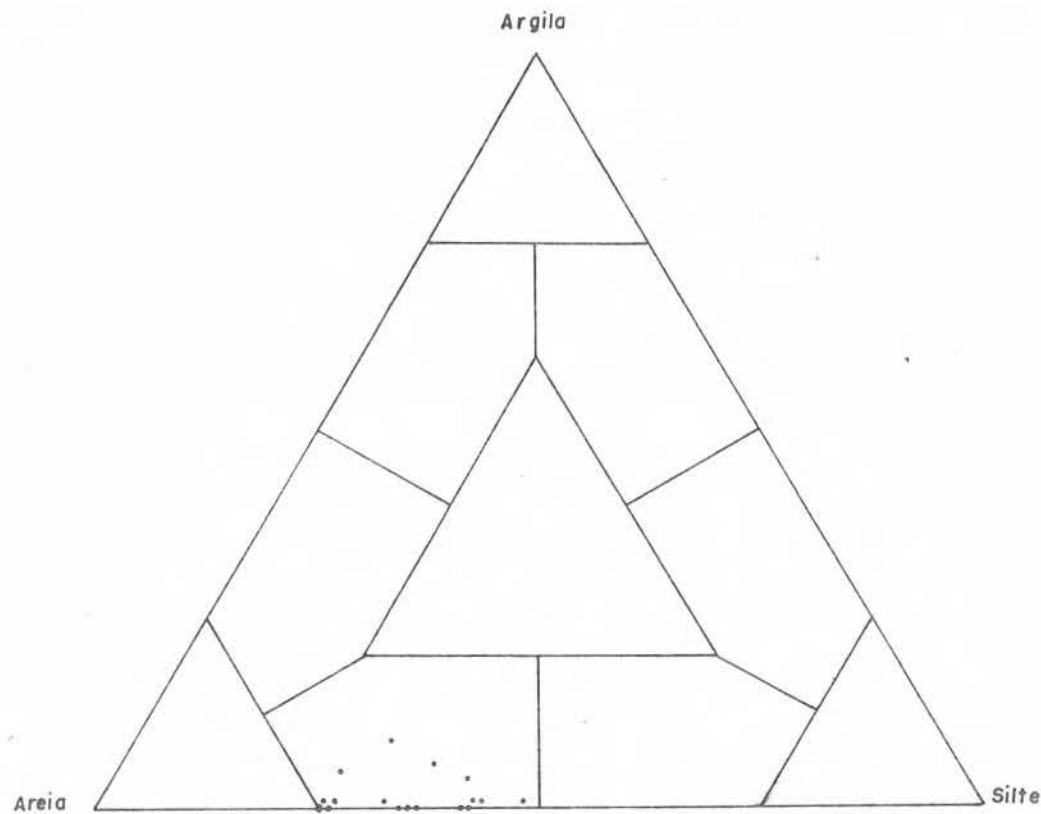
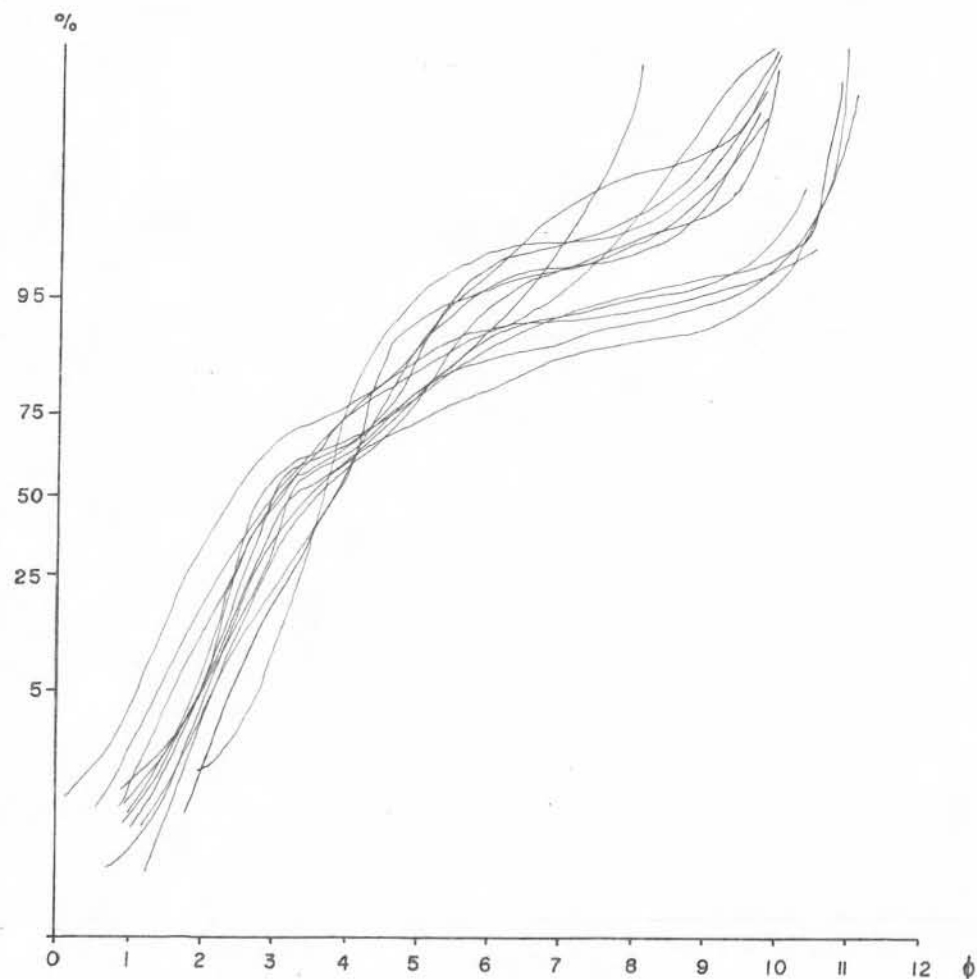


Figura 31 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA FÁCIES ARENO-SÍLTICA

TABELA 13 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de fácies areno-siltica.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>Z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 37	2,80	3,486	1,483	0,697	0,475
LC - 42	3,85	3,886	0,890	0,062	0,515
LC - 44	3,70	3,700	0,583	0,090	0,592
LC - 49	2,50	2,916	1,458	0,421	0,602
LC - 59	3,50	3,50	1,040	0,102	0,471
LC - 61	3,20	3,360	1,714	0,378	0,648
LC - 62	3,00	3,320	1,752	0,420	0,580
LC - 94	2,96	3,596	1,807	0,712	0,602
LC - 102	3,10	3,690	1,386	0,577	0,465
LC - 103	3,00	3,933	2,239	0,711	0,517
LC - 124	2,75	3,406	2,707	0,510	0,630
LC - 153	3,30	3,660	1,643	0,462	0,546
LC - 162	3,60	3,830	1,244	0,262	0,429
LC - 172	2,95	3,430	1,120	0,565	0,419
LC - 177	2,81	3,486	1,480	0,587	0,419
LC - 178	3,30	3,650	1,315	0,412	0,438

bacia de sedimentação.

O material siltico domina sobre a fração areia e as propriedades granulométricas são apresentadas na Fig. 32 e na Tabela 14.

Conforme se observa nos histogramas ali apresentados, a classe modal dominante é a do silte muito grosso. A seleção varia desde moderada até muito pobre e as distribuições granulométricas mostram assimetrias variáveis, predominando as positivas e no que diz respeito a curtósis, são em sua maioria leptocúrticas.

O quartzo é ainda o constituinte essencial destes sedimentos. Ocorrem ainda fragmentos de conchas de moluscos, carapaças de diatomáceas e restos orgânicos vegetais.



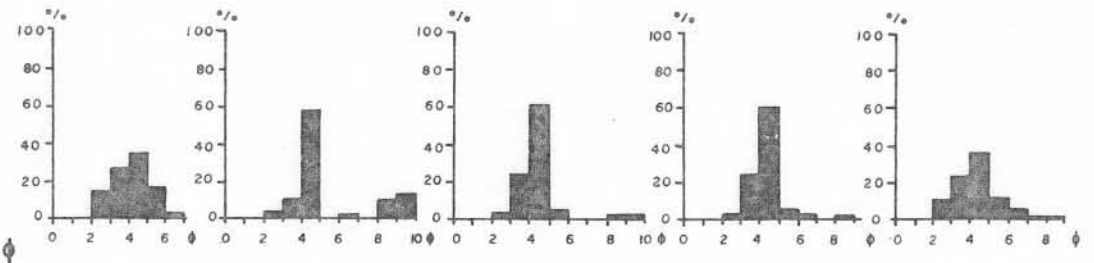
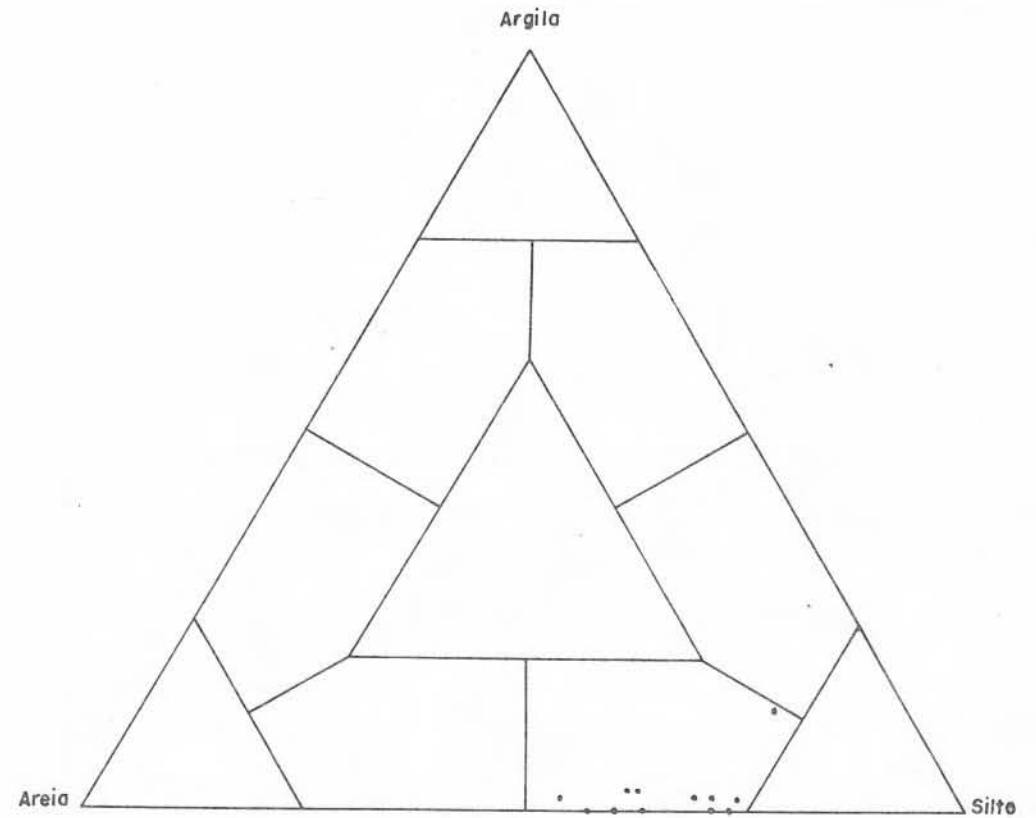
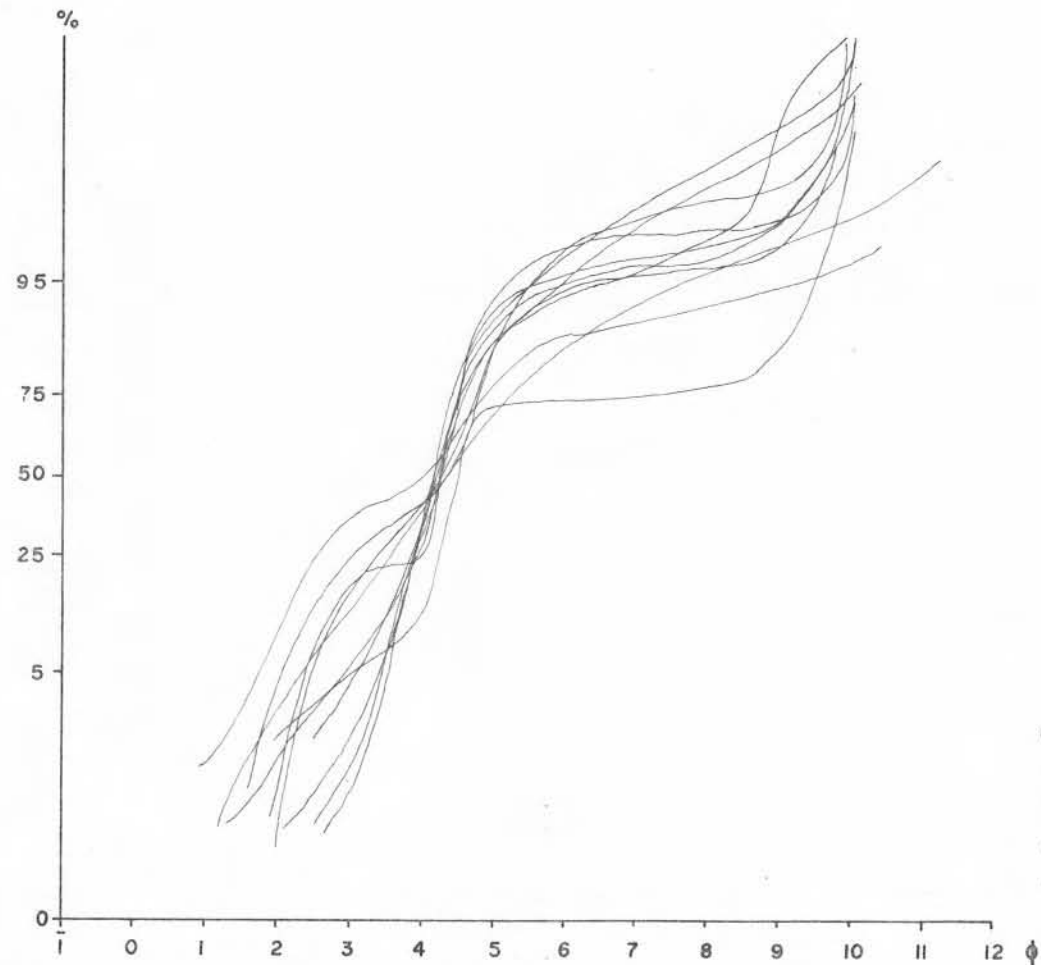


Figura 32 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA FÁCIES SILTO-ARENOSA

TABELA 14 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas de fácies silto-arenosas.

	$\bar{M}_d$	$M_z$	$\sigma_1$	$Sk_1$	K'G
LC - 45	4,18	4,166	1,069	0,024	0,501
LC - 50	4,05	4,110	0,525	0,289	0,579
LC - 52	4,20	4,100	1,003	-0,066	0,636
LC - 71	4,10	3,900	1,966	0,108	0,574
LC - 72	4,50	5,806	2,197	0,676	0,496
LC - 75	4,29	4,330	0,607	0,136	0,512
LC - 79	4,25	4,170	0,728	-0,058	0,649
LC - 114	4,22	4,21	0,791	0,174	0,662
LC - 148	4,30	4,366	1,487	0,169	0,541
LC - 157	4,30	3,966	0,829	-0,457	0,686
LC - 161	4,16	4,160	0,508	0,176	0,637

#### 4.3.1.4. Fácies Siltica

A fácies siltica distribui-se pelas partes mais internas e profundas do corpo lagunar, zonas de reduzida energia ambiental.

Os sedimentos são essencialmente silticos, constituídos por grãos de esfericidade e arredondamento muito baixos.

Conforme se depreende das características granulométricas apresentadas na Fig. 33 e na Tabela 15, a classe modal dominante é a do silte muito grosso. Os sedimentos apresentam uma seleção moderada, às vezes pobre, com distribuições assimétricas positivas, mais raramente simétricas, predominantemente leptocúrticas.

Composicionalmente, o quartzo é o constituinte predominante, ocorrendo ainda em quantidades acessórias, fragmentos de conchas de moluscos e restos orgânicos vegetais.

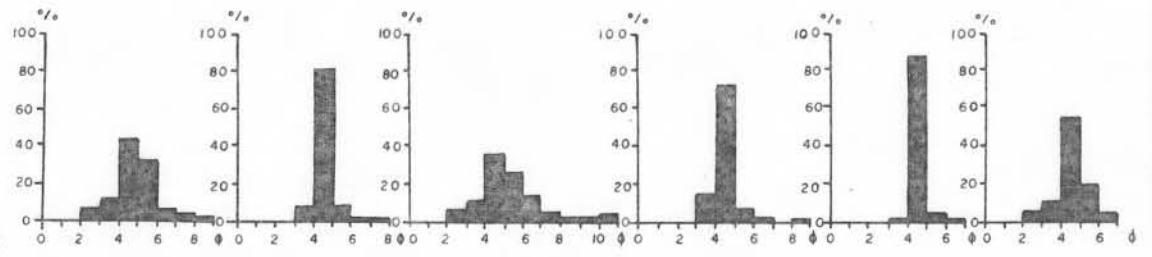
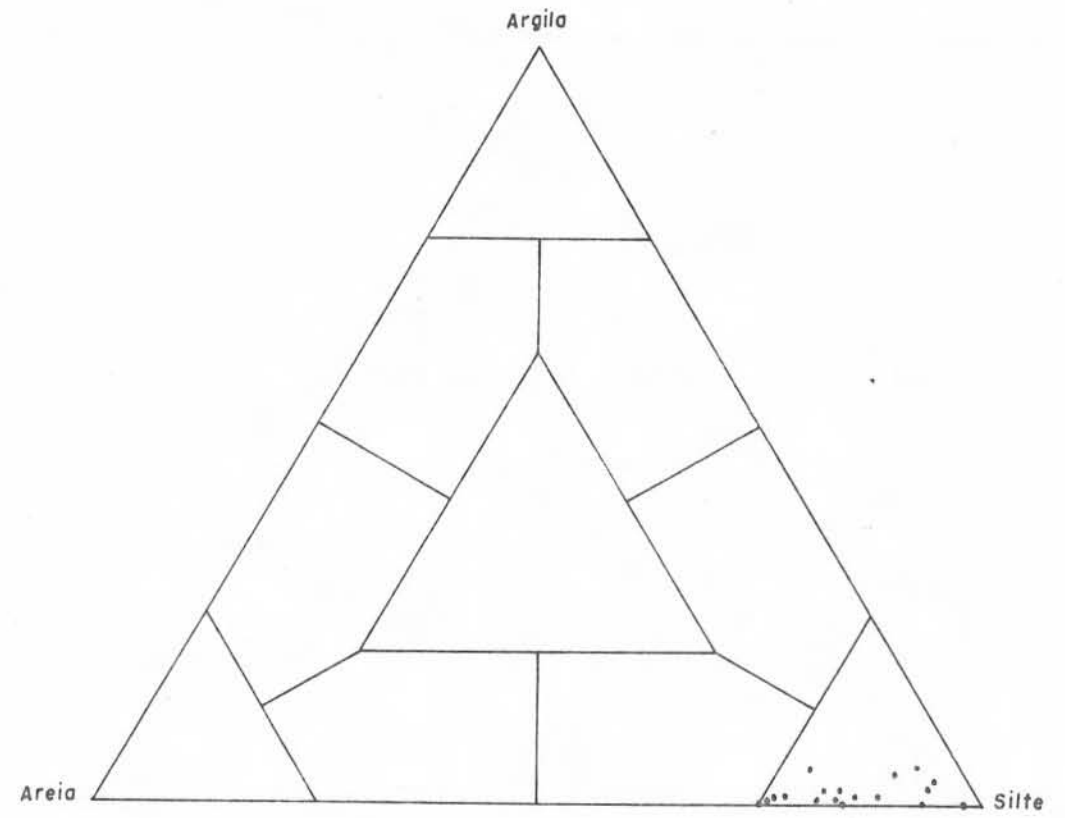
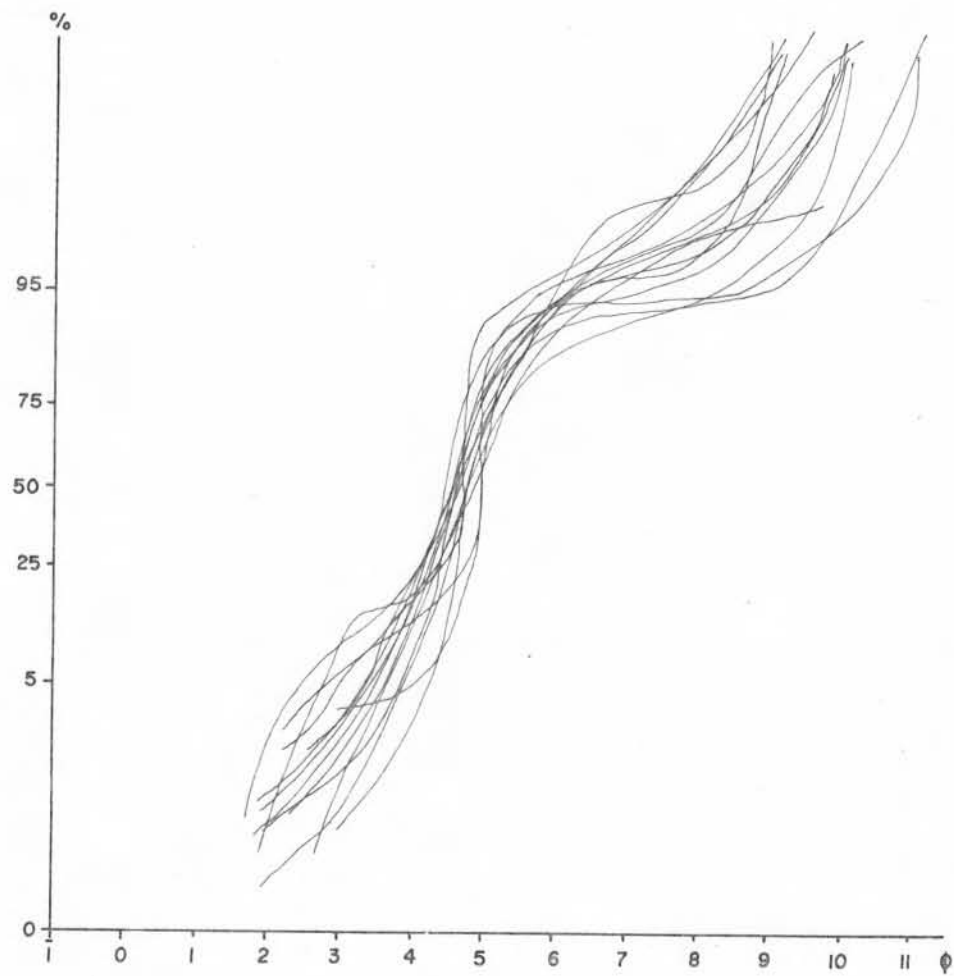


Figura 33 - CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS DE AMOSTRAS REPRESENTATIVAS DA FÁCIES SÍLTICA

des:naira silveira

TABELA 15 - Parâmetros granulométricos estatísticos. Amostras representativas da fácies síltica.

	<u>Md</u>	<u>M<sub>Z</sub></u>	<u>σ<sub>1</sub></u>	<u>Sk<sub>1</sub></u>	<u>K'G</u>
LC - 38	4,60	4,666	1,287	0,146	0,659
LC - 40	4,90	4,843	0,998	-0,064	0,632
LC - 51	4,40	4,416	0,681	0,228	0,626
LC - 54	4,51	4,513	0,500	0,145	0,577
LC - 55	4,85	4,993	0,967	0,394	0,729
LC - 56	4,59	4,646	0,487	0,332	0,765
LC - 57	4,72	4,573	0,558	-0,041	0,608
LC - 58	4,60	4,650	0,752	0,085	0,526
LC - 73	4,53	4,510	0,694	0,134	0,738
LC - 74	4,29	4,293	0,671	0,102	0,558
LC - 91	5,00	5,033	1,488	0,151	0,615
LC - 111	4,70	4,786	1,054	0,381	0,743
LC - 154	4,40	4,443	0,907	0,294	0,672
LC - 155	4,35	4,380	0,605	0,205	0,588
LC - 156	5,00	4,900	0,767	-0,266	0,735
LC - 160	4,75	4,720	0,258	-0,026	0,784
LC - 170	4,92	4,966	0,857	0,424	0,892
LC - 176	4,70	4,626	0,965	-0,080	0,684

#### 4.3.2. Características Mineralógicas

A análise da composição mineralógica dos sedimentos de fundo seguiu o mesmo procedimento adotado no estudo dos materiais das areias-fontes, isto é, a determinação da mineralogia da fração grosseira maior do que 0,062 mm, e a mineralogia das argilas da fração fina menor do que 4 micra.

#### 4.3.2.1. Fração Grosseira

A composição mineralógica das areias presentes nas diversas fácies que atapetam o fundo da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto é essencialmente quartzosa.

O teor de feldspatos é de 2,5 % tomando-se a média das 14 amostras estudadas. Existem variações entre 0,5 e 8,0 %, entretanto não foi observado nenhum aspecto de zonalidade que retratasse a influência de áreas fontes distintas. Os feldspatos alcalinos dominam sobre os plagioclásios e a razão entre estes dois constituintes sofre uma variação que também se distribui de modo irregular pela área. Os minerais pesados presentes nestas areias ocorrem sempre em pequenas quantidades não ultrapassando 3 % em peso da amostra total.

A assembléia mineralógica é constante nas 14 amostras analisadas e as pequenas variações apresentadas mostraram-se aleatórias.

As turmalinas são os minerais dominantes, seguidas pelo distênio, estaurolita, zircão e opacos. Como acessórios apareceram epidoto, rutilo, andalusita, tremolita, granada, biotita e esfênio.

A composição mineralógica da fração grosseira destes sedimentos de fundo é então muito semelhante à dos materiais que constituíram as suas áreas fontes, não se observando modificações significativas que servissem de base para estabelecer diferenças de influência de uma ou de outra área na sedimentação lagunar.

#### 4.3.2.2. Fração Fina: Argilo-Minerais

Os sedimentos finos que atapetam as zonas mais centrais,

e profundas do corpo lagunar tem quase sempre uma quantidade muito pequena de partículas do tamanho argila, isto é, menores do que 4 micra, fato que dificultou a separação de material para análise difratométrica de raios X.

Mesmo assim foram examinadas 7 amostras e os resultados mostraram que os argilo-minerais presentes são a montmorilonita, a ilita e a caulinita, conforme pode ser observada no quadro abaixo.

AMOSTRA	% DE ARGILA	M	I	K
LC - 38	0,5	8	1	1
LC - 49	0,9	traços	-	-
LC - 54	0,7	9	traços	1
LC - 62	4,1	9	traços	1
LC - 103	9,1	8	1	1
LC - 114	0,1	-	-	-
LC - 124	9,6	10	-	-

Os dados acima apresentados não diferem muito do quadro geral apresentado para os sedimentos das áreas fontes. Entretanto observa-se que há uma incidência de ilita nos sedimentos de fundo, maior do que a apresentada pelas fácies da margem lagunar. Tal fato permite supor que a ilita aqui encontrada representa, em parte, uma contribuição do material em suspensão trazido pelas águas da Lagoa dos Patos que periodicamente invadem os corpos lagunares em estudo, uma vez que este argilo-mineral ali está sempre presente, embora também em pequenas quantidades.

#### 4.4. Distribuição Faciológica dos Sedimentos Lagunares

Uma vez apresentadas as principais características petrográficas dos sedimentos que constituem as diversas fácies texturais encontradas no fundo lagunar cabe aqui analisar a sua distribuição em área.

Considerando que o ambiente sedimentar é uma unidade espacial onde as condições físicas, químicas e biológicas e outras influências que afetam o desenvolvimento de um sedimento são suficientemente constantes para formar um tipo característico de depósito, conforme apontaram SHEPARD & MOORE (1955), buscar-se-á, através dos mapas de classificação textural e dos de variação dos parâmetros granulométricos estatísticos dos materiais de fundo, fazer uma avaliação do grau de fidelidade na correspondência entre as características destes sedimentos e o ambiente geológico onde se processou a sua acumulação.

##### 4.4.1. Distribuição de Fácies-Texturais

###### 4.4.1.1. Areia-Silte-Argila

A distribuição faciológica baseada no conteúdo de areia, silte e argila, observada na Fig. 34, revela um padrão clássico para os sedimentos lagunares, conforme o apresentado por NICHOLS (1964), RUSNAK (1960), PHLEGER (1969) e SHEPARD & MOORE (1955), ou seja, sedimentos grosseiros (areias) depositados ao longo das margens e porções mais rasas do corpo lagunar, e sedimentos finos (siltes), ocupando as partes mais centrais e profundas. Entre as duas, uma zona de sedimentos transicionais (areias sílticas e siltes arenosos).

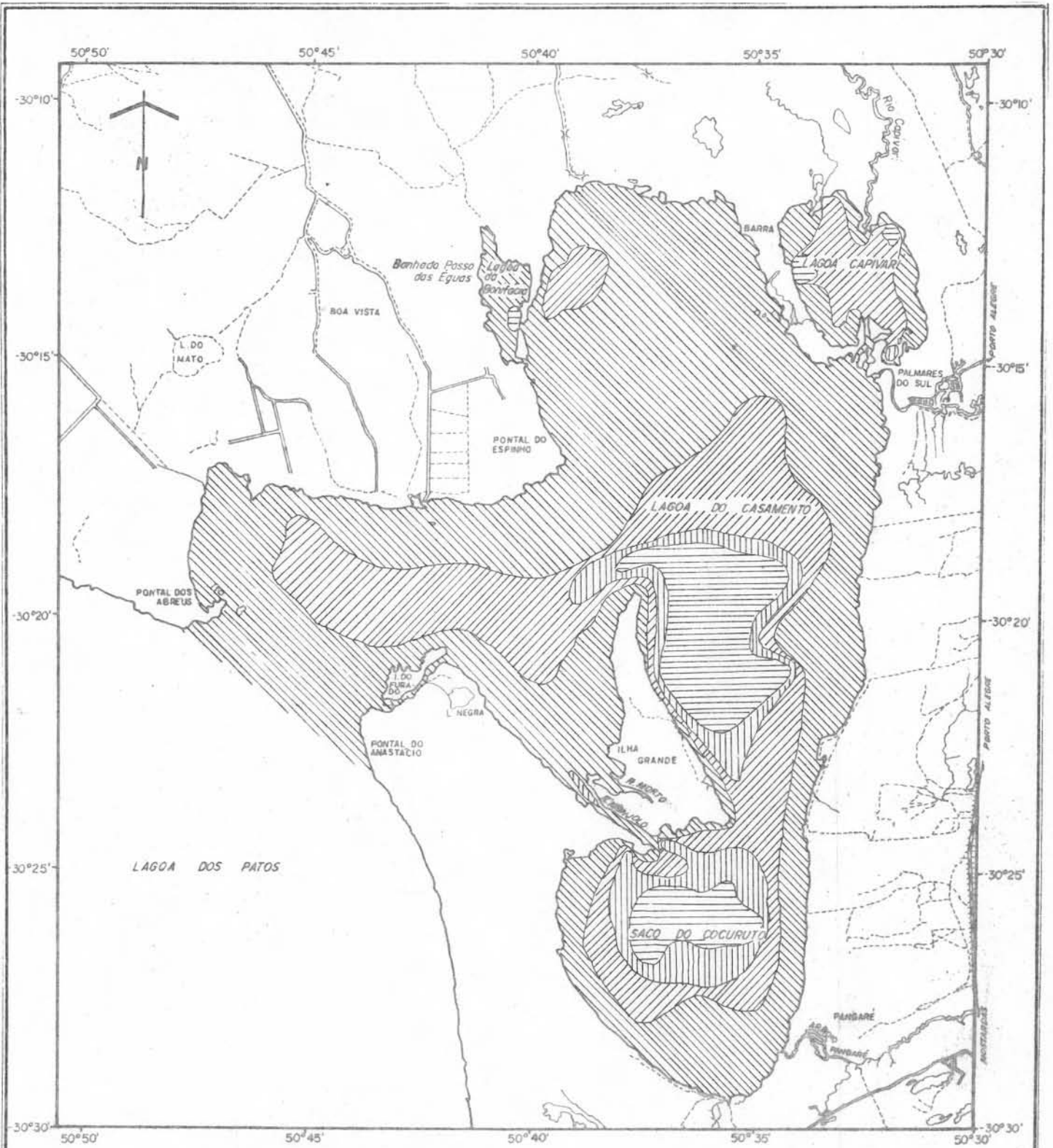
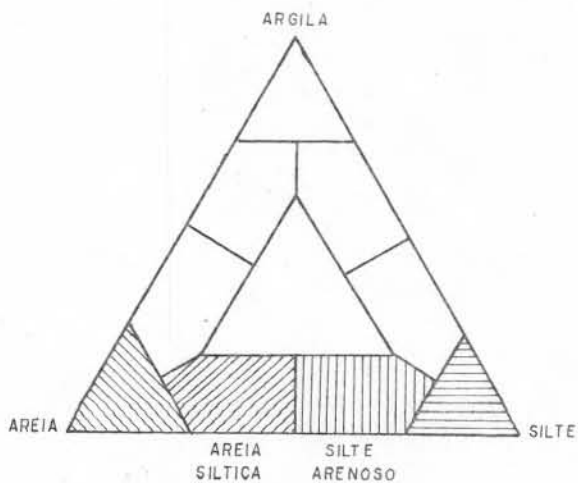


Figura 34 - SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
FÁCIES TEXTURAIS AREIA - SILTE - ARGILA



ESCALA 1:200.000



A fácies arenosa é a dominante em área e apresenta continuidade ao longo de toda a porção marginal da lagoa. A fácies siltica, por outro lado, constitui dois bolsões isolados, um na parte centro sul da Lagoa do Casamento e outro na parte central do Saco do Cocuruto. Ambos são circundados pelas fácies transitórias silte arenoso e areia siltica.

Vestígios de uma sedimentação mais fina são encontrados na parte noroeste da Lagoa do Casamento e no interior das lagoas da Bonifácia e Capivarí.

#### 4.4.1.2. Areia Média-Areia Fina-Silte

A distribuição baseada no conteúdo areia média, areia fina e silte, observadas na Fig. 35, não modificou o quadro faciológico apresentado anteriormente. Contudo ele oferece uma possibilidade de subdivisão de fácies arenosa que se revela de grande importância na interpretação genética dos sedimentos desta fácies.

A areia fina tem uma distribuição dominante em área, ao passo que as sub-fácies mais grosseiras ocorrem na zona de comunicação com a Lagoa dos Patos, em alguns pontos próximos às margens e ainda na parte mais externa da franja arenosa ao longo do contato com a área de ocorrência da fácies areno-siltica.

As ocorrências de areia média e areia média-fina na entrada da Lagoa do Casamento são conseqüências do nível energético ambiental mais elevado que aquela área apresenta, uma vez que sofre a influência direta da hidrodinâmica mais severa da Lagoa dos Patos.

Por outro lado, as franjas mais grosseiras que ocorrem ao longo das margens estão diretamente relacionadas com o retrabalhamento da margem lagunar ali constituída por feixes de cristas

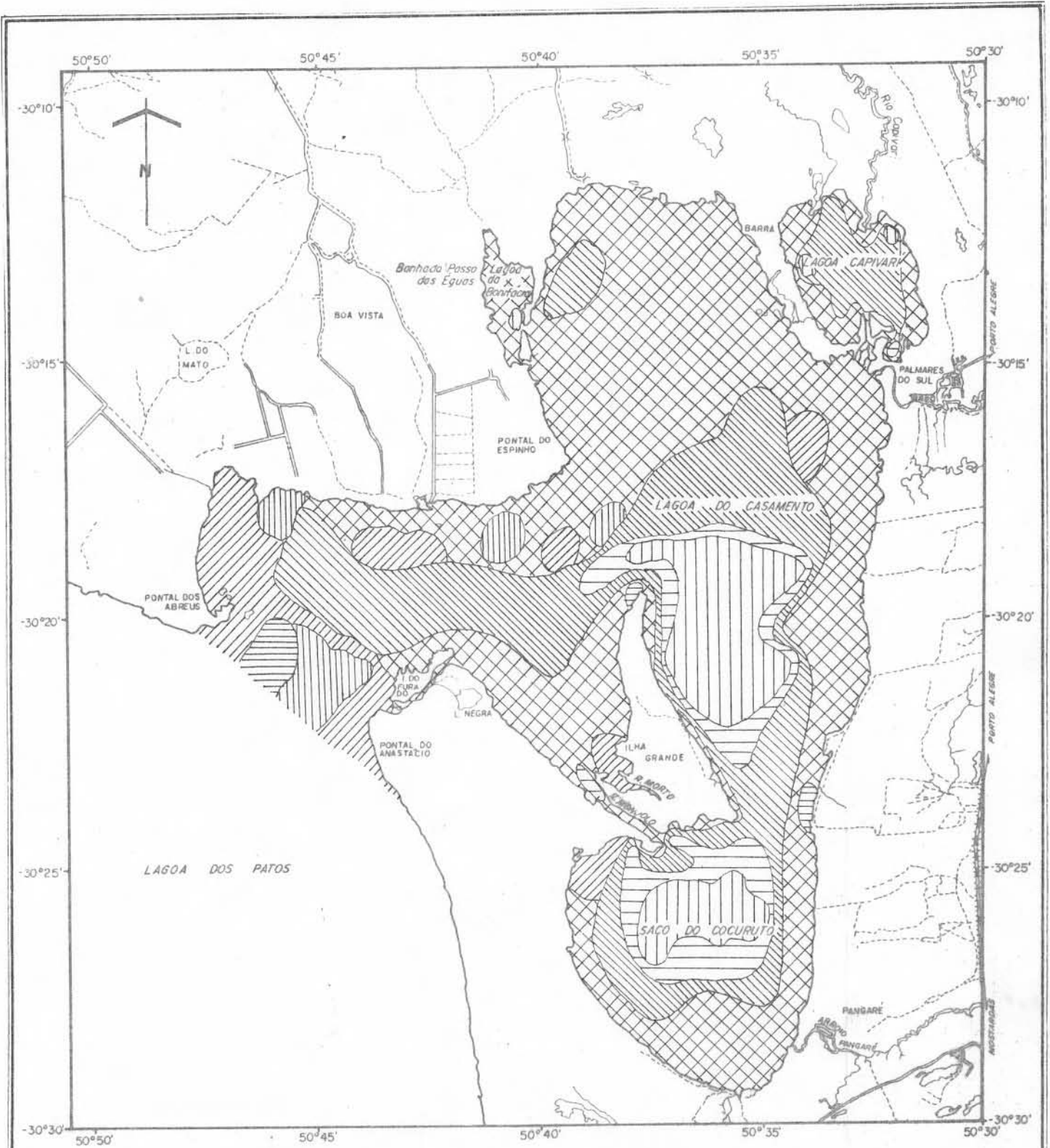
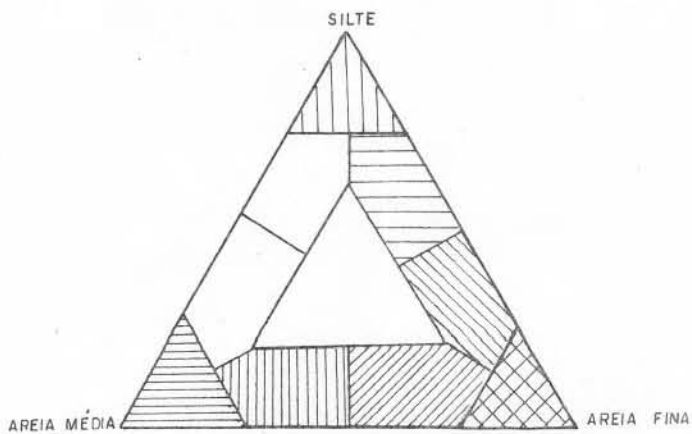


Figura 35 - SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
 FÁCIES TEXTURAS AREIA MÉDIA - AREIA FINA - SILTE



ESCALA 1:200.000

de praia, depósitos que contêm, via de regra, os sedimentos mais grosseiros de toda a área estudada.

As demais ocorrências, situadas no interior do corpo lagunar, sugerem uma situação relíquia pois distribuem-se em meio a areia fina, completamente desconectadas das fontes atuais e em desequilíbrio com as condições energéticas apresentadas ali no momento.

#### 4.4.2. Variação dos Parâmetros Granulométricos Estatísticos

##### 4.4.2.1. Variação da Mediana - Md

De acordo com FOLK & WARD (1957), a mediana é um parâmetro que pode trazer imprecisões se considerado como medida de tamanho médio, uma vez que se baseia em apenas um ponto da curva de frequência acumulada.

A mediana é o valor de tamanho médio que não se acha afetado pelos extremos ocorrentes na distribuição e pela assimetria, correspondendo por outro lado ao valor mais próximo ao diâmetro modal, definindo o tamanho de grão mais abundante, MARTINS (1967).

No presente caso a análise da variação da mediana é válida pois a grande maioria dos sedimentos de fundo são unimodais.

Assim analisando-se o mapa de variação apresentado na Fig. 36, observa-se a existência de quatro populações granulométricas distintas, ou seja, areia média, areia fina, areia muito fina e silte muito grosso.

A primeira, mais expressiva na zona de entrada da Lagoa do Casamento, ocorre também como manchas isoladas. Refletem zonas de nível energético mais elevado que as restantes, onde mate

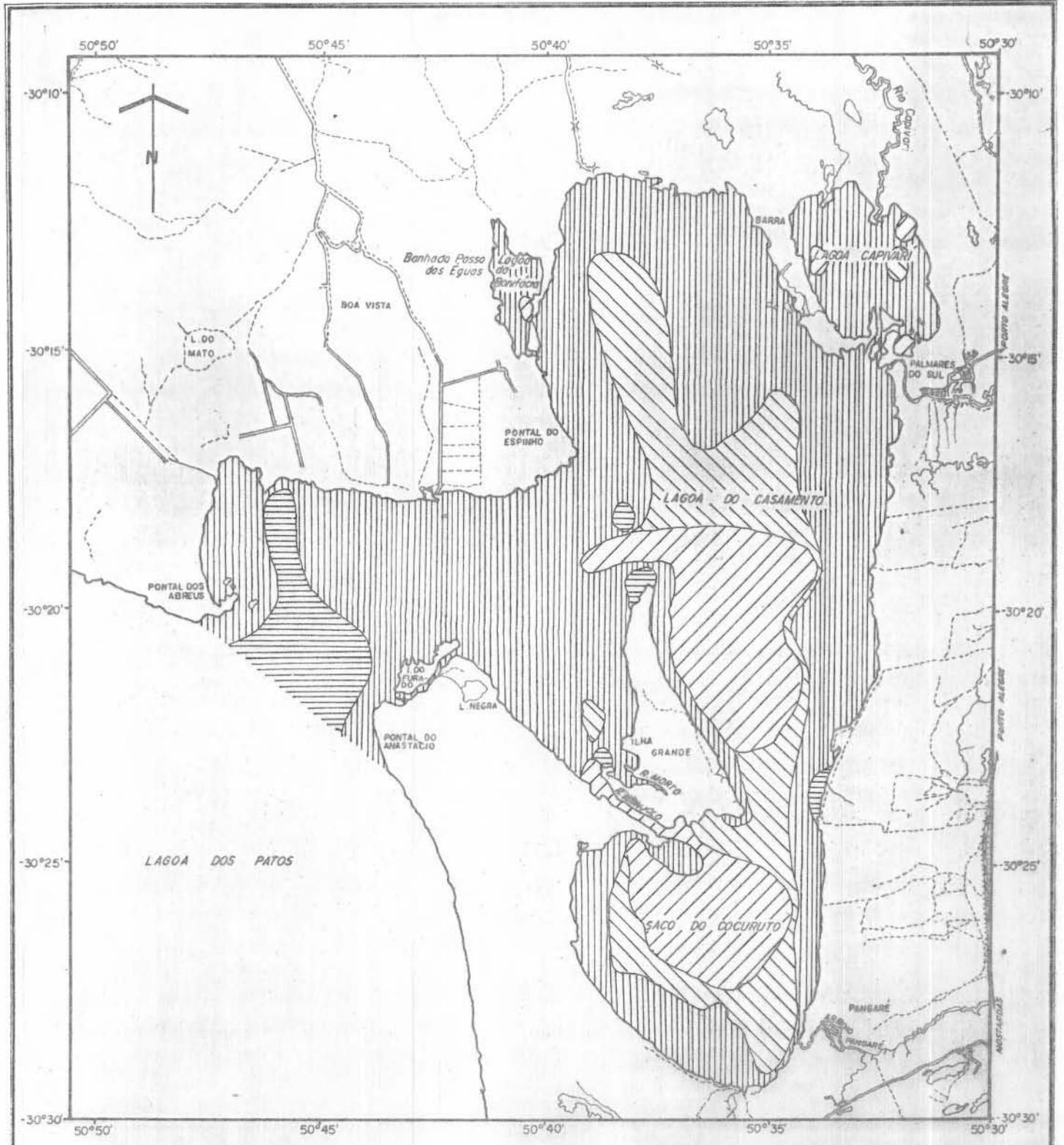






Figura 36 - SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
VARIAÇÃO DA MEDIANA (Md  $\phi$ )

LEGENDA

-  1-2
-  2-3
-  3-4
-  4-5

ESCALA 1:200.000

rial grosseiro fornecido pelas fontes próximas, ou de zonas relíquias, mantem-se sem contaminação efetiva por populações mais finas.

A segunda, a mais desenvolvida no fundo lagunar, distribui-se de maneira uniforme, caracterizando a areia fina como o sedimento mais abundante na área.

A terceira e a quarta populações, formadas por areia muito fina e silte muito grosso, distribuem-se pelas partes mais centrais, retratando uma dinâmica ambiental menos ativa.

De um modo geral, o fundo lagunar é constituído por dois tipos principais de sedimentos, areia fina e silte muito grosso, admitindo entre eles uma série contínua de misturas, conforme pode ser observado na Fig. 37 que apresenta a distribuição de frequência dos valores da mediana das amostras ali coletadas.

Os dois tipos representam produtos finais do processo de retrabalhamento lagunar sobre os materiais das áreas-fontes.

Neste particular, a Lagoa do Casamento apresenta um comportamento idêntico ao da Laguna Madre, na costa do Texas, E.U.A., descrita por RUSNAK (ob. cit.).

#### 4.4.2.2. Variação do Diâmetro Médio - $M_z$

O diâmetro médio indica a tendência central do tamanho médio dos grãos do sedimento. De acordo com SAHU (1964), o tamanho médio representa a energia cinética média do agente de deposição embora seja também dependente da distribuição de tamanho de grão dos materiais disponíveis como fonte.

O mapa de variação do diâmetro médio apresentado na Fig. 38, é em traços gerais muito semelhante ao da distribuição da mediana, discutido no ítem anterior.

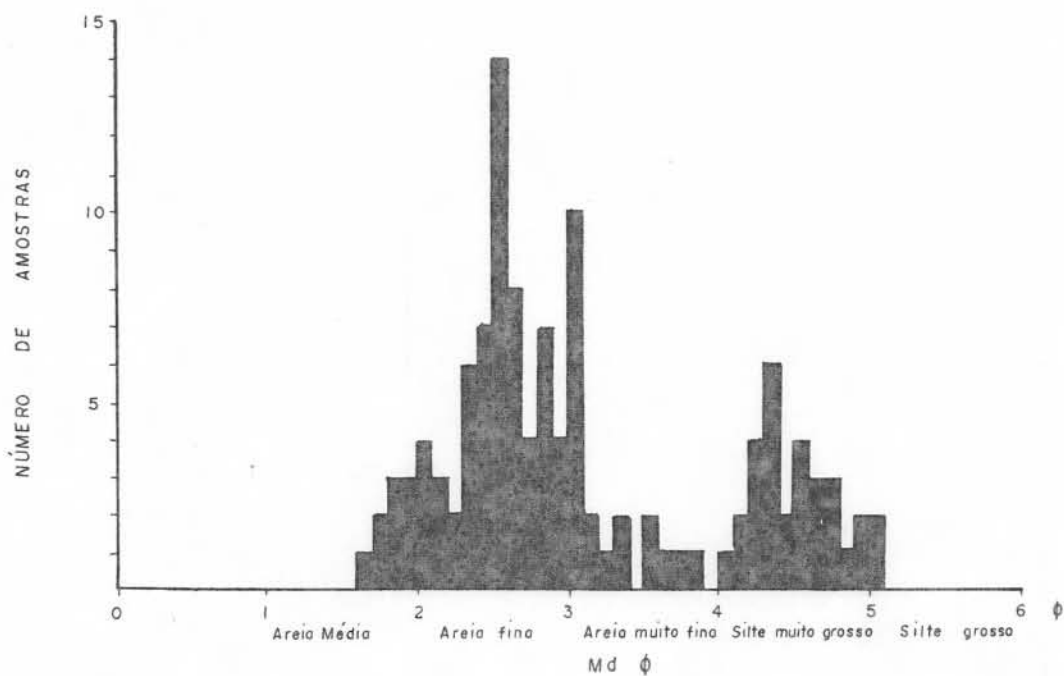


Figura 37 - DISTRIBUIÇÃO DE FREQUÊNCIA DOS VALORES DA MEDIANA DAS AMOSTRAS DE SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO.

*des. nora silveira*

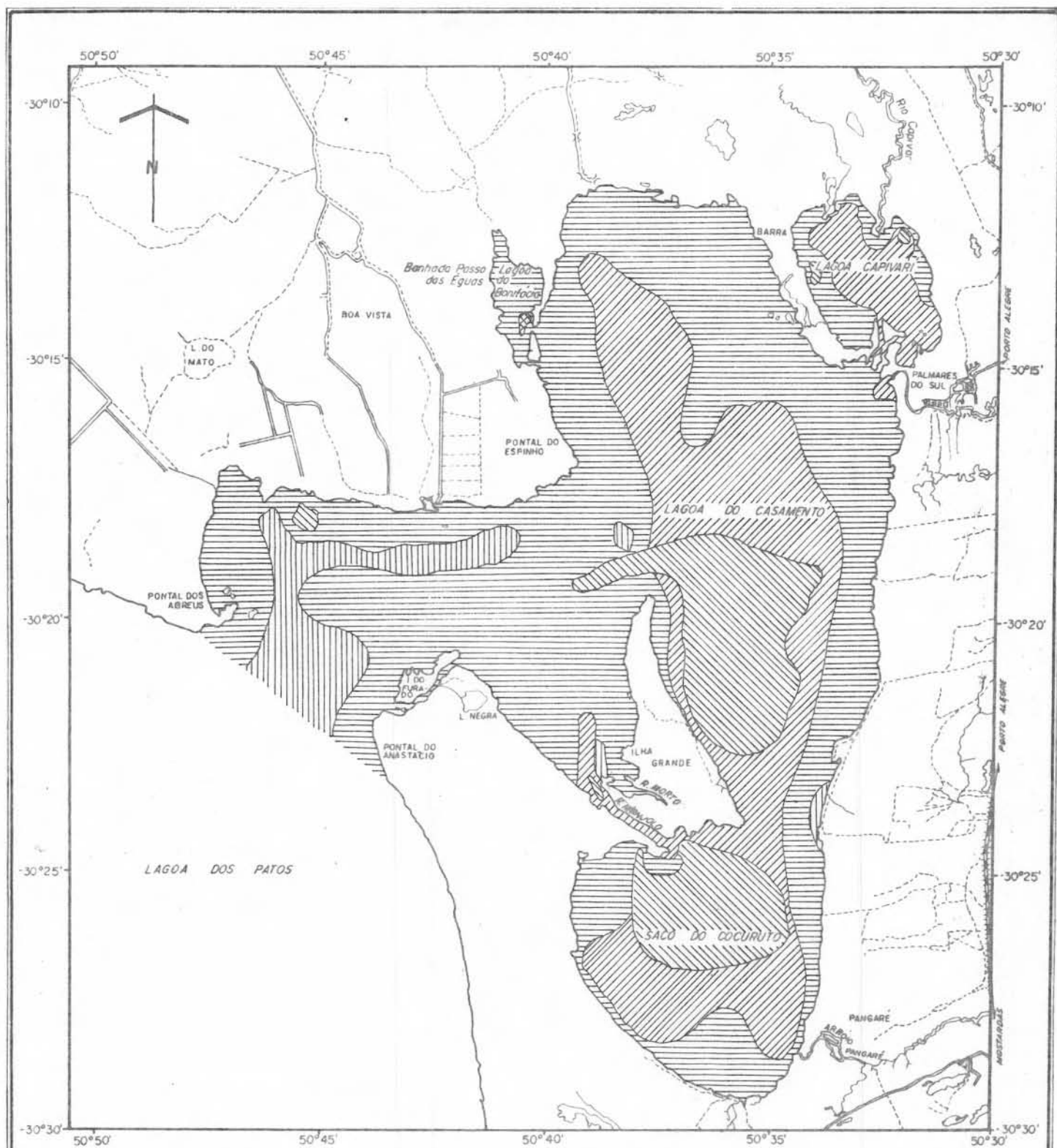
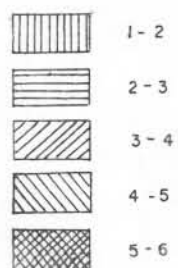


Figura 38 - SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
VARIÇÃO DA MÉDIA ARITMÉTICA ( $M_z\phi$ )

LEGENDA



ESCALA 1:200.000

Considerando que este parâmetro representa uma média em que todos os diâmetros ocorrentes na distribuição granulométrica tem sua influência, a coincidência acima mencionada confirma a validade das interpretações da variação da mediana na área em estudo. Por outro lado, ela indica igualmente a unimodalidade destes sedimentos lagunares e seu grau de seleção relativamente elevado.

Entretanto, o diâmetro médio caracteriza melhor as transições entre os recobrimentos fundamentais do assoalho lagunar, permitindo uma melhor visualização do interrelacionamento das principais fácies evidenciadas no mapa textural.

#### 4.4.2.3. Variação do Desvio Padrão - $\sigma_1$

O desvio padrão mede o grau de seleção de um sedimento indicando as flutuações do nível energético do agente deposicional e sua capacidade de classificar os materiais ali mobilizados. Desta modo, o desvio padrão pode retratar sedimentos produzidos por dois diferentes modos de deposição. Entretanto se não houver disponibilidade de diferentes tamanhos de grãos no fornecimento ao agente de deposição, as diferenças energéticas não serão retratadas no material acumulado, o que mostra que a distribuição de tamanho dos materiais da área fonte influencia, de certo modo, o grau de seleção dos sedimentos deposicionais em um dado ambiente, SAHU (ob. cit.).

O mapa de variação do desvio padrão apresentado na Fig. 39, parece refletir com exatidão o processo de selecionamento a que foi submetido o material do fundo lagunar.

Os sedimentos bem classificados são os que ocorrem ao longo das áreas marginais, onde a atividade das ondas e a pequena profundidade inibem a deposição de qualquer material de tamanho



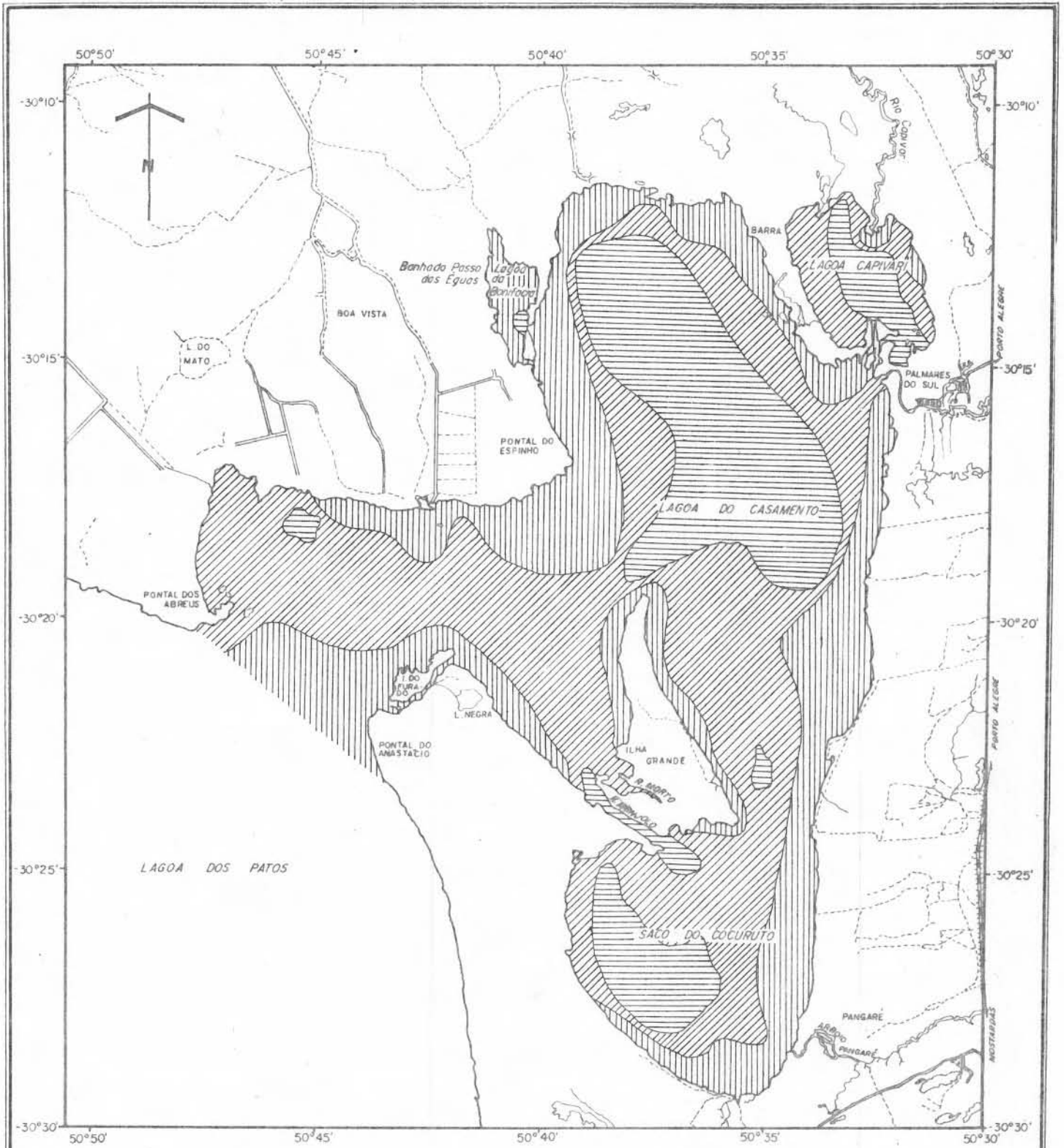





Figura 39 - SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
 VARIAÇÃO DO DESVIO PADRÃO ( $\sigma$ )

LEGENDA

-  BEM CLASSIFICADA -  $< 0,5$
-  MODERADAMENTE CLASSIFICADA -  $0,5-1,0$
-  MAL CLASSIFICADA -  $> 1,0$

ESCALA 1:200.000

menor do que o da areia.

Deve ser levado em consideração também, o fato de que a maior parte das areias ali depositadas são provenientes de ciclos sedimentares anteriores de onde herdaram um bom selecionamento.

Os sedimentos de classificação moderada e má são encontrados nas partes centrais onde a efetividade energética diminui progressivamente com a profundidade.

Este relacionamento, entretanto, é válido somente até certo ponto, pois os sedimentos das áreas mais profundas, sílticos, são um pouco melhor classificados do que os que ocorrem nas partes de média profundidade (siltes arenosos e areias sílticas).

Existe pois, um estreito relacionamento entre o desvio padrão e as condições deposicionais do ambiente lagunar.

Nas partes marginais e nas partes mais profundas onde há uma maior efetividade dos dois tipos de regime deposicional, respectivamente carga de fundo e carga de suspensão, o grau de seleção é bem maior do que nas áreas onde sua atuação é conjunta e intermitente, ou seja, naquelas de profundidade intermediária.

Cabe observar ainda a má seleção apresentada pelos sedimentos de fundo do Canal do Monjolo, onde as grandes profundidades facilitam a deposição de material fino junto com sedimentos grosseiros, relíquias de períodos em que este canal atuava efetivamente como interligação entre o Saco do Cocuruto e a Lagoa do Casamento. O mesmo efeito pode ser observado na zona norte da Ilha Grande onde também existiram condições de canal.

De um modo geral, o comportamento da variação do desvio-padrão mostrou-se muito semelhante ao encontrado em outros corpos lagunares costeiros, especialmente com o apresentado por NICHOLS (ob. cit.) em seu estudo sobre a Laguna Moriches, na costa leste dos Estados Unidos.

#### 4.4.2.4. Variação da Assimetria - $Sk_1$

A assimetria de uma distribuição granulométrica traduz a posição da mediana com relação à média aritmética. Em um sedimento onde há predominância dos grosseiros sobre os finos a assimetria é negativa, mostrando que o tamanho médio é mais elevado do que o da mediana. Assim, partindo-se da idéia de que uma determinada área recebe materiais de diferentes tamanhos de grãos para serem trabalhados pelo agente deposicional uma amostra assimetricamente negativa nela coletada, pode significar, segundo SAHU (ob. cit.), que o nível energético do agente é mais elevado do que a média durante um intervalo de tempo maior que o normal, ou que períodos de mais alta energia ocorrem mais seguidamente que o normal.

Por outro lado, se os materiais fornecidos pela área fonte forem bem selecionados e se não houver misturas populacionais no ambiente de deposição, a assimetria deixa de retratar as condições energéticas que comandam a acumulação.

Conforme se depreende dos estudos de vários autores, dentre os quais se destacam FOLK & WARD (1957), MASON & FOLK (1958), DUANE (1964), MARTINS (1965), HAILS & HOYT (1969) e CRONAN (1972), a assimetria tem se mostrado como um dos parâmetros granulométricos estatísticos mais sensíveis na caracterização ambiental.

Com efeito, o mapa de variação da assimetria apresentada na Fig. 40 mostra-se muito diagnóstico no que diz respeito a expressão da dinâmica atual e das características herdadas por estes sedimentos em ciclos anteriores.

Observa-se que a maior parte dos sedimentos do fundo lagunar são simétricos ou assimétricos negativos, caráter que é em parte, herdado da margem lagunar, sua fonte principal que é constituída por sedimentos bem selecionados. Por outro lado, a dinâmica

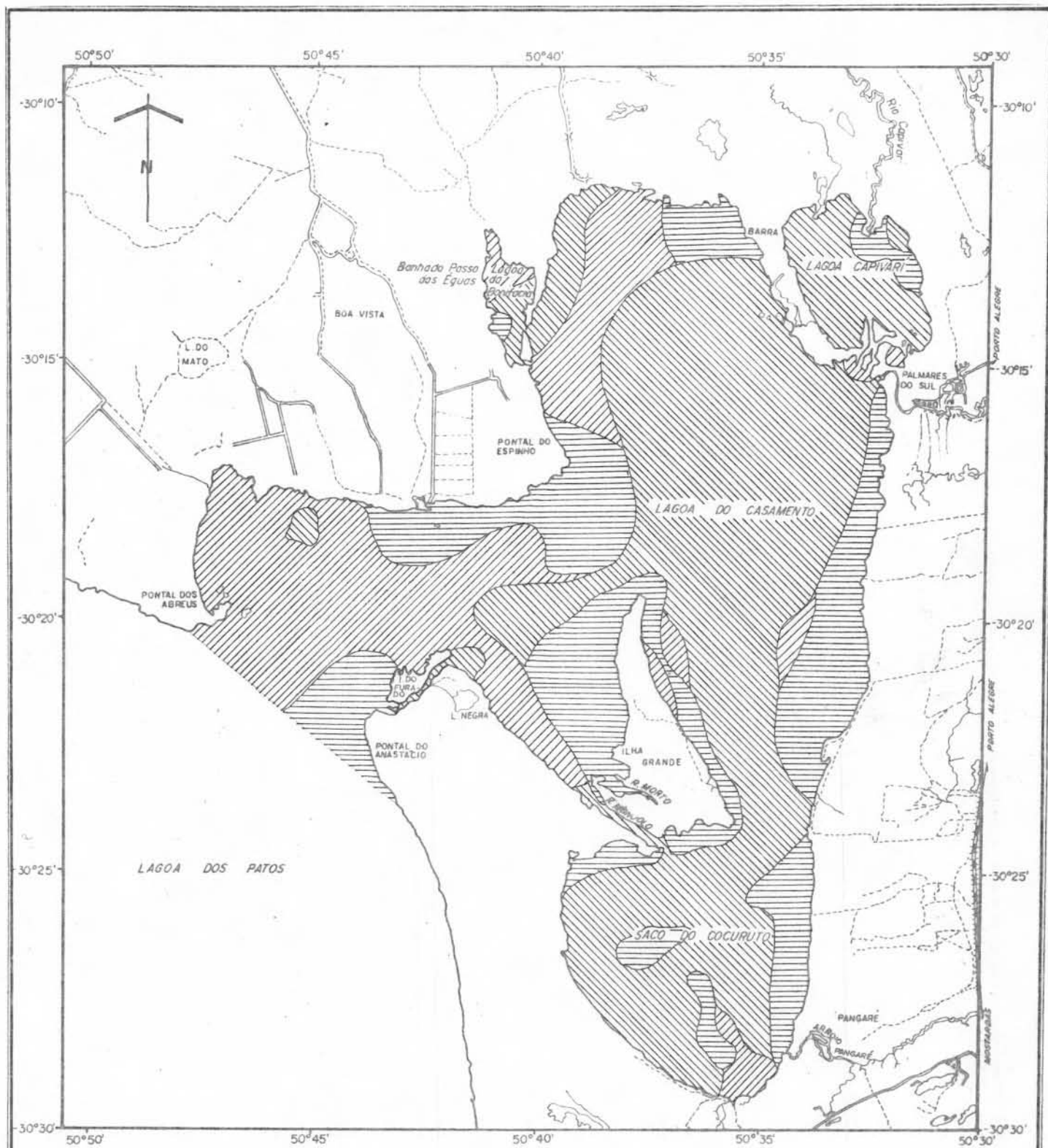


Figura 40 - SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
VARIÇÃO DA ASSIMETRIA ( $S_k$ )

LEGENDA

-  ASSIMÉTRICA POSITIVA
-  SIMÉTRICA
-  ASSIMÉTRICA NEGATIVA

ESCALA 1:200.000

mica atual do corpo lagunar, relaciona-se com ondulações resultantes da atuação do vento dominante de NE, faz com que as areias da margem leste, submetidas às condições mais severas, percam seus finos e se mostrem assimétricas negativas ao passo que as da margem leste, permanecem predominantemente simétricas.

Fazem exceção as areias da margem sudoeste do Saco do Cocuruto, que se mostram positivas. Ali a profundidade mais elevada promove uma deposição de finos que contaminam o material arenoso.

Sedimentos negativos encontrados em áreas de profundidade média parecem retratar situações reliquias.

Os sedimentos das áreas centrais são predominantemente positivos, uma vez que ali o nível de energia mais baixo promove uma maior deposição de materiais finos.

Deste modo, a despeito das influências das áreas fontes, a assimetria dos sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento reflete a distribuição energética que ali existe. Os sedimentos marginais submetidos a um contínuo joeiramento efetuado pelas ondas que lhes retira os finos e os da parte central enriquecidos pelos finos trazidos em suspensão.

Tal mecanismo confirma as observações de DUANE (ob.cit.) e ALLEN (1971) em seus estudos sobre os sedimentos da Laguna de Pamlico, nos Estados Unidos e os do Estuário de Gironde, na França.

#### 4.4.2.5. Variação da Curtosis

A curtosis segundo FOLK & WARD (ob. cit), mede o grau de seleção dos extremos da distribuição comparando-o com o grau de seleção da sua porção central. Deste modo, a curtosis revela

a normalidade da distribuição.

A sensibilidade deste parâmetro estatístico às mudanças ambientais não é ainda bem conhecida. Entretanto a sua utilização na diferenciação de ambientes de sedimentação, vem sendo feita com relativo sucesso, conforme pode ser observado nos trabalhos de MASON & FOLK (ob. cit.), MARTINS (ob. cit.) e CRONAN (ob. cit.), especialmente quando relacionada com a assimetria na caracterização de misturas de populações granulométricas.

Verifica-se mediante observação da Fig. 41 que os sedimentos lagunares são predominantemente leptocúrticos, mostrando um grau de seleção mais expressivo na parte central quando comparada com o grau de seleção das partes terminais.

Na fácies arenosa isto parece estar relacionado com a adição à areia fina bem classificada, de uma terminal grosseira (areia média) ou de uma terminal fina (silte) em quantidade pouco suficiente para modificar o tamanho médio ou desvio padrão, mas influenciando no grau de seleção das terminais.

O mesmo parece acontecer com a fácies siltica onde a adição de uma terminal arenosa resulta em valores para curtosis iguais aos da fácies arenosa.

As distribuições mesocúrticas normalmente representam amostras puras, unimodais, sem enriquecimento nas terminais.

Por outro lado, as distribuições platicúrticas costumam caracterizar sedimentos bi ou polimodais. Na área em estudo elas se restringem à regiões abrigadas da ação das ondas e ainda aquelas próximas a desembocadura dos cursos d'água que fornecem material mal selecionado.

A predominância de sedimentos leptocúrticos, tanto os grosseiros como os finos, parece retratar ainda a habilidade que o ambiente lagunar possui em separar duas populações dominantes a partir do material que lhe é fornecido pelas fontes, ou seja, uma

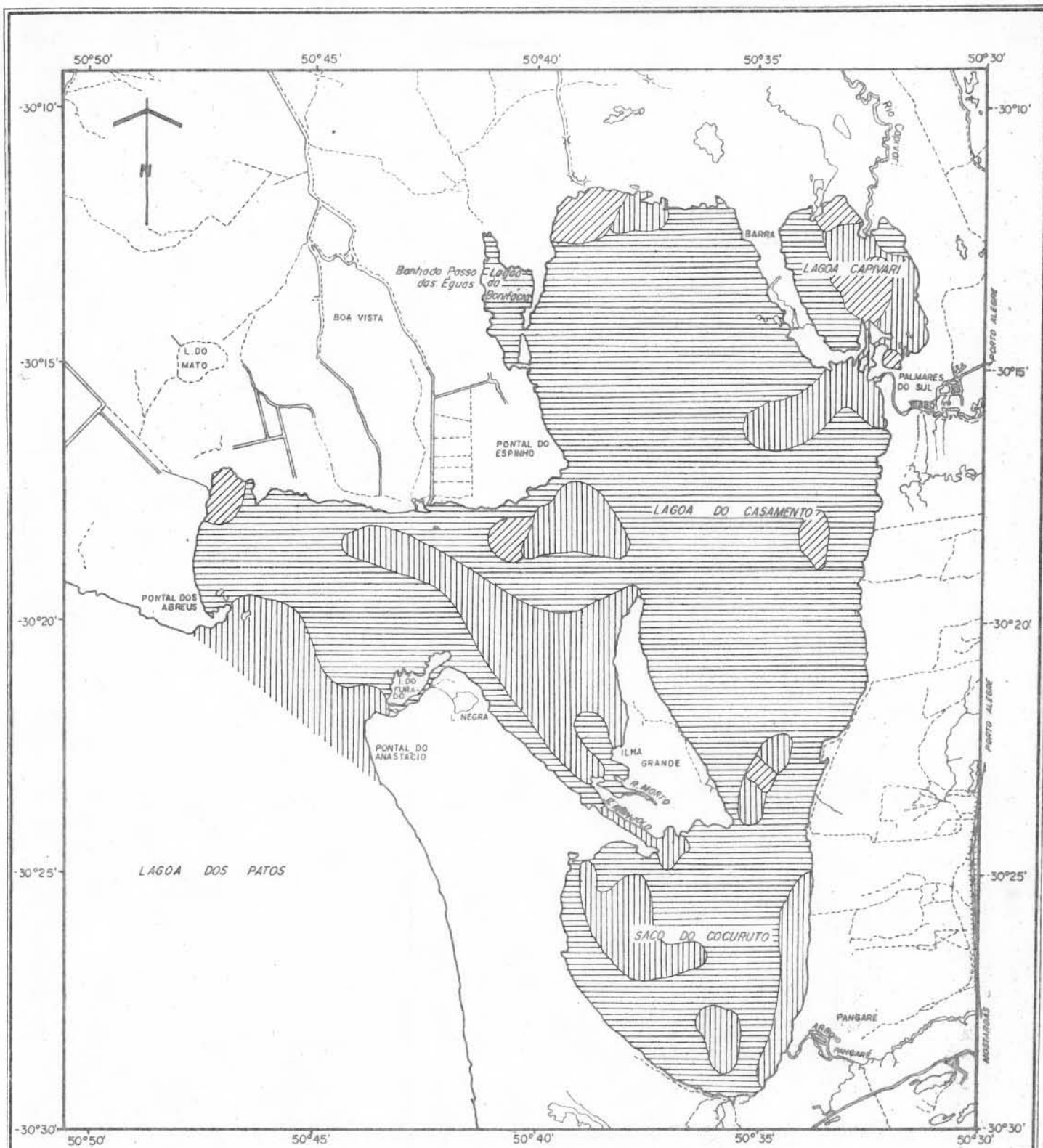





Figura 41 - SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO  
 VARIAÇÃO DA CURTOSIS ( K'G)

LEGENDA

-  <math>< 0.47</math> - PLATICÚRTICA
-  <math>0.47 - 0.52</math> - MESOCÚRTICA
-  <math>> 0.52</math> - LEPTOCÚRTICA

ESCALA 1:200.000

população arenosa e outra siltica, distribuindo-as em áreas distintas na dependência de seu nível energético, sem proporcionar a deposição de sedimentos nitidamente polimodais.

Deste modo, a análise da variação da curtosis permite determinar o grau de mistura de diferentes populações em um ambiente sedimentar. No caso da Lagoa do Casamento, mesmo as fácies transicionais, areia siltica e silte arenoso, mostram um grau de seleção elevado na porção central das suas distribuições granulométricas, mostrando que os tamanhos de grãos próximos da mediana são os mais sensíveis à ação seletiva do ambiente lagunar.

Tal comportamento confirma pois a validade da utilização da mediana como parâmetro estatístico capaz de retratar as condições deposicionais em ambiente lagunar.

#### 4.4.3. Controles da Distribuição Faciológica

Tendo em vista o que foi analisado nos itens precedentes, conclui-se que a distribuição faciológica dos sedimentos de fundo da área lagunar em estudo é controlada por uma série de fatores, dentre os quais se destacam as características dos materiais fornecidos pelas áreas fontes, as condições hidrodinâmicas ambientais, a morfologia do corpo lagunar e sua evolução nos últimos tempos geológicos.

Embora tais aspectos já tenham sido discutidos com detalhe neste e nos capítulos precedentes, cabe aqui uma apreciação sobre o seu interrelacionamento com o quadro da sedimentação atual da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto.



#### 4.4.3.1. Características dos Materiais das Áreas Fontes

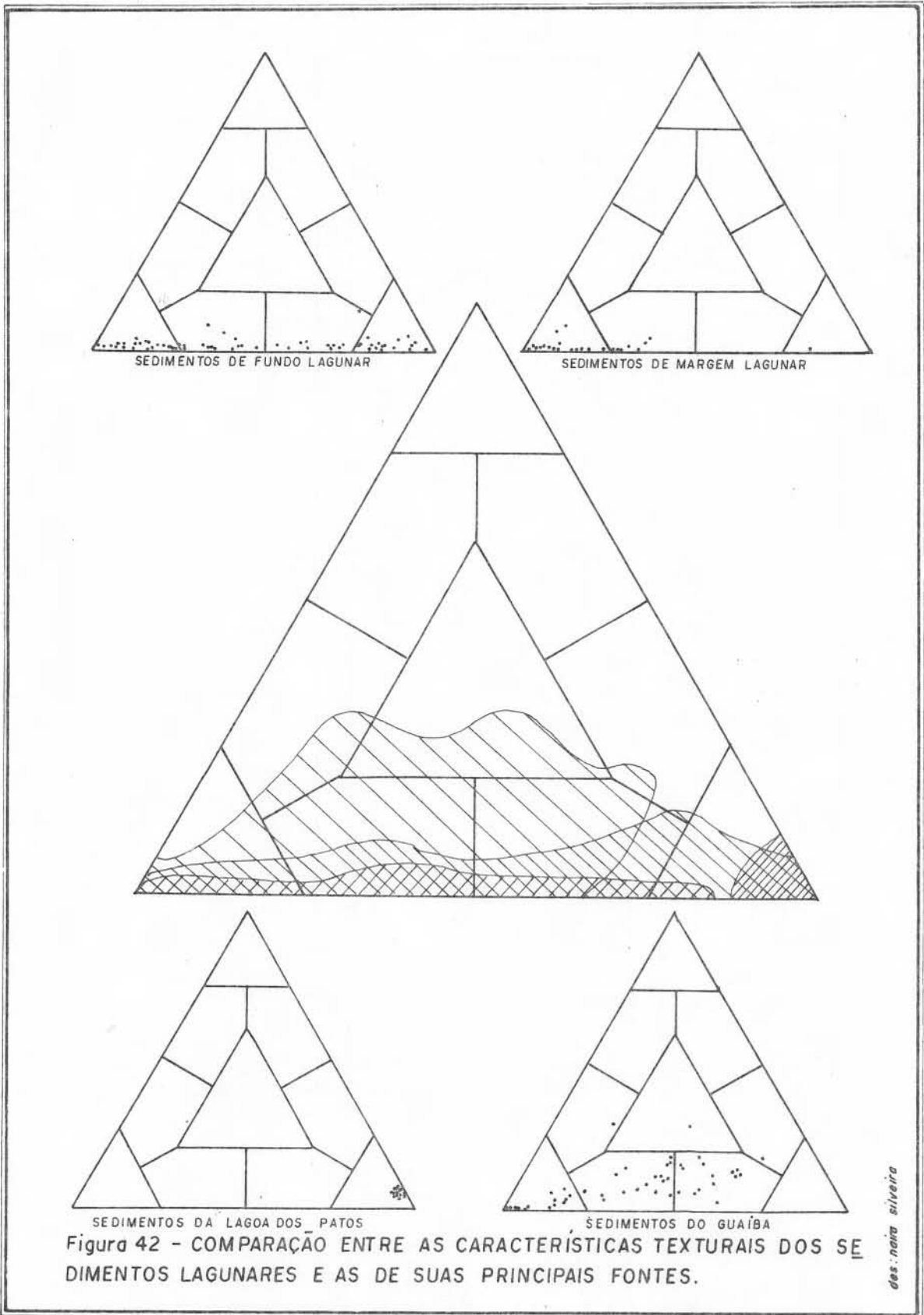
Tanto a distribuição das fácies texturais como a variação dos diversos parâmetros granulométricos, retratam uma influência direta das características texturais dos materiais fornecidos pela margem lagunar e pelo material em suspensão na Lagoa dos Patos e complexo fluvial do Rio Guaíba.

A Fig. 42 é suficientemente clara para mostrar que a textura dos sedimentos lagunares atuais é, de um modo geral, perfeitamente compatível com a dos materiais que chegam ao corpo lagunar e ali são retrabalhados e redistribuídos de acordo com as características hidrodinâmicas e geomorfológicas da bacia de acumulação.

É notável a identidade textural entre os sedimentos da fácies arenosa com os que constituem a margem lagunar. A classe modal dominante nas areias da margem lagunar é a mesma que predomina na fácies arenosa de fundo.

A influência que assim se retrata em escala ampla, é observada também no detalhe, como é o caso das manchas de areia média situadas na entrada da Lagoa do Casamento que derivam de um retrabalhamento de sedimentos mais grosseiros aportados à Lagoa dos Patos pelo complexo fluvial do Rio Guaíba e ainda pelos detritos recentes provenientes do complexo cristalino que aflora ao longo das margens deste.

Na margem leste da Lagoa do Casamento a sub-fácies areia média praticamente inexistente, o que é resultado da ausência desta classe modal nos sedimentos da barreira arenosa que lhe serve de fonte. Nos únicos locais em que se observa uma leve contaminação por materiais mais grosseiros que areia fina, a sua deposição está relacionada com a destruição de antigas cristas de praia acumu



ladas sob condições hidrodinâmicas severas, capazes de selecionar material grosseiro.

O material síltico acumulado nas partes mais centrais e profundas tem sua origem na carga de suspensão dos cursos d'água que drenam a margem lagunar e, principalmente, do material que ingressa na Lagoa do Casamento junto com as massas d'água da Lagoa dos Patos mediante o mecanismo retratado no capítulo 3.

A configuração geométrica das áreas de ocorrência das fácies silto-arenosa e síltica demonstra perfeitamente a sua procedência, conforme se observa na Fig. 34, onde elas estão dispostas como leques deposicionais cujos vértices jazem nos canais por onde ingressa o maior volume de águas proveniente da Lagoa dos Patos.

A identidade entre os materiais das áreas fonte e as do fundo lagunar não se restringe apenas às características texturais. Ela também é observada no que diz respeito aos parâmetros granulométricos, conforme será discutido posteriormente, e às características composicionais, tanto na fração grosseira como na fração fina, conforme o que foi apontado no item 4.3.2.

#### 4.4.3.2. Morfologia e Condições Hidrodinâmicas do Corpo Lagunar

Em vários momentos quando da discussão da distribuição das fácies texturais e da variação dos parâmetros granulométricos foram ressaltados aspectos de sua interdependência com as condições morfológicas e hidrodinâmicas do corpo lagunar.

Tornou-se evidente que os parâmetros granulométricos de FOLK & WARD (ob. cit.), traduzem fidedignamente, sob a forma numérica, as condições de sedimentação nesta área e neste ambiente

geológico em estudo.

Para tornar mais fácil a visualização conjunta destes diversos fatores interatuantes na sedimentação lagunar foi construída a Fig. 43 que relaciona a batimetria com as características texturais e parâmetros granulométricos dos sedimentos de fundo, ao longo de perfis transversais ao Saco do Cocuruto e a Lagoa do Casamento.

Antes de se proceder à sua análise, convém resumir o quadro hidrodinâmico que o corpo d'água em questão apresenta.

Conforme foi visto no cap. 3, a região em que se situam estes corpos d'água sofre a ação de ventos que sopram predominantemente do quadrante nordeste. Tais ventos controlam a circulação das águas gerando ondas e correntes litorâneas que são mais efetivas nas margens de oeste do que nas de leste. Esta circulação é ainda influenciada pelo fornecimento d'água ao corpo lagunar pelos rios provenientes da margem lagunar e pela Lagoa dos Patos através da área de comunicação entre os Pontais dos Abreus e Anatócio.

Os perfis retratados na Fig. 43, mostram um controle quase que absoluto da profundidade da bacia de sedimentação sobre a classificação textural dos materiais de fundo. As fácies arenosas se dispõem ao longo das áreas marginais, mais rasas, ao passo que as mais finas ocupam as áreas centrais, mais profundas. Tal fato, observável claramente nos perfis AA' e BB', permanece no CC', embora ali os siltes não cheguem a constituir fração textural dominante. Isto é explicável, uma vez que a parte norte da Lagoa do Casamento é a que apresenta o mais longo "fetch" e consequentemente é a que padece de condições hidrodinâmicas mais severas as quais inibem a deposição dos sedimentos mais finos.

O mesmo controle existe sobre os diversos parâmetros granulométricos.

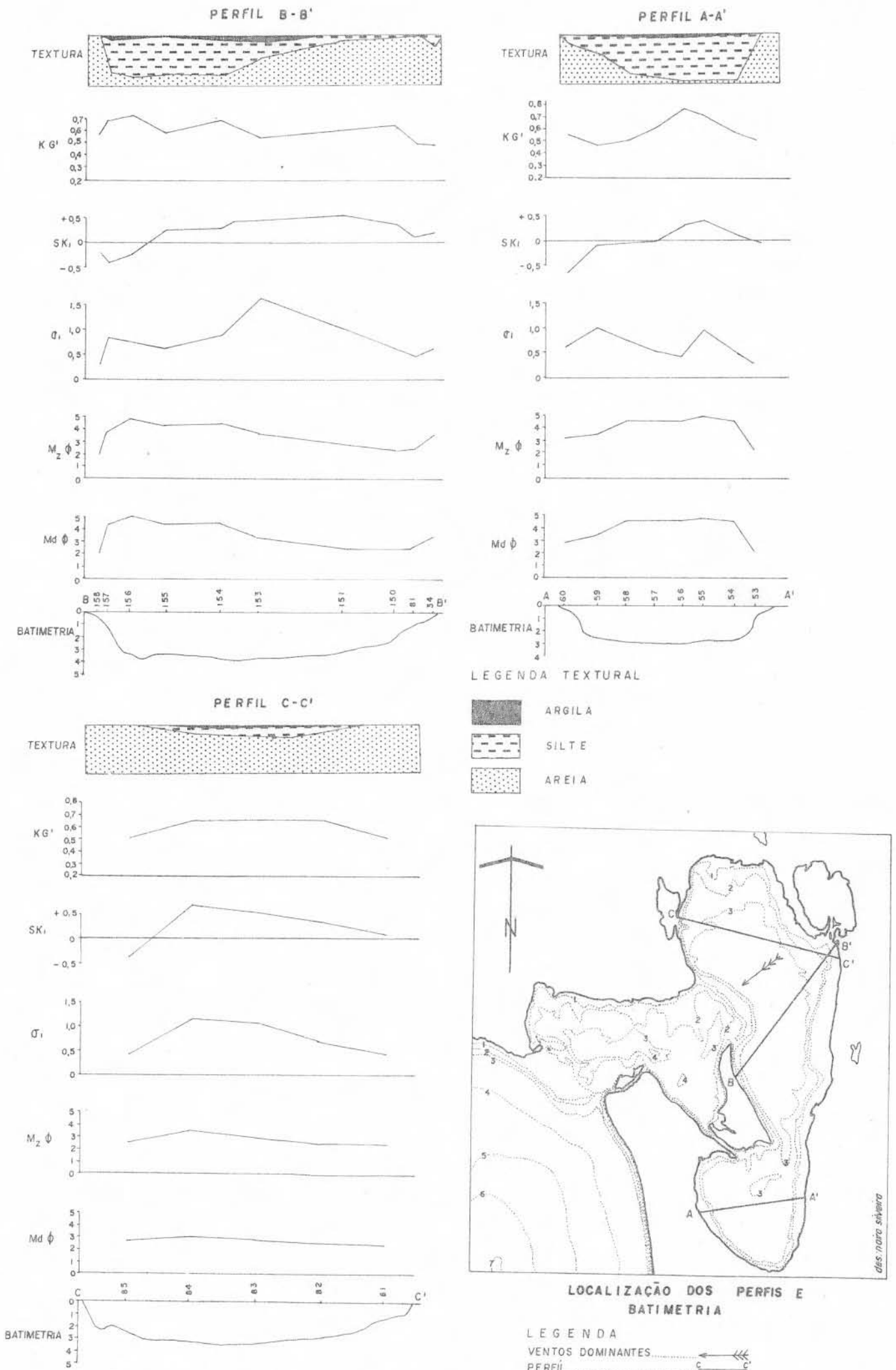


Figura 43 - VARIACÃO DAS CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS E PARÂMETROS GRANULOMÉTRICOS DOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO. INFLUÊNCIA DA MORFOLOGIA E DAS CONDIÇÕES HIDRODINÂMICAS DO CORPO LAGUNAR.

A mediana e o diâmetro médio possuem um comportamento i dêntico e de um modo geral mostram que a energia cinética média do agente deposicional é mais alta nas porções mais rasas e mais baixa nas áreas mais profundas. Estes parâmetros também são afetados pela natureza dos materiais da fonte e o perfil BB' define perfeitamente esta situação. Na sua extremidade oeste os materiais grosseiros são diretamente fornecidos por depósitos praias constituídos por areias médias. A medida que se distancia da margem, a profundidade aumenta e os sedimentos finos começam a dominar obedecendo ao padrão geral observado na área. Ao se aproximar da margem leste com o decréscimo da profundidade há um aumento gradativo da fração arenosa que passa a dominar, tornando-se mais e mais grosseira até que fugindo ao padrão estabelecido, diminui para areia muito fina. Esta situação deve-se ao fato de que naquele local a lagoa recebe os sedimentos finos trazidos da barreira arenosa pelo Rio Palmares.

A variação do desvio padrão que retrata o grau de seleção do sedimento, também é consequência das flutuações do nível energético ambiental e das características do material fornecido pelas áreas fonte. Verificou-se, em todos os perfis, que este parâmetro cresce a medida que as profundidades aumentam diminuindo a energia do ambiente. Entretanto existem oscilações, e neste sentido são dignas de nota as que ocorrem na parte central do perfil AA' e na extremidade oeste do perfil BB'. O primeiro caso retrata a existência de depósitos silticos bem selecionados na parte mais profunda do Saco do Cocuruto, onde não existem condições energéticas suficientemente altas para transportar areia até ali nem suficientemente baixas para permitir a deposição de argila, o que, em ambos os casos, acarretaria na má seleção dos sedimentos de fundo. O segundo caso reflete mais uma vez a influência dos sedimentos finos trazidos pelo Rio Palmares, que contaminando a areia do fun

do ocasionou um decréscimo do seu grau de seleção. Os perfis AA' e BB' mostram ainda que a pior seleção é encontrada nas zonas de transição entre as fácies arenosa e siltica, fato já discutido anteriormente.

A variação da assimetria é muito significativa no que diz respeito a distribuição energética do ambiente de sedimentação. Nos locais de alta energia onde há remoção dos finos ela é negativa e nos de baixa energia onde a deposição dos finos é favorecida, ela é positiva. Em todos os perfis apresentados, observa-se que a franja arenosa que se distribui no lado oeste do corpo lagunar apresenta valores de assimetria mais baixos do que os apresentados pela que se dispõe ao longo do lado leste do mesmo, situação que retrata fielmente o quadro hidrodinâmico da bacia de sedimentação, isto é, a margem oeste afetada por ondas mais intensas geradas pelos ventos que sopram predominantemente do quadrante nordeste. Nas porções centrais, de energia mais baixa, a assimetria é sempre positiva.

No que diz respeito a curtosis, observa-se que, de modo geral, ela é mais elevada nas zonas centrais do corpo lagunar do que nas zonas marginais. Embora a maior parte dos sedimentos mostre valores leptocúrticos, observa-se que o ambiente lagunar seleciona melhor a porção central das distribuições granulométricas dos sedimentos finos do que a dos grosseiros.

#### 4.4.3.3. Evolução Morfológica do Corpo Lagunar

Conforme foi demonstrado no capítulo 3, a região em estudo foi palco de lentas e periódicas modificações do nível das águas que ocasionaram emergências e submergências alternadas da margem lagunar. Tais oscilações trans-regressivas resultaram no desenvolvi

mento das diversas feições morfológicas ali existentes, responsáveis pela configuração atual da área.

No decorrer de tais processos, desenvolvidos nos últimos milênios, grandes volumes de material sedimentar foram movimentados pelos diversos agentes erosionais e deposicionais atuantes no ambiente geológico costeiro. A sua atuação retratada na construção e evolução das principais formas da margem lagunar manifesta-se também nas características texturais e mineralógicas dos sedimentos que as constituem, fato que se observa pela simples comparação dos dados apresentados quando da sua descrição, no ítem 4.2.1.1.

Entretanto a sua influência não se restringe as formas e materiais constituintes da área atualmente emersa, ela é perfeitamente observável na morfologia do fundo lagunar e nos sedimentos que lhe atapetam.

Assim, a franja arenosa que recobre as porções próximas ao bordo do corpo lagunar tem sua origem no retrabalhamento dos depósitos da margem lagunar durante as diversas fases de transgressão e regressão de que a área foi palco.

As identidades texturais que estes materiais apresentam, já discutidas anteriormente, são resultantes destes processos. Além da semelhança entre os parâmetros granulométricos, é notável o fato de que tais sedimentos apresentem constantemente uma mistura de populações morfosopicamente distintas. Há sempre, nos sedimentos arenosos de fundo, a presença de componentes de alta esfericidade e elevado grau de arredondamento com textura superficial fosca, de origem nitidamente eólica, associadas aos materiais de deposição subaquosa.

Estudos da textura superficial por microscopia eletrônica efetuados em sedimentos desta área, efetuados por KRAUSPENHAR; VILLWOCK; ROCHA CAMPOS (1967), mostram que os materiais arenosos



do fundo lagunar apresentam um conjunto de texturas mecânicas as sociadas a ação praial e eólica superpostas segundo diversos pa drões, conforme se observa nas fotomicrografias 1, 2 e 3.

As tais evidências, observadas na grande maioria das a mostras do fundo arenoso, soma-se a presença de manchas de mate rial mais grosseiro, areia média e areia média-fina dispostas na entrada da Lagoa do Casamento e no seu interior (ver Fig. 35, pg. 115), que constituem relíquias de antigas cristas de praia hoje submer sas e parcialmente retrabalhadas em um ambiente cuja energia é in ferior a daquele responsável pela sua acumulação inicial.

Da análise destes fatos conclui-se que os mecanismos da evolução morfológica do corpo lagunar, relacionados as oscilações eustáticas ocorridas nos últimos tempos geológicos, também foram responsáveis pelos padrões da distribuição faciológica que os se dimentos de fundo da Lagoa do Casamento e do Saco do Cocuruto a presentam.

Comportamento idêntico foi observado nos corpos laguna res estudados por PHLEGER (1967), ZENKOVITCH (1967), CURRAY et alii (1967), EMERY (1967), NEWMANN & MUNSART (1968).

#### 4.5. A Sedimentação Lagunar Caracterizada pelos Parâme tros Granulométricos

##### 4.5.1. Parâmetros Estatísticos de FOLK & WARD

A partir do trabalho de FOLK & WARD (ob.cit.), inúmeros são os pesquisadores que buscam na análise estatística das distri buições granulométricas um critério para identificação de ambien tes sedimentares. Grande é o número de trabalhos resultantes des tas tentativas e vários deles foram citados no decorrer do presen



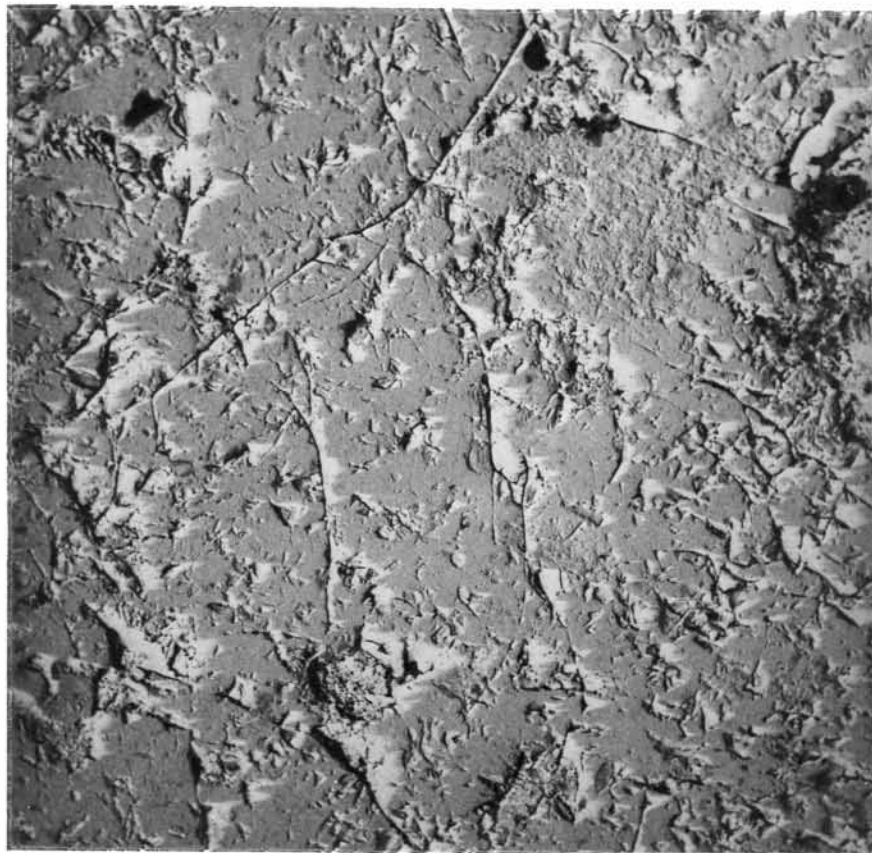
Fotomicrografia nº 1

Nota-se a presença de blocos de contorno bem delimitados por sulcos, pequenas indentações irregulares em forma de V, sulcos retos ou ligeiramente curvos e pequenas áreas com superfície pontuada, feições características de ambiente marinho e indícios de ação eólica.

Amostra LC - 138 - fundo lagunar

Aumento: 2000  $\times$

Modificado de KRAUSPENHAR et alii (1976).



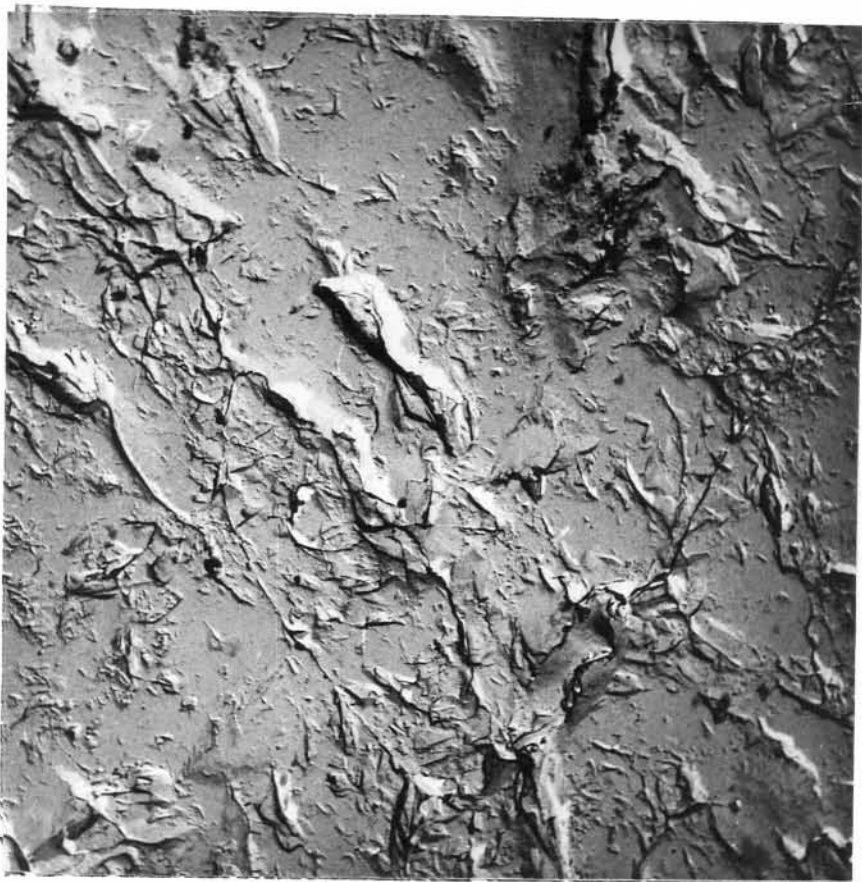
Fotomicrografia nº 2

São observados grande número de pequenas indentações irregulares em forma de V, sulcos retos ou ligeiramente curvos, pequenas indentações em forma de V ao longo do eixo dos sulcos e áreas relativamente amplas de superfície pontuada. Feições marinhas de praia bem impressas e feições de ação eólica mais intensas que as visíveis na fotomicrografia nº 1.

Amostra nº 138 - fundo lagunar

Aumento: 2000  $\times$

Modificado de KRAUSPENHAR et alii (1976).



Fotomicrografia nº 3

Nota-se a presença de sulcos ligeiramente curvos, cristas meandranes, pequenas fraturas concóides e pequenas áreas de superfície pontuada, feições características de ambiente marinho praiado e de ação eólica.

Amostra LC-48 - fundo lagunar

Aumento: 2000  $\times$

Modificado de KRAUSPENHAR et alii (1976).

te estudo.

Entretanto, em sua grande maioria eles se relacionam a análise de sedimentos fluviais, praias e eólicos. A aplicação de tal método na caracterização de sedimentos lagunares, tem sido pouco explorado e dados relativos ao assunto podem ser observados em RUSNAK (1960), MARTINS (1962), DUANE (1964), HAYLS & HOYT (1969), NICHOLS (1964) e SOLOHUB & KLOVAN (1970).

É oportuna pois a tentativa feita a seguir no sentido de caracterizar o ambiente deposicional da Lagoa do Casamento e do Saco do Cocuruto partindo-se das características dos seus sedimentos, apresentadas nas páginas anteriores.

De acordo com FOLK & WARD (ob. cit.), para melhor compreender o significado geológico dos parâmetros granulométricos estatísticos é necessário correlacioná-los através de diagramas dispersos.

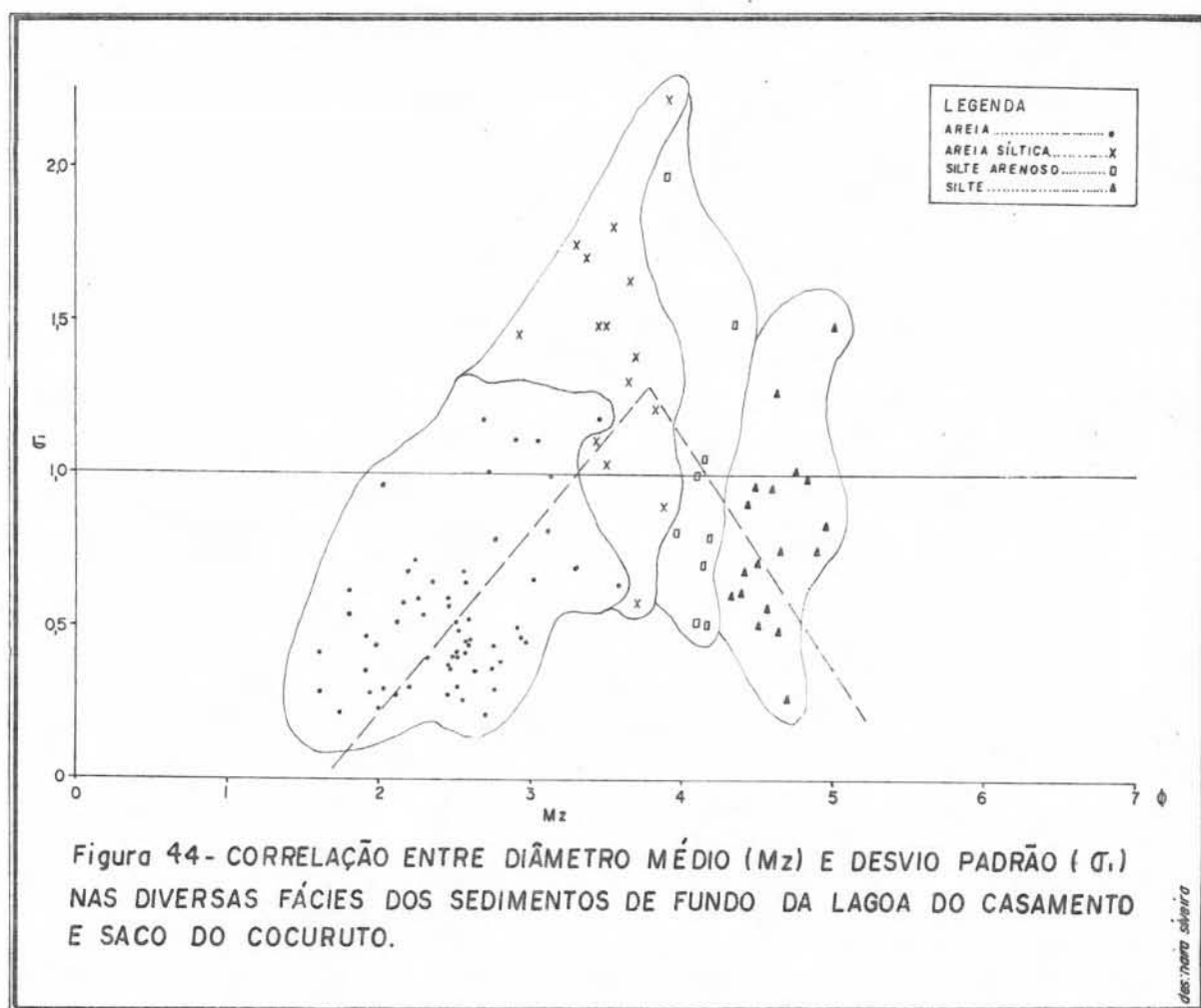
Embora os diversos parâmetros sejam geometricamente independentes, tem se observado que na análise de uma dada seqüência de amostras o seu interrelacionamento pode retratar o mecanismo deposicional e constituir um critério a mais na identificação de ambientes sedimentares.

Deste modo serão apresentados a seguir vários destes diagramas, os quais serão interpretados à luz das características ambientais observadas no local e descritas nos capítulos anteriores.

#### 4.5.1.1. Diâmetro Médio versus Desvio Padrão

Conforme apontou INMAN (1949), citado em FOLK & WARD (ob. cit.), diagramas desta natureza, geralmente revelam uma grande quantidade de informações sobre um ambiente.

A Fig. 44 mostra que os sedimentos lagunares se agrupam



em tres conjuntos distintos. O primeiro constituido por boa parte dos representantes da fácies arenosa com diâmetros médios situados em torno de 2 a 3  $\phi$ , com grau de seleção muito bom até moderado. O segundo englobando as fácies areno-sílticas e silto-arenosa, com diâmetros médios 3 e 4,5  $\phi$ , com uma seleção moderada a pobre. O terceiro constituido pela fácies síltica com diâmetros médios entre 4,5 e 5  $\phi$ , com seleção predominantemente moderada.

Observa-se que partindo da areia média e fina, em direção às classes modais mais finas, o desvio padrão aumenta até atingir o máximo entre 3,5 e 4,5  $\phi$ , para depois decrescer abruptamente nos siltes muito grossos, entre 4,5 e 5  $\phi$ .

A distribuição geral revela um padrão em forma de "V" invertido, onde o melhor grau de seleção coincide com as modas proeminentes nos sedimentos e a pior seleção ocorre ao meio do caminho entre elas.

Analisando a declividade das retas que compõe o "V" invertido, FOLK & WARD (ob. cit.), concluem que ela representa a interação de dois fatores geológicos: (1) a distinção das modas dos materiais fornecidos pelas áreas fontes e (2), a eficácia do agente transportador em fazer a sua própria seleção no material que lhe é fornecido. Citam os autores, que essa declividade é acentuada no caso de alguns sedimentos lagunares. É o caso dos que aqui se estudam. Areias bem classificadas produzidas nas praias e partes rasas marginais e siltes bem classificados, acumulados na parte central mais profunda. Onde estes dois tipos de sedimentos se misturam, nas partes de profundidade média, onde o ambiente lagunar de baixa energia é incapaz de modificá-los, a classificação permanece pobre.

Mais uma vez o comportamento dos sedimentos da Lagoa do Casamento se mostra muito semelhante ao apresentado pelos das lagoas costeiras estudadas por RUSNAK (ob. cit.) e NICHOLS (ob.cit.).

A correlação entre diâmetro médio e desvio padrão, revela-se desse modo muito eficiente na interpretação das condições ambientais de sedimentação lagunar.

#### 4.5.1.2. Diâmetro Médio versus Assimetria

Conforme se observa na Fig. 45, também a assimetria é função do tamanho médio do sedimento lagunar. A tendência da distribuição dos pontos é nitidamente sinusoidal.

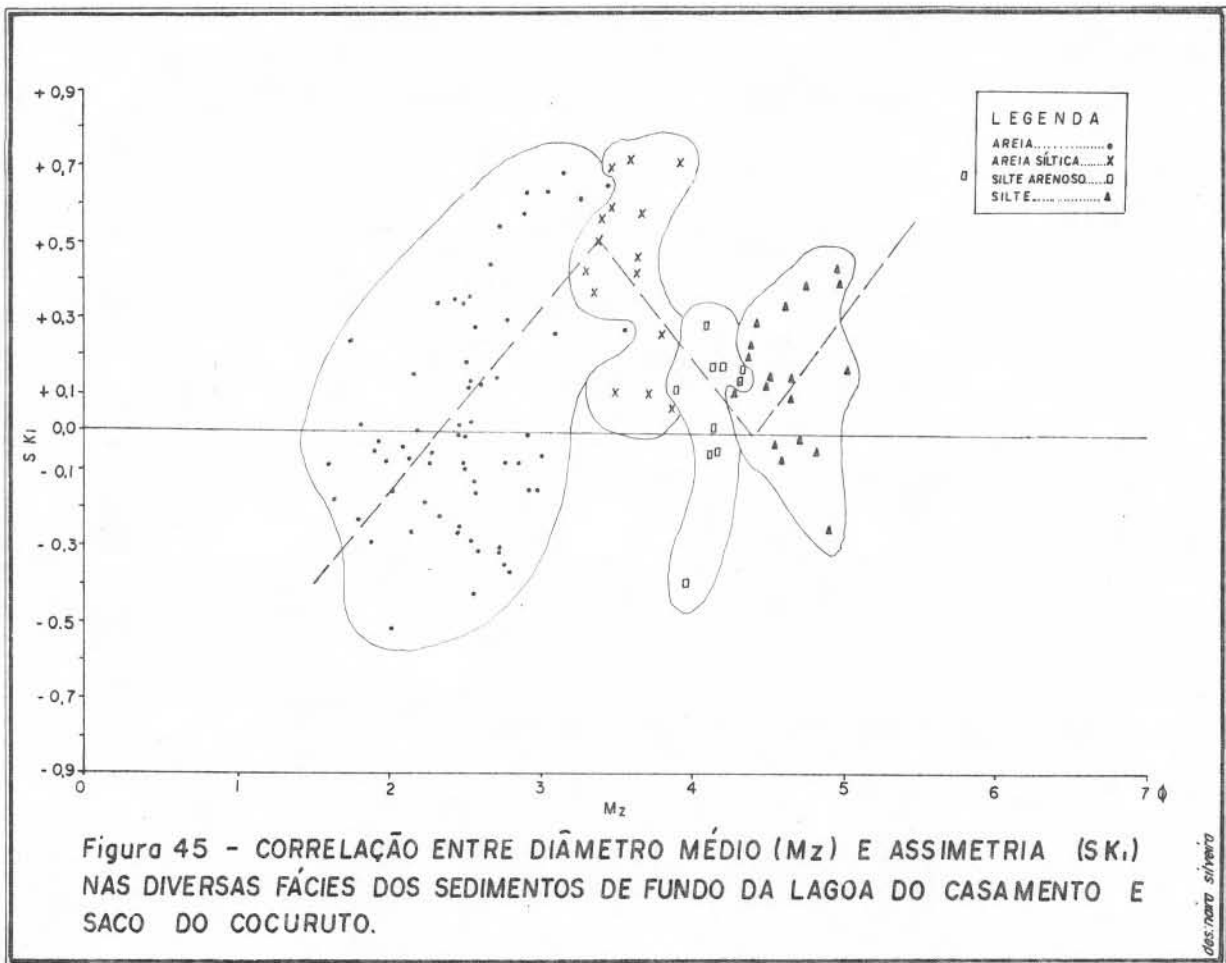
A fácies arenosa contém sedimentos cuja assimetria é tanto positiva como negativa. De acordo com o evidenciado no mapa de variação deste parâmetro, na Fig. 40, os sedimentos arenosos adjacentes à linha de costa lagunar, submetidos a um constante joeiramento por ação das ondas, apresenta uma assimetria negativa. Os que se distribuem na parte mais externa da margem lagunar e que se enriquecem em finos devido ao nível energético ambiental mais baixo são assimetricamente negativos.

As fácies areno-síltica e silto-arenosa apresentam um comportamento diferente. Os sedimentos da primeira são predominantemente positivos consequência da adição de materiais finos à moda arenosa, enquanto que os da segunda, embora positivos são menos assimétricos e em alguns casos mostram uma assimetria negativa produzida pela adição de material grosseiro à moda síltica.

A fácies síltica tem sedimentos ora positivos, ora negativos, predominando os primeiros.

As características da distribuição aqui analisada confirmam as idéias de FOLK & WARD (ob. cit.) e DUANE (1964) no que diz respeito a sensibilidade da assimetria na caracterização de ambientes. Ela é negativa sempre que o sedimento é submetido a um processo de joeiramento que lhe remove os finos. É positiva quan





do a sedimentação fina promovida pelo baixo nível energético ambiental, domina sobre a grosseira.

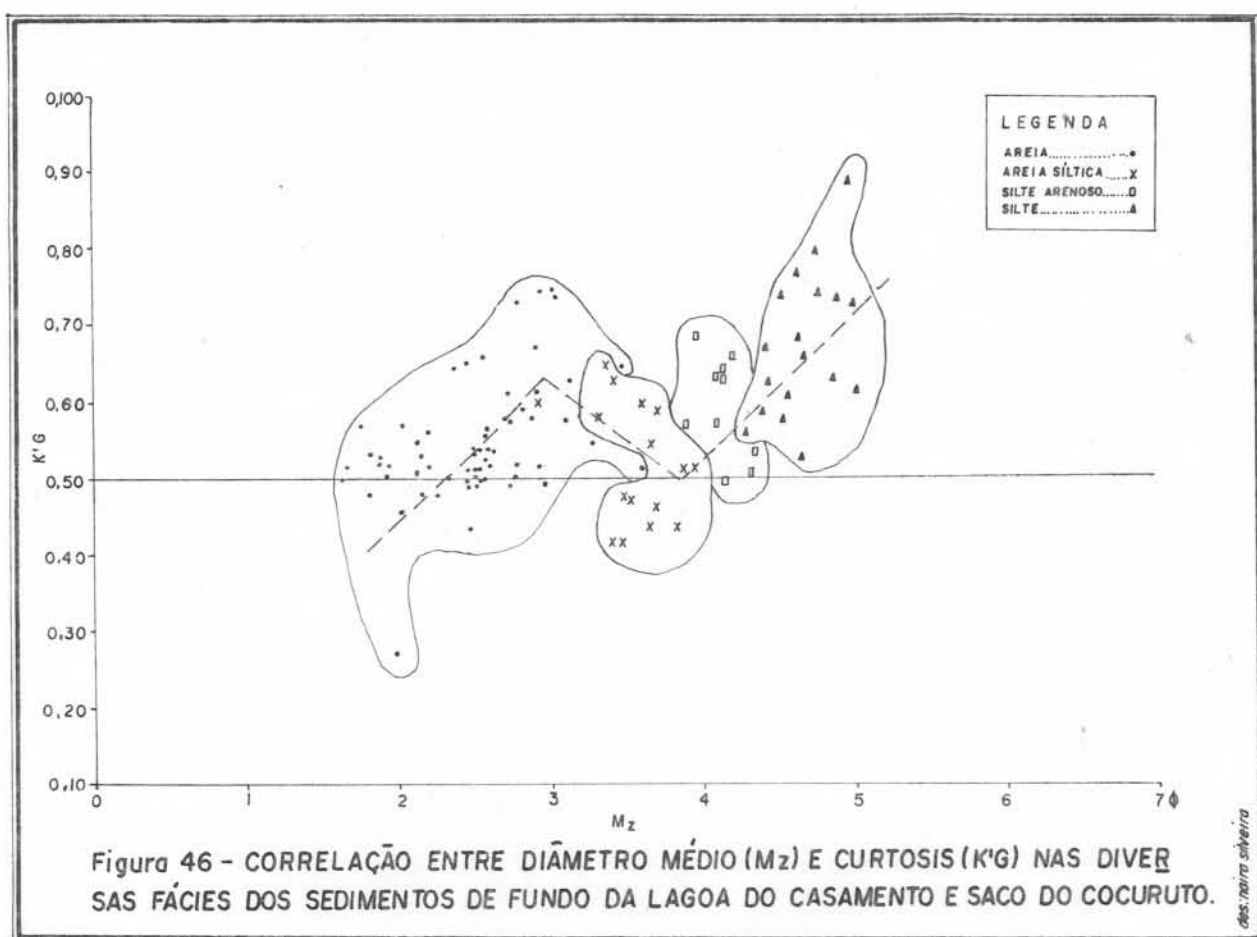
O quadro assim configurado pode ser perfeitamente generalizado para retratar as condições de sedimentação em ambientes lagunares. Nesse sentido há também aqui uma grande semelhança com os sedimentos da Laguna Madre, Texas, estudados por RUSNAK (ob. cit.).

#### 4.5.1.3. Diâmetro Médio versus Curtosis

A Fig. 46 mostra que a curtosis depende do tamanho médio nos sedimentos lagunares e do grau de mistura das modas neles dominantes.

A grande maioria das amostras de sedimentos de fundo lagunar revelam distribuições leptocúrticas. Entretanto os valores mais elevados pertencem à fácies arenosa e síltica que, como foi visto, constituem as modas dominantes na área em estudo. Quando há uma mistura entre essas populações, caso das fácies areno-síltica e silto arenosa, o valor da curtosis diminui, atingindo valores mesocúrticos até platicúrticos.

Tal comportamento complementa as informações retiradas dos diagramas dispersos analisados anteriormente e mostra que a curtosis é sensível às condições do ambiente de sedimentação confirmando as observações de CRONAN (ob. cit.) no que diz respeito à utilização destes parâmetros para caracterizar ambientes analisando o grau de polimodalidade de sedimentos ali depositados.



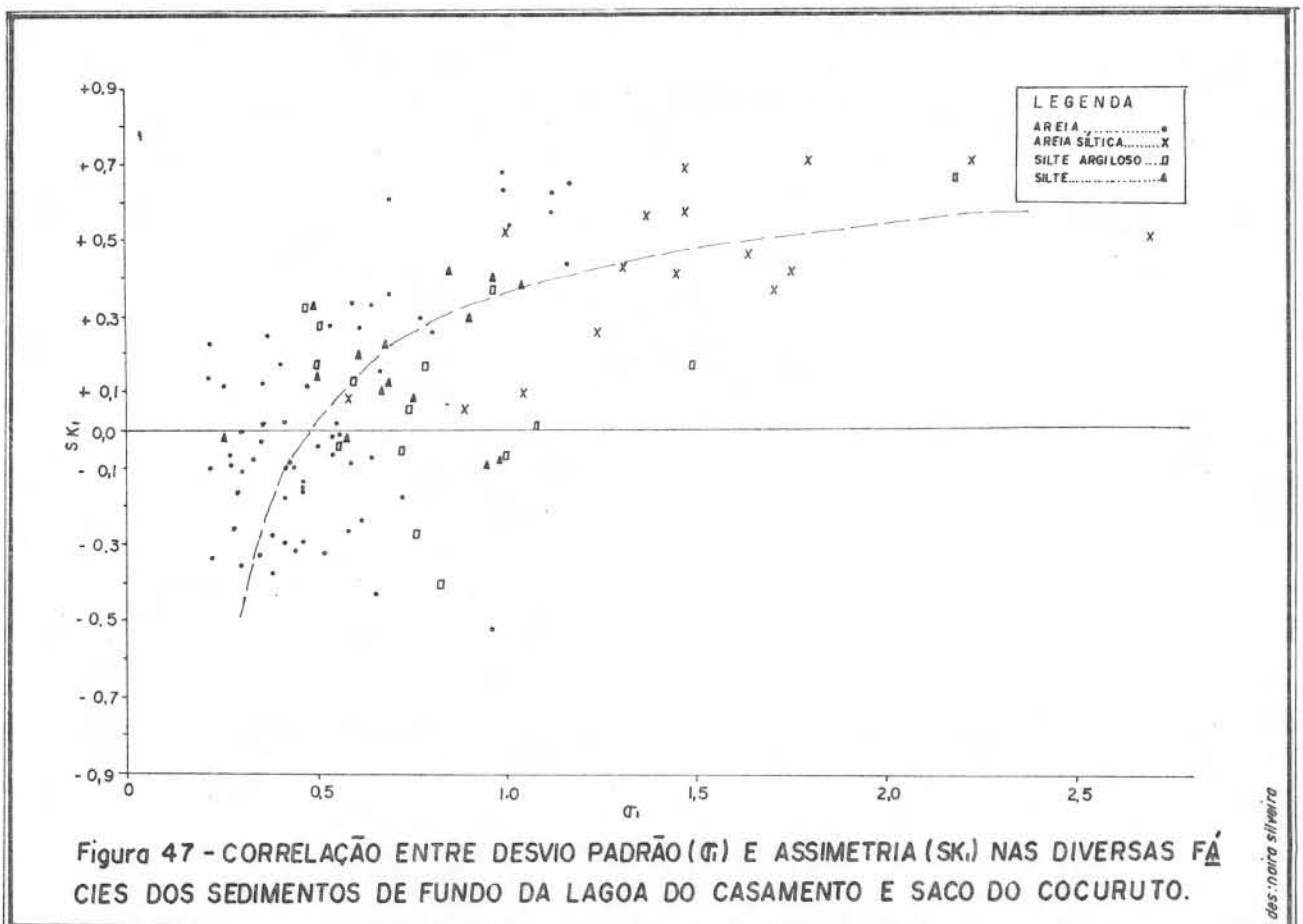
#### 4.5.1.4. Desvio Padrão versus Assimetria

Embora o diagrama apresentado na Fig. 47 não permita identificar um padrão de comportamento para cada uma das fácies granulométricas definidas na área, ele revela uma distribuição peculiar para os sedimentos lagunares, dispendo-se os pontos em torno de uma curva, semelhante a uma semi-hipérbole, mostrando que os valores de assimetria crescem proporcionalmente com a diminuição do grau de seleção.

Os sedimentos arenosos são os que melhor grau de seleção apresentam e tem uma assimetria predominantemente negativa. Neste particular, uma boa parte das areias de fundo lagunar comportam-se de modo semelhante às areias de praia, conforme o estabelecido por MARTINS (1965), MARTINS (1967), KOLDIJK (1968). Tal fato, por um lado é consequência das condições deposicionais encontradas ao longo da margem lagunar, já discutidas anteriormente, que impedem a deposição de materiais finos, por outro lado enquadra-os numa condição de sedimento relíquia isto é, depósitos praiais que foram paulatinamente afogados pela transgressão lagunar, que não modificou suas características texturais-

A medida que a sedimentação fina começa a contaminar a massa arenosa, a assimetria se torna positiva e o grau de seleção diminui. Observa-se no entanto que os valores mais altos para os dois parâmetros são encontrados nos sedimentos das fácies areno-siltica e silte-arenoso.

Os sedimentos da fácies siltica tem assimetria positiva e um grau de seleção moderado.



#### 4.5.1.5. Desvio Padrão versus Curtosis

Da mesma forma que no anterior, o diagrama não permite estabelecer comportamentos distintos para todas as fácies lagunares.

Entretanto pode se observar na Fig. 48 que a maior parte dos sedimentos da fácies arenosa, são bem classificados e meso-leptocúrticos.

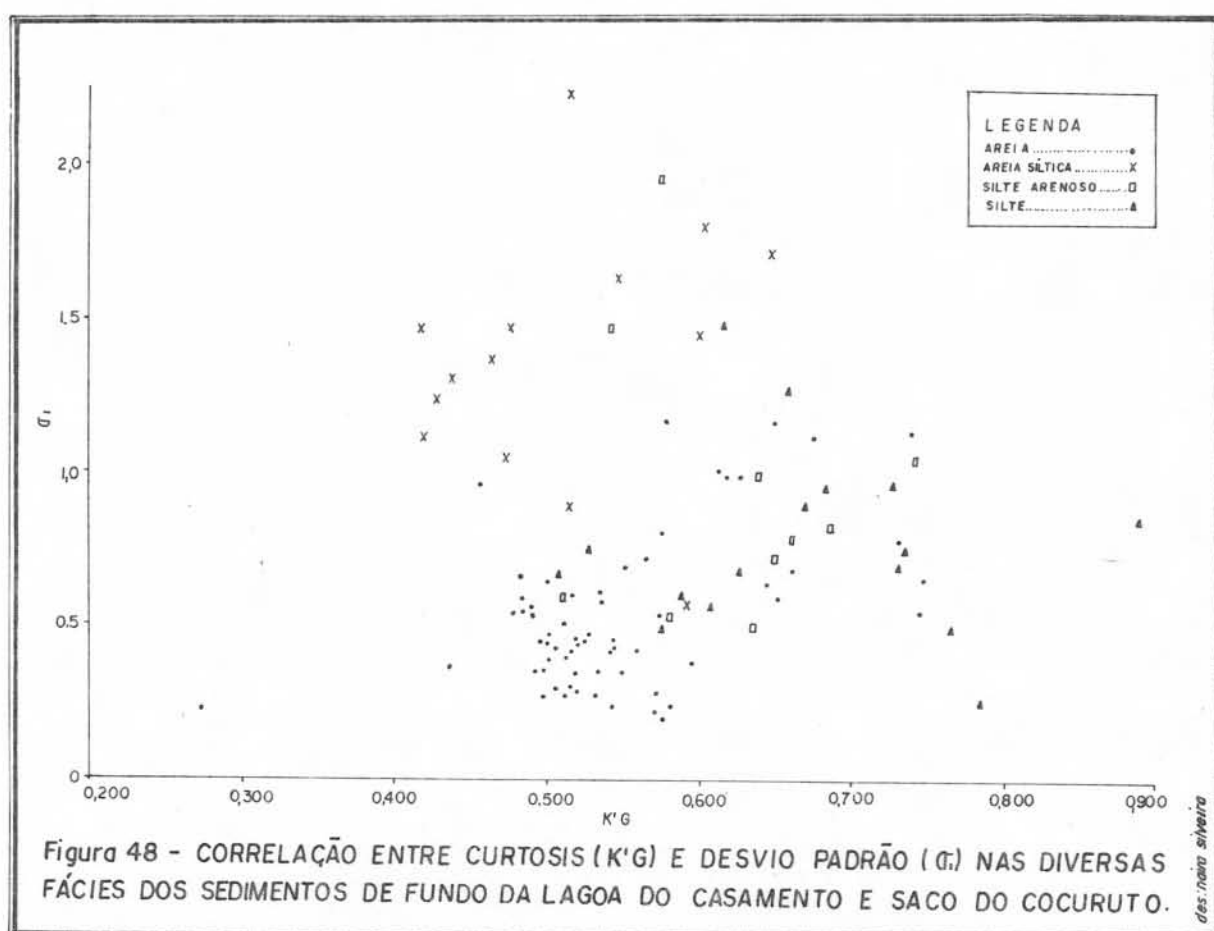
Os sedimentos das demais fácies não mostram uma boa correlação entre estes dois parâmetros texturais, fato decorrente das misturas de populações evidenciados nos diagramas anteriores, próprios da sedimentação lagunar.

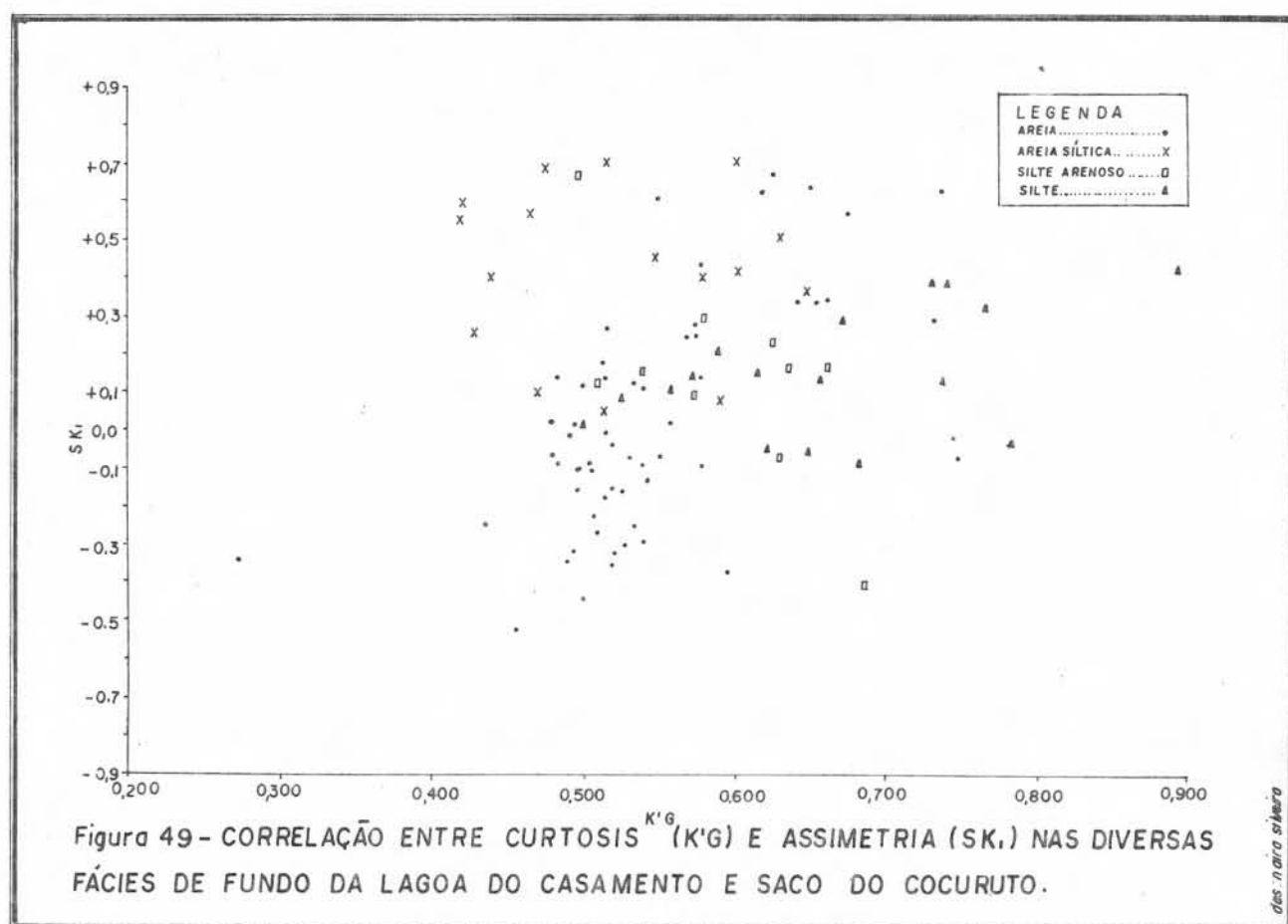
#### 4.5.1.6. Assimetria versus Curtosis

O diagrama apresentado na Fig. 49 também não mostra comportamento definido para as fácies observadas no fundo lagunar.

Tanto a assimetria como a curtosis dependem das proporções entre as classes modais dominantes nos sedimentos lagunares. Deste modo a dispersão observada retrata para o ambiente lagunar uma ampla variação entre as proporções de areia e silte, função das condições de dinâmica deposicional.

Observa-se ali que a fácies arenosa tem assimetria negativa e os valores de curtosis não se afastam dos de distribuições unimodais. Entretanto, os sedimentos das demais fácies tem assimetria positiva e são predominantemente leptocúrticos, consequência de um excesso de finos sobre os grosseiros sem, entretanto, alterar o grau de seleção das porções centrais de distribuição granulométrica, as mais afetadas pelas condições deposicionais do ambiente lagunar.







#### 4.5.1.7. Caracterização Ambiental

O emprego dos parâmetros texturais de FOLK & WARD (ob. cit.), visando delinear as condições de sedimentação a partir da análise granulométrica dos materiais de uma determinada província sedimentar mostrou-se eficiente no estudo dos sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento e do Saco do Cocuruto.

Observou-se ali que a variação de tais parâmetros é dependente do tipo de material fornecido pelas diversas áreas fonte, das variações de energia dos agentes deposicionais que atuam no ambiente lagunar e em parte da sua evolução nos últimos tempos geológicos.

Há portanto uma correspondência muito grande entre as propriedades texturais dos sedimentos e as características ambientais que se observam na área. Em outras palavras, pode-se dizer que a maior parte dos sedimentos lagunares apresentam propriedades perfeitamente compatíveis com o quadro ambiental que ali se apresenta, tal como se verifica na maior parte dos trabalhos publicados sobre o assunto quando êle é aplicado a sedimentos recentes em um ambiente com características conhecidas. Isto pode ser observado, de modo especial nos estudos efetuados em depósitos fluviais, praias e eólicos onde os processos energéticos que controlam a sua deposição são perfeitamente individualizáveis, ou seja, a ação de correntes, ação das ondas e ação dos ventos.

Por outro lado, em áreas costeiras, tais como estuários, lagunas, canais de maré, etc..., as condições energéticas são extremamente complexas e variáveis fazendo muitas vezes com que em um determinado ponto o sedimento acumulado represente uma mistura de processos deposicionais, fruto de ambientes que se deslocam constantemente no tempo e no espaço. Apesar de tais aspectos, já comentados por KLOVAN (1966), VISHNER (1969) e ALLEN (1971), con

clui-se que os parâmetros texturais são bons indicadores de variações de energia mesmo em áreas complexas e multiambientais como é o caso das lagoas costeiras.

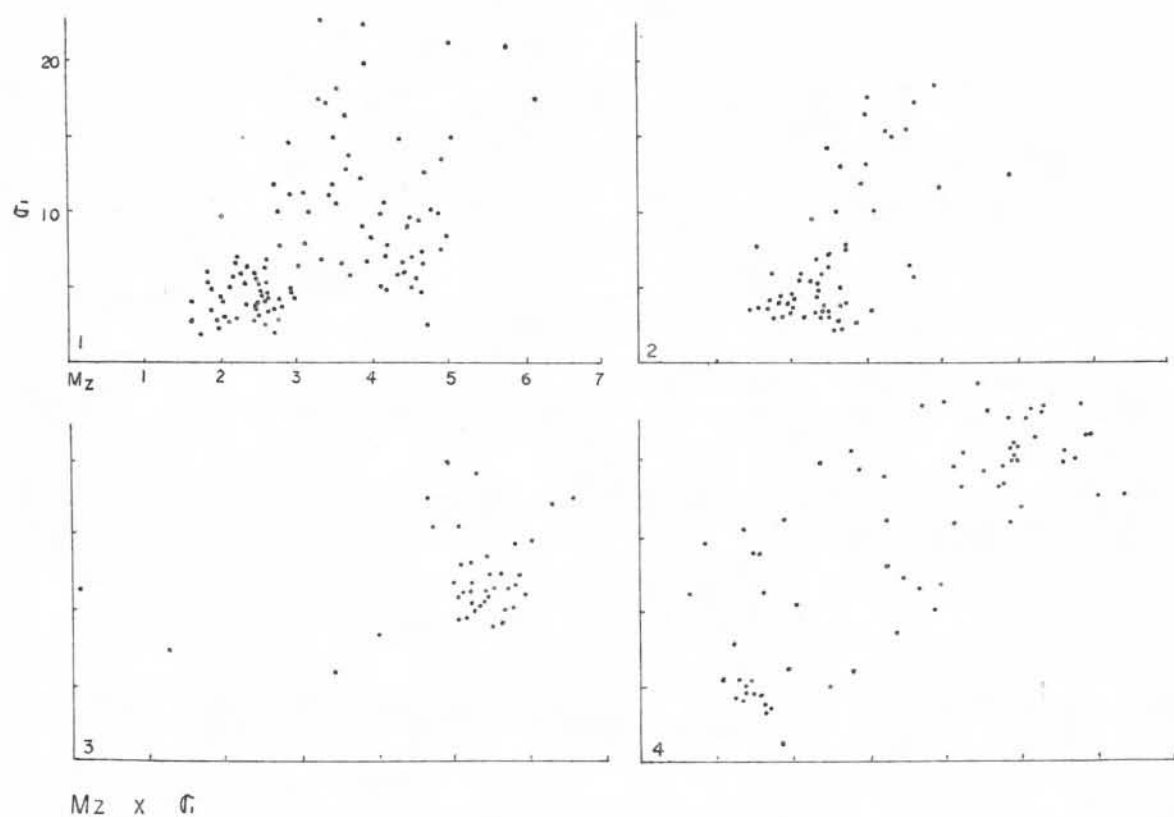
Cabe analisar, por outro lado, a habilidade que o estudo dos parâmetros texturais possui para, partindo-se de um conjunto de amostras, caracterizar antigos ambientes lagunares e estabelecer critérios seguros que permitam distinguir os sedimentos lagunares dentre os produzidos pelos inúmeros micro-ambientes que reinam divagantes sobre uma província costeira.

Com esta finalidade apresenta-se nas Figs. 50, 51, 52 e 53 uma comparação entre os diagramas dispersos mais significativos para a interpretação ambiental dos sedimentos da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto (diagramas 1), e os correspondentes dos sedimentos que constituíram suas principais fontes, ou sejam, os da margem lagunar (diagramas 2), os da parte central da Lagoa dos Patos (diagramas 3) e os do complexo fluvial do Guaíba (diagramas 4).

Cabe ressaltar que nos diagramas correspondentes a margem lagunar estão incluídos sedimentos de terraços marinhos, de terraços lagunares, de depósitos fluviais e flúvio-deltáicos, de depósitos eólicos e depósitos praias.

Em todos os diagramas,  $M_z \times \sigma_1$ ,  $M_x \times Sk_1$ ,  $M_z \times K'G$  e  $\sigma_1 \times Sk_1$ , observa-se uma identidade entre os parâmetros texturais dos sedimentos acumulados na Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto e os dos sedimentos que constituem suas fontes atuais.

É notável o fato de que superpondo-se em um mesmo diagrama dados dos sedimentos da margem lagunar e da Lagoa dos Patos, obtém-se uma semelhança quase que total com o diagrama nº 1 onde estão os dados dos sedimentos em estudo. Apenas fazem exceção os sedimentos finos que se acumulam na parte central da Lagoa dos Patos, muito mais profunda que a Lagoa do Casamento.



$Mz \times \sigma$

Figura 50 - CORRELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO MÉDIO ( $Mz$ ) E DESVIO PADRÃO ( $\sigma$ ).  
COMPARAÇÃO ENTRE:

- 1- SEDIMENTOS DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO.
- 2- SEDIMENTOS DA MARGEM LAGUNAR.
- 3- SEDIMENTOS DA LAGOA DOS PATOS.
- 4- SEDIMENTOS DO COMPLEXO FLUVIAL DO GUAÍBA.

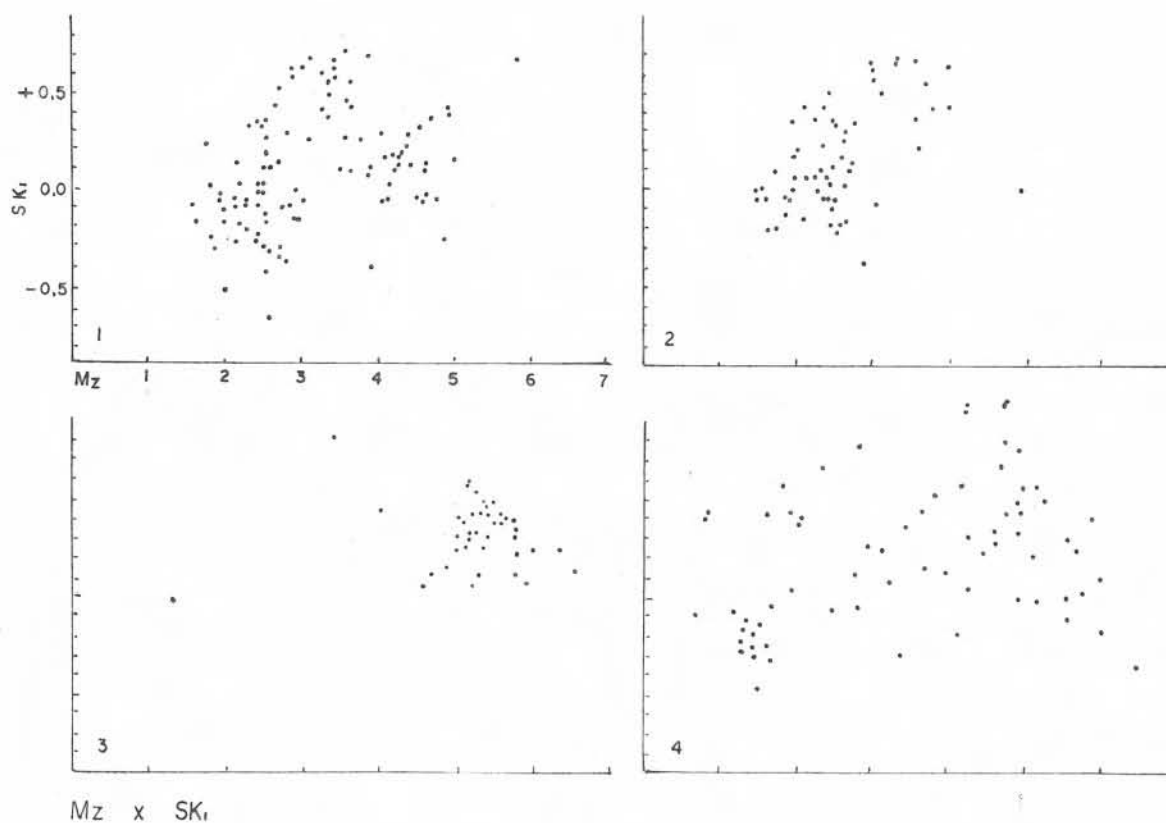
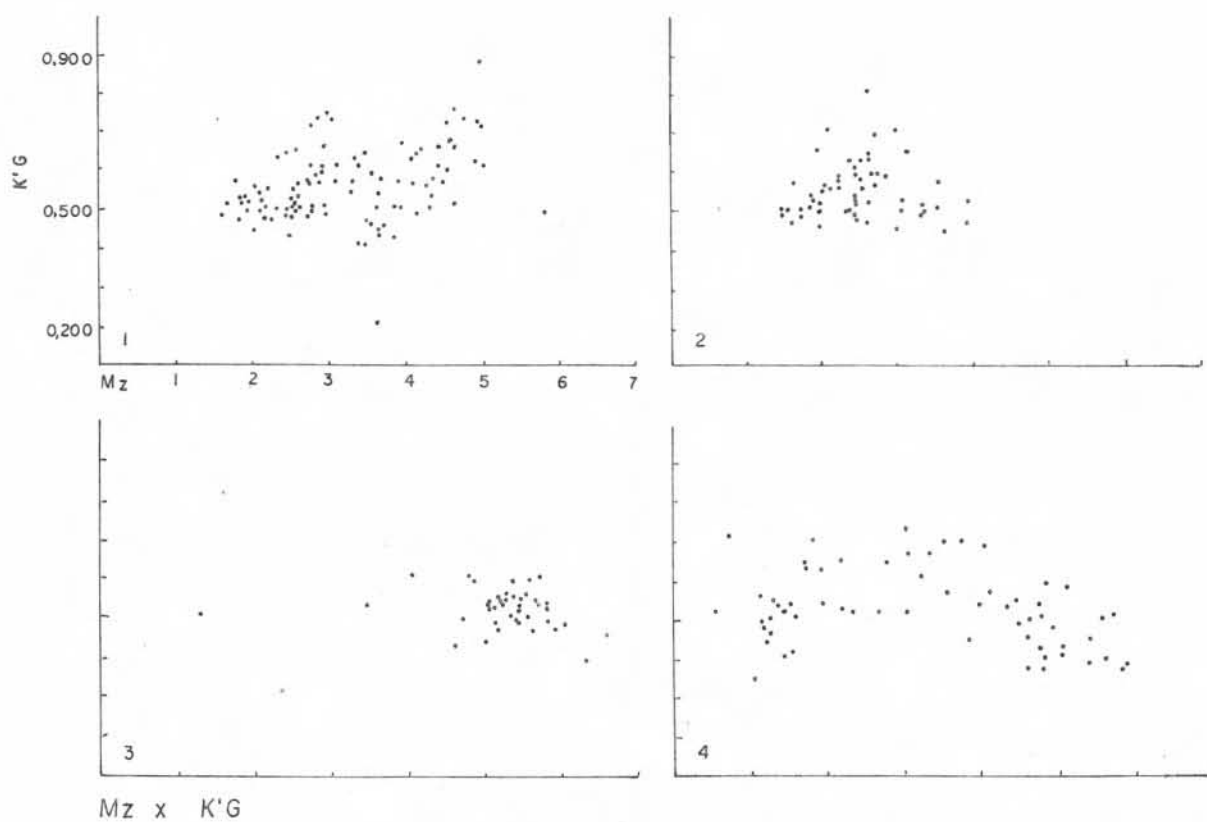


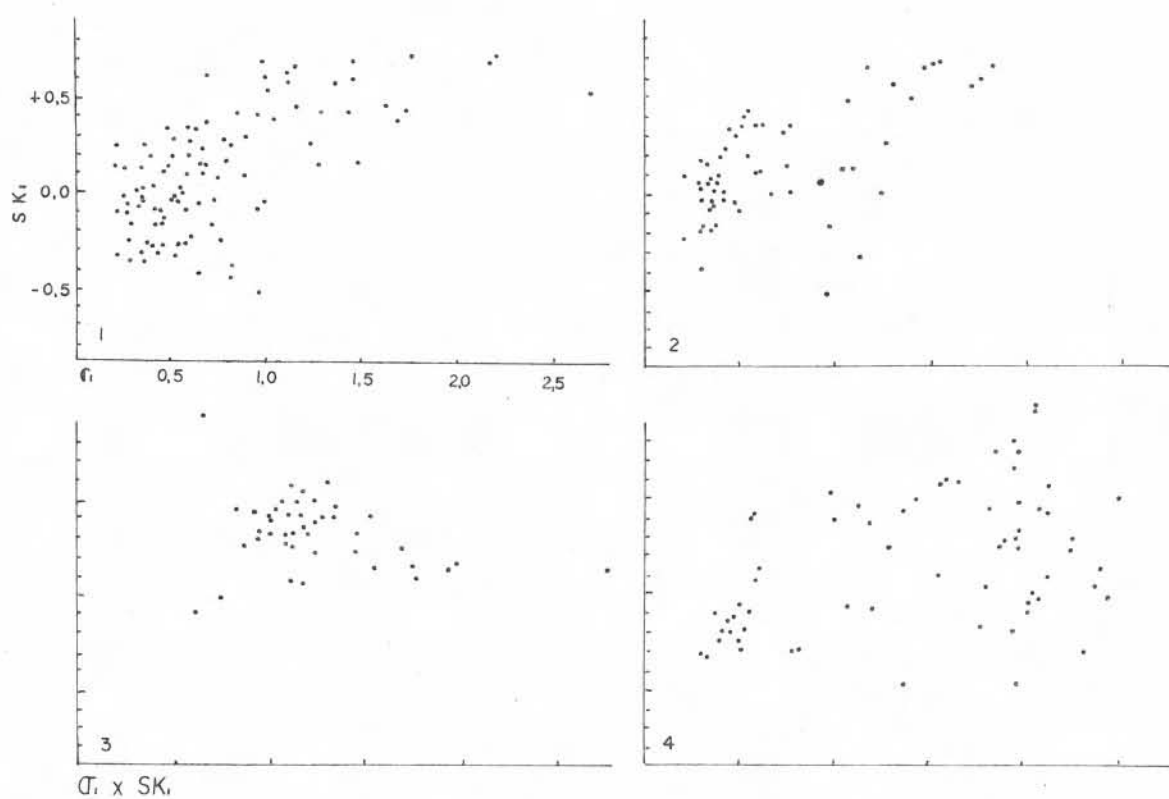
Figura 51 - CORRELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO MÉDIO (Mz) E ASSIMETRIA (SK<sub>r</sub>).  
COMPARAÇÃO ENTRE:

- 1- SEDIMENTOS DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO.
- 2- SEDIMENTOS DA MARGEM LAGUNAR.
- 3- SEDIMENTOS DA LAGOA DOS PATOS.
- 4- SEDIMENTOS DO COMPLEXO FLUVIAL DO GUAÍBA.



**Figura 52 - CORRELAÇÃO ENTRE DIÂMETRO MÉDIO (Mz) E CURTÓISIS (K'G).  
COMPARAÇÃO ENTRE:**

- 1 - SEDIMENTOS DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO.
- 2 - SEDIMENTOS DA MARGEM LAGUNAR.
- 3 - SEDIMENTOS DA LAGOA DOS PATOS.
- 4 - SEDIMENTOS DO COMPLEXO FLUVIAL DO GUAÍBA.



$\sigma$  x SK

Figura 53 - CORRELAÇÃO ENTRE DESVIO PADRÃO ( $\sigma$ ) E ASSIMETRIA (SK).  
COMPARAÇÃO ENTRE:

- 1- SEDIMENTOS DA LAGOA DO CASAMENTO E SACO DO COCURUTO.
- 2- SEDIMENTOS DA MARGEM LAGUNAR.
- 3- SEDIMENTOS DA LAGOA DOS PATOS.
- 4- SEDIMENTOS DO COMPLEXO FLUVIAL DO GUAÍBA.

Os sedimentos do complexo fluvial do Guaíba espalham-se muito mais do que os demais. Isto é consequência de uma variabilidade de condições energéticas bem mais complexas e da multiplicidade de processos deposicionais que ali atuam. Entretanto o campo abrangido por estes sedimentos não é muito diferente do que se observa para os demais ambientes considerados.

Torna-se pois extremamente difícil estabelecer critérios baseados nos parâmetros texturais de FOLK & WARD para distinguir sedimentos lagunares dos demais produzidos por outros ambientes típicos de uma província sedimentar costeira. A sua utilização como critério único e absoluto pode levar a conclusões errôneas, desvinculadas da realidade ambiental que tais províncias encerram. Confirma-se pois as considerações críticas estabelecidas, sob este ponto de vista, por GRAF (1968) e SOLOHUB & KLOVAN (1970).

Tais considerações são perfeitamente válidas uma vez que a dinâmica de ambientes que existe sobre uma província costeira, promovendo um contínuo retrabalhamento do estoque sedimentar ai e existente, é tão rápida que não permite a adaptação completa do sedimento antigo às novas condições ambientais. Isto ocorre de modo marcante quando a quantidade de energia do novo ambiente é mais baixa do que a do que ali atuava anteriormente.

Os sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento retratam perfeitamente esta situação. Observa-se nas fácies arenosas de fundo características texturais de depósitos praias e eólicos, ambos de alta energia, que não foram apagados pela dinâmica de sedimentação lagunar energeticamente inferior.

Por outro lado, a aplicabilidade do método de FOLK & WARD nesses complexos ambientais cresce em importância a medida que à ele forem associados outros dados, especialmente os que dizem respeito a forma e estrutura dos depósitos, associações paleontológicas e outros que permitam esboçar a evolução paleogeográfica

ca da seqüência sedimentar que se quizer analisar.

#### 4.5.2. Diagramas CM, FM, LM e AM (PASSEGA & BYRAMJEE)

Os aspectos texturais de um sedimento refletem as características do agente que proporcionou a sua deposição. Conforme apontaram os estudos de PASSEGA (1957 e 1964), esta relação é particularmente evidente se a textura for representada por dois parâmetros da distribuição granulométrica, ou seja, C o valor do primeiro percentil e M o valor do diâmetro mediano. Segundo o autor, o padrão CM revelado em um diagrama construído em papel bilogarítmico, locando-se o ponto correspondente a cada amostra na intersecção dos valores de C em ordenadas e M em abscissas, é característico do agente deposicional que ali atuou.

Posteriormente, PASSEGA & BYRAMJEE (1969), concluíram que o diagrama CM caracterizava a fração mais grosseira das amostras e que as frações mais finas ficavam caracterizadas através dos diagramas F-M, L-M e AM, onde F, L e A são, respectivamente, as percentagens em peso dos grãos mais finos que 125, 31 e 4 micra presentes na amostra. Em conjunto, esses diagramas constituem o que aqueles autores denominaram de imagem granulométrica de um depósito, a qual fornece informações precisas sobre as condições hidráulicas que atuaram na formação do depósito.

A Fig. 54 mostra o diagrama apresentado por PASSEGA & BYRAMJEE (ob. cit.).

Os segmentos compreendidos entre os pontos N, O, P, Q, R e S correspondem a um tipo particular de mecanismo de sedimentação. A posição e tamanho destes segmentos é variável e alguns são mais freqüentes do que outros nos diversos ambientes estudados.

O segmento NO representa depósitos formados predominantemente



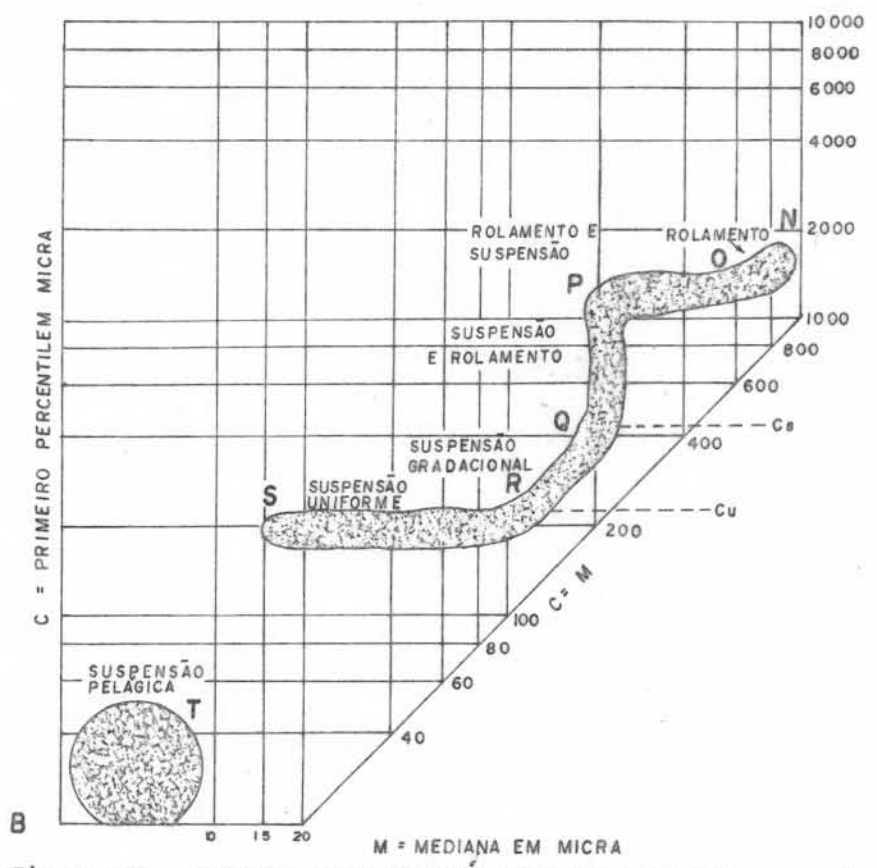
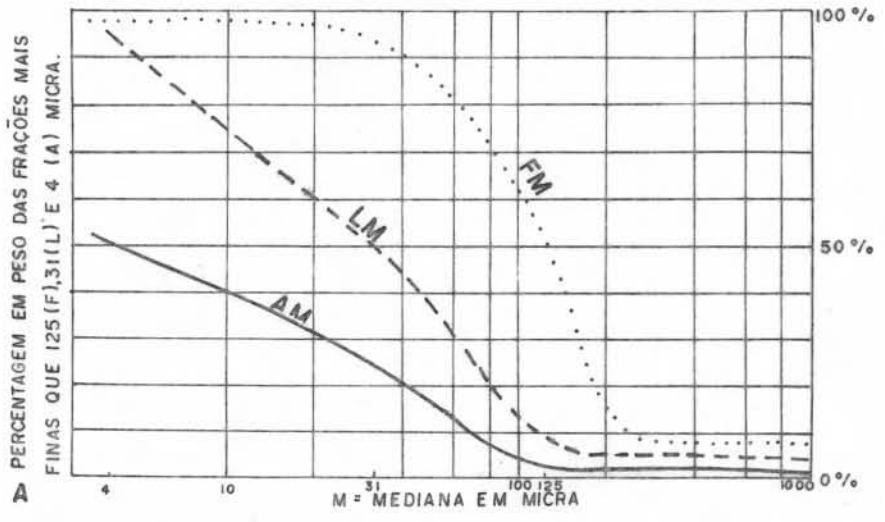


Figura 54 - IMAGEM GRANULOMÉTRICA DE SEDIMENTOS CLÁSTICOS  
 A = DIAGRAMAS F-M, L-M E A-M  
 B = DIAGRAMA C-M. Modificado de Passega e Byramjee (1969)

des:neiro silveira

temente por grãos rolados ao passo que o segmento PQ é formado por sedimentos em sua maioria transportados por suspensão. O segmento intermediário OP representa uma mistura em proporções variáveis entre grãos rolados e sedimentos em suspensão. O segmento QR indica depósitos formados por suspensão gradacional, isto é, material transportado em suspensão e afetado por correntes de fundo, tal como acontece nas correntes de turbidez. Por outro lado, o segmento RS é formado por materiais transportados em suspensão uniforme não afetados por correntes de fundo.

Os sedimentos mais finos que se situam em T podem ser considerados como representantes de suspensões pelágicas.

Os diagramas F-M, L-M e A-M, permitem analisar graficamente o grau de seleção dos sedimentos finos e em particular para definir se tais sedimentos são depositados por suspensão uniforme ou gradacional, uma vez que no primeiro caso, a medida em que diminui o valor da mediana os valores de L e A aumentam proporcionalmente, enquanto que no segundo, os aumentos L e A não são proporcionais, conforme pode ser visto na Fig. 55 reproduzida de PASSEGA & BYRAMJEE (ob. cit.).

Com a finalidade de apresentar a imagem granulométrica dos sedimentos lagunares em estudo foram elaborados os diagramas C-M, F-M, L-M e A-M apresentados na Fig. 56.

O diagrama C-M, dos sedimentos das diversas fácies do fundo lagunar, mostra um padrão que permite afirmar, se o compararmos com o apresentado por PASSEGA & BYRAMJEE (ob. cit.), Fig. 54, que as sub-fácies arenosas foram depositadas por suspensão e subsidiariamente por rolamento, conforme mostra sua disposição ao longo do sedimento PQ. As areias finas dispõem-se ao longo do segmento QR correspondendo a uma suspensão gradacional, comportamento que também é apresentado pela fácies areno-síltica.

As fácies silto-arenosa e síltica, depositadas ao longo

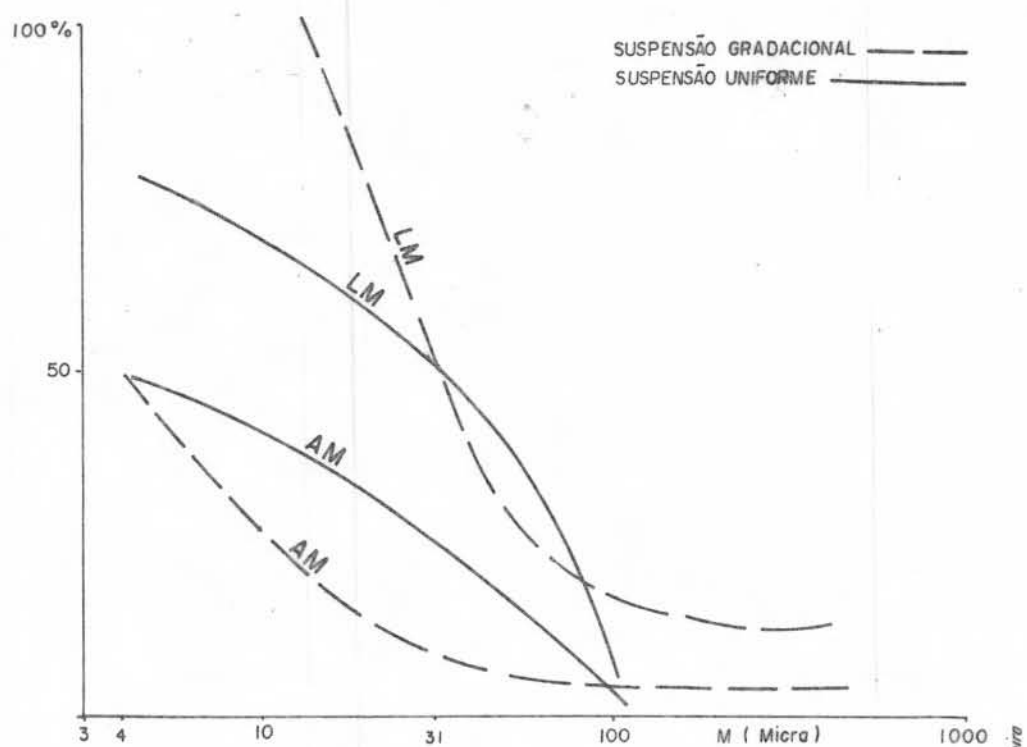
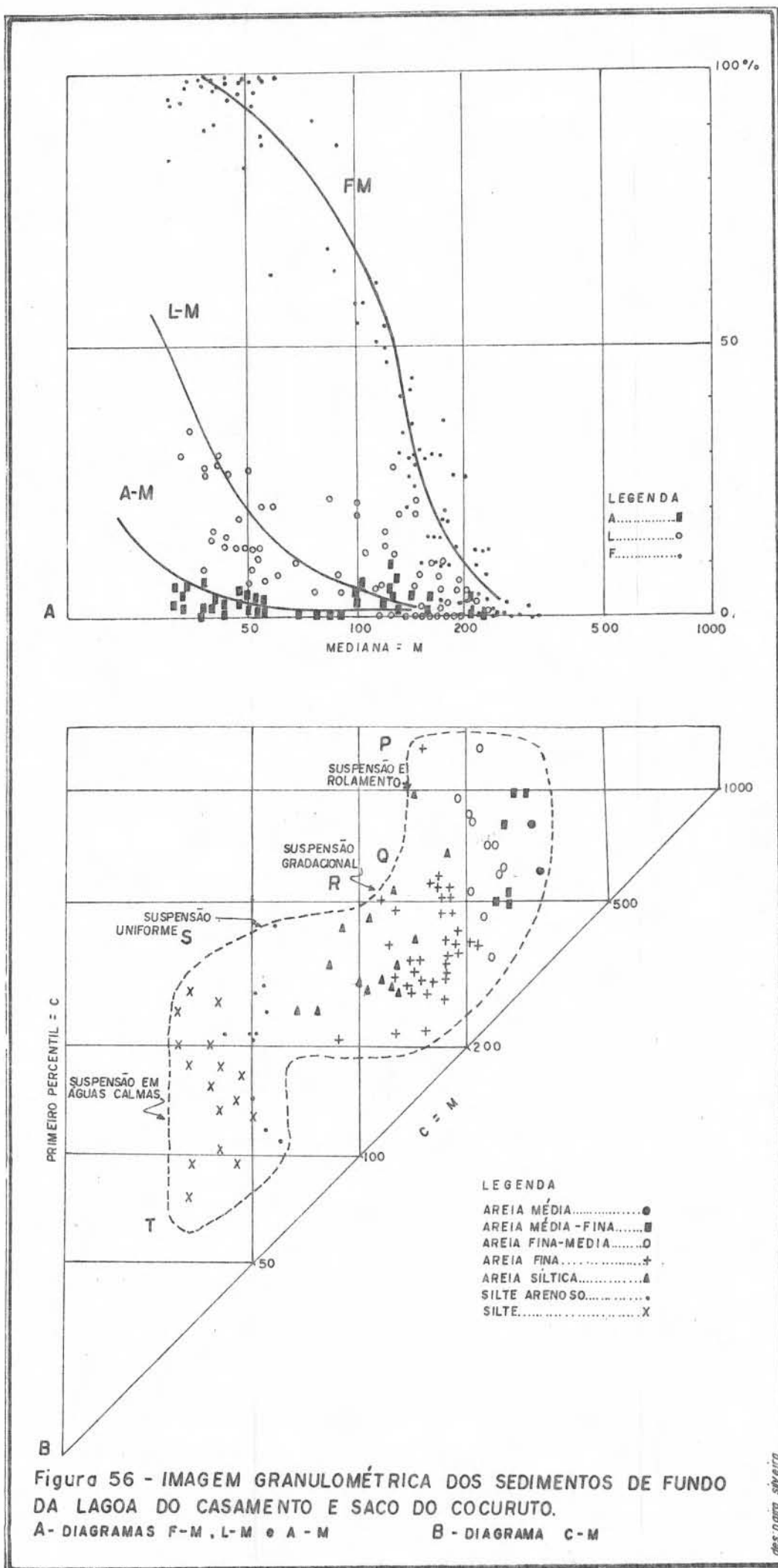


Figura 55 - DIAGRAMAS ESQUEMÁTICOS L-M E A-M DE DE POSITOS PRODUZIDOS POR SUSPENSÃO UNIFORME E POR SUSPENSÃO GRADACIONAL. *Modificado de Passega e Byramjee (1969).*



dos segmentos RS e ST são depositadas por suspensão aparentemente uniforme.

O quadro apresentado pelo diagrama C-M é perfeitamente compatível com as condições de sedimentação apresentadas pela Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto.

Os sedimentos grosseiros depositados por rolamentos e por suspensão gradacional são os que ocorrem ao longo das zonas marginais do corpo lagunar, mais rasas, submetidas a constante ação das ondas, o que confirma as idéias de PASSEGA (1964), apontando que as ondas transportam sedimentos por suspensão gradacional da mesma forma que as correntes de turbidez. O autor ainda afirma que a diferença entre a suspensão gradacional gerada por umas e outras reside no fato de que a turbulência das ondas não requer movimentação lateral do sedimento ao passo que a turbulência das correntes de turbidez é gerada por fricção de fundo o que envolve correntes de alta velocidade.

Os sedimentos mais finos, das partes mais centrais e profundas são transportados por suspensão.

A análise dos diagramas F-M, L-M e A-M mostra que também na disposição dos sedimentos finos o processo atuante é o de suspensão gradacional. Na realidade, tais sedimentos revelam um comportamento peculiar. Para  $F = 20\%$  o valor de M oscila em torno de 160 micra e os de L e A são praticamente nulos. São areias finas e médias bem classificadas provavelmente de origem praiial e que se mantêm limpas pela ação de joeiramento produzida pela agitação das ondas nas partes rasas da lagoa.

Observa-se entretanto que há entre os valores de  $M = 100$  e  $M = 200$ , uma grande dispersão dos valores de F, L e A, retratando as misturas populacionais produzidas pela adição de grosseiros ao material mais fino, em épocas de grande agitação, ou ainda por deposição de finos sobre os grosseiros nos períodos de calma no

corpo lagunar. Tais processos são os que ocorrem nas zonas intermediárias, depositando ali as fácies transicionais.

A medida que M diminui, aumenta os valores de L e A. No entanto este aumento não é proporcional. Para  $L = 20\%$  o valor de M é 42 e A é menor do que 10%. O silte grosseiro deposita a prisionando menos do que 10 % de material argiloso. Sedimentos argilosos estão totalmente ausentes mostrando que na bacia de de posição as condições hidráulicas não permitem a sua deposição.

Com efeito, a imagem granulométrica aqui representada retrata perfeitamente as condições deposicionais neste corpo de águas rasa que é a Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto. Seus sedimentos são depositados em um regime predominantemente de suspensão gradacional onde as frações mais finas trazidas quer pelos rios que drenam a margem lagunar, quer pela invasão das águas da Lagoa dos Patos, jamais chegam a constituir depósitos expressivos, permanecendo em constante suspensão promovida pelas ondas e correntes de maré.

#### 4.5.3. Índices Granulométricos de DOEGLAS

Utilizando os valores em  $\phi$  "phi", segundo a escala de WENTWORTH, correspondente ao primeiro quartil " $Q_1$ ", mediana " $M_d$ " e o terceiro quartil " $Q_3$ " da distribuição granulométrica de materiais detríticos, DOEGLAS (1968), desenvolveu um outro sistema de classificação textural e nomenclatura petrográfica para sedimentos que pretende ser mais completo e efetivo que os estabelecidos por PETTIJOHN (1949) e SHEPARD (1954), este último adotado no presente trabalho.

Na realidade os índices  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$  propostos por DOEGLAS (ob. cit.), apresentam a vantagem de oferecer uma idéia imediata

do grau de seleção e da assimetria da distribuição granulométrica do sedimento considerado. O autor tenta ainda construir um esquema de determinação do ambiente de sedimentação baseado nos índices  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$  o qual pode ser detalhado mediante a adição de valores do 1º ao 99º percentil, criando índices de cinco dígitos,  $1Q_1M_dQ_399$ , permitindo a distinção de depósitos fluviais, praias e eólicos e em maior detalhe de sedimentos marinhos rasos e de depósitos costeiros.

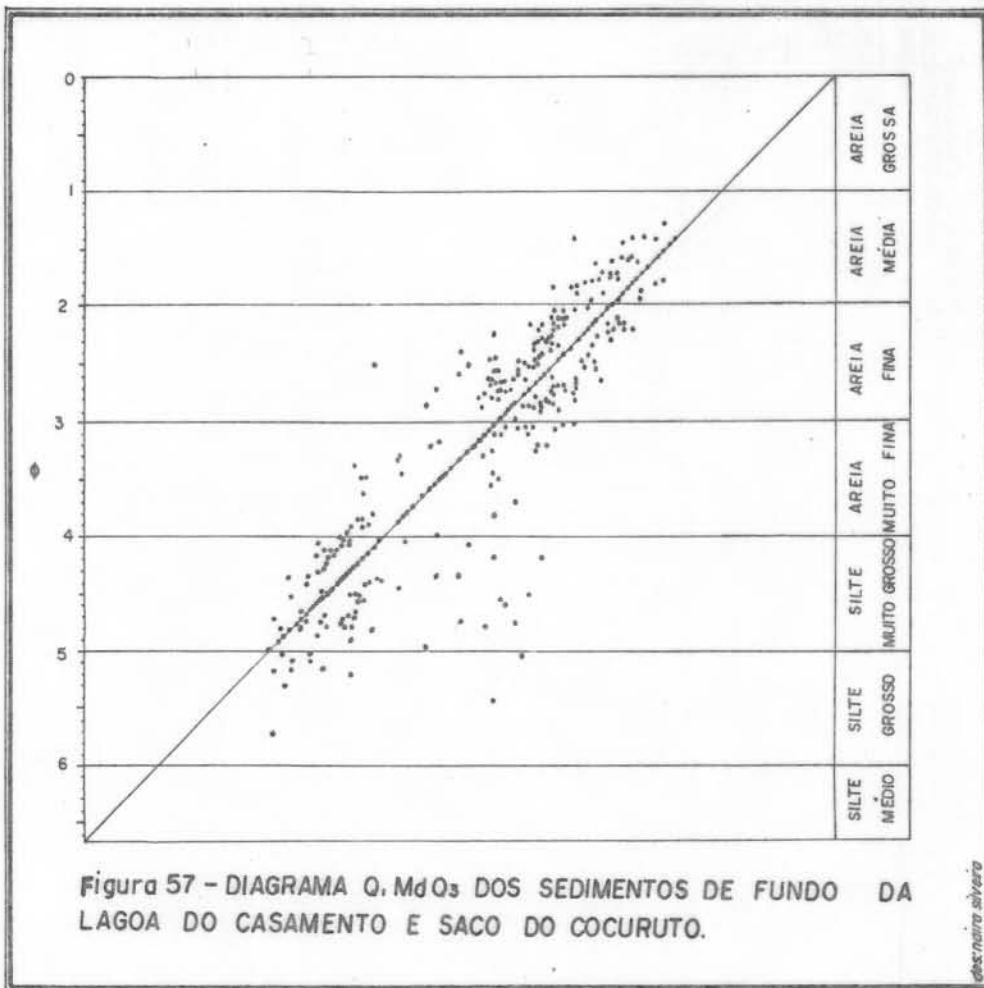
A aplicação do sistema de DOEGLAS (ob. cit.) aos sedimentos da área da Lagoa do Casamento tem por objetivo testar a validade do método no sentido de permitir a caracterização ambiental a partir dos índices granulométricos. Não serão discutidos os aspectos da nomenclatura proposta por aquele autor.

#### 4.5.3.1. Índices $Q_1$ $M_d$ $Q_3$

Os índices  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$  dos sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento e do Saco do Cocuruto foram lançados no diagrama de classificação apresentado na Fig. 57, obedecendo ao método preconizado por DOEGLAS (ob. cit.).

Efetivamente o diagrama  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$  oferece uma boa imagem gráfica destes sedimentos onde além do comportamento textural visualiza-se o grau de seleção e a assimetria das distribuições granulométricas. Observa-se ali a existência de três tipos principais de sedimentos. O primeiro caracteriza-se por sedimentos arenosos relativamente bem selecionados e aproximadamente simétricos correspondentes às fácies marginais e rasas do corpo lagunar. O segundo por sedimentos siltycos da mesma forma bem selecionados e simétricos, correspondentes às fácies centrais e mais profundas. O terceiro, transicional, constituído por sedimentos areno-silty

$Q_1, Md, Q_3$   
-3-3-4





cos mal selecionados, com assimetria positiva, correspondendo à mistura dos dois primeiros nas zonas intermediárias da bacia de deposição lagunar.

A análise do diagrama  $Q_1 \quad M_d \quad Q_3$  fornece, portanto, uma imagem adequada das distribuições granulométricas dos sedimentos de fundo, fiel e bem mais prática do que a que se obtém mediante a aplicação dos parâmetros de FOLK & WARD, apresentada anteriormente.

Para avaliar a aplicabilidade dos índices  $Q_1 \quad M_d \quad Q_3$  na interpretação ambiental, são apresentados na Tabela 16 os valores encontrados em 173 amostras distribuídas entre a margem lagunar e o fundo dos corpos lagunares em estudo.

Estão representados ali sedimentos coletados em terraços marinhos, depósitos eólicos, terraços lagunares, depósitos fluviais e flúvio-deltáicos, praias lagunares, cristas de praia e acumulações do fundo lagunar.

A Tabela 17, mostra a incidência dos índices  $Q_1 \quad M_d \quad Q_3$  nos diversos ambientes amostrados, expressos em percentagem.

Os sedimentos lagunares mostram preferencialmente os seguintes índices:

a - 333, 334, 233 e 223 (fácies arenosas)

b - 455, 555 e 556 (fácies sílticas)

Na margem lagunar observa-se as seguintes preferências:

a - Terraços marinhos - 333, 334 e 233.

b - Depósitos eólicos - 234, 235 e 333

c - Terraços lagunares- 333, 336 e 444

d - Depósitos fluviais- 333, 233, 223 e 335

e - Depósitos flúvio-deltáico - 333, 223, 344 e 444

f - Praias lagunares - 223, 333 e 222

g - Cristas de Praia - 222 e 223.

Pelos dados acima apresentados, observa-se que o esque

Tabela 16 - RELAÇÃO ENTRE OS AMBIENTES  
AMOSTRADOS E OS INDICES Q<sub>1</sub> Md Q<sub>3</sub>

Q <sub>3</sub>	2	3	4	5	6	7
Q <sub>1</sub> Md	SL-3	SL-6				
2 2	CP-4 PL-1	CP-2 PL-5 TM-1 DF-2 DFD-1				
		SL-12 CP-1 TM-2 DF-3	SL-2 DE-1	DE-1		
		SL-25 PL-2 TM-12 DE-1 TL-1 DF-4 DFD-2	SL-17 TM-4	SL-5 DF-2	SL-3 TL-1 DF-1	
		3 4	SL-4 DFD-1	SL-5		
		4 4	SL-1 TL-1 DFD-1	SL-2		
			3 5	SL-1		
			4 5	SL-10	DF-1	SL-1
			5 5	SL-8	SL-7 DF-2	
				5 6	SL-1	

LEGENDA

TM - TERRAÇOS MARINHOS  
DE - DEPÓSITOS EÓLICOS  
TL - TERRAÇOS LAGUNARES  
DF - DEPÓSITOS FLUVIAIS  
DFD- DEPÓSITOS FLUVIAIS DELTAÍCOS  
PL - PRAIAS LAGUNARES  
CP - CRISTAIS DE PRAIA  
SL - SEDIMENTOS LAGUNARES

Tabela 17 - INCIDÊNCIA DOS ÍNDICES Q<sub>1</sub> Md Q<sub>3</sub> NOS AMBIENTES AMOSTRADOS

Q <sub>1</sub> Md Q <sub>3</sub>	TM		DE		TL		DF		DFD		PL		CP		SL		TOTAIS	
	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%	nº	%
2 2 2											1	12,5	4	<b>57,2</b>	3	2,6	7	4,6
2 2 3	1	5,2					2	13,3	1	20,0	5	<b>62,5</b>	2	28,5	6	<b>5,3</b>	17	<b>9,8</b>
2 3 3	2	10,5					3	<b>20,0</b>					1	14,3	12	<b>10,6</b>	18	<b>10,4</b>
2 3 4			1	33,3											2	1,7	3	1,7
2 3 5			1	33,3													1	0,5
3 3 3	12	<b>63,1</b>	1	33,3	1	33,3	4	<b>26,6</b>	2	<b>40,0</b>	2	25,0			25	<b>22,1</b>	47	<b>27,1</b>
3 3 4	4	21,0													17	<b>15,4</b>	21	<b>12,1</b>
3 3 5							2	13,3							5	4,4	7	4,0
3 3 6					1	33,3	1	6,6							3	2,6	5	2,9
3 4 4									1	20,0					4	3,5	5	2,9
3 4 5															5	4,4	5	2,9
4 4 4					1	33,3			1	20,0					1	0,8	3	1,7
4 4 5															2	1,7	2	1,1
3 5 5															1	0,8	1	0,5
4 5 5															10	<b>8,8</b>	10	<b>5,7</b>
4 5 7							1	6,6							1	0,8	2	1,1
5 5 5															8	<b>7,0</b>	8	<b>4,6</b>
5 5 6							1	13,3							7	<b>6,1</b>	9	<b>5,2</b>
5 6 6															1	0,8	1	0,5
	19		3		3		15		5		8		7		113		173	

LEGENDA

TM - TERRAÇOS MARINHOS  
 DE - DEPÓSITOS EÓLICOS  
 TL - TERRAÇOS LAGUNARES  
 DF - DEPÓSITOS FLUVIAIS

DFD - DEPÓSITOS FLUVIAIS DELTAÍCOS  
 PL - PRAIAS LAGUNARES  
 CP - CRISTAIS DE PRAIA  
 SL - SEDIMENTOS LAGUNARES

ma baseado nos índices  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$  não é efetivo na distinção dos diversos ambientes de sedimentação da região costeira.

Para efeito de comparação com futuros trabalhos, pode-se dizer que os índices mais significativos para os depósitos costeiros da região em estudo são, em ordem de importância, 333, 334, 233, 223, 455, 556 e 555.

#### 4.5.3.2. Índices $1Q_1M_dQ_3^{99}$

Conforme foi observado, o sistema  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$  não foi suficiente para mostrar diferenças entre os sedimentos dos diversos ambientes amostrados na área de estudo. Numa tentativa de detalhamento que revelasse diferenças entre estes ambientes foram obtidos índices de cinco dígitos, acrescentando aos  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$ , os valores do 1º e 99º percentil da distribuição granulométrica.

Os índices  $1Q_1M_dQ_3^{99}$  da área em estudo são apresentados na Tabela 18, construída segundo DOEGLAS (ob. cit.).

Para os sedimentos lagunares houve uma maior incidência nos índices 12233, 12334, 13334, 23334 (10 %), 23335, 23338, 23348 e 35559.

De acordo com os dados apresentados por DOEGLAS (ob. cit.), a maior parte destes índices são típicos de depósitos praias e eólicos, o que conflita com as características ambientais dos sedimentos aqui estudados.

Transparece mais uma vez a influência das áreas fonte na caracterização dos sedimentos do fundo lagunar. Os materiais da barreira arenosa acumulados predominantemente por processos praias e eólicos em vários ciclos de sedimentação não são suficientemente afetados por processos superimpostos de nível energético menor, tais como os que se desenrolam em ambiente lagunar, pa

Tabela 18-RELAÇÃO ENTRE OS AMBIENTES AMOSTRADOS E OS INDICES I Q<sub>1</sub> Md Q<sub>3</sub> 99

MEDIANA 2

222

99%	3	4	5	6
1%	SL-2		SL-1	
1	CP-4			
	PL-1			
2				

223

99%	3	4	5	6
1%	SL-5	SL-1		
1	CP-3	CP-1	TM-1	DF-1
	DF-1	PL-1		
2	CP-1			CP-1

MEDIANA 3

233

99%	3	4	5	6	7	8	9
1%		SL-2					
1		DF-1					
1		SL-4		SL-1	SL-1	TM-1	
				DF-1			
2	SL-3	SL-1	CP-1	TM-1			DF-1
			DF-1				

234

99%	6	7	8	9	0
1%					
1					
1	SL-1			SL-1	DE-1
				DE-1	
2					

333

99%	4	5	6	7	8	9
1%						
1						
1	SL-4		SL-1			TM-1
	DFD-1					
2	SL-11	SL-4	SL-3	DE-1	SL-4	DE-1
	PL-1	TM-2	TM-3		TM-1	TM-1
	TM-4	DF-1	TL-1			
	DF-1	DFD-1	DF-1			
3		DF-1				

334

99%	4	5	6	7	8	9	0
1%	SL-1			SL-1	SL-1		SL-1
1							
2	SL-1		SL-1	TM-1	SL-5	SL-3	SL-1
					TM-2		
3		SL-1					

335

99%	8	9	0
1%			SL-1
1			
2	DF-1	SL-2	DF-1
3		SL-1	

336

99%	9	0
1%		DF-1
1		
2	SL-1	SL-1
		TL-1
3		

MEDIANA 4

344

99%	4	5	6	7	8	9	0
1%					SL-1		
1							
2	DFD-1				SL-1		SL-1
3							

345

99%	7	8	9	0
1%				
1				
2	SL-1	SL-1	SL-2	SL-2
3				

444

99%	6	7
1%		
1		
2		
3	TL-1	SL-1
	DFD-1	

445

99%	9	0
1%		
1		
2	SL-1	SL-1
3		

MEDIANA 5

355

99%	0
1%	SL-1
2	
3	
4	

455

99%	7	8	9	0
1%		SL-1	SL-2	SL-2
2				
3		SL-1	SL-2	SL-1
4	SL-1			SL-1

456

99%	0
1%	
2	
3	DF-1
4	

555

99%	8	9	0
1%			
2			
3		SL-4	
4	SL-2	SL-1	SL-1

556

99%	8	9	0
1%	SL-1	SL-3	
2			
3		SL-2	SL-2
4			SL-1

LEGENDA

TM - TERRAÇOS MARINHOS  
 DE - DEPÓSITOS EÓLICOS  
 TL - TERRAÇOS LAGUNARES  
 DF - DEPÓSITOS FLUVIAIS

DFD - DEPÓSITOS FLUVIO DELTAÍCOS  
 PL - PRAIAS LAGUNARES  
 CP - CRISTAS DE PRAIA  
 SL - SEDIMENTOS LAGUNARES

des:neira sineira

ra modificar as características herdadas dos ambientes anteriores de maior energia.

Entretanto da observação da Tabela 18, conclui-se que na área de estudo os índices 12223, 12233, 12234 e 22233 estão relacionados com acumulações praias (praias lagunares, cristas de praia e sedimentos lagunares marginais). Por outro lado índices com mediana 4 e 5 com o 1º percentil variando entre 1, 2, 3 e 4 e o 99º percentil variando entre 7, 8, 9 e 0 são típicos de sedimentos acumulados em ambiente lagunar sob condições de baixa energia.

Os índices com mediana 3 com o 1º percentil variando entre -1 e 3 e o 99º percentil variando entre 3 e 0, caracterizam sedimentos acumulados nos mais variados ambientes reinantes sobre a província sedimentar costeira.

Conclui-se que o sistema elaborado por DOEGLAS (ob. cit.) é efetivo para classificar os sedimentos da província costeira, entretanto, mostra-se inadequado para identificar com precisão o ambiente particular em que os mesmos foram acumulados.

## 5. SUMÁRIO DAS CONCLUSÕES

O estudo da sedimentação na região nordeste da Lagoa dos Patos, mais especificamente na Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto, constitui-se em mais uma contribuição ao conhecimento da área lagunar que se desenvolve sobre a maior parte da província costeira do Rio Grande do Sul, reconhecidamente uma das mais extensas que ocorrem ao longo das atuais regiões costeiras do planeta.

O sistema lagunar em discussão tem origem no desenvolvimento de uma barreira múltipla no sentido de CURRAY et alii (1969), cujo crescimento foi condicionado pelas oscilações eustáticas ocorridas durante o Quaternário.

Desde o início do desenvolvimento do corpo lagunar, as oscilações eustáticas que se sucederam na região passaram a imprimir seus efeitos em dois domínios ambientais diferentes, a margem oceânica e a margem lagunar, uma vez que as duas massas d'água intercomunicavam-se ao sul.

A análise geomorfológica da área que constitui a margem lagunar permite deduzir que sua configuração resulta da atuação dos processos sedimentares que acompanharam, pelo menos, quatro ciclos trans-regressivos.

No decorrer destes ciclos de submergência e emergência os processos deposicionais mais efetivos foram os relacionados com a ação das ondas, correntes e ventos, responsáveis em última análise pela morfografia que a área apresenta.

Partindo-se deste contexto evolutivo procurou-se estabelecer o quadro geral das condições hidrodinâmicas que atuam na área lagunar nos dias de hoje. Paralelamente buscou-se caracteri

zar o comportamento petrográfico dos sedimentos ali depositados e dos materiais que constituíram suas fontes mais prováveis.

O interrelacionamento dos dados obtidos sob estes diversos enfoques visou o estabelecimento de um modelo de sedimentação lagunar capaz de ser estendido ao restante da Província Costeira do Rio Grande do Sul, ou outras regiões semelhantes, utilizável também no reconhecimento de antigas seqüências lagunares.

A análise textural dos sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento e do Saco do Cocuruto permitiu agrupá-los em quatro fácies distintas, a saber, arenosa, areno-síltica, silto-arenosa e síltica.

A fácies arenosa dividida em subfácies areia média, média-fina, fina-média e fina, distribui-se pelas partes mais rasas e marginais do corpo lagunar. É constituída por areias quartzosas, geralmente bem selecionadas. A sub-fácies areia-fina é a mais importante no que diz respeito ao volume de material e distribuição em áreas.

A fácies síltica ocupa as partes centrais e mais profundas do corpo lagunar. É constituída por silte muito grosseiro que se sempre moderadamente selecionado.

As fácies areno-síltica e silto-arenosa são transitórias e ocupam as partes de profundidade intermediária do corpo lagunar, dispostas via de regra entre as zonas ocupadas pelas fácies arenosa e síltica.

A análise da variação dos parâmetros granulométricos estatísticos de FOLK & WARD revelou-se de grande utilidade na caracterização da sedimentação lagunar.

Considerando que a maioria dos sedimentos de fundo são unimodais, o comportamento da mediana e do diâmetro médio mostrou-se muito semelhante. A variação dos valores destes parâmetros granulométricos mostrou ser dependente da hidrodinâmica do ambien



te de deposição e também da distribuição de tamanho dos materiais fornecidos pelas áreas fonte. Assim, o fundo lagunar é constituído por dois tipos principais de sedimentos, areia fina e silte muito grosseiro, admitindo entre eles uma série contínua de misturas. Os dois tipos principais representam produtos finais do processo de retrabalhamento lagunar sobre os materiais das áreas fonte.

O desvio padrão mede o grau de seleção de um sedimento indicando as flutuações do nível energético do agente deposicional e sua capacidade de classificar os materiais ali mobilizados. A variação deste parâmetro nos sedimentos estudados confirma tal assertiva. Nas partes marginais e nas mais profundas onde há uma maior efetividade dos dois tipos de regime deposicional, respectivamente carga de fundo e carga de suspensão, o grau de seleção é bem maior do que nas áreas onde sua atuação é conjunta e intermitente, ou seja, naquelas de profundidade intermediária.

A variação da assimetria, parâmetro tido como um dos mais sensíveis na caracterização ambiental, mostrou-se dependente da dinâmica atual do ambiente lagunar e em menor grau das características herdadas das áreas fonte. Assim os sedimentos marginais submetidos a ação das ondas são assimétricos negativos, ao passo que os das zonas mais centrais enriquecidas por material fino trazido em suspensão são assimétricos positivos.

No que diz respeito a curtosis, parâmetro que mede o grau de seleção dos extremos da distribuição granulométrica comparando-o com o grau de seleção da sua porção central, a maior parte dos sedimentos lagunares mostrou-se leptocúrtica. Tal fato parece retratar a habilidade que o ambiente lagunar possui em separar duas populações dominantes a partir do material que lhe é fornecido pelas áreas fonte, ou seja, uma população arenosa e outra siltica, distribuindo-as em áreas distintas na dependência de seu nível energético, sem proporcionar a deposição de sedimentos

nitidamente polimodais.

Verificou-se que tanto a distribuição faciológica textural dos sedimentos de fundo da Lagoa do Casamento e do Saco do Curuto como as variações dos diversos parâmetros granulométricos por eles apresentados, são controlados pelas características dos materiais fornecidos pelas áreas fonte, pelas condições hidrodinâmicas ambientais, pela morfologia do corpo lagunar e sua evolução nos últimos tempos geológicos.

Os sedimentos acumulados em vários ambientes deposicionais que se distribuem pela margem lagunar constituem a fonte principal das areias que caracterizam as fácies marginais do fundo lagunar. É notável a identidade textural que estes materiais apresentam. A classe modal dominante em ambos os domínios é a da areia fina.

O material siltico acumulado nas partes centrais tem sua origem na carga de suspensão dos cursos d'água que drenam a margem lagunar e, principalmente, do material que ingressa na Lagoa do Casamento junto com as massas d'água provenientes da Lagoa dos Patos. O material trazido desta forma provém em última análise do complexo fluvial do Guaíba.

A identidade entre os materiais das áreas fonte e os do fundo lagunar não se restringe apenas às características texturais granulométricas, ela também é observada no que diz respeito às características mineralógicas, tanto na fração grosseira como na fração fina.

A hidrodinâmica do corpo lagunar é controlada pelo regime dos ventos que sopram predominantemente do quadrante nordeste. Eles geram ondas e correntes litorâneas que são os principais agentes de transporte e deposição do material sedimentar. A circulação das águas é ainda influenciada pela descarga dos rios provenientes da margem lagunar e pelo influxo de massas d'água da La

goa dos Patos através da área de comunicação entre Pontais dos Abreus e Anastácio, este último age como um mecanismo de marés controla do fundamentalmente pelo regime eólico e fluvial da região.

A ação conjunta desta hidrodinâmica com a morfologia do corpo lagunar exerce um controle direto sobre a distribuição fa ciológica dos sedimentos de fundo, conforme já foi mencionado an teriormente.

Também a evolução geomorfológica da área lagunar influi sobre a distribuição fa ciológica dos sedimentos de fundo, uma vez que esta depende da configuração morfológica e batimétrica do cor po lagunar e do retrabalhamento dos materiais que constituem a sua margem, ambos diretamente controlados por aquela.

Deste modo a sedimentação lagunar que se processa na re gião nordeste da Lagoa dos Patos pode ser caracterizada pelos se guintes parâmetros.

#### a - Tipo de Sedimento

Fácies grosseiras, arenosas, geralmente bem seleciona das por um contínuo retrabalhamento por ondas, correntes e ventos, ocupando as zonas marginais do corpo lagunar. O tamanho de grão e demais características texturais dependem do material da área fonte, da natureza, da intensidade e do tempo de ação dos agentes de transporte e deposição.

Fácies finas, sílticas, depositadas nas partes mais cen trais e profundas da bacia de acumulação. O material é originário da carga de suspensão trazida pelas águas de qualquer natureza que aportam ao corpo lagunar.

Material mais fino, argiloso, geralmente permanece em suspensão. Ele sobrepassa a maior parte da laguna e somente é de positado nos locais onde o aumento de salinidade promove a sua flo

culação ou então nos locais abrigados ou muito profundos onde a energia ambiental é quase nula.

Entre as fácies grosseiras e as finas ocorrem outras, transicionais.

#### b - Fonte e Agentes de Transporte

A fonte principal dos sedimentos é constituída pelos terrenos que constituem as áreas marginais da laguna. Na área em questão e de um modo geral eles são depósitos costeiros cenozóicos acumulados em diversos ambientes deposicionais, dentre os quais predominam o marinho e o eólico. Em menor volume ocorrem depósitos lagunares, paludais, fluviais e deltáicos.

Também se faz sentir a influência do material em suspensão trazido pelos rios que drenam as terras altas adjacentes à Província Costeira.

O material erodido das áreas fonte é transportado pelos cursos d'água que desembocam no corpo lagunar. Ali, o material é redistribuído pela ação das ondas e das correntes lagunares. O regime fluvial é controlado pela pluviosidade regional. Entretanto os processos mais eficientes no transporte dos sedimentos em amambiente lagunar são os relacionados com a ação das ondas e do sistema de correntes litorâneas dela decorrente. As ondas são dependentes do vento e da configuração lagunar.

Ainda deve ser considerado o papel desempenhado pelas correntes lagunares controladas pelo vento, pela descarga dos sistemas fluviais e pelo mecanismo das marés, responsáveis pelo transporte dos sedimentos finos.

Finalmente o vento que atua indiretamente nos processos anteriores é responsável também pelo transporte de material arenoso varrido da margem para o corpo lagunar.

### c - Ambiente Depositional

O ambiente deposicional na área de estudo é francamente o de águas rasas e salinidade nula. A influência da salinidade só se faz sentir na porção média da Lagoa dos Patos e daí para o sul aumentando a medida que se aproxima do canal do Rio Grande por onde ela se comunica permanentemente com o Oceano Atlântico.

Não foram efetuadas medidas de pH, entretanto a presença constante de fragmentos parcialmente dissolvidos de conchas de moluscos permite estimar que as águas desta parte da laguna sejam fracamente ácidas.

Em alguns pontos amostrados nas zonas mais profundas, verificou-se a presença de micro-concreções de pirita, indicando características redutoras contrastantes com as oxidantes típicas das partes arenosas mais rasas.

A não ser pela presença de conchas e pelotas fecais de moluscos, gastrópodos e pelecípodos, algumas carapaças de diatomáceas e pelo grande desenvolvimento de juncos ao longo das antepraias lagunares, a influência da atividade biológica na sedimentação é reduzida.

### d - Evolução Geomorfológica

Levando-se em conta que os parâmetros que governam a sedimentação dependem em última análise da morfologia do corpo lagunar, do retrabalhamento dos sedimentos que lhe atapetam e constituem as suas margens, da variação da energia ambiental e sabendo-se que estes fatores são controlados pelas variações do nível base de erosão regional, a evolução geomorfológica das áreas lagunares está intimamente relacionada com o quadro sedimentológico que estas apresentam.

Uma vez que esta evolução está relacionada com as variações eustáticas ocorridas no Quaternário, estas jamais poderão ser desconsideradas quando se quizer estudar os sistemas lagunares desenvolvidos nas províncias costeiras cenozóicas.

Uma vez conhecidos os principais aspectos da sedimentação lagunar e os parâmetros que a governam, procurou-se aplicar, nesta área de estudo, os métodos de análise sedimentar de FOLK & WARD, PASSEGA & BYRAMJEE e DOEGLAS, visando testar sua capacidade e habilidade para, partindo-se dos parâmetros texturais de um conjunto de amostras, caracterizar antigos ambientes lagunares e estabelecer critérios seguros que permitam distinguir os sedimentos lagunares dentre os produzidos pelos inúmeros micro-ambientes que reinam divagantes sobre uma província sedimentar costeira.

Embora os parâmetros de FOLK & WARD tenham se mostrado eficientes no sentido de determinar as condições de sedimentação na área da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto, mostrando uma perfeita correspondência entre as propriedades texturais dos sedimentos e as características ambientais que ali se observam, a sua aplicação no sentido de estabelecer critérios para distinguir sedimentos lagunares dos demais produzidos em uma província sedimentar costeira é extremamente difícil e sua utilização isolada pode levar a conclusões errôneas, desvinculadas da realidade ambiental que tais províncias encerram.

Isto se deve ao fato de que a dinâmica de ambientes que existe sobre uma província costeira, promovendo um contínuo retrabalhamento do estoque sedimentar ali existente é tão rápida que não permite a adaptação completa do sedimento antigo às novas condições ambientais. Isto ocorre de modo marcante quando a quantidade de energia do novo ambiente é mais baixa do que a do que ali atuava anteriormente. Esta situação é perfeitamente retratada na área de estudo onde as fácies arenosas de fundo apresentam caracte

terísticas texturais de depósitos praias e eólicas, ambos de alta energia, que não foram apagadas pela dinâmica da sedimentação lagunar energeticamente inferior. Torna-se necessário ao aplicar o método de FOLK & WARD nestes complexos ambientais, associar seus resultados com outros dados pertinentes a forma e estrutura dos depósitos, às associações paleontológicas e outros dados que permitam esboçar a sua evolução paleogeográfica.

A imagem granulométrica proposta por PASSEGA & BYRANJEE, aplicada a área de estudo, retrata perfeitamente as condições de posicionais neste corpo de águas rasas que é a Lagoa do Casamento e o Saco do Cocuruto. Seus sedimentos são depositados em regime predominantemente de suspensão gradacional onde as frações mais finas trazidas das áreas fonte jamais chegam a constituir depósitos expressivos, permanecendo em constante suspensão promovida pelas ondas e correntes de maré.

A aplicação do sistema de DOEGLAS aos sedimentos da área lagunar mostrou que os índices  $Q_1$   $M_d$   $Q_3$  fornecem uma imagem adequada de suas distribuições granulométricas, fiel e bem mais prática do que a que se obtém mediante a aplicação dos parâmetros de FOLK & WARD. Entretanto, ele não é efetivo na distinção dos diversos ambientes de sedimentação da região costeira.

A análise dos índices  $1Q_1 M_d Q_3$  também apresenta as mesmas restrições. A maior parte dos sedimentos apresentam índices próprios de acumulações praias e eólicas o que é consequência dos mesmos fatores apontados quando, sob o mesmo ponto de vista foram analisados os parâmetros de FOLK & WARD.

## 6. BIBLIOGRAFIA CITADA

- ALLEN, G. P. 1971. Relationship between grain size parameter distribution and current patterns in the Gironde Estuary (France). *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 41: 74-88.
- BIGARELLA, J. J. & SANCHES, J. 1966. Contribuição ao estudo dos sedimentos praias recentes - V - Praia suspensa do Saco da Tambarutaca, Município de Paranaguá-PR. *Boletim Paranaense de Geografia*, Curitiba, 18/20: 151-75.
- BIRD, E. C. F. 1968. Coastal Lagoon Dynamics. In: FAIRBRIDGE, R. W., ed. *Encyclopedia of Geomorphology*. New York, Reinhold Book Corporation, p. 139-44.
- CLOOS, D. 1963. Foraminíferos e Tecamebas da Lagoa dos Patos (RGS). *Boletim da Escola de Geologia da UFRGS*, Porto Alegre, 15: 1-51, 1968. 14 figs., 5 pl.
- \_\_\_\_\_ 1970. Estratigrafia da Bacia de Pelotas, Rio Grande do Sul. *Iheringia; Geologia*, Porto Alegre, 3: 3-76. 11 figs.
- \_\_\_\_\_ & MADEIRA, M. L. 1968. Seasonal variations of brackish foraminifera in the Patos Lagoon, Southern Brazil. *Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS*, Porto Alegre, 15: 1-51. 14 figs., 5 pl.
- CRONAN, D. S. 1972. Skewness and kurtosis in polymodal sediments from the Irish Sea. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 42: 102-6.
- CUNHA, R. 1971. O estuário do Guaíba - Características texturais, mineralógicas e morfológicas. Tese (Mestrado) - Instituto de Geociências da UFRGS.
- CURRAY, J. R.; EMMEL, F. J.; CRAMPTON, P. J. S. 1969. Holocene history of a strand plain, Lagonal Coast, Nayarit, Mexico. In: PHLEGER, F. B. & CASTAÑARES, A. A. *Coastal Lagoons, a symposium*. México, Universidad Autónoma de México. p. 63-100.
- DELANEY, P. J. V. 1960. Lagoas cordiformes do Rio Grande do Sul - Brasil. *Boletim da Escola de Geologia da UFRGS*, Porto Alegre,



- 3: 1-15.
- DELANEY, P. J. V. 1965. Fisiografia e geologia da superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS*, Porto Alegre, 6: 1-105.
- \_\_\_\_\_ 1966. *Geology and geomorphology of the coastal plain of Rio Grande do Sul, Brazil and northern Uruguay*. Baton Rouge, Louisiana State University. 58 p. (South American Coastal Studies Technical Report, 18).
- DOEGLAS, D. J. 1968. Grain size indices, classification and environment. *Sedimentology*, Amsterdam, 10: 83-100.
- DUANE, D. B. 1964. Significance of skewness in recent sediments, Western Pamlico Sound - North Carolina. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 34: 864-74.
- EMERY, K. O. 1967. Estuaries and lagoons in relation to continental shelves. In: LAUFF, G. H., ed. *Estuaries*. American Association for the Advancement of Science. p. 9-11.
- FAIRBRIDGE, R. W. 1961. *Eustatic changes in sea level*. London, Pergamon Press. p. 99-185. (Physics and chemistry of the earth, 4).
- FISCHER, R. L. 1955. Cuspate spits of St. Lawrence Island, Alaska. *Journal of Geology*, Chicago, Ill., 63: 133-43.
- FOLK, R. L. & WARD, W. C. 1957. Brazos river bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 27: 3-27.
- FREITAS, A. R. 1975. *Problemas de poluição no Rio Grande do Sul*. Seminário de Hidrodinâmica Computacional, Porto Alegre. (Inédito).
- GRAF, C. H. 1968. Sedimentos continentales y transicionales del borde del Golfo de Venezuela. *Boletín de la Sociedad Venezolana de Geólogos*, Caracas, 3(2): 14-32.
- HAILS, J. R. & HOYT, J. H. 1969. The significance and limitations of statistical parameters for distinguish ancient and modern sedimentary environments of the lower Georgia Coastal Plain. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 39: 514-20.
- HAYES, J. H. & KLUGMAN, M. A. 1959. Felspar staining methods. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 29: 227-32.

- HERZ, R. 1974. Estudo das tendências de circulação das águas de superfície da Lagoa dos Patos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 28., Porto Alegre. *Anais*. Porto Alegre, Sociedade Brasileira de Geologia. v. 3, p. 43-8.
- INMAN, D. L. 1949. Sorting of sediments in the light of fluid mechanics. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 19: 51-70.
- JOHNSON, D. W. 1919. *Shore processes and shorelines development*. New York, John Wiley. 584 p.
- JOST, H. 1971. *O quaternário da região norte da planície costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Instituto de Geociências da UFRGS. 80 p. Tese (Mestrado) - Instituto de Geociências.
- KIDSON, C. 1968. "Coastal Geomorphology". In: FAIRBRIDGE, R. W., ed. *The encyclopedia of geomorphology*. New York, Reinhold Book Corporation. p. 134-9.
- KING, C. A. M. 1959. *Beaches and coasts*. London, Arnold, 403 p.
- KLOVAN, J. E. 1966. The use of factor analysis in determining depositional environments from grain size distributions. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 36: 115-25.
- KOLDIJK, W. S. 1968. On environment sensitive grain size parameters. *Sedimentology*, Amsterdam, 10(1): 57-70.
- KRAUSPENHAR, E.; VILLWOCK, J. A.; ROCHA-CAMPOS, A. C. 1976. Evidências texturais de retrabalhamento de grãos de areia na planície costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29., Ouro Preto. *Resumo dos trabalhos*. Ouro Preto, Sociedade Brasileira de Geologia. p. 54.
- KRUMBEIN, W. C. & PETTIJOHN, F. J. 1938. *Manual of sedimentary petrography*. New York, Appleton Century Crafts Inc. 549 p.
- MARTINS, L. R. 1963. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos, RS. I - Sacos do Rincão e do Mendanna. *Boletim da Escola de Geologia da UFRGS*, Porto Alegre, 3: 1-43.
- \_\_\_\_\_ 1965. Significance of skewness and kurtosis in environmental interpretation. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 35: 768-70.
- \_\_\_\_\_ 1966. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos. II - Sacos do Umbú, Arraial e Mangueira. *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS*, Porto Alegre, 1(1): 27-44.

- MARTINS, L. R. & GAMERMANN, N. 1967. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos III - Granulometria da zona norte e média. *Iheringia; Geologia*, Porto Alegre, 1: 77-86. 3 fig.
- MASON, C. C. & FOLK, R. L. 1958. Differentiation of beach, dune and aeolian flat environments by size analysis - Mustang Islands. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 29: 211-26.
- McKEE, E. D. & STERRET, T. S. 1961. Laboratory experiments on form and structure of long shore and beaches. In: PETERSON, N. A. & OSMON, G. C., ed. *Geometry of sandstone bodies*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists. p. 13-28.
- MORENO, J. A. 1961. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura. 42 p.
- MOTTA, V. F. 1964. *A questão da correlação entre a esbeltez das ondas do mar e o tipo de perfil de equilíbrio formado em prova*. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. (Inédito).
- \_\_\_\_\_ 1969. *Relatório-diagnóstico sobre a melhoria e o aprofundamento do acesso pela Barra do Rio Grande*. Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Hidráulicas. 114 f. 30 est. (Mimeografado) (Inédito).
- NEWMAN, W. S. & MUNSART, C. A. 1968. Holocene geology of the Wachapreague Lagoon, eastern shore peninsula, Virginia. *Marine Geology*, Amsterdam, 6: 31-105.
- NICHOLS, M. M. 1964. Characteristics of sedimentary environments in Moriches Bay. In: MILLER, R. L., ed. *Papers in marine geology*. New York, MacMillan. p. 363-83. (Shepard Commemorative Volume).
- NOGUEIRA, P. C. 1948. *As regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Selbach. 16 p. 1 fig.
- PASSEGA, R. 1957. Texture as characteristics of elastic deposition. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Chicago, 41: 1952-84.
- \_\_\_\_\_ 1964. Grain size representation by C-M patterns as a geological tool. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 34: 830-47.
- \_\_\_\_\_ & BYRAMJEE, R. 1969. Grain size image of clastic deposits. *Sedimentology*, Amsterdam, 13(3/4): 233-52.

- PHLEGER, F. B. 1969. "Some general features of coastal lagoons".  
In: CASTAÑARES, A. A. & PHLEGER, F. B. *Lagunas costeras, un simposio*. México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1967. p. 5-26. 14 fig.
- PETTIJOHN, F. J. 1949. *Sedimentary rocks*. New York, Harper. 718 p.
- PRICE, N. A. 1968a. "Tidal deltas". In: FAIRBRIDGE, R. W., ed. *The encyclopedia of geomorphology*. New York, Reinhold Book Corp. p. 1150-2.
- \_\_\_\_\_ 1968b. "Tidal inlets". In: FAIRBRIDGE, R. W., ed. *The encyclopedia of geomorphology*. New York, Reinhold Book Corp. p. 1152-5.
- \_\_\_\_\_ & WILSON, B. W. 1956. Cuspate spits of St. Lawrence Island, Alaska: a discussion. *Journal of Geology*, Chicago, 64: 94-5.
- RUSNAK, G. A. 1960. Sediments of Laguna Madre, Texas. In: SHEPARD, F. P. et alii, ed. *Recent sediments, northwest Gulf of Mexico*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists. p. 153-98.
- SAHU, B. 1964. Depositional mechanisms from the size analysis of clastic sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 34: 73-83.
- SHEPARD, F. P. 1954. Nomenclature based on sand - silt - clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 24: 151-8.
- \_\_\_\_\_ 1960. "Gulf Coast Barriers". In: SHEPARD, F. P. et alii, ed. *Recent sediments, northwest Gulf of Mexico*. Tulsa, American Association of Petroleum Geologists. p. 338-44.
- \_\_\_\_\_ 1963. *Submarine Geology*. New York, Harper and Row. 557 p.
- \_\_\_\_\_ & MOORE, D. G. 1955. Central Texas Coast sedimentation; characteristics of sedimentary environment, recent history and diagnosis. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, Chicago, 39(8): 1463-593.
- SOLOHUB, J. T. & KLOVAN, J. E. 1970. Evaluation of grain size parameters in lacustrine environment. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla., 40: 81-101.