

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

O ESTUÁRIO DO GUAÍBA:

Características Texturais, Mineralógicas e Morfológicas

Autor:

ROBERTO CUNHA

Orientador:

Prof. LUIZ ROBERTO SILVA MARTINS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

REITOR:

PROF. EDUARDO Z. FARACO

SUPERINTENDENTE ACADÊMICO:

PROF. JORGE ALBERTO FURTADO

CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

COORDENADOR:

PROF. LUIZ ROBERTO SILVA MARTINS

COMISSÃO ORIENTADORA:

PROF. DARCY CLOSS

PROF. IRAJÁ DAMIANI PINTO

PROF. LUIZ ROBERTO SILVA MARTINS

PROF. PAULO MIRANDA DE FIGUEIREDO FILHO

COMISSÃO EXAMINADORA:

PROFA. YVONNE T. SANGUINETTI

PROF. MILTON LUIZ LAQUINTINIE FORMOSO

PROF. LUIZ ROBERTO SILVA MARTINS

Í N D I C E

	fl.
RESUMO	6
SUMMARY	6
I INTRODUÇÃO	7
I.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA	8
I.2 MORFOLOGIA COSTEIRA	8
I.3 GEOLOGIA REGIONAL	9
Descrição das Litologias e Associações de Minerais	10
I.4 ASPECTOS DINÂMICOS	13
II METODOLOGIA DE ESTUDO	15
II.1 AMOSTRAGEM E BATIMETRIA	15
II.2 PROCESSAMENTO	15
II.3 MÉTODO ESTATÍSTICO	16
II.4 TEXTURA SUPERFICIAL	17
III ANÁLISE FACIOLÓGICA	19
III.1 MEDIDAS DE TENDÊNCIA CENTRAL	29
III.2 MEDIDAS DE CLASSIFICAÇÃO	32
III.3 MEDIDAS DE ASSIMETRIA	33
III.4 MEDIDAS DE CURTOSIS	34
IV MORFOSCOPIA	36
V COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA	38
V.1 MINERALOGIA DAS ARGILAS	38
V.2 MINERALOGIA DA FRAÇÃO GROSSEIRA	40
VI MORFOLOGIA DE FUNDO	42
VII CONCLUSÕES	44
VIII AGRADECIMENTOS	47
IX BIBLIOGRAFIA	48

O importante não é o que a gente
faz e sim o que a gente é.

R E S U M O

Baseado em análises texturais e mineralógicas de amostras do leito do Estuário do Guaíba, o autor define as seguintes fácies sedimentares: Arenosa, sub-dividida em Sub-Fácies Areia Grossa, Média e Fina; Areno-Síltica; Silto-Arenosa e Areno-Silto-Argilosa. Cada uma destas fácies é o resultado da mistura e deposição de detritos sólidos provenientes de quatro áreas fontes distintas: o Escudo Cristalino; as Formações Quaternárias; a suspensão na corrente dos Rios Jacuí, Gravatá, Sinos e Caí que cortam rochas de idade Pré-Cambriana, Paleozóica, Mesozóica e Quaternária, originando, assim, uma complexa mistura que flui para o estuário e o material recente que ocorre nas margens do mesmo.

A Mineralogia das Argilas mostra um significativo vínculo com as rochas-fonte, salientando-se a Montmorilonita proveniente da Formação Graxaim, Caolinita e Clorita carregadas do Escudo Pré-Cambriano e Caolinita resultante da erosão da Laterita Serra de Tapes.

Relações com os resultados obtidos por diversos autores em outros estuários são discutidos paralelamente, ficando bem caracterizada a grande influência das áreas adjacentes e emersas, na distribuição dos sedimentos de fundo.

S U M M A R Y

Based on textural and mineralogic studies of bottom samples collected in the Guaiba Estuary, Rio Grande do Sul, Brazil, the author defines four estuarine facies: sandy facies, divided into coarse, medium and fine sub-facies; sandy-silt facies; silty-sand facies; and sandy-silty-clay facies. Each one is thought to be the result of a mixture and deposition of solids provided by four different source areas, that range in time from Pre-Cambrian up to the Quaternary.

Clay Mineralogical studies in the estuary show a significant relation between clays and the source areas. Discussion are made on the fact that the Pre-Cambrian rocks furnish Chlorite and Kaolinite, Montmorillonite comes from the Pleistocene Graxaim Formation, and Kaolinite comes in suspension from the erosion of Pleistocenic ferralitic soil Laterites Serra de Tapes.

Comparison with sedimentary patterns from other similar environments through out the world are made which show the great influence of the bordeland areas on the distribution of the bottom sediments.

I - INTRODUÇÃO

Desde há muito tempo, estudos sistemáticos em Deltas e Estuários vêm sendo desenvolvidos em todo o mundo.

A sedimentação dos principais rios do Globo, bem como as suas fisiografias e geologia, têm sido objeto de investigação das mais variadas, principalmente depois que os depósitos de petróleo e gás natural foram descobertos em vários deltas no passado geológico.

Assim, Shepard (1956, 60), Kolb & Lopik (1966) entre outros, dedicaram-se ao estudo da sedimentação do Rio Mississippi; Van Andel & Postma (1954) elaboraram trabalhos sobre o Rio Orinoco; Van Straten (1959) e Müller (1966) desenvolveram estudos sobre o Rio Reno e seu delta; Ottman & Urien (1966) e Urien (1967) se dedicaram à desembocadura do Rio da Prata, e assim poderíamos enumerar uma série de outros trabalhos relativos a estes tipos de ambientes naturais.

Também os trabalhos específicos sobre estuários são bastante numerosos, sendo interessante salientar que técnicas mais sofisticadas já estão sendo empregadas, como computadores digitais para prever um modelo de sedimentação estuarina (Farmer, 1971).

O presente trabalho tem por finalidade o estudo da distribuição e caráter dos sedimentos que atapetam o fundo do Estuário do Guaíba e a morfologia da superfície que os contêm. Prende-se este ao fato de ser esta uma região "sui generis", onde a dinâmica é completamente particular, sendo o seu estudo muito importante, uma vez que a sedimentação no mesmo deve ser conhecida, dada a importância do porto de Porto Alegre, ponto de escoamento de toda uma economia. Por outro lado, o caráter científico do estudo prende-se à necessidade do conhecimento das propriedades dos sedimentos que penetram na Laguna dos Patos, através deste estuário, e as características da circulação de detritos sólidos no interior do mesmo como princípio de definição sedimentológica de um ambiente.

A razão pela qual consideramos o Guaíba como estuário prende-se aos seguintes fatos: Segundo Guerra (1966), "Os estuários têm uma forma triangular, com vértice principal voltado para o continente e a base para o oceano". No Guaíba, esta forma é observada, ocorrendo porém um estrangulamento na sua porção final, sul, resultante das condições geológicas das margens, que impedem uma erosão lateral significativa.

Sua morfologia, adjacente a um delta, é tipicamente estuarina, ou seja, imediatamente após o Delta dos Rios Jacuí, Gravataí, Sinos e Caí, a corrente se alarga e se aprofunda, e sua própria localização, intermediária entre um delta e uma bacia de sedimentação, a Laguna dos Patos, confere-lhe ainda o caráter de estuário típico, embora o desague não ocorra no mar, não aparecendo aí o *meio marinho*, que se interdigita com o *meio fluvial* vertical e horizontalmente, ficando portanto somente o *meio fluvial* como responsável pela distribuição dos sedimentos de fundo.

A região do delta do Jacuí está sendo objeto de estudo pelo CECO-UFRGS, não fazendo parte integrante do presente trabalho.

I.1 - Localização da Área

A área em estudo compreende a porção do Estuário do Guaíba ocupando parte da região delimitada pelos paralelos 51° e 51°20' e os meridianos de 30°5' e 30°26' (figura 1).

Constitui-se o mesmo principal via de acesso fluvial (baixo calado), lagunar (alto calado), ao porto da cidade de Porto Alegre, Rio Grande do Sul.

I.2 - Morfologia Costeira

A sedimentação, principalmente do material arenoso e silteico e a presença de afloramentos do Escudo Pré-Cambriano, condicionam a morfologia costeira do estuário a zonas praias, pantanosas e rochosas, que se sucedem por toda a sua margem, como se observa na figura 2.

A contribuição lateral atual é de pequena monta, uma vez que os arroios não trazem suficiente material que venha a influir na sedimentação do estuário, propriamente dita, uma vez que o seu regime, embora perene, está condicionado a uma sedimentação de material fino, já que os sedimentos grosseiros se depositam quando os rios passam a correr pelas várzeas, em forma de depósitos de piedmonte. Delaney (1965) cita as terras baixas do Guaíba, compostas de dois terraços, que circundam todo o estuário, como responsáveis pelo aporte sedimentar lateral, juntamente com o material proveniente da erosão do Escudo que aqui aflora, terraços estes que formam as várzeas que ocupam a margem direita do estuário.

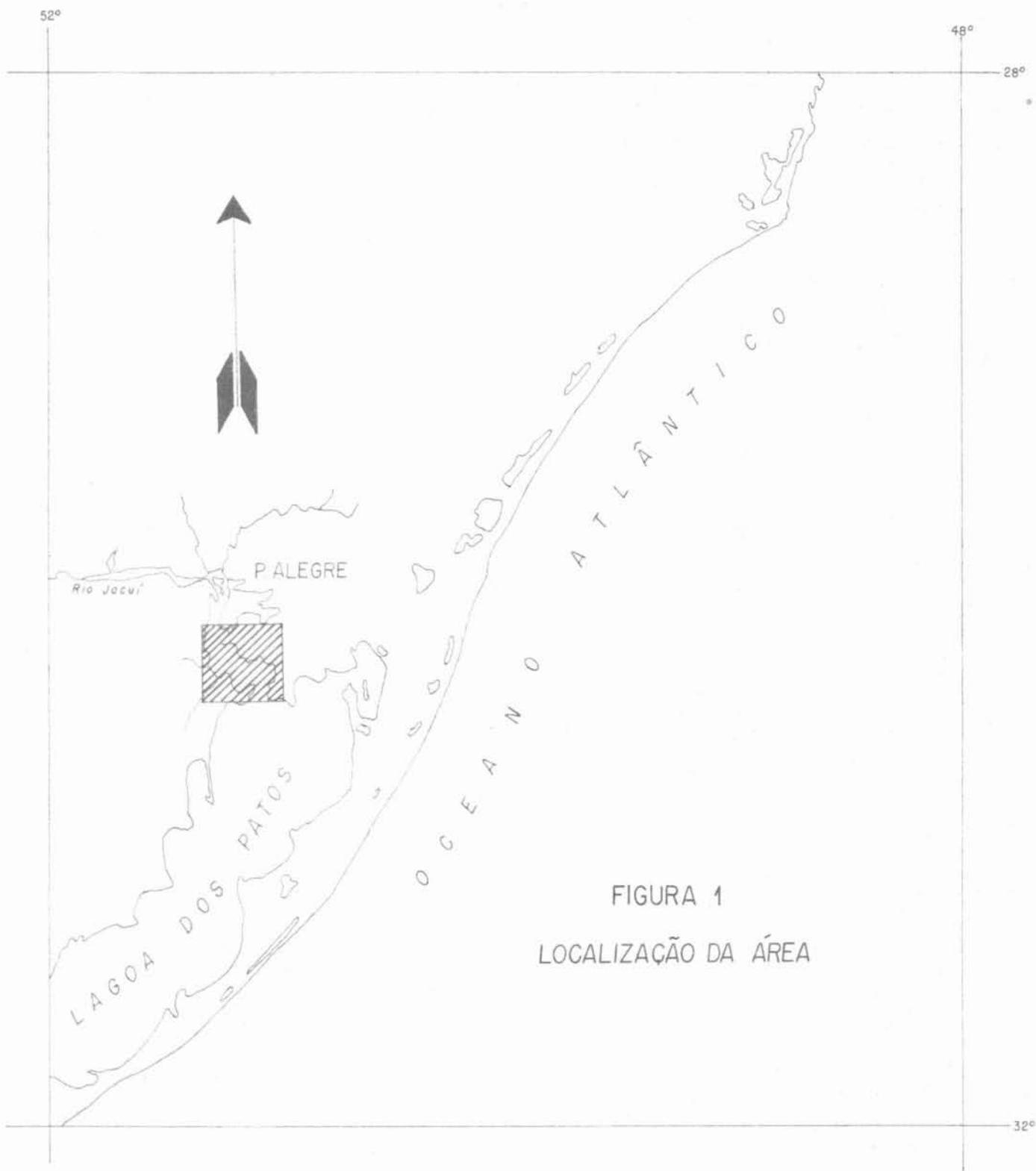


FIGURA 1
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA

Assim, em zonas protegidas da corrente principal, desenvolvem-se esporões, na maioria dos casos, submersos, que tendem a avançar estuário a dentro, sendo no entanto barrados pela corrente, que então equilibra o aporte lateral com uma erosão leve, mas suficiente, para impedir o crescimento dos bancos ou coroa.

Ainda ocorrem, influenciando muito pouco o desague normal do estuário, numerosas ilhas, como a das Pombas, do Junco e Francisco Manuel, de composição granítica que condicionam ao seu redor pequenas profundidades, provenientes da sedimentação ali de material trazido pela corrente (Delaney, op. cit). Estas ilhas estão relacionadas ao Escudo Pré-Cambriano, que aflora em forma de espigões que promovem uma sedimentação ao seu redor, em zonas protegidas da efetividade da corrente, espigões estes isolados do conjunto rochoso principal, por sedimentos provenientes da erosão sobre as rochas destes mesmos, que formam as praias e as zonas pantanosas que ali ocorrem.

O relativo estrangulamento que a massa d'água sofre, no percurso final da corrente, na região compreendida entre a Ponta Escura e a Ponta da Fortaleza, vai condicionar um aprofundamento do canal principal, conforme se mostrará no capítulo referente à Morfologia de Fundo.

Assim, toda a morfologia costeira do Estuário do Guaíba é resultado do balanço entre a presença de espigões rochosos e a contribuição lateral de material, o caráter protegido das margens e a contribuição constante de sedimentação lateral entre os espigões, sendo todos estes fatores responsáveis pela morfologia de fundo e distribuição de material.

1.3 - Geologia Regional

Circundando o Estuário do Guaíba, encontramos repousando sobre o Escudo Pré-Cambriano, descrito por Pinto, Loss e Schneider (1971), Formações Quaternárias descritas por Jost (1971) e o material recente que forma as praias e pântanos das baixas várzeas das adjacências do estuário, sendo que estes grupos são responsáveis pelo material que aporta à Bacia do Estuário do Guaíba.

Sendo desnecessária uma descrição ou revisão de tais trabalhos, apresentamos a Coluna Geológica na região considerada, com uma descrição sumária das litologias presentes, além da distribuição regional das mesmas (figura 2), como resultado de uma compilação de mapeamentos geológicos regionais efetuados por Pinto, Loss, Schneider (op. cit), Jost e col. (1970) e Jost e col. (1971).

COLUNA GEOLÓGICA DA PLANÍCIE COSTEIRA

ERA	PERÍODO	IDADE	GRUPO	FORMAÇÕES	
CENOZÓICA	QUATERNÁRIO	HOLOCENO	P A T O S	L A T E R · S · T A P E S	RECENTE ITAPOÃ GUAÍBA CHUI
		PLEISTOCENO		GRAVATAÍ GRAXAIM	
PALEOZÓICA	DISCORDÂNCIA				ROCHAS GONDWÂNICAS
			PERMO CARBONÍFERO		
	DISCORDÂNCIA				ROCHAS FILONIANAS
			RIOLITOS DIABÁSIOS		
			GRANITO SANTANA		
	PRÉ-CAMBRIANO	COMPLEXO GRANITICO MIGMATITICO	GRANITOS MIGMATITOS		

Segundo Delaney (op. cit) as praias que ocorrem na região do Estuário do Guaíba têm uma composição quartzo-feldspática, resultado da influência do Complexo Cristalino e das Formações Plio-Pleistocênicas e Holocênicas, sendo que o material fino (siltes e argilas) é originado da decomposição dos dois grupos de rochas, por intemperismo físico e químico.

Descrição das Litologias e Associações Minerais:

Segundo Schneider, Loss e Pinto (op.cit), o embasamento está representado por rochas graníticas e migmatíticas, divididas em um complexo granítico-migmatítico e o Granito Santana.

Migmatitos: Principalmente representados pelos Embrechitos, de estrutura porfiroblástica, orientados ou não, cujos minerais essenciais são o microclinio, plagioclásio e quartzo, com biotita e hornblenda (rara) e os acessórios como esfeno, apatita, zircão e opacos.

Os migmatitos heterogêneos são de fácies epibolítica, epibolito-embrechítica e diadisítica e são principalmente representados por biotita-gnaisses, com epidoto, plagioclásio, quartzo, esfeno, apatita e alanita.

Granitos: São de composição sub-alkalina à monzonítica fortemente quartzíticos, com microclínio e oligoclásio, ocorrendo ainda a biotita, zircão, esfeno, muscovita, fluorita e molibdenita. Como minerais secundários são citados os argilo-minerais (montmorilonita?), carbonatos, clorita, epidoto e opacos.

Granito Santana: Do tipo sub-alkalino a alcalino, este granito apresenta-se com aspecto gnaissóide, albitizado, contendo essencialmente feldspatos e quartzo, com acessórios do tipo fluorita, zircão e opacos.

Rochas Filonianas: Representadas pelos diabásios e riolitos, sendo que estes últimos são predominantemente porfíros, com quartzo, feldspato alcalino e alguma biotita.

Cataclásitos: Ocorrem nas zonas de falhas e compreendem brechas metamórficas, brechas facoidais, milonitos e filito-milonitos, na sua maioria intensamente silicificados.

Rochas Gondwânicas: Estas estão aqui representadas pela Formação Rio Bonito, constituída de camadas de arenitos quartzosos, de granulação média a fina, bem acamadadas e de cor creme e amarela.

Segundo Jost (op.cit) e Jost e Martins (1971), as formações quaternárias da área estão representadas por:

Formação Graxaim: Representada por uma sequência de depósitos continentais, composta de duas fácies: uma conglomerática (conglomerados ortozartzíticos, petromíticos e paraconglomerados) e outra areno-siltica (argilas arenosas e silticas), caracterizadas tanto por uma imaturidade composicional, quanto textural (classificação pobre a moderada).

Formação Gravataí: Segundo Morris (1963), esta unidade compreende conglomerados e areias resultante de "Sheet-wash" e "flash-floods", ocorridos ao longo da escarpa do relevo de cuestas dos terrenos gondwânicos.

Formação Chuí: Constituída por areias de granulação média a fina, seleção boa a moderada e assimetria predominantemente negativa e caracteri-

zada por uma maturidade tanto textural quanto mineralógica.

Formação Itapoã: Areias amarelas e vermelhas, com ocorrências secundárias de lamias arenosas; granulação média a fina, assimetria positiva e bom selecionamento.

Formação Guaíba: Representada por duas fácies litológicas, uma conglomerática, ortoquartzítica ou arcoseana e outra arenosa, também ortoquartzítica, ambas bem selecionadas e com ocorrência de lentes de lamias.

Tais descrições nos mostram a grande semelhança mineralógica entre as diversas formações citadas, onde o quartzo predomina como detrito, sendo seguido pelos feldspatos, argilas de composição variada e minerais pesados.

LATERITA SERRA DE TAPES: É uma unidade Edafoestratigráfica que ocorre de forma descontínua na área, sendo caracterizada pela cor vermelha de vida a uma cimentação ferruginosa, sendo constituída essencialmente de sílica sob a forma de Quartzo, Argilas (Caolinita) e ferro sob a forma de óxidos de tipo Goethita, Lepidocrocita e raramente Hematita.

Recente: Está representado por depósitos fluviais de calha (canal) e planície de inundação, depósitos praias, paludais, feixes de restinga e eólicos, sendo todos constituídos por Quartzo (100 - 70%) e Feldspato (0 - 30%), ocorrendo ainda Biotita e Muscovita em percentagens inferiores a 5%, incluindo-se nesta mesma percentagem uma certa proporção de minerais pesados.

As características destes depósitos podem ser assim esquematizadas:

DE	TIPO DEPÓSITO	GRANULAÇÃO	CLASSIF.	ASSIMET.	ARRED.	ESFER.	TEXT.
FLUVIAL	CALHA	Ar.Fina a grânulos	Moderada a pobre	Positiva	Sub-Arr a Sub-Ang	Boa a Mto.Boa	Sacar. Polido
	TERRAÇO	Ar.Fina a grânulos	Pobre	Positiva ou neg.	Sub-Arr	Mto.Boa	Sacar. Polido
	PRAIA	Ar. Grossa a Mto.Fina	Boa	Positiva	Arred.a Sub-Arr	Mto.Boa	Mamel. Polido
	PALUDAL	Ar.Grossa a Mto.Fina	Moderada	Negativa (N.Diagn)	Bem Arred.	Mto.Boa	Polido Variav.
	FEIXES DE RESTINGA	Grânulos a silte	Muito Pobre	Positiva	Sub-Arr a Arred.	Mto.Boa	Sacar. Polido
	EÓLICO	Ar.Grossa a Fina	Boa	Positiva	Bem Arred.	Mto.Boa	Variav. Polido Fosco

I.4 - Aspectos Dinâmicos

Para fornecer uma idéia acerca da atuação do sistema fluvial Jacuí-Gravataí-Caí-Sinos, sobre o Estuário do Guaíba (DEPRC-RS), necessário se torna discutir os dados de vazão, relacionando esta vazão com as características do material trazido, principalmente em suspensão.

Acompanhando esta vazão, temos a fração fina, que é transportada por suspensão, e vai se depositar em parte nas zonas protegidas do estuário, sendo a outra descarregada na Laguna dos Patos. Também acompanha a vazão o material grosseiro trazido, principalmente em época de cheias, uma vez a competência do Rio Jacuí, é aqui pequena, dado o seu espraiamento para formar o delta. Grande parte deste material, tanto fino como grosseiro, deposita-se diretamente sobre o delta, ficando então os rios responsáveis por uma pequena parte do material sedimentar ora em repouso ou em movimentação no Guaíba.

Nas margens do estuário, encontramos praias e zonas pantanosas bastante numerosas, sendo estas o resultado da erosão, pelos arroios que desaguam no Guaíba, sobre as rochas Pré-Cambrianas e Quaternárias que aqui afloram.

A corrente, então, atuando sobre estes sedimentos, distribui-os por sobre sua bacia e mistura-os com aqueles primeiros transportados das zonas localizadas acima do delta, uma vez que a maioria dos sedimentos trazidos das regiões mais elevadas depositam-se tão logo os rios passam a correr em regime de planície.

Os rios Gravataí, Sinos e Caí, são responsáveis somente por uma pequena quantidade de sedimentos, só conseguindo trazê-los até o delta em quantidades suficientes para provocar o seu crescimento, em épocas de grandes enchentes.

TABELA I

DADOS DE VAZÃO DO RIO GUAÍBA (DEPRC-RS)

LOCAL DE MEDIÇÃO: PONTA DA CADEIA.

DATA	ALTURA D'ÁGUA (m)	VAZÃO (m ³ /seg)
12/06/36	- - -	7.020.000
10/10/36	2,95	10.250.000
06/02/42	1,39	2.262.400
16/07/42	0,92	1.068.024
03/08/42	0,58	507.130
15/12/42	0,27	273.109

05/07/54	1,80	6.274.063
26/07/54	2,19	9.399.638
10/04/56	1,58	6.497.390
21/10/63	2,30	11.063.000
17/09/65	2,32	8.220.820
24/09/65	1,95	5.623.010
MÉDIA	0,61 (em 30 anos)	2.281.952 (por ano)

Tais medidas foram tomadas em frente à Ponta da Cadeia, onde a corrente sofre um estrangulamento considerável, o que viria a aumentar sua intensidade, para logo depois se alargar, o que tende então a provocar uma rápida deposição, principalmente do material mais grosseiro, relativa à perda imediata de sua competência, fato este que pode ser comprovado pelo intenso crescimento da Ilha Mauá e regiões adjacentes, sendo que o canal de navegação é mantido profundo por constantes dragagens.

Assim sendo, a quantidade de sedimento que será transportada, tanto por suspensão como por tração e saltação junto ao fundo até a região estudada, será relativamente menor do que aquela que é despejada pelo conjunto dos rios que dão origem ao delta.

O pequeno número de medidas tomadas em tão longo espaço de tempo (12 em 30 anos), não nos permite tirar dados estatísticos que servissem para prever um regime para o Guaíba, podendo-se, porém, observar a grande diferença dos valores obtidos entre os períodos de seca e cheia. A média anual de 2.281.952 m³/seg., mostra-nos, porém, a grande quantidade de material que é transportado, principalmente, o de suspensão, visto o caráter constantemente turvo das águas do Estuário do Guaíba.

Pela forma dos pontões arenosos, podemos prever, além da corrente principal, correntes secundárias, que redistribuem o material e que se formam principalmente na margem oeste, de sentido horário, que provocam uma manutenção dos esporões que tendem a avançar para o eixo do estuário, sendo no entanto erodidos pela corrente do canal principal.

II - METODOLOGIA DE ESTUDO

II.1 - Amostragem e Batimetria

Ao longo de dez perfis transversais ao eixo do Estuário do Guaíba e em pontos isolados, entre os perfis, foram coletadas 65 amostras de fundo, usando-se, para tanto, amostradores do tipo "clam-shell" e "raspador".

O emprego de um ou outro tipo esteve condicionado ao tipo de material de fundo. Assim, quando o fundo era mais grosseiro o busca-fundo do tipo "clam-shell" era o mais adequado, para trazer uma quantidade bastante representativa de amostra e, quando predominava a lama, o "raspador" mostrava-se mais eficiente.

Devido ao pequeno peso dos amostradores e a pequena profundidade de água, as operações de coleta dispensaram o uso de guincho, sendo levadas a efeito manualmente.

As amostras foram coletadas de bordo da lancha "Itapoã" do DEPRC, que também possuía a bordo um Ecobatímetro que permitiu a execução dos perfis batimétricos ao longo das linhas de amostragem. Quando, porém, a profundidade não permitia o uso da lancha, um pequeno barco a motor era usado nas operações de coleta.

A amostragem obedeceu uma malha aproximadamente geométrica, retangular, perpendicular ao canal central, a ponto de permitir uma amostragem inicial capaz de proporcionar um detalhamento naqueles pontos onde houvesse complexidade faciológica. Assim, além das amostras dos perfis, traçados de modo a cobrir uma grande área, foram coletadas amostras isoladas, entre eles, em pontos que talvez não fossem abrangidos pela amostragem dos perfis.

Os trabalhos de bordo tomaram por base rumos traçados na Carta Náutica nº 2.111 da D.H.N., que serviu também para o traçado da rede de amostragem, do Mapa Batimétrico (fig. 3), o de distribuição dos sedimentos e o de morfologia de fundo.

II.2 - Processamento

As amostras coletadas foram submetidas aos processos de análise mecânica descritos por Krumbein & Pettijohn (1938), que incluem a

análise dos grosseiros (maior que 0,062 mm) por peneiração e dos finos por pipetagem. Os resultados desta análise foram traçados em papel de probabilidade aritmética para se obter as curvas de frequência acumulada a partir das quais foram obtidos percentis utilizados no cálculo dos parâmetros estatísticos de Folk & Ward (1957). A utilização de tais parâmetros permitiu a comparação entre as diversas áreas da região amostrada, onde se tentou identificar as populações que compõem as diversas fácies submersas do Estuário do Guaíba.

A fração grosseira, após a retirada do recobrimento pelicular de Óxido de Ferro, mediante lavagem em solução de HCl, foi separada em intervalos inteiros, sendo estas frações analisadas sob lupa binocular, para definição do arredondamento, da esfericidade e da textura superficial dos grãos, visando-se com isto determinar o índice de maturidade dos grãos isolados.

Da fração compreendida entre 0,250 mm e 0,125 mm, foram separados os minerais densos, por precipitação em bromofórmio, cujo estudo permitiu identificar as associações mineralógicas presentes, e efetuar uma tentativa de correlação com as diversas áreas-fonte do material depositado no estuário.

Com o intuito de observar a presença ou não de uma diversificação em área, dos constituintes da fração argilosa (menor que 0,004 mm), esta fração foi separada e processada em equipamento de Raios-X (tubo de Cobre), obtendo-se, desse modo, difratogramas de muitas amostras.

O esquema de processamento das amostras é mostrado no quadro a seguir (fig. 4), que é um fluxograma adaptado do "Fluxograma de Análise de Sedimentos" de L.M.Pinto e T.L.Dutra (1968), preparado para o Laboratório de Geologia de Campo do Instituto de Geociências da UFRGS.

II.3 - Método Estatístico

Uma vez obtida a curva de frequência acumulada, foram retirados aqueles valores de ϕ correspondentes aos percentis utilizados por Folk & Ward (op.cit) em suas fórmulas que definem estatisticamente um determinado sedimento. Tais fórmulas são a seguir apresentadas, com as respectivas variações a que estão sujeitas, conforme o estágio do ciclo sedimentar no qual o sedimento se encontra.

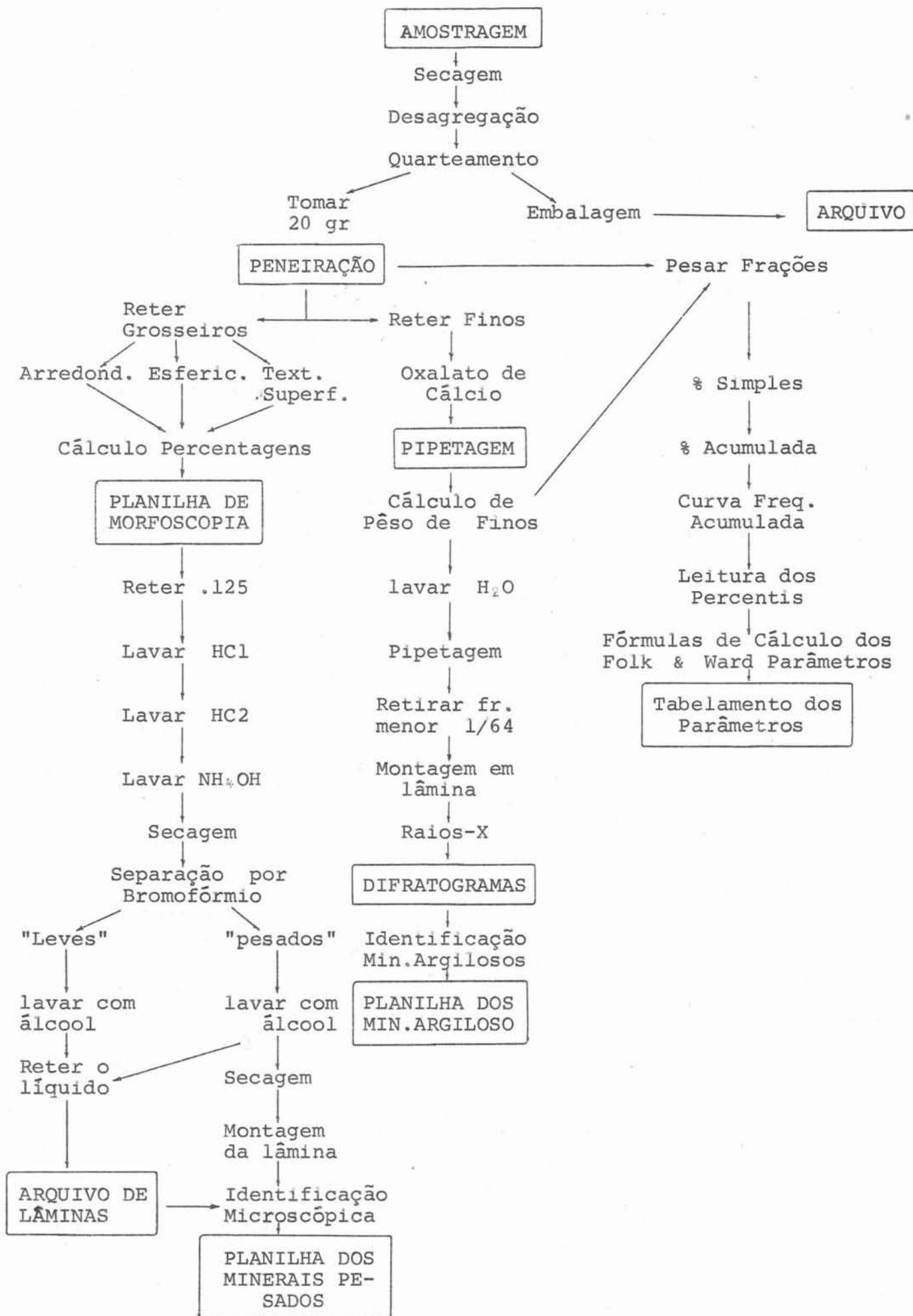


Fig. 4 - FLUXOGRAMA DE ANÁLISE DE SEDIMENTOS

FÓRMULASVALORES

1. Mediana: $Md_{\phi} = \phi 50$

2. Média Aritmética:

$$Mz_{\phi} = \frac{\phi 16 + \phi 50 + \phi 84}{3}$$

3. Desvio Padrão Inclusivo:

$$DP = \frac{\phi 84 - \phi 16}{4} + \frac{\phi 95 - \phi 5}{6,6}$$

4. Assimetria Gráfica Inclusiva

$$SK_I = \frac{\phi 16 + \phi 84 - (2\phi 50)}{2 (\phi 84 - \phi 16)} + \frac{\phi 5 + \phi 95 - (2\phi 50)}{2 (\phi 95 - \phi 5)}$$

5. Curtosis Gráfica:

$$K_G = \frac{\phi 95 - \phi 5}{2,44 (\phi 75 - \phi 25)}$$

6. Curtosis Normalizada:

$$K'_G = \frac{K_G}{K_G + 1}$$

-1 a 0: areia muito grossa

0 a 1: areia grossa

1 a 2: areia média

2 a 3: areia fina

3 a 4: areia muito fina

4 a 5: silte muito grosso

5 a 6: silte grosso

Menor que 0,35: classif. muito boa

0,35 a 0,50: classif. boa

0,50 a 1,00: classif. moderada

1,00 a 2,00: classif. pobre

2,00 a 4,00: classif. muito pobre

maior que 4,00: classif. extremamente pobre

-1 a -0,3: assimetria muito negativa

-0,3 a -0,1: assimetria negativa

-0,1 a +0,1: assimetria aproximada/zero

+0,1 a +0,3: assimetria positiva

+0,3 a +1,0: assimetria muito positiva

menor que 0,40: muito platícúrtica

0,40 a 0,47: platícúrtica

0,47 a 0,52: mesocúrtica

0,52 a 0,60: leptocúrtica

0,69 a 0,75: muito leptocúrtica

II.4 - Textura Superficial

Os autores que se dedicaram ao estudo da textura superficial de grãos de areia, são unânimes em concordar que esta propriedade isoladamente utilizada não é capaz de definir a história erosional e deposicional do grão. Porém, quando associada ao arredondamento, esfericidade e tamanho de grão, revela por seus vários índices o comportamento do grão desde a sua desagregação da rocha original, até a sua deposição final na bacia de sedimentação, após sofrer os processos erosivos do transporte.

Utilizando-se a tabela de Bigarella (1955) e os resultados encontrados por aquele autor, podemos tentar prever o regime de sedimentação dos sedimentos arenosos encontrados no Guaíba, mas os poucos dados obtidos pelos vários trabalhos, não permitem uma previsão definitiva, podendo-se porém isolar grupos que mostrem alguma relação com intensidade e direção de transporte.

III - ANÁLISE FACIOLÓGICA

As análises realizadas em laboratório, permitiram obter elementos necessários a uma interpretação dos processos sedimentares em curso no Estuário do Guaíba.

Os resultados destas análises encontram-se listados na Tabela II e agrupados nas figuras 5, 6, 7 e 8, respectivamente o mapa de litofácies, os diagramas triangulares e as curvas de frequência acumulada das populações arenosas e mistas.

A partir dos dados percentuais relativos das frações areia-silte-argila, lançados na figura 6, observa-se que a sedimentação no interior do estuário obedece quatro fácies e três sub-fácies distintas a saber:

- Fácies areno-síltico-argilosa
- Fácies sílto-arenosa
- Fácies areno-síltica
- Fácies arenosa, subdividida em:
 - Sub-fácies arenosa grosseira
 - Sub-fácies arenosa média
 - Sub-fácies arenosa fina

Isto posto, passaremos a tecer considerações relativas a cada uma das fácies encontradas.

Fácies Areno-Síltico-Argilosa:

Corresponde a um depósito que se apresenta algo consolidado e definido por um diâmetro de valor médio em torno de 5,82 ϕ . Localiza-se ao longo das bordas do canal central do estuário em frente a Ponta Grossa e tem uma extensão de 5 km, e embora a sua largura não tenha sido perfeitamente determinada, não ultrapassa 1 km, devido ter a sua evolução impedida pela corrente do canal central por um lado, e por outro por graduar até a fácies silto-arenosa e perdendo seu caráter compactado por desaparecimento da fração argila.

Seu índice de classificação é pobre (DP = 2,13 a 2,38) o que revela uma pouca efetividade da corrente sobre um depósito já semi-con

solidado, e com fração argila presente. Além disso, esta fácies se apresenta com um caráter polimodal (fig. 9) e mostra uma tendência de dominância do material fino sobre o grosseiro ($SK_I = 0,03$ a $0,42$), em virtude de uma presença significativa de fração Argila (fig. 9). A curtosis apresentou valores que indicam uma pequena tendência a uma melhor classificação nas terminais da distribuição, principalmente a grosseira (areia), já que o material argiloso é mais difícil de ser removido, dado o seu caráter de semi-consolidação.

Em estudos inéditos por nós realizados no Rio Vacacaí (RS), nas proximidades do Passo das Tropas, constatamos a presença de depósitos com características similares às desta fácies, mas seu mecanismo deposicional é de difícil interpretação. Tanto lá como no estuário, sua localização é próxima à área de correntes, que nos dois casos não é efetiva para remover o sedimento mais fino.

Kulm & Byrne (1966) encontraram no Estuário do Oregon uma pequena fácies Areno-Silto-Argilosa, de $Md\phi = 5,70$, localizada em áreas onde a efetividade da corrente se deveria fazer sentir (op.cit, pp. 96; fig. 7) e constataram igualmente que a fração fina não é removida, embora o caráter meandriforme do canal forneça uma energia suficiente para que tal fato aconteça, devido a pouca profundidade local. Os autores não determinaram as razões deposicionais desta fácies, não nos sendo possível relacioná-la com a apresentada pelo Estuário do Guaíba sob o ponto de vista de compactação mas a relação de tamanho é facilmente identificável, o mesmo acontecendo com a classificação, que decresce para porção fina. A diferença nas Assimetrias (negativas para o Estuário de Oregon) pode ser explicada pelo caráter relativamente protegido daquele local do rio, em contraste com o Guaíba, onde a fácies está exposta a uma corrente de relativa intensidade, talvez maior que a apresentada no Oregon.

Podemos ainda citar o trabalho de Coutinho (67/69), que descrevendo o Estuário de Potengi, Natal, RGN, delimita uma porção Argilo-Siltica nas partes superiores do estuário, caracterizada por uma seleção pobre, que gradua para uma fácies fina (que deve estar relacionada com a fácies Silto-Arenosa) corrente abaixo, em que o abundante material em suspensão se precipita tão logo a água salgada começa a fluir para a montante do estuário.

Também McCrone (1967), estudando o Estuário do Rio Hudson, encontrou uma fácies silto-argilosa de características maciças, dada pela presença de Argila (20 a 45%) e de matéria orgânica, o que propor

cionava a aglutinação do sedimento e difícil erosão ou lavagem pela corrente.

Como muito bem propuseram Land & Hoyt (1966), é necessário um estudo mais profundo sobre a capacidade de correntes removerem materiais de diferentes tamanhos, já que o caráter deposicional precisa também ser levado em consideração. Para aqueles autores, à medida que o tamanho decresce, a partir de 2,5 ϕ , o selecionamento tende a crescer, mostrando então uma crescente ação da corrente, o que não ocorre no Guaíba, onde a fácies Areno-Silto-Argilosa tende a permanecer localizada, não fornecendo material para a fácies vizinha, Areno-Síltica.

Fácies Silto-Arenosa:

Os elementos de laboratório revelaram que esta fácies pode ser subdividida em 3 províncias que são perfeitamente delimitadas (fig. 5). Duas localizam-se na porção superior do estuário, enquanto a terceira está associada à margem do canal central em duas áreas, uma estendendo-se desde a porção inferior do delta do Jacuí, na altura da Ponta do Dionízio, até a Ponta do Jacaré, e a outra em frente ao Balneário Ipanema, onde a topografia de fundo mostra um extenso platô que se desenvolve desde as bordas do estuário até o canal principal, sendo que esta província ocupa uma faixa alongada paralela ao eixo principal da corrente, não sendo entretanto alimentada por nenhum canal secundário.

A terceira província estende-se desde o término da primeira, sendo separada desta por uma faixa areno-síltica bem definida, até a porção inferior do estuário, alargando-se à medida que o canal se alarga e sendo suprida, em parte, pelo material proveniente do Saco do Lami. Suas relações com a topografia de fundo mostram uma preferência para se localizar abaixo da isóbata de 3 metros. Tal fato ocorre também com a primeira província que, marginando o canal pelo seu lado direito, está condicionada a profundidades maiores, ocorrendo juntamente com a fácies do canal (Areno-Síltica).

Ainda aqui, Kulm & Byrne (op.cit) descrevem uma fácies semelhante no Oregon, sendo que, para aqueles autores, a faixa situa-se em locais bastante protegidos, o que não ocorre no Guaíba, onde as porções Silto-Arenosas principais estão bem desenvolvidas em locais de energia moderada.

No Estuário do Guaíba, esta fácies apresenta uma classificação de pobre a muito pobre ($DP \pm = 1,66$ a $2,49$), uma assimetria pouco significativa ($SK_I = 0,19$ a $0,58$), e uma curtosis igualmente de pouco significado seletivo ($K'_G = 0,38$ a $0,59$). Isoladamente, tal fato não nos permite tirar muitas conclusões, já que a fácies apresenta uma extensão significativa. Há, porém, uma grande semelhança entre o comportamento do índice de seleção desta fácies com aquele descrito por Allen (1971) para uma fácies similar no Estuário de Gironde. O selecionamento das áreas onde o diâmetro médio é inferior a 3ϕ , varia de moderado a pobre (DP menor que $0,8$) onde a fácies Silto-Arenosa, nas suas partes protegidas, mostra um selecionamento pobre ($DP_I = 1,93_{(20)}$; $1,82_{(55)}$; $2,14_{(47)}$). Regionalmente, porém, quando examinarmos a área sob o ponto de vista dos parâmetros estatísticos, podem ser tiradas conclusões para o conhecimento da dinâmica do Estuário do Guaíba, discussão esta que será levada a efeito em capítulo posterior.

Coutinho (op. cit) também descreveu para o Estuário de Potengi, uma "fácies fina", que ocupa as partes protegidas e mais profundas do estuário, o que não ocorre no Guaíba, onde a fácies Silto-Arenosa se localiza predominantemente em zonas pouco protegidas, mas que não sofrem uma influência direta da corrente principal, não sendo portanto muito sujeita a uma efetividade de selecionamento.

Os histogramas da fácies (fig. 9) mostram, para a província que se localiza ao lado da Praia de Ipanema, amostras polimodais e unimodais, incidindo as primeiras nas classes 3-4 e 7-8 ϕ e a segunda na classe 3-4 ϕ . A província da borda direita do canal exhibe amostras polimodais com as modas incidindo nas classes 4-5, 5-6 e 6-7 ϕ , o que bem demonstra a baixa eficácia de seleção por parte das correntes.

A província da parte inferior do estuário nos fornece amostras polimodais e unimodais, com as classes modais incidindo indistintamente desde a classe Areia Fina até Silte muito Fino, diminuindo o valor do Desvio Padrão para jusante e com o afastamento do canal central. Nesse sentido diminui também a assimetria, o que reflete uma relação desta com as correntes.

Fácies Areno-Siltica:

Estendendo-se pelo canal principal e por toda a sua margem esquerda, sendo somente interrompida pelas duas províncias da fácies anteriormente discutida e por manchas arenosas, esta fácies é depois

da Arenosa a segunda em extensão expressiva na superfície de fundo do estuário.

Está intrinsecamente relacionada à região de desague do estuário na Laguna dos Patos (fig. 5) contribuindo, junto com o material arenoso, para o recobrimento de fundo daquela laguna.

Segundo Martins (inédito), a característica dos detritos sólidos lançados na Laguna dos Patos é também silto-arenosa, ocorrendo porém uma separação das duas frações, após a entrada na laguna e, em que a fração arenosa passa a ocupar a borda da laguna e a fração siltica a distribuir-se ao longo do canal. É interessante notar que a fácies arenosa, que ocupa a borda sul do estuário, também é responsável pela natureza do sedimento que se deposita na Laguna dos Patos, uma vez que a extensão dos sedimentos arenosos ocupa local significativo nas bordas desta, supridos em parte também pelas formações quaternárias adjacentes.

Esta fácies ocupa inteiramente o canal central do estuário e, por sua característica arenosa, é de se supor que a corrente tenha capacidade suficiente para mover os grãos para jusante, em direção à laguna. A fração siltica presente na fácies é sempre subordinada, ocorrendo a moda principal na maioria dos casos no intervalo 3 - 4 ϕ . Pelos histogramas (fig. 9), observa-se uma bimodalidade e não raro uma polimodalidade da distribuição, o que indica uma baixa seleção o que é também observado nos valores do Desvio Padrão (1,93). Tal fato pode ser explicado pelo suprimento de silte pela fácies vizinha, uma vez que a fácies silto-arenosa parece recobrir a areno-siltica, o que em certos locais se torna acentuado pela quebra da continuidade da fácies mais grosseira. A contribuição das correntes que trazem da área do Delta do Jacuí o material fino e grosseiro, por suspensão e arraste superficial, também é significativa neste processo de contaminação siltica das áreas com grosseiros.

O fato da fácies mais siltica suprir a mais arenosa com silte parece coincidir com os resultados obtidos por Coutinho (op. cit), para o estuário do Potengi, uma vez que os valores do índice de classificação são coincidentes.

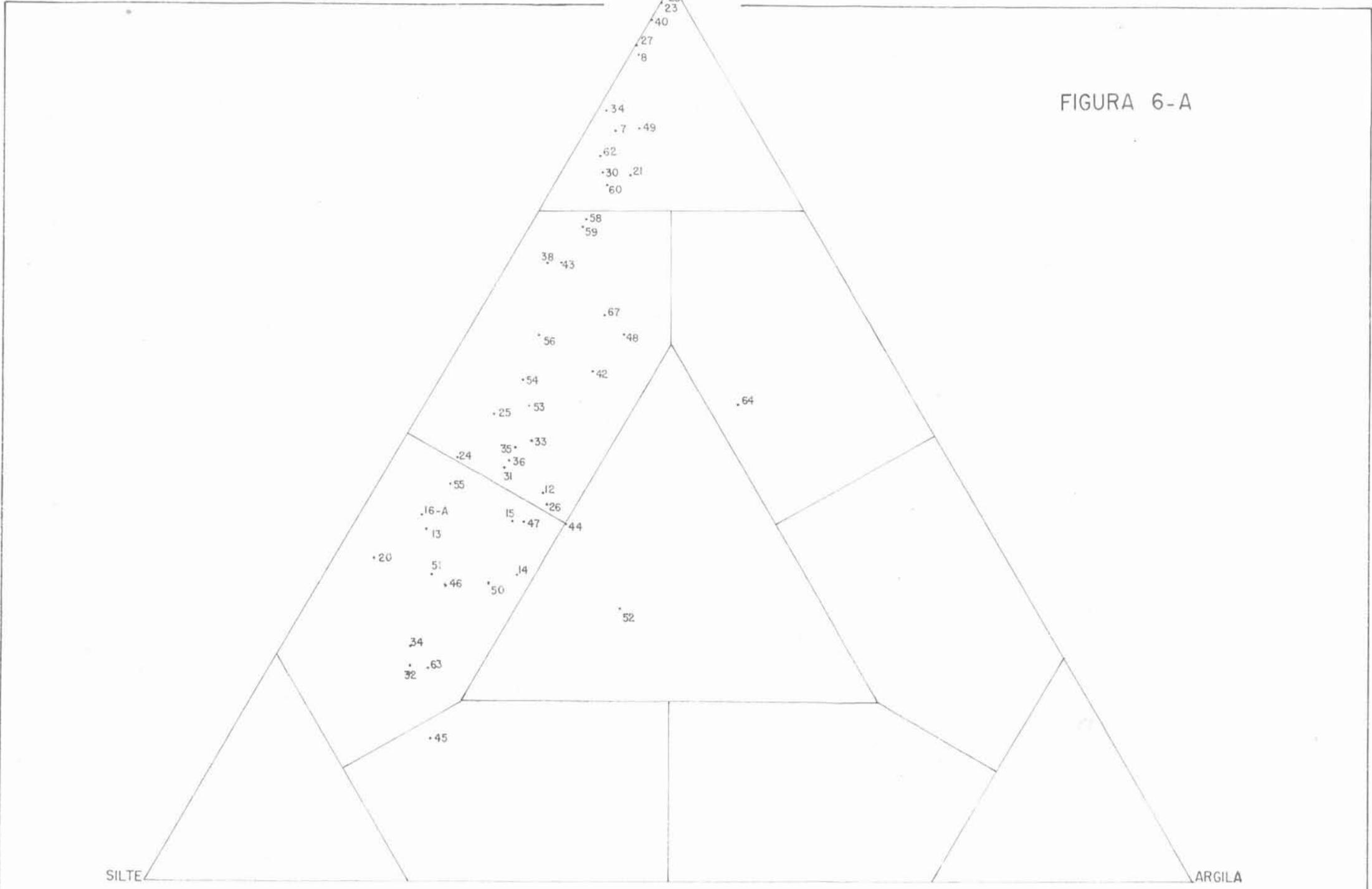
Kulm & Byrne (op. cit) identificaram também uma fácies semelhante para o Estuário do Oregon, mas neste caso esta fácies se localiza nas bordas do estuário, uma vez que o material grosseiro parece ser suprido somente pelo Rio Yaquina, o que não ocorre no Guaíba, como veremos adiante ao discutir a fácies arenosa.

AREIA

FIGURA 6-A

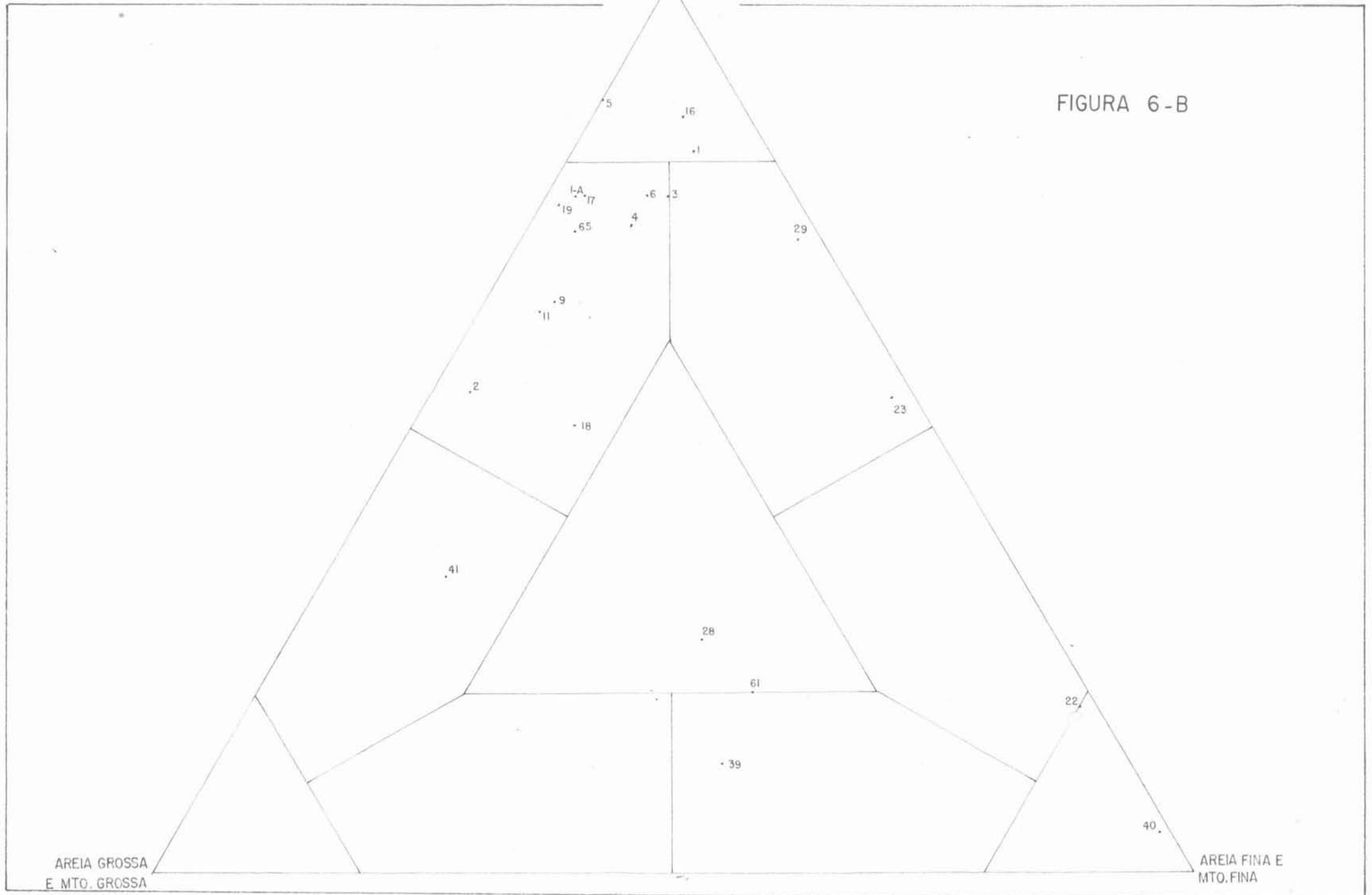
SILTE

ARGILA



AREIA MÉDIA

FIGURA 6-B



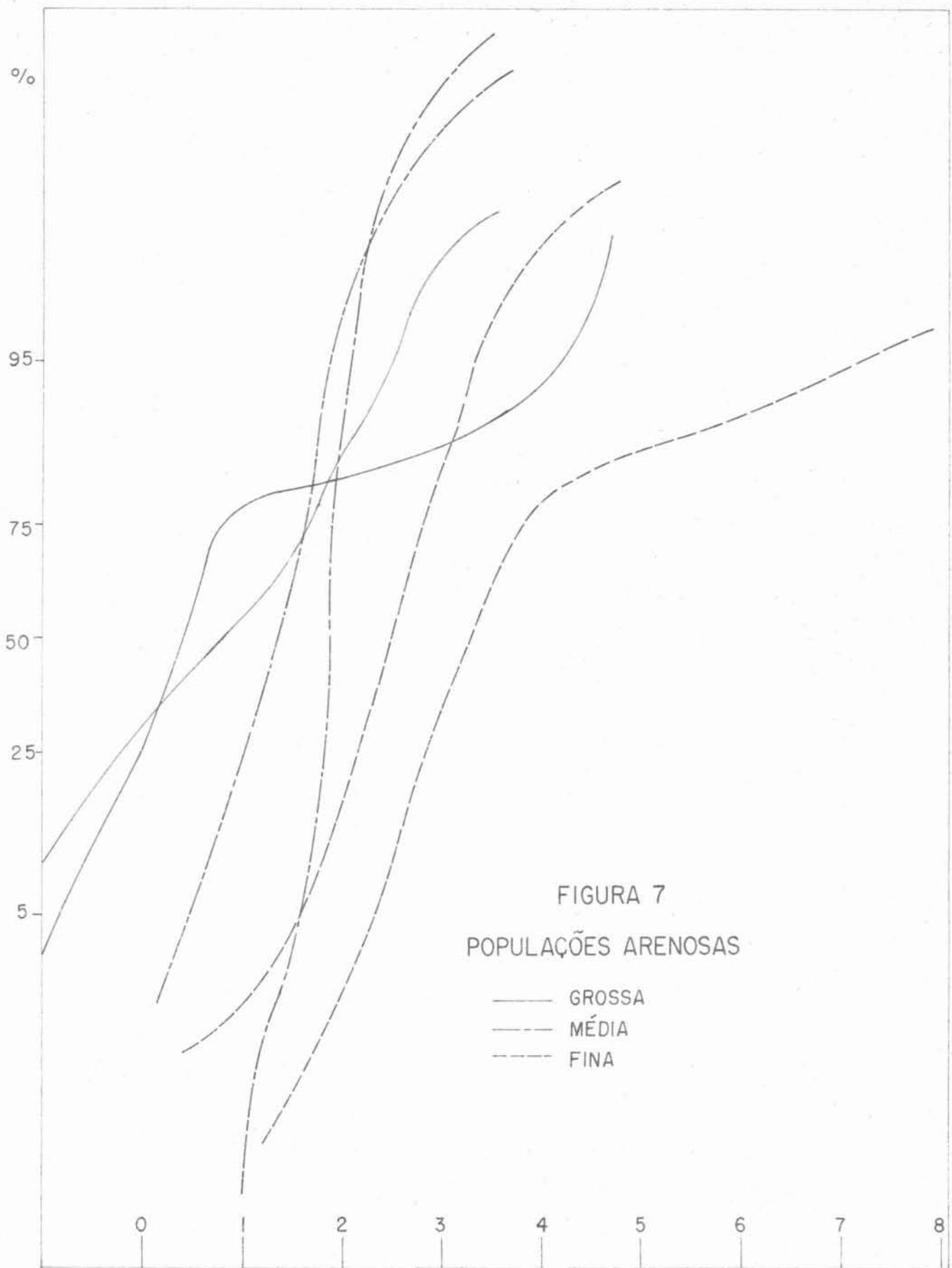


FIGURA 7
POPULAÇÕES ARENOSAS

- GROSSA
- - - MÉDIA
- · - FINA

Um fato interessante é que Allen (op. cit), ao descrever o Estuário de Gironde (França), não identifica qualquer fácies fina, citando porém a grande quantidade de sedimentos finos (silte e argila) que é fornecida ao estuário pelos terrenos adjacentes, sendo que para o autor tais sedimentos são levados como carga de suspensão para fora do estuário. É de se supor então que a energia daquele estuário é suficiente para não permitir a sedimentação do material fino, caso que não ocorre no Guaíba, onde a grande dispersão de correntes, ao saírem da área do Delta do Jacuí, provoca uma intensa sedimentação de finos.

A tendência desta fácies para a terminal fina, ($\overline{SK}_I = 0,47$) nos mostra a grande influência da fração fina no total das amostras, provocando uma má classificação e uma média bastante alta ($\overline{M}_Z = 4,35\theta$). A curtosis, como no caso anterior, não é significativa, já que seu valor médio ($K'_G = 0,49$), não mostra realmente uma tendência geral, visto que as amostras exibem tendências que variam de leptó a platicúrticas, conforme se localizem mais próximas ou mais afastadas das margens. Podemos, assim, supor que a corrente tende a classificar mais as frações das terminais dos sedimentos, o que tenderia a favorecer a uma classificação, a qual não ocorre devido ao constante acréscimo da fração fina pelas correntes por um lado, e da grosseira por outro, retirando da fácies arenosa, vizinha.

A ocorrência desta fácies, isoladamente em frente à Barra do Ribeiro, nos leva a crer que o suprimento do material fino é ali feito através do Arroio Ribeiro, que por sua pequena capacidade não é capaz de formar uma extensa deposição, já que o material grosseiro vai se juntar à fácies arenosa, tão logo entre no estuário, razão pela qual a pequena mancha de finos tende a se orientar para a foz do Arroio. A grande presença do material grosseiro circundante é quiçá subjacente, nos dá a má classificação e a assimetria nula, com leve tendência à negativa para esta área síltica.

Fácies Arenosa:

Ainda, em termos espaciais, podemos separar três populações arenosas, dentro desta fácies, bem localizadas e distintas.

A sub-fácies *Areia Grossa* ocorre no Saco do Cego e em Belém Novo, onde esta província é independente da fácies arenosa propriamente dita, possuindo dois sub-domínios, também independentes entre si, embora apresentem o mesmo padrão estatístico, ou seja:

$M_z 27 = 0,83$; $M_z 41 = 0,68$; $DP27 = 1,4$; $DP41 = 1,2$, o que indica uma má classificação em ambos os pontos, ocasionada pela ausência de correntes seletivas, dado os locais bastante protegidos em que se localizam.

Uma segunda província é a de *Areia Média*, que inclui também uma sub-população de *Areia Média-Grossa* mas que nos termos genéticos pode ser associada à primeira e que se localiza predominantemente na porção inferior do estuário (fig. 5) sendo cortada pela fácies *Areno-Sil-tica*, que traz a fração fina que vai se depositar na laguna.

Sua área fonte está principalmente relacionada à Península da Faxina e à área entre as Pontas de Itapoã e Fortaleza, sendo de se prever que a terceira população, de areia fina, ali presente pode estar presa pela grande quantidade de material orgânico, que bordejando a península até a profundidade de 2 m.

Esta sub-fácies possui parâmetros padrões caracterizados por diâmetro médio de 1,53, classificação moderada ($\overline{DP} = 0,68$), assimetria negativa ($\overline{SK}_I = -0,063$) e curtosis média Mesocúrtica ($K'_G = 0,50$).

Uma pequena ocorrência desta província em frente à Ponta dos Cachimbos, na porção mais superior do estuário, pode nos levar a uma concentração por correntes, ou talvez a uma janela aberta por estas mesmas correntes (fig. 5), mas a falta de dados precisos das intensidades de tais correntes não nos permite uma conclusão segura.

A terceira província de *Areia Fina* ($\overline{M}_z = 2,53\phi$), que inclui também a fração *Areia Fina-Média*, é a mais extensa da área e é suprida tanto por material da margem como pela corrente proveniente do delta.

Estatisticamente, apresenta-se com uma classificação pobre ($\overline{DP} = 1,06$), assimetria positiva ($\overline{SK}_I = 0,14$), e leptocúrtica ($\overline{K}'_G = 0,58$), ou seja, a fração areia muito fina (2-3 e 3-4 ϕ) está mais sujeita à classificação por ter maior expressão percentual do que o restante da distribuição.

Kulm & Byrne (op. cit) também encontraram no Oregon uma extensa deposição de areia, mas diretamente relacionada à descarga do rio, e com parâmetros estabelecidos por uma areia média a fina (2,2 ϕ) índice de classificação bom (0,39) e de assimetria geralmente positiva. No que se refere ao tamanho do grão e assimetria, os valores por nós encontrados para a fácies *Areia Fina-Média* coincidem com os valores de Kulm e Byrne (op. cit), com uma classificação diferente ($\overline{DP} = 1,08$), já que ali a corrente do Rio Yaquina tem bastante poder seletivo, o que

não acontece no Guaíba, onde a seleção está restrita à região das Areias Médias-Grossas, na região sul do estuário.

No trabalho de Allen (op. cit), a porção do estuário de Gironde que mais se assemelha ao Guaíba é aquela independente do meio marinho e ali as areias gradam da margem para o canal, de finas a médias e média a grosseiras, o que não ocorre no Guaíba, onde as duas províncias são independentes.

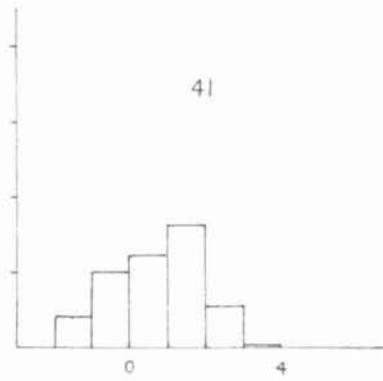
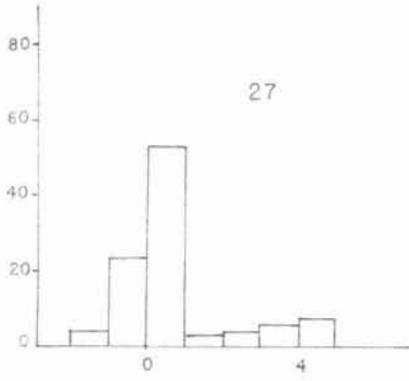
No estuário estudado por Land & Hoyt (op. cit), na Geórgia, a presença de "point-bars" arenosos é marcada pelo aumento do tamanho de grão e diminuição do selecionamento em direção ao canal principal, sendo que estes "point-bars" são formados devido à sinuosidade do canal, nas partes convexas dos meandros. Ali, a crista das barras tem o mesmo valor de granulometria, da fácies areia fina do Guaíba (2,5 ϕ), mas enquanto no Guaíba as areias decrescem de tamanho em direção ao canal, no estuário estudado por aqueles autores ocorre o inverso; tal fato está relacionado ao caráter da sedimentação, já que aqui esta se apresenta espalhada em grande área e lá ocorre a concentração nos "point-bars", onde a dinâmica da corrente não permite uma seleção dado o seu caráter meandriforme.



AREIA

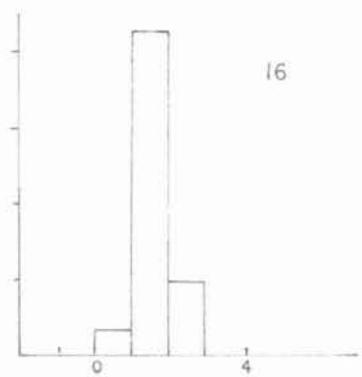
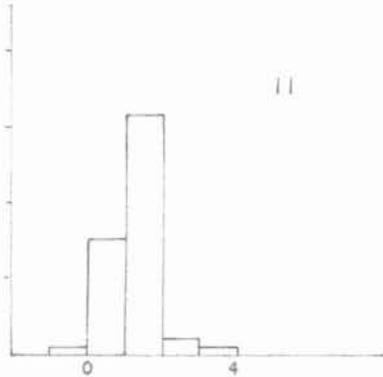
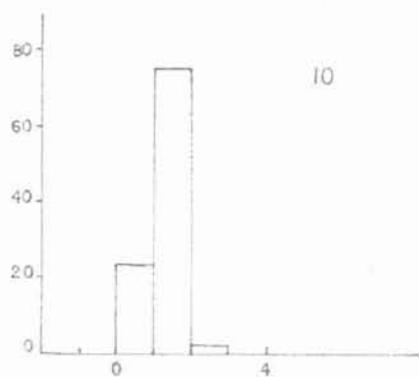
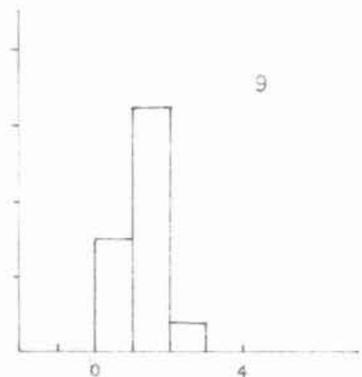
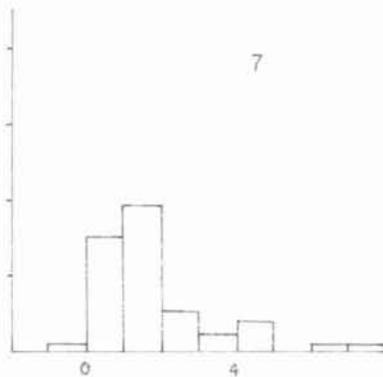
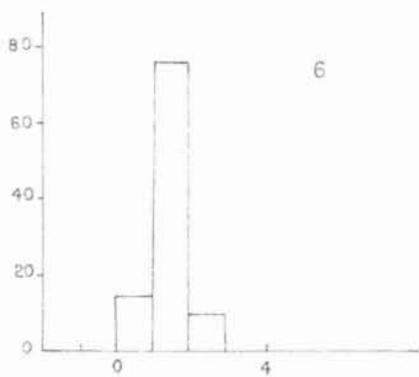
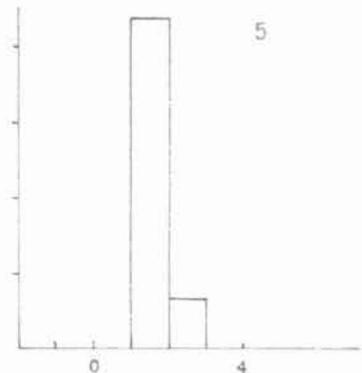
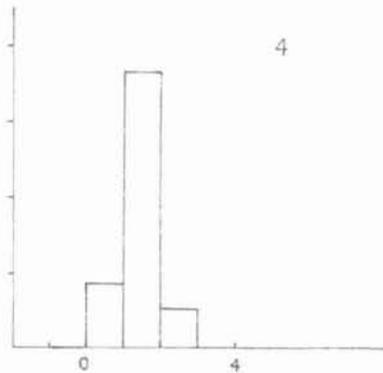
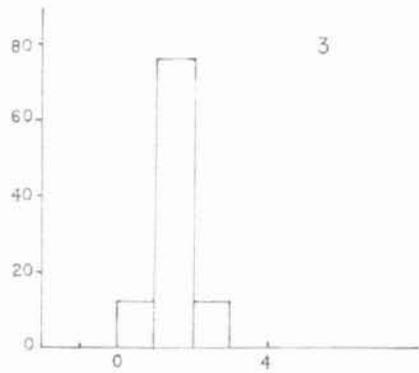
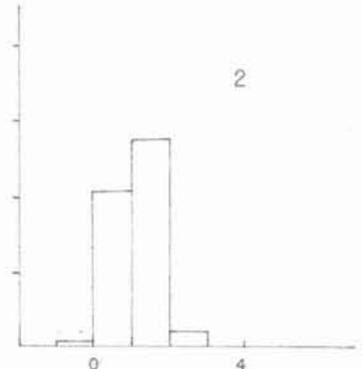
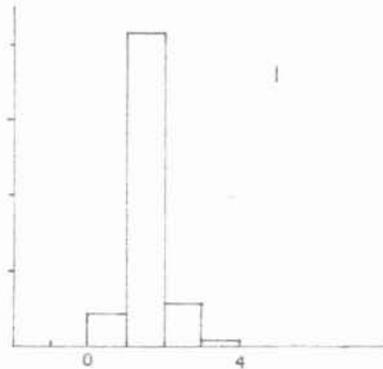
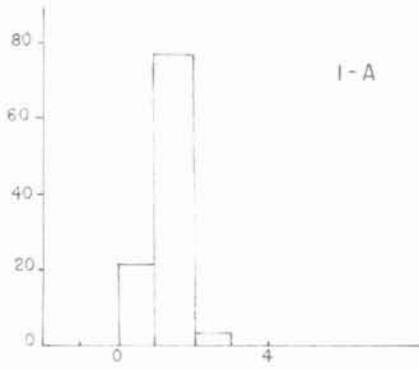
GROSSA

FIGURA 9-A



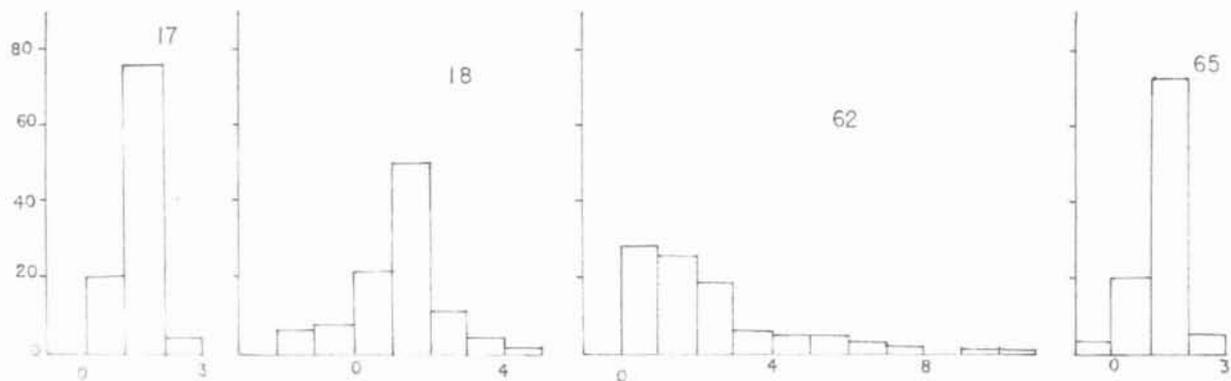
AREIA

MÉDIA

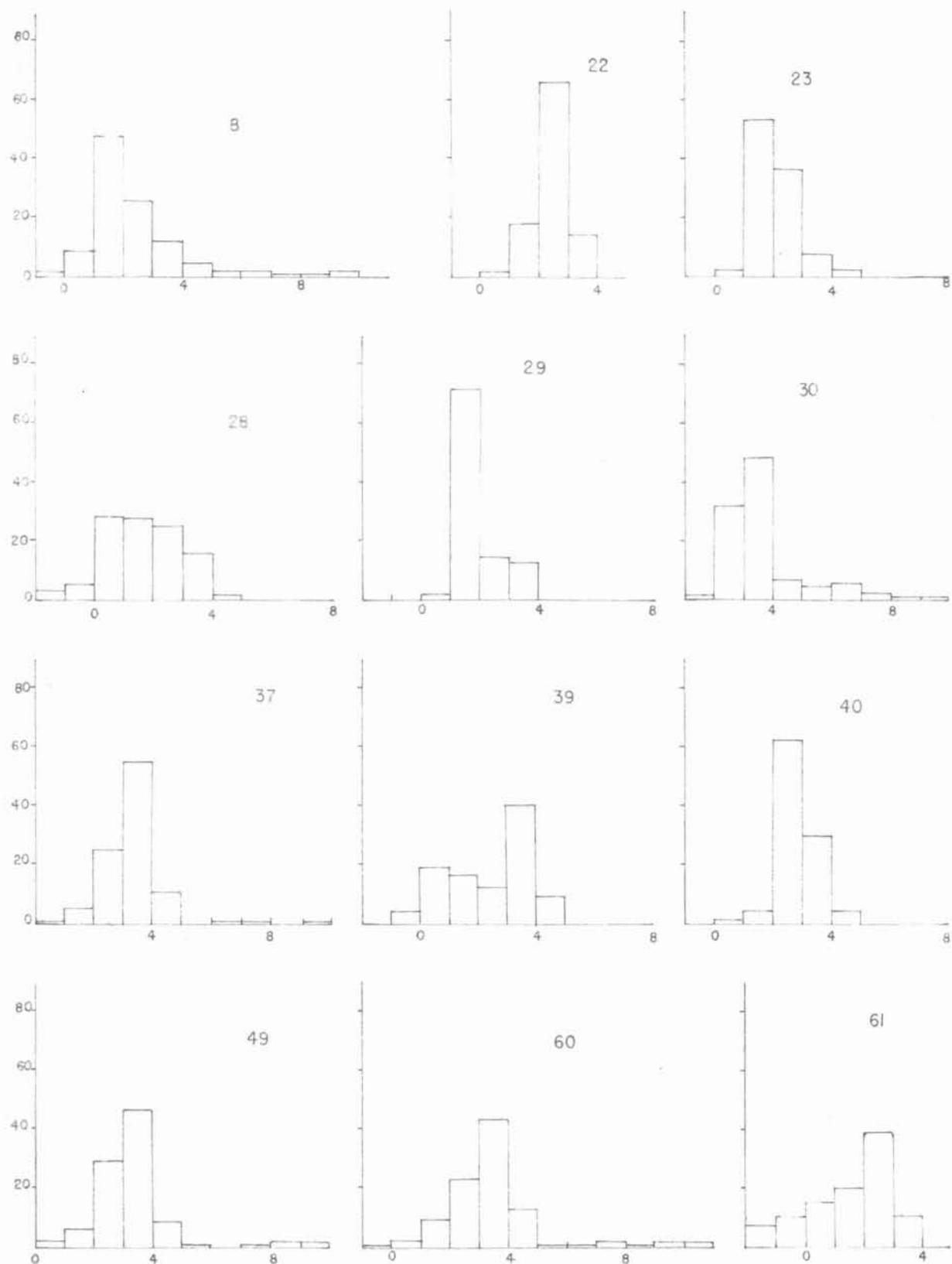


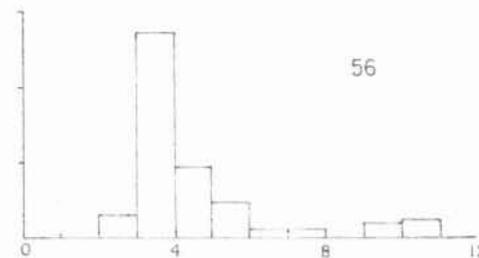
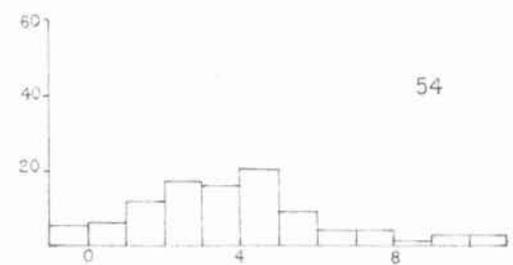
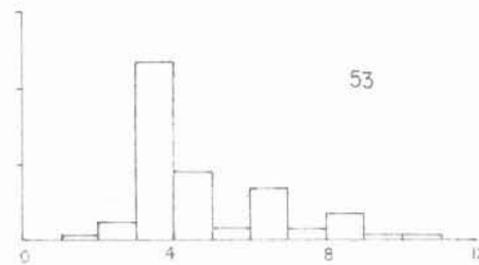
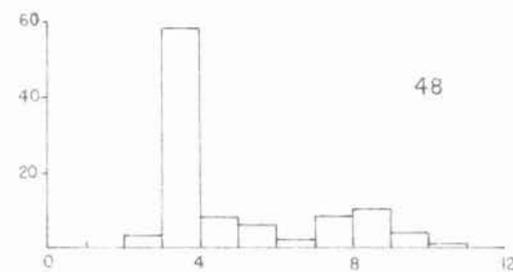
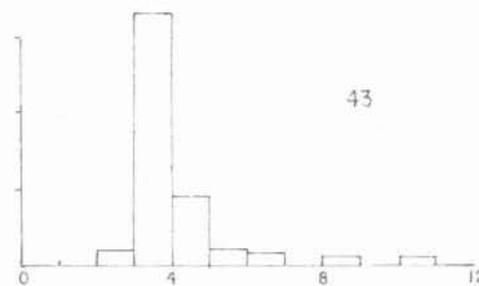
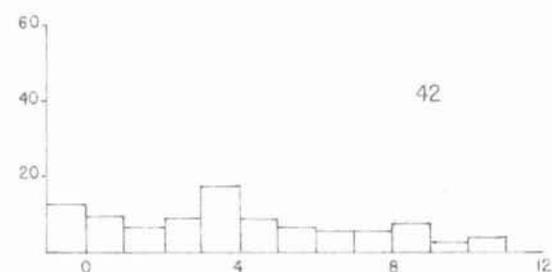
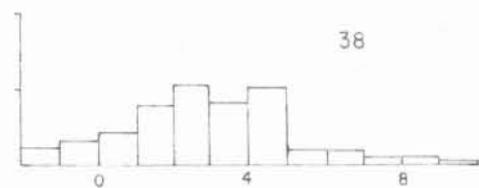
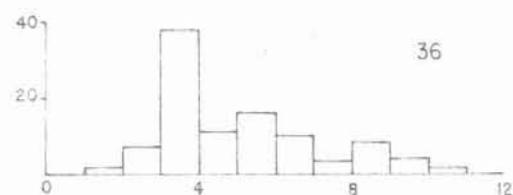
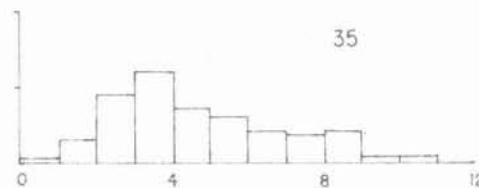
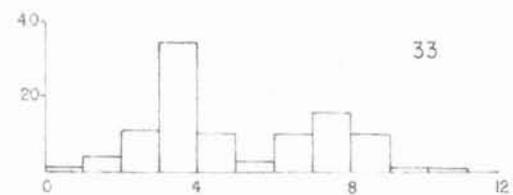
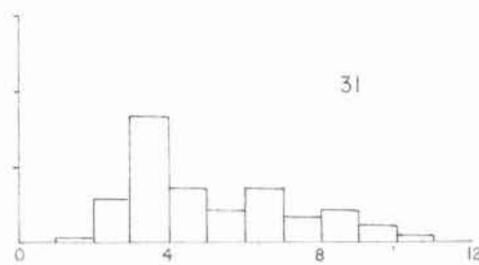
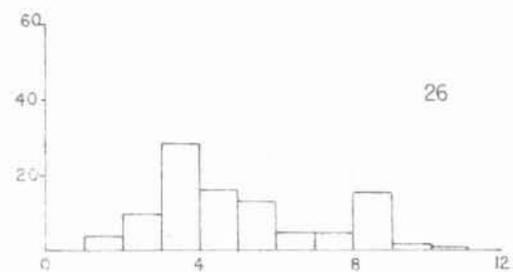
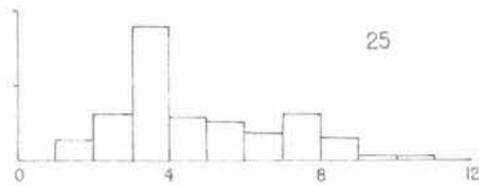
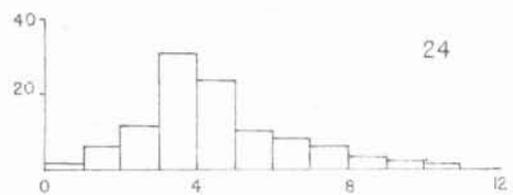
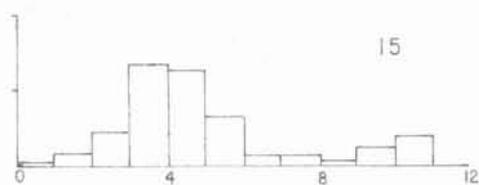
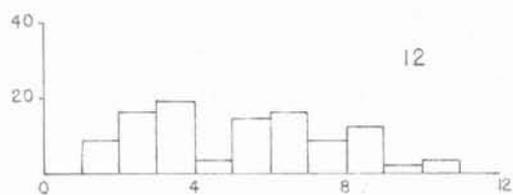
A R E I A M É D I A

FIGURA 9-B

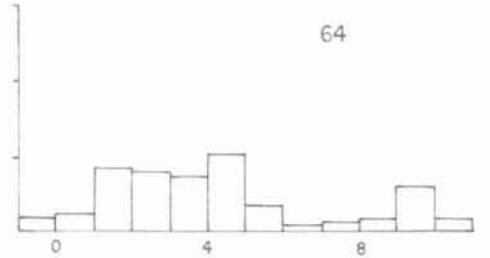
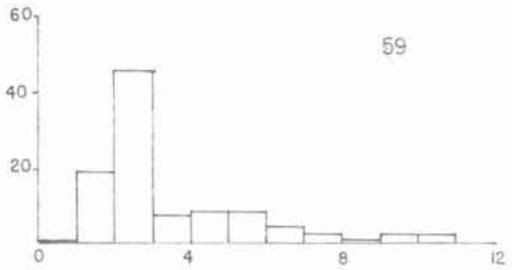
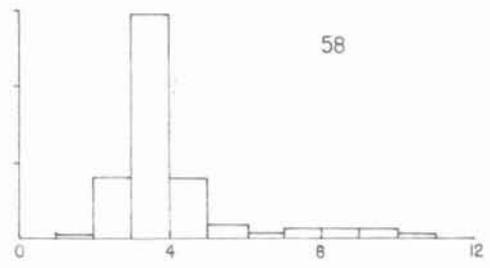
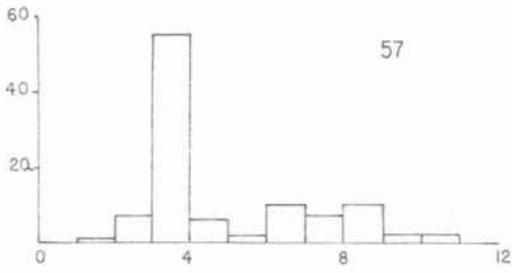


A R E I A F I N A





AREIA SÍLTICA



SILTE ARENOSO

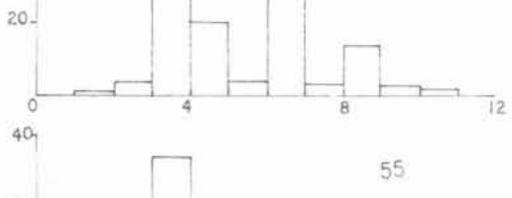
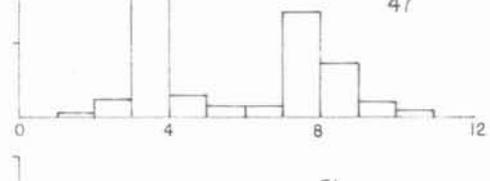
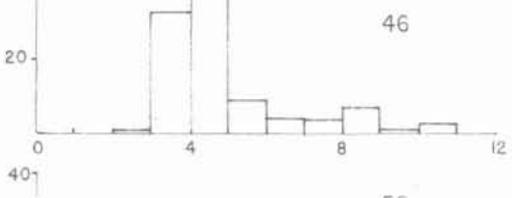
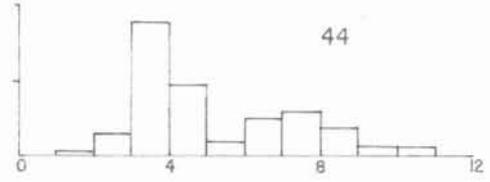
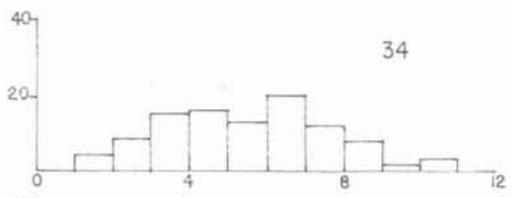
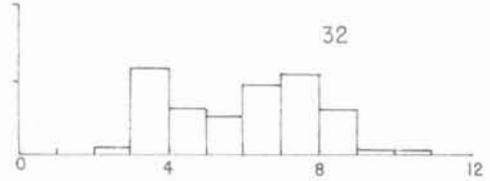
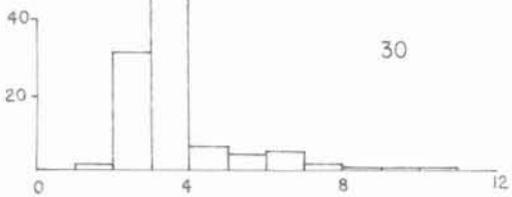
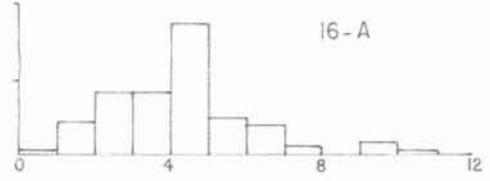
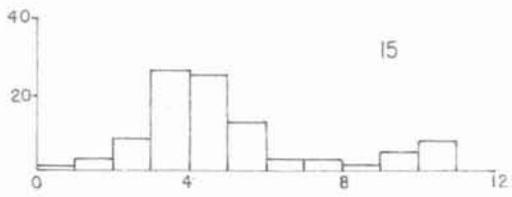
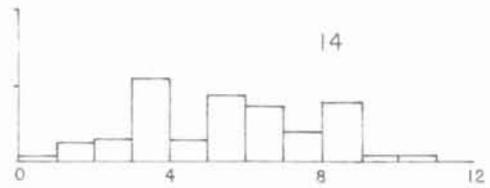
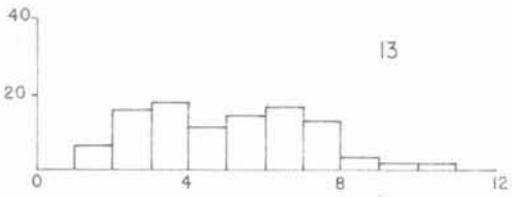
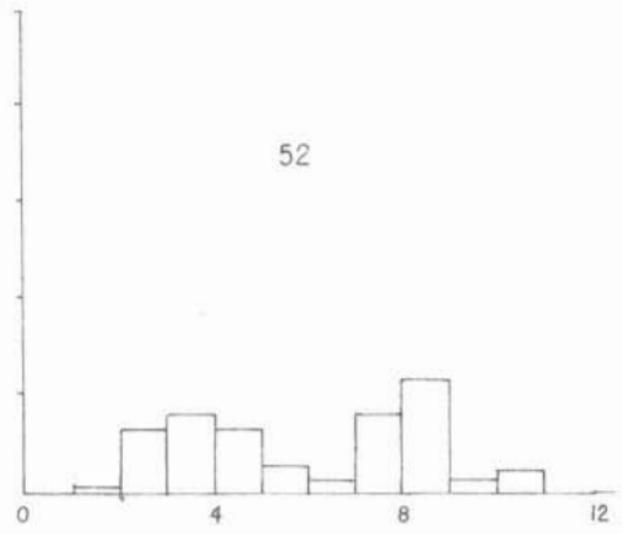
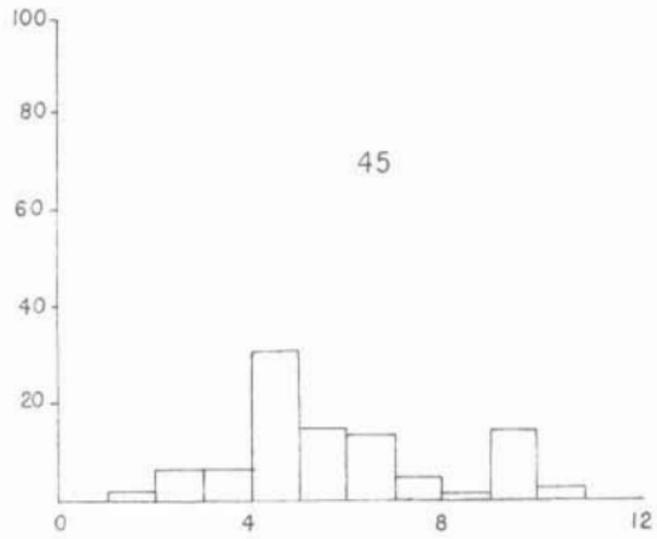


FIGURA 9-E

ARENO - SILTO - ARGILOSO



desenho : a. barbosa

T A B E L A II

PARÂMETROS ESTATÍSTICOS - ESTUÁRIO DO GUAÍBA (RS)

FÁCIES/AMOSTRA	Md	Mz	DP	SK _I	KG	KG'
AREIA GROSSA						
27	0.40	0.83	1.44	0.49	2.43	0.71
41	0.75	0.68	1.21	-0.09	1.07	0,52
MD	0.57	0.75	1.32	0.20	1.75	0.61
AREIA MÉDIA GROSSA						
2	1.20	1.19	0.55	-0.07	0.53	0.35
9	1.40	1.37	0.48	-0.12	0.80	0.44
11	1.35	1.31	0.53	-0.16	0.92	0.48
18	1.45	1.23	0.78	-0.29	1.35	0.57
62	1.50	2.35	1.95	-0.67	1.23	0.55
MD	1.38	1.49	0.85	0.01	0.97	0.48
AREIA MÉDIA						
1-A	1.45	1.39	0.50	-0.26	1.01	0.50
1	1.72	1.67	0.34	-0.32	1.10	0.52
3	1.68	1.62	0.40	-0.25	0.70	0.41
4	1.55	1.47	0.45	-0.20	1.15	0.54
5	1.85	1.86	0.13	0.04	1.68	0.63
6	1.60	1.55	0.43	-0.14	1.10	0.52
7	1.38	1.84	1.60	0.59	1.86	0.65
10	1.35	1.30	0.42	-0.21	0.97	0.49
16	1.70	1.63	0.32	-0.31	1.15	0.53
17	1.40	1.36	0.40	-0.12	0.84	0.46
65	1.52	1.43	0.52	-0.31	1.22	0.55
MD	1.56	1.56	0.50	-0.13	1.16	0.53
AREIA MÉDIA FINA						
8	1.85	2.07	1.02	0.40	1.20	0.54
21	2.90	2.90	1.91	0.28	1.90	0.65
23	1.95	2.05	0.57	0.39	1.70	0.63
28	1.70	1.66	1.09	-0.06	0.72	0.42
29	1.85	1.97	0.59	0.42	2.36	0.70
39	2.00	1.52	1.37	-0.46	0.64	0.39
61	1.98	1.59	1.37	0.42	0.96	0.49
MD	2.03	1.96	1.13	0.20	1.35	0.55
AREIA FINA						
22	2.50	2.48	0.49	-0.06	1.07	0.52
30	3.25	3.47	1.20	0.37	2.11	0.67
37	3.60	3.38	0.83	-0.28	1.57	0.61
40	2.78	2.79	0.60	0.12	1.10	0.52
49	3.18	3.18	1.29	0.24	2.68	0.73
60	3.40	3.24	1.58	0.09	2.02	0.67
MD	2.03	1.96	1.13	0.20	1.35	0.62

ARENO-SÍLTICA

12		5.25	5.17	2.46	-0.02	0.71	0.41
24		4.10	4.48	1.90	0.27	1.14	0.53
25		4.18	4.76	2.06	1.32	0.43	0.30
26		4.35	5.08	2.26	0.23	0.91	0.48
31		2.35	4.25	2.04	1.18	0.89	0.47
33		4.10	4.97	2.09	0.45	0.67	0.40
35		4.09	4.64	2.26	0.30	0.96	0.49
36		4.20	4.92	1.99	0.49	1.06	0.51
38		2.86	2.79	2.03	-0.05	1.09	0.52
42		3.75	3.97	3.29	0.11	0.82	0.45
43		3.70	3.87	0.99	0.54	2.35	0.70
48		3.80	4.95	1.98	0.76	0.60	0.37
53		3.82	4.74	1.81	0.69	0.85	0.46
54		3.67	3.70	2.42	0.16	1.30	0.57
56		3.85	4.17	1.57	0.58	2.23	0.69
57		3.58	4.77	1.94	0.80	0.58	0.37
58		3.55	3.66	1.13	0.45	2.39	0.70
59		2.35	3.22	1.85	0.75	1.09	0.52
64		3.70	4.55	3.01	0.37	1.23	0.55
	MD	3.75	4.35	2.05	0.49	1.12	0.49

SILTO-ARENOSA

13		5.00	4.91	2.09	-0.02	0.74	0.42
14		5.60	5.53	2.03	-0.09	0.83	0.45
15		4.31	5.27	2.49	0.51	1.40	0.58
16-A		4.33	4.24	1.81	0.04	1.30	0.57
20		4.52	4.10	1.93	-0.19	1.15	0.54
32		6.20	5.98	1.78	-0.16	0.61	0.38
34		5.50	5.54	2.05	0.01	0.82	0.45
44		4.30	5.18	2.13	0.57	0.75	0.43
46		4.40	4.99	1.66	0.58	1.47	0.59
47		6.20	5.94	2.14	0.10	0.59	0.37
50		5.12	5.53	1.96	0.30	0.63	0.39
51		4.55	4.89	1.97	0.34	1.18	0.54
55		4.20	4.76	1.82	0.44	1.01	0.50
63		5.40	5.68	1.98	0.24	0.98	0.50
	MD	4.97	5.18	1.98	0.19	0.96	0.47

ARENO-SILTICO-
-ARGILOSA

45		5.05	5.85	2.13	0.42	1.05	0.51
52		5.80	5.78	2.38	0.03	0.66	0.40
	MD	5.43	5.82	2.29	0.22	0.85	0.45

III.1 - Medidas de Tendência Central

Uma vez que o estuário sob o ponto de vista dinâmico precisa ser tomado como um todo, um estudo sobre as variações dos Parâmetros Estatísticos, independentemente das fácies deve ser feito, para que se tenha um amplo conhecimento da dinâmica estuarina, responsável pela distribuição e movimentação das fácies presentes.

Com os resultados dos valores da Mediana ($Md\emptyset$) e Média Aritmética ($Mz\emptyset$) foram traçados os mapas que mostram as suas distribuições (figs. 10 e 11) na área da amostragem. O valor que melhor representa a medida de tendência central é a média, conforme foi discutido anteriormente e a este nos dedicaremos com mais detalhes, já que as diferenças entre os dois mapas são mínimas, no que diz respeito à distribuição dos valores de tamanho de grão.

Areia Grossa ($Mz\emptyset$ 0 a 1):

Localiza-se no Saco do Cego e na Enseada de Belém Novo, em virtude do caráter protegido de ambos os locais, que não estão sujeitos à ação das correntes. Tal material, suprido pelas margens do estuário, se assenta sobre o fundo e sofre retrabalhamento pela ação das ondas que só mostram uma relativa intensidade nas zonas bem próximas à margem, uma vez que a zona de arrebentação se localiza a poucos metros das margens do estuário.

Areia Média ($Mz\emptyset$ 1 a 2):

Esta zona estende-se por quase toda a margem direita do estuário, sendo constantemente suprida pelas formações quaternárias descritas por Jost (op. cit), sendo interrompida na região entre a Ponta da Alegria e Ponta do Jacaré, onde os córregos que desaguam no estuário trazem parte da fração Areia Muito Fina que ali se deposita, sendo o restante suprido pela corrente que provém do delta.

O material que é trazido sofre uma seleção gradativa da margem para o canal, à medida que os sedimentos mais grosseiros vão sendo depositados.

Conforme se observa nos mapas, a fração Areia Média ocupa toda porção inferior do estuário, sendo que ali a corrente atua forte-

mente, levando o material fino para o canal principal e transportando este para a Laguna dos Patos.

A pequena porção de Areia Média localizada em frente à Ponta dos Cachimbos está relacionada à efetividade da corrente como veremos adiante.

Areia Fina (MzØ 2 a 3):

Imediatamente vizinha à população anterior, esta zona localiza-se mais para o interior do estuário, sendo resultante também do material trazido da margem direita, sendo que tal população não é fortemente trabalhada pela corrente, uma vez que se localiza nas bordas do canal principal.

Areia Muito Fina (MzØ 3 a 4):

Esta população ocorre em duas zonas distintas, uma localizada nas imediações do canal, resultante do material que foi transportado da margem direita, e outra ocupando a parte superior da borda esquerda do estuário, proveniente da erosão das rochas nas imediações da Ponta da Cuíca, e do material trazido pela corrente do delta, que se deposita na zona superior, nas margens da faixa de fluxo da corrente principal.

Silte Muito Grosso (MzØ 4 a 5):

Tal população ocupa grande área da porção inferior da faixa de fluxo do estuário e está relacionada ao material trazido pela própria corrente principal e das bordas do estuário, principalmente através do Saco do Lami. Na porção norte, ela está confinada à margem esquerda, tendo como fonte principal a borda do canal, que desagua do delta, já que ali os córregos são responsáveis pelo material mais fino (Silte Grosso) e uma vez que a corrente propriamente dita é responsável pelo material mais fino (Silte e Argila), (fig. 11).

Na porção sul, esta população ocupa o canal de desague desde a região frontal à Ponta das Ceroulas até a zona em frente a Ponta Escura, prevendo-se ali o seu confinamento às partes mais profundas, sujeitas à ação da corrente que levará o material Areno-Síltico até a Laguna dos Patos.

Silte Grosso (MzØ 5 a 6):

Esta população tem origem relacionada à alimentação de clásticos provocada pelo Delta do Jacuí, uma vez que ocupa principalmente o canal, na porção superior do estuário, dirigindo-se para a margem direita, à medida que a população anterior vai ocupando o canal principal. A erosão das areias do Escudo Cristalino das proximidades do canal, pelo seu lado esquerdo, também são fontes supridoras deste material.

Sua interrupção em frente à Ponta da Alegria (mapa nº 5) pode ser devida à precipitação do material mais grosseiro (areia muito fina) ficando a parte siltica representada na carga de suspensão, como acontece provavelmente com a população Argilosa, que não está representada nos sedimentos de fundo mas que foi detetada no material de suspensão na fácies Areno-Silto-Argilosa.

Assim, dada a ausência de um agente flocculante, a carga fina (silte muito fino e argila) estará sempre em suspensão, sendo representadas somente subordinadamente no material de fundo do Estuário do Guaíba.

Na zona do Saco de Itapoã, a fração silte grosso é suprida em parte pela fração mais próxima, adjacente, e em parte pela região circundante, através dos córregos e do material das margens. Esta fração vai contribuir para o material que se deposita na Laguna dos Patos, uma vez que a quantidade de material siltico que ali se encontra não está somente relacionada com a fração silte muito grosso anteriormente discutida.

Contrariamente ao fato notado por Land & Hoyt (op.cit), os sedimentos do canal do Guaíba são finos, ocorrendo um acréscimo no tamanho de grão, no canal principal, corrente abaixo. Citam aqueles autores uma diminuição na moda principal a partir das áreas fontes, o que também ocorre no Guaíba. Mas aqui esta diminuição é lateral, das margens para o eixo uma vez que as principais áreas fontes são as formações quaternárias e o Escudo Cristalino, e lá, dada a presença de Areias Plestocênicas e Holocênicas nas duas margens do canal, ocorre um aumento do tamanho de grão quando a área fonte varia, dado o caráter meandriforme do canal.

Allen (op. cit) também cita no Estuário de Gironde uma zona de Areia Média (MzØ 1 a 2), mas naquele estuário tal zona é localizada no canal de desagüe, estando as regiões mais próximas às margens

ocupadas por areias mais finas. Tal fato está relacionado, principalmente, às áreas fontes, que no Estuário de Gironde são areias eólicas quaternárias ao sul e calcários eocênicos ao norte, o que provoca a precipitação de material mais fino ($Mz\phi$ 2 a 4) nas margens norte e sul, ficando o material mais grosseiro confinado à porção central do estuário.

No Estuário do Rio Hudson, McGrove (1967) descreve para os canais uma composição lamítica (silto-argilosa), em que a fração areosa representa uma percentagem mínima nos histogramas. Mais uma vez aqui a área fonte se mostra importante na definição do caráter do sedimento de fundo, pois as formações quaternárias existentes no Guaíba são responsáveis pelo suprimento de material arenoso, ao passo que o Rio Hudson tem como rochas provedoras de sedimentos os folhelhos cinzas e vermelhos e siltitos das camadas Catskill.

Kulm & Byrne (op. cit) também observaram para o Estuário de Oregon uma sedimentação de material grosseiro (Areia Média e Fina) no canal principal, dada a grande quantidade deste material que o Rio Yaquina carrega. Nas margens, o material adquire uma granulação menor ($Mz\phi$ 4 a 6) pelo acréscimo de material proveniente das terras marginais, o que ocorre no Guaíba, mas somente pela margem esquerda, dada a presença das rochas do Escudo Cristalino.

III.2 - Medidas de Classificação

Na figura 12 foram lançados os valores do desvio padrão, que definem as zonas de boa, moderada e má classificação de acordo com a nomenclatura de Folk & Ward (op. cit).

Assim, os sedimentos mostraram-se bem classificados na região onde a corrente tende a aumentar sua velocidade e consequentemente sua força seletiva, e esta localiza-se na porção sul do estuário. Na região do Saco do Pinho, a pequena zona de areias bem classificadas pode estar relacionada à classificação natural, que cresce das margens para o canal, uma vez que os sedimentos finos vão sendo levados para o eixo do estuário.

As zonas de classificação moderada formam regiões isoladas e que estão sujeitas a diferentes interpretações. A região em frente a Ponta dos Cachimbos, conforme havia sido discutido anteriormente, pode estar mais relacionada a um aumento de velocidade da corrente, naquela

região, provocando uma classificação de 0.52, do que a uma "janela" sedimentar aberta pela corrente, expondo material inferior de melhor classificação que os circundantes.

Igualmente a zona da Ponta da Cuíca mostra uma relativa classificação que parece estar mais relacionada a um aumento da competência da corrente, o que não ocorre na zona compreendida entre a Ponta das Ceroulas e o Saco do Pinho, onde a classificação parece ser mais devinda àquela classificação natural já discutida.

Ainda a zona em frente à Laguna dos Patos não está diretamente relacionada à intensidade da corrente, mas sim ao acúmulo de material síltico, que gera um Desvio Padrão da ordem de 0.55.

O restante do estuário mostra-se pobremente classificado, o que resulta da baixa competência, mesmo ao longo do canal principal, uma vez que esta competência só cresce na porção inferior, pelo estrangulamento das margens.

Kulm & Byrne (op. cit) e Land & Hoyt (op. cit) também mostraram um aumento no valor do Desvio Padrão, das margens para o centro do canal, provocado pelo acréscimo de material fino das margens e uma diminuição deste valor para jusante da corrente, conforme ocorre no Guaíba. McGrove (op. cit) porém, mostra, para o Rio Hudson, um crescimento lateral da classificação com zonas pobremente classificadas isoladas dentro do canal principal. Mais uma vez a área fonte e a corrente se mostraram importantes na caracterização do sedimento, pois enquanto no Guaíba o material que chega das margens sob a forma de uma classificação pobre, não é melhor selecionado senão quando a corrente cresce bastante de intensidade, no Rio Hudson, tal corrente é efetiva em selecionar o sedimento tão logo este aporte ao canal principal, dada a sua grande intensidade.

III.3 - Medidas de Assimetria

As zonas onde este parâmetro revelou as tendências do sedimento para a fração grosseira ou fina acham-se representadas na figura 13, onde se observa que a tendência para o material grosseiro se localiza nas regiões onde o acréscimo daquele material se faz presente e onde a proteção natural não permite que aquele material seja carregado (Ponta da Serraria, Ponta das Pedras e Ilha Francisco Manoel).

Na porção sul do estuário, a grande assimetria negativa deve-se ao fato de ali se concentrar material proveniente dos Sacos de Itapoã e Lami e da Península da Faxina. O material fino, que também é proveniente das bordas, vai integrar as zonas mais interiores onde a assimetria se mostra predominantemente positiva.

Naquelas regiões onde o material fino é acrescentado à carga do estuário, mas onde a corrente não é efetiva em removê-lo, ocorrem zonas de assimetria positiva, como no caso da Ponta Escura, Ponta da Formiga e a enseada entre as Pontas de Fortaleza e Itapoã.

Assim, de um modo geral, as porções norte e centrais do estuário mostram-se com assimetria predominantemente positiva, em virtude da descarga oferecida pela região do delta e bordas do estuário, com material fino, enquanto na porção sul a tendência para o material grosso se faz sentir pelos acréscimos laterais.

Comparando estes resultados com os obtidos pelos demais autores já citados, observa-se que Allen (op. cit) detetou zonas de assimetria negativa na região do canal do Estuário de Gironde, estendendo-se esta zona em direção à parte protegida do canal, o que mostra a tendência da corrente em concentrar os finos nas regiões onde a corrente é mais efetiva. Kulm & Byrne (op. cit), evidenciaram uma assimetria mais positiva que negativa para as areias do canal estuarino no Oregon. Já Coutinho (op. cit) registrou para o Estuário de Potengi uma assimetria nula, ocasionada pelo constante acréscimo de material silto-argiloso pela corrente principal e pelos rios adjacentes, (Jaguaribe e Manimbu), e pelas dunas que se distribuem pela periferia do estuário.

Assim, o que ocorre no Guaíba e nos estuários citados é fruto do acréscimo tanto lateral quanto daquele oferecido pelo canal principal, pela área fonte, e também da efetividade energética a que este material estará sujeito desde que acrescentado à carga do estuário até a sua precipitação na Laguna dos Patos.

III.4 - Medidas de Curtosis

A distribuição de valores da Curtosis na área de amostragem está representada na figura 14, onde se observa que a tendência à platicurvidade localiza-se predominantemente na margem esquerda, ocupando na porção sul do estuário a parte central. Assim é de se esperar que a principal população, melhor classificada pela corrente, seja arenosa ,

já que ela ocupa predominantemente aqueles locais, nas populações arenosíltica e arenosa, fazendo parte da terminal grosseira.

A distribuição do caráter leptocúrtico, tanto nas zonas arenosas como naquelas de material mais fino e tanto nas partes protegidas como nos locais sujeitos à efetividade da corrente, não nos permite tirar conclusões, uma vez que tanto uma população como a outra estão expostas à classificação nas suas porções centrais, dependendo da fração que está em possibilidade de ser selecionada.

O mesmo ocorre com distribuição mesocúrtica, que ocupa tanto locais onde a corrente é efetiva como aqueles onde a proteção natural se faz sentir.

Todos os autores consultados não discutem a distribuição deste parâmetro, o que nos leva a crer que ele não é efetivo em diferenciar populações num ambiente desta natureza, já que a classificação dependerá do tamanho do grão que está disponível, que tanto poderá ocupar a parte central como as terminais da distribuição.

IV - MORFOSCOPIA

Martins (1966, 67), Martins e colaboradores (1966, 70), Bigarella e Salamuni (1962) e outros autores revelaram uma íntima relação entre a morfoscopia dos sedimentos e a energia ambiental. Assim, o arredondamento reflete o processo abrasivo sofrido pelo grão, e a esfericidade traduz a seletividade do mesmo. Para estes autores, tais parâmetros devem ser considerados em conjunto com os demais atributos do sedimento e assim uma inter-relação com a energia ambiental pode ser expressa numericamente.

Uma vez que os grãos de quartzo são aqueles proporcionalmente mais expostos à energia local, somente nestes grãos faz-se a referência análise, para que assim um dado estatisticamente trabalhável possa estar presente como definidor de um nível energético e também porque os demais minerais presentes respondem diferentemente ao trabalho dinâmico que sofrem, dada suas densidades diferentes.

As medidas feitas nas várias frações das amostras foram baseadas nas tabelas de Krumbein (1941) para esfericidade, e Rittenhouse (1943) para o arredondamento. Totalizaram estas medidas 7.200 grãos em 18 amostras escolhidas aleatoriamente nas diversas fácies presentes no Estuário do Guaíba, estando os resultados registrados na figura 15.

Pelo exame dos resultados encontrados, pode-se deduzir que para o arredondamento existe uma predominância de valores situados entre 0,3 - 0,5 e 0,5 - 0,7, o que corresponde a um índice de sub-arredondado a arredondado. Para a esfericidade, a classe de maior frequência está situada entre 0,3 - 0,5 e 0,5 - 0,7 (esferic.média a boa). De um modo geral, foi observado que tanto o arredondamento como a esfericidade apresentam índices mais elevados à medida que aumenta o tamanho, ou seja, os grãos mais grosseiros evidenciam um melhor trabalho do que os mais finos.

Tal fato foi evidenciado por Pettijohn (1957) e tem sido comprovado pela maioria dos autores, sendo evidente que quanto maior a superfície livre do grão, mais intensamente este grão será sujeito à dinâmica ambiental.

A textura superficial revela por seu lado também um processo de abrasão na superfície do grão e a quantidade de energia atuante neste. Se levarmos em conta que, numa escala de abrasão superficial, um

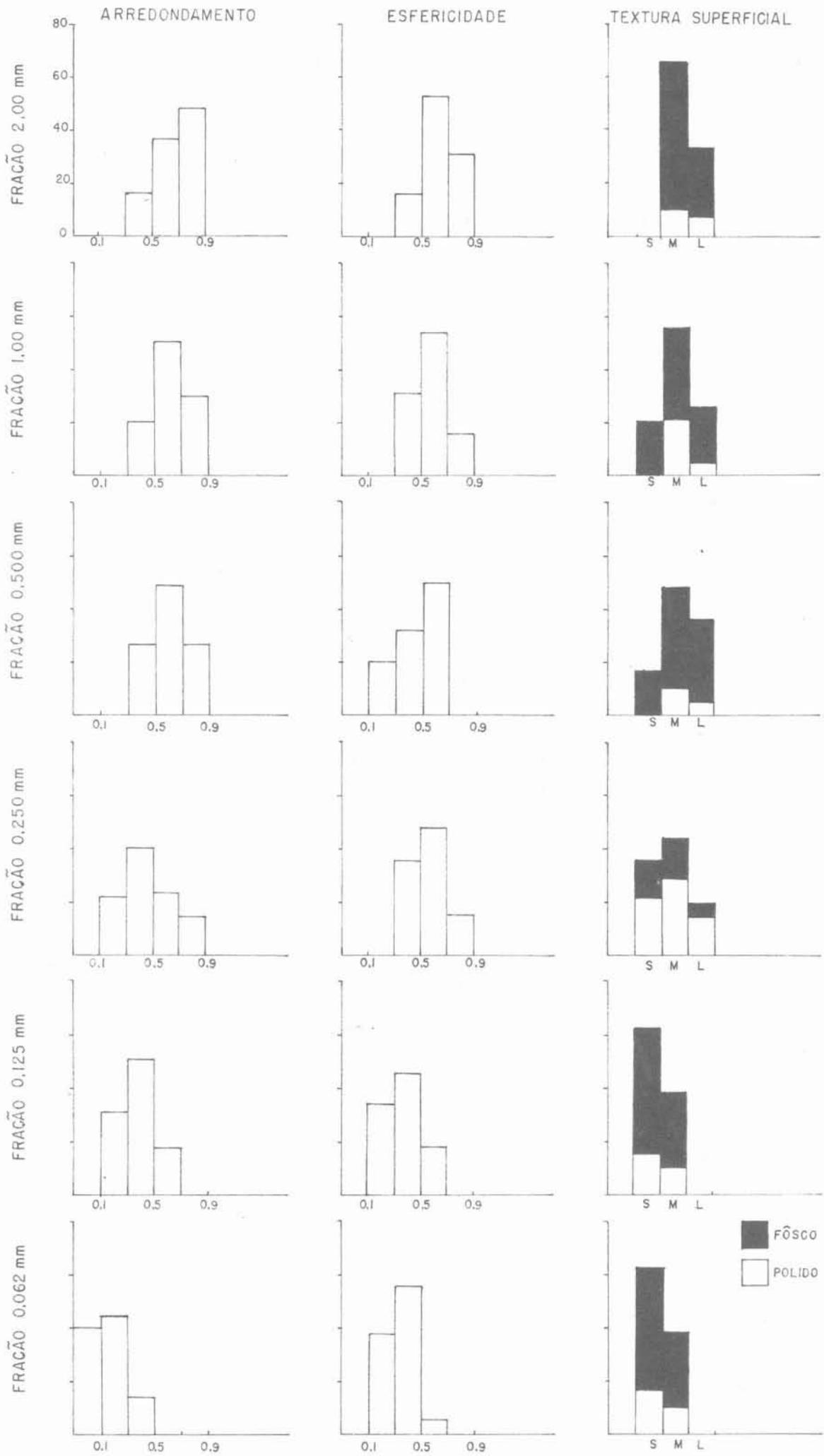
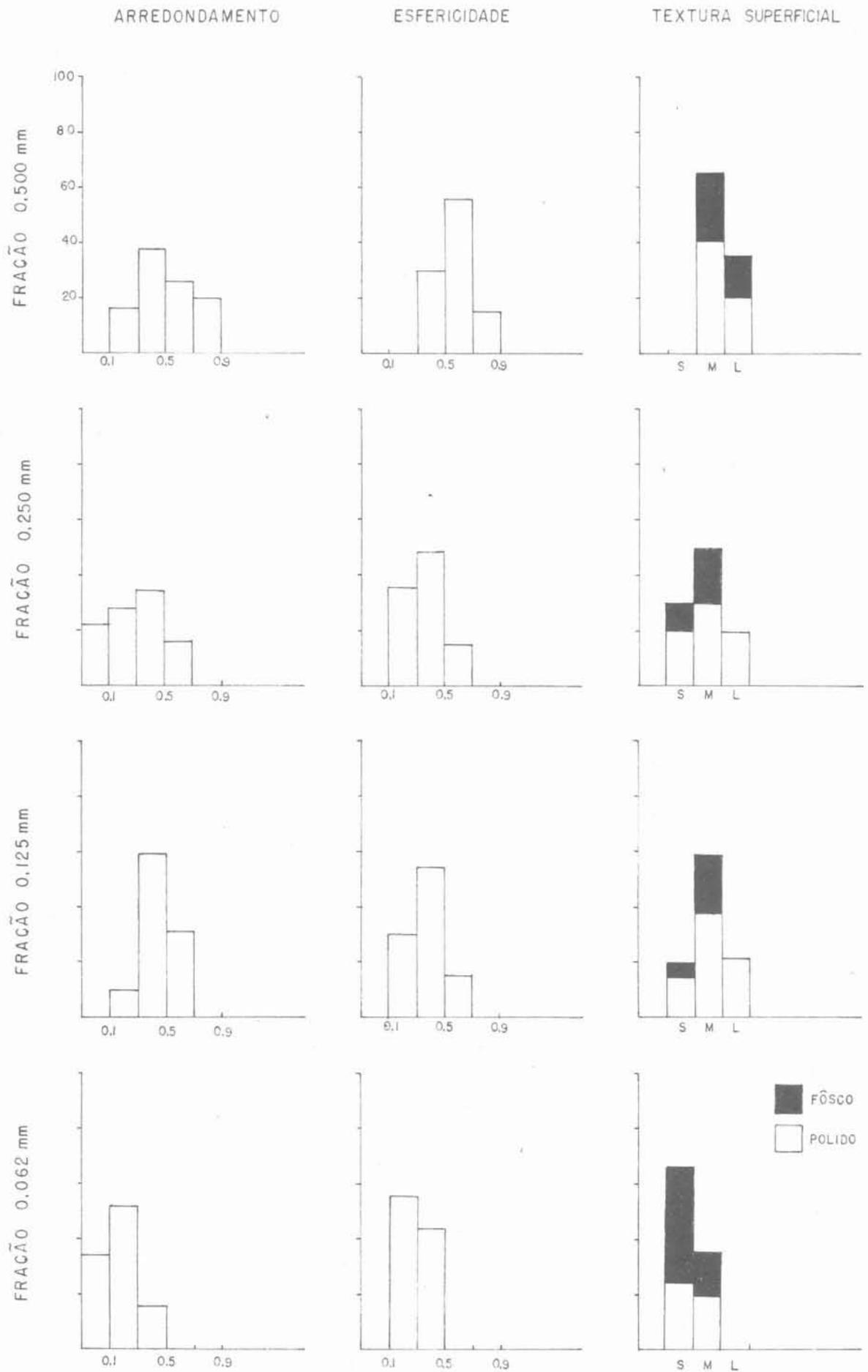
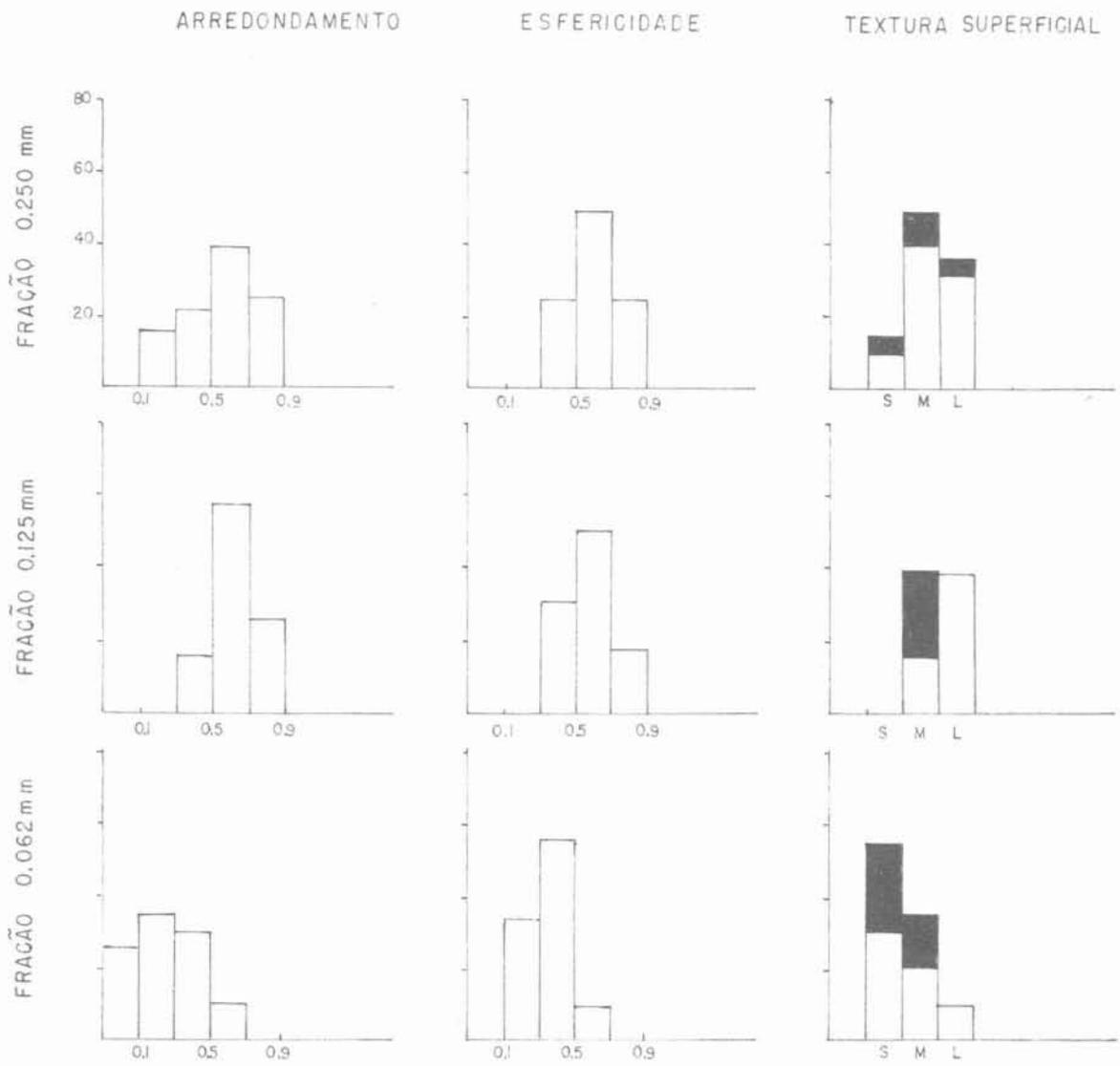


FIGURA 15-B

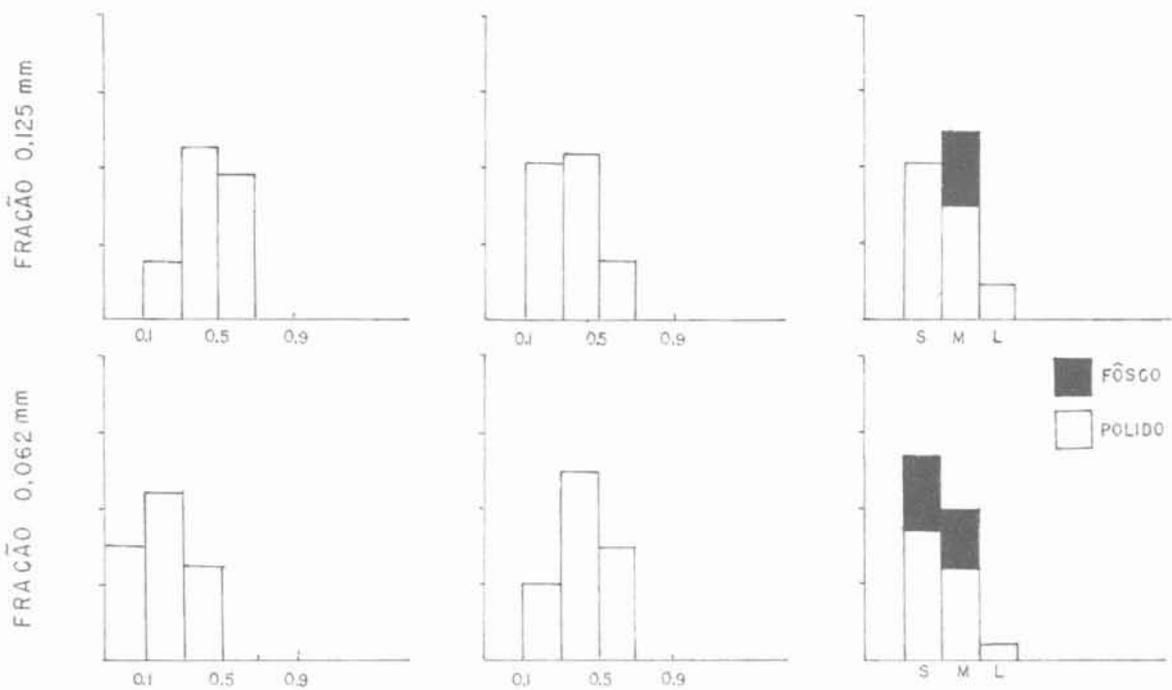
AMOSTRA 1



AMOSTRA 64



AMOSTRA 58



grão evoluiria desde uma textura sacaróide até uma superfície lisa, passando pelo estágio de textura mamelonada, desde a sua separação da rocha geradora até o último local de sua deposição, poderíamos prever, pelo exame deste atributo, qual o nível de energia e qual o estágio que o grão está ou foi pela última vez exposto aos processos modeladores de sua superfície. É importante lembrar que mesmo em curtas distâncias, dependendo da intensidade do agente modelador, um grão de quartzo pode mudar completamente sua textura, ficando assim esta propriedade como definidora do último processo energético sofrido pelo grão, ou quando muito para definir o ciclo sedimentar ao qual o sedimento está sujeito.

Nas amostras analisadas, observa-se que existe uma nítida predominância do caráter polido sobre o fosco, uma vez que o agente atuante é capaz de polir o grão logo que este alcance o leito do estuário sendo que a ocorrência de grãos foscos está associada às margens do mesmo, já que ali o transporte pode ter sido curto e rápido desde as praias, o que não permitiu ainda um polimento efetivo.

A textura predominante foi mamelonada à lisa para os grãos mais grosseiros, e sacaróide para os mais finos, o que mais uma vez mostra a maior efetividade de abrasão com aumento da superfície do grão.

Pelos dados obtidos, podemos inferir então um nível de energia para o Estuário do Guaíba, nível este que é capaz de modelar grãos arredondados e sub-arredondados, com esfericidade boa a média e com uma textura predominantemente mamelonada. Importante, porém, é salientar que tais medidas dependem também da forma inicial do grão, no momento em que este é erodido da rocha primária, sabendo-se que no Guaíba existem sedimentos de pelo menos duas fontes distintas, o Escudo Cristalino e as Rochas Quaternárias.

V - COMPOSIÇÃO MINERALÓGICA

V.1 - Mineralogia das Argilas

A partir dos difratogramas de Raios-X, foram calculadas as quantidades relativas dos principais Argilo-Minerais e do Quartzo, em partes por dez, e foram estes lançados em mapas a fim de se localizar as principais áreas fontes e a direção e intensidade do transporte da fração menor que 2 microns.

Os Argilo-Minerais presentes em toda a área pesquisada distribuíram-se entre Montmorilonita, Caolinita e Clorita. O Quartzo de tamanho da argila se fez presente em todas as amostras, servindo então como um meio de referência em relação aos outros minerais detríticos, e oferecendo assim os elementos necessários para se detectar uma ou várias direções de escoamento do sedimento.

A Ilita encontrada em 33% das amostras não permitiu um diagnóstico de área fonte ou de direção de acesso até o leito do estuário, dada a sua pouca quantidade (3 partes por dez), sendo somente possível se inferir uma área fonte que estaria localizada na margem esquerda do estuário, em sua porção média.

As quantidades relativas, calculadas para os três minerais que se destacaram na suite dos Argilo-Minerais (M - K - C), foram colocadas nas figuras nºs 16, 17 e 18, onde podemos acompanhar a direção de aporte dos mesmos até o estuário.

A Clorita foi o mineral que se apresentou em menores quantidades, sendo que as regiões de Ipanema, Ponta da Figueira, enseada da Ponta do Arado Velho e Itapoã, são as principais áreas fontes deste mineral (fig. 16). Os pontos onde a Clorita alcançou maiores quantidades relativas são a Ponta da Figueira, a enseada da Ponta do Arado Velho e o Saco de Itapoã, o que leva a crer que nesta região aporta a maior quantidade deste mineral que chega até o Estuário do Guaíba.

A Caolinita, como a Clorita, tem como principal área fonte a margem esquerda do estuário, porém, com regiões distintas de aporte (fig. 17). Assim vamos ter a acreção proveniente do delta, que se direciona para a margem esquerda, desaparecendo na altura da Ponta Grossa, de (cerca de 60%), sendo possível que na região intermediária a sua presença seja mascarada pela dos outros Argilo-Minerais.

Outra área fonte distinta de Caolinita é a Enseada de Belém Novo, onde uma faixa se estende junto à margem esquerda, sendo também suprida pela região do Saco do Lami, o que provoca um avanço desta em direção ao eixo do estuário.

Os pontos onde a Caolinita domina sobre o restante do conjunto, localizam-se no Saco do Lami, Saco do Itapoã e na zona em frente à Ponta da Cuíca, sendo de se esperar que no Saco de Itapoã, tanto este mineral como a Clorita aportem igualmente, embora a Caolinita tenha uma maior quantidade relativa, dada a grande ocorrência em área da Laterita Serra de Tapes.

A Montmorilonita domina a suite do Estuário do Guaíba. Cinco áreas fontes são bem perceptíveis, a saber: os distributários do delta, a região do Balneário Vila Elsa, a Enseada da Ponta da Cuíca, o Saco do Cego e a região da margem direita, ao sul da Barra do Ribeiro, onde a Montmorilonita tem a sua principal região de aporte (fig. 18).

Na porção nortedo estuário, observa-se que a zona onde a Montmorilonita domina a associação dos Argilo-Minerais está dirigida para a margem direita, sendo provável que a região entre a Ponta da Figueira e a Ponta da Alegria também seja responsável pelo acréscimo deste mineral no leito estuarino.

Da região entre a Ponta Grossa e o Saco do Cego, pode-se prever um acréscimo importante que só é mascarado onde a Clorita ou a Caolinita predominam de modo marcante.

Na margem direita do estuário, a principal zona de acesso desse mineral se faz pela região ao sul da Barra do Ribeiro, conforme se vê no mapa nº 18, sendo óbvio de diagnosticar uma grande presença de Montmorilonita nas Formações Quaternárias.

Assim pode-se afirmar que além do delta que despeja no Estuário do Guaíba uma assembléia importante de Argilo-Minerais, também os córregos tributários do estuário e a erosão das rochas circundantes são importantes fatores na definição da mineralogia que atapeta o leito do estuário.

Windom, Noal e Beck (1971) citam para três estuários da Geórgia situações semelhantes a do Guaíba. Os rios que formam aqueles estuários atravessam grande parte da Planície Costeira que ali ocorre, originando assim, sedimentos com Montmorilonita e Caolinita, que refletem muito bem as rochas circundantes. A presença também de Ilita é

explicada como originada na Plataforma Continental e posteriormente transportada para os estuários.

Todos os autores são unânimes ao dizer que a fração argilosa reflete sobremaneira a história erosional e deposicional que um sedimento sofre desde a sua desagregação física ou química da rocha que o origina. Assim, Millot (1964) sumariza o aparecimento de minerais de Argila como neoformações a partir de feldspatos, silicatos em geral e produtos da hidrólise, que forneceriam respectivamente Caolinita, Illita e/ou Clorita e Montmorilonita e/ou Caolinita, sendo o clima fator importante na definição dos minerais que se formam.

Estando o complexo do Estuário do Guaíba numa faixa de clima temperado úmido, sujeito à forte pluviosidade, tais mecanismos são perfeitamente explicados como originadores da assembléia encontrada.

V.2 - Mineralogia da Fração Grosseira

Para a observação dos constituintes mineralógicos das frações grosseiras, foram escolhidas amostras representativas de cada fácies, objetivando-se uma visão qualitativa e quantitativa dos mesmos. Em termos quantitativos, em virtude do reduzido número de amostras escolhidas, deixamos de apresentar uma apreciação de natureza estatística.

O exame revelou que entre os minerais pesados verifica-se uma predominância de grãos opacos (70 a 95%), salientando-se nestes a hematita e a ilmenita. O restante da associação está representada por zircão (2 a 5%), turmalina (1 a 5%), titanita, rutilo, monazita e granada em menores proporções (1%).

Uma observação na distribuição espacial destes minerais favorece aproximar uma fonte de titanita nas áreas da margem esquerda do estuário e possivelmente de granada pela margem direita do mesmo. A turmalina e o zircão distribuem-se de modo quase homogêneo nas diversas fácies, não sendo possível determinar uma direção de aporte e movimentação preferencial, sendo que o delta aparenta ser uma das áreas fontes provável destes dois minerais.

Em virtude de sua grande predominância, os minerais opacos também não fornecem resultados satisfatórios no que diz respeito a fontes supridoras, sendo de se supor que a maioria tenha sua origem nas rochas do Escudo Cristalino.

Dado o fato de inexistirem investigações anteriores acerca de minerais densos nas unidades sedimentares mais antigas da periferia do estuário, não nos é possível aquilatar qual delas é a fonte preferencial destes minerais. Em termos mais gerais, admitindo a multiplicidade de natureza das áreas fontes (Escudo, depósitos gondwânicos, depósitos quaternários), é possível também prever uma multiplicidade de populações de minerais densos que são lançados no estuário.

Com relação aos minerais leves, deve-se por último salientar que em todas as amostras coletadas, ocorre a predominância marcante do quartzo como constituinte essencial dos sedimentos que atapetam o fundo do estuário sob a forma de diferentes fácies.

VI - MORFOLOGIA DE FUNDO

De posse dos perfis ecobatimétricos obtidos durante a amostragem e da Carta Náutica do Ministério da Marinha (nº 2.111), podemos esquematisar a morfologia do fundo do Estuário do Guaíba, como sendo composta de grandes depressões rasas (de 2 a 3 metros), que circundam o canal principal que se aprofunda à medida que nos aproximamos da desembocadura na Laguna dos Patos. Nessa região, notamos a grande irregularidade do fundo, dada pelo escavamento contínuo pelas correntes e pela presença de bancos rasos (1 m) arenosos, sendo necessária uma constante dragagem a fim de que o canal tenha um livre acesso. O mecanismo da migração destes bancos é ainda desconhecido, sendo provável que o próprio material da Laguna dos Patos tenha influência sobre ele, além da corrente de desagüe, que traz o material arenoso das regiões superiores.

Também podemos observar a presença de esporões, que se descobrem quando a descarga do estuário é baixa e que tendem a avançar das pontas que bordejam o estuário, dada a fraca competência da corrente para impedir tal crescimento nas zonas mais distantes do canal principal.

Na região do Saco do Pinho, percebemos, dentro da plataforma plana ali presente, maiores profundidades, isoladas, que se relacionam à erosão por correntes secundárias, presentes nas bordas do canal, que por movimentos circulatórios chegam a construir esporões em zonas pouco protegidas, como na zona vizinha à Ponta Escura.

Nas porções superiores do estuário, notamos uma grande irregularidade do fundo, principalmente nas zonas vizinhas ao canal principal. Tais irregularidades parecem ser devidas aos pontões ali presentes, que protegem o avanço dos bancos, em direção ao canal, como no caso da Ponta da Figueira e Ponta da Alegria.

No canal principal, somente à custa de dragagens constantes consegue-se impedir o assoreamento, uma vez que o acréscimo lateral de material é constante, principalmente aquele síltico que é despejado tanto pela margem esquerda como pela corrente procedente do delta do Rio Jacuí. O material arenoso, proveniente da margem direita, não chega a se localizar ali, dada a competência da corrente em removê-lo em direção à laguna, juntamente com a fração mais fina.

Assim, vamos ter no Estuário do Guaíba uma morfologia de fundo diretamente relacionada ao material presente e a competência da corrente, que sendo fraca, move somente aqueles grãos maiores, permanecendo o material fino, que é então retirado pelas constantes dragagens realizadas. Tal fato provoca então o aparecimento das grandes extensões relativamente rasas e pouco irregulares que bordejam o canal, onde o material se assenta e permanece, sendo bastante lento o movimento em direção ao mesmo.

VII - DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O Estuário do Guaíba, como foi visto, é o receptáculo intermediário de uma sedimentação que provém de diversas fontes distintas, sedimentação esta que progride até a Laguna dos Patos, onde as condições energéticas são diferentes e provocam uma nova distribuição sedimentar.

Os principais aspectos relativos as respostas às condições ambientais, foram discutidos quando da apresentação do Mapa de Litofácies (figura 5).

Cabe portanto, no momento, uma discussão acerca do papel das áreas fontes e da energia estuarina, a fim de se obter uma definição do caráter sedimentar do Estuário do Guaíba.

Quatro fontes de material puderam ser bem caracterizadas, a saber, os distributários deltaicos que carregam o material dos Rios Jacuí, Vacacaí, Sinos e Caí, principalmente na sua população de detritos em suspensão, as rochas do Escudo Cristalino, as Formações Pleistocênicas e o material recente que ocorre nas margens do estuário.

Pela distribuição dos vários caracteres texturais e mineralógicos, já discutidos, podemos chegar a algumas conclusões de caráter fundamental relativas à dinâmica sedimentar presente: pelo Delta do Jacuí, é despejado no estuário, principalmente o material silto-argiloso, dada a condição de competência da corrente sendo que a Montmorilonita e a Caolinita são os argilo-minerais que melhor representam o material fornecido pela área deltaica. Uma pequena fração arenosa também tem sua origem no delta e vai se espriar como a fácies arenosa localizada à direita do canal, que também é suprida pela Formação Guaíba e pelo material recente daquela região. Neste local, um leve trabalhamento granular é visível, dado pelo caráter liso, porém, fosco dos grãos de quartzo, aspecto este que pode estar relacionado tanto a um rolamento de fundo, como a uma condição já imposta pelo caráter de maturidade dos grãos supridos.

Do Escudo Cristalino, pela erosão marginal e pelos córregos que desaguam no estuário, provém uma gama complexa de siltes e argilas, sendo que estas últimas são representadas pela Clorita e Caolinita, ocorrendo uma pequena quantidade de Ilita, que no contexto geral

dos minerais argilosos não apresenta um significado quantitativo importante.

Quanto às Formações Pleistocênicas, a Formação Graxaim é a que contribui com a maior quantidade de Montmorilonita, principalmente na porção sul do estuário, onde este mineral se destaca da assembléia dos minerais argilosos.

Os minerais pesados têm a sua origem primária nas rochas do Escudo Cristalino, porém, são adicionados ao estuário como produto de erosão das rochas pleistocênicas, uma vez que nessas foram conservados após a erosão da rocha fonte.

As Formações pleistocênicas são, sem dúvida, as principais fontes de material para o Estuário do Guaíba, depois da corrente deltaica que traz uma grande quantidade de material em suspensão. Todas as areias presentes, com exceção daquelas grosseiras e de textura predominantemente sacaróide, são devidas a essas formações, sendo que o material recente, mais fino e melhor trabalhado, é por assim dizer, um sub-produto imediato da erosão sobre estas rochas. As principais formações que contribuem para a evolução das fácies arenosas encontradas no estuário são as Formações Graxaim, na porção média-inferior, e Guaíba, na porção superior, ambas pela margem direita, sendo que a Formação Itapoã e a Laterita Serra de Tapes concorrem principalmente nas porções inferiores, onde a granulometria tende a crescer e ocupar toda a extensão da desembocadura do estuário na Laguna dos Patos, com exceção da zona do canal, que traz o material areno-siltico das fácies superiores.

Dada a grande extensão da fácies arenosa, podemos prever que antes do afogamento do estuário, quando a corrente deveria ocupar somente um canal mais estreito, medianamente localizado na bacia, tenha ocorrido uma sedimentação das Formações Graxaim e Guaíba, em direção ao eixo do canal, sendo parte dos sedimentos ali encontrados, relíquias de uma deposição sub-aérea e bastante vigorosa, dado o caráter de imaturidade que caracteriza as formações citadas (Jost e Martins, 1971) tidas como formadas por fluxos vigorosos e rápidos.

Assim, uma vez que estes sedimentos chegam ao leito estuarino, uma dinâmica completamente particular vai atuar sobre eles, distribuindo-os e trabalhando-os conforme suas respectivas respostas ao nível de energia presente. A fração arenosa dominante no estuário é distribuída principalmente junto às margens, já que a competência das cor

rentes que provêm daí é pequena para levá-la até o canal e as frações siltica e argilosa, entrando no leito como material em suspensão, são facilmente carregadas até a zona central do estuário, caso não ocorra floculação, por onde chegarão até a Laguna dos Patos, onde novo ciclo sedimentar se inicia, continuando a cadeia dos eventos sedimentares.

VIII - AGRADECIMENTOS

Queremos deixar expressos nossos agradecimentos ao Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, ao Conselho Nacional de Pesquisas, à Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul e ao Instituto de Geociências da UFRGS, pelos fundos e laboratórios cedidos para a realização do presente trabalho.

Também às pesquisadoras Beatriz Beck Eichler e Vera Maria Leal Podolsky, ao Eng^o Edu Baroni do Departamento Estadual de Portos, Rios e Canais, aos alunos Alcides Barbosa e Álvaro Pizzato Quadros do Curso de Graduação em Geologia desta Universidade, ao Laboratorista Gilberto Silveira dos Santos, do Centro de Estudos Costeiros e Oceanográfico e aos Professores: Yvonne T. Sanguinetti, Hardy Jost, Jorge Alberto Villwock e Milton Luiz Laquintinie Formoso do Instituto de Geociências da UFRGS, desejamos exprimir os nossos agradecimentos pelo auxílio no desenvolvimento deste.

Expressamos também a nossa gratidão ao Prof. Luiz Roberto Silva Martins, pelo interesse, pelas opiniões oferecidas, pelas discussões e pela orientação durante a execução desta Dissertação de Mestrado.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

1. ALLEN, G. P. - 1971 - *Relationship between grain size parameter: distribution and current patterns in the Gironde Estuary.*
2. BIGARELLA, J. J. & SALAMUNI, R. - 1962 - Caracteres texturais dos sedimentos da Bacia de Curitiba, *Boletim da Universidade do Paraná: Geologia, Curitiba, 7 (1ª parte): 1-164.*
3. BIGARELLA, J. J. et Alii - 1955 - Textura superficial dos grãos de areia e arenitos (contribuição à metodologia). *Boletim do Instituto de Biologia e Pesquisas Tecnológicas, Curitiba, 10: 253-75.*
4. BRIGGS, L. J. - 1965 - Heavy mineral correlation and provenances. *Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, 35 (4):939-55.*
5. COUTINHO, P. N. - 1967/69 - Sedimentation des l'Estuaire de Potengi, Natal (Nord-Est du Brésil). *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 9/11:27-39.*
6. DELANEY, P. J. V. - 1965 - Fisiografia e geologia de superfície da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS, Pôrto Alegre, 6:1-105.*
7. EHLMANN, A. - 1968 - Clay mineralogy of weathered products and river sediments - Puerto Rico. *Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, 38(3):943-45.*
8. FARMER, D.G. - 1971 - A computer simulation model of sedimentation in a Salt Wedge Estuary. *Marine Geology, Amsterdam, 10(2) : :133-43.*
9. FOLK, L. R. & WARD, W. C. - 1957 - Brazos river Bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, 27(1):3-26.*
10. GOODEL, H. G. & GORSLINO, D. S. - 1961 - A sedimentologic study of Tampa Bay, Florida. *Contributions of the Florida State University, Florida, 167.*
11. GRIFFIN, G. M. & INGRAM, R. L. - 1955 - Clay minerals of the Neuse River estuary. *Journal of Sedimentary Petrology, Tulsa, 25 (3):194-200.*
12. GUERRA, A. T. - 1966 - *Dicionário geológico-geomorfológico.* 2ª ed. Rio de Janeiro, IBGE.

13. JOST, H. & MARTINS, L. R. - 1971 - Contribuição à sedimentologia do quaternário da planície costeira do Rio Grande do Sul (Resumo). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25ª, São Paulo, 1971. *Resumo e comunicações*.
14. KELLEY, J. & WHETTEN, J. - 1969 - Quantitative Statistical analysis of Columbia River sediments samples. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 39(3):1167-74.
15. KOLB, C. R. & VAN LOPIK, J. R. - 1966 - Depositional environments of the Mississippi River Deltaic plane - Southeastern Louisiana. In: SHIRLEY, M. L., ed. - *Deltas in their geological framework*. Houston, Houston Geological Society.
16. KRUMBEIN, W. C. - 1941 - Measurement and geological significance of shape and roundness. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 11(2): 64-72.
17. _____ & PETTIJOHN, F. J. - 1938 - *Manual of sedimentary petrography*. New York, Appleton-Century-Crofts.
18. KULM, L. D. & BYRNE, J. V. - 1966 - Sedimentary response to hydrography in the Oregon estuary. *Marine Geology*, Amsterdam, 4: :85-118.
19. LAND, L. S. & HOYT, J. H. - 1966 - Sedimentation in a meandering estuary. *Sedimentology*, Amsterdam, 6: 191-207.
20. MABESOONE, J. M. - 1968 - *Sedimentologia*. Recife, Universidade Federal de Pernambuco.
21. MARTINS, L.R.S. - 1966 - Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos II - Saco do Umbu, Arraial e Mangueira. *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS, Pôrto Alegre*, 1(1):27-44.
22. _____ - 1967 - Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da planície costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS, Pôrto Alegre*, 18:1-55.
23. _____; GAMERMANN, N.; SCHEIBE, L.F.; TEIXEIRA, V.H. - 1970 - Sedimentologia da Ilha de Santa Catarina I - Areias praias. *Publicação Especial da Escola de Geologia da UFRGS, Pôrto Alegre*, 18:1-55.
24. _____; PODOLSKY, V.M.; EICHLER, B.B. - 1969 - Propriedades texturais dos sedimentos litorâneos de Santa Catarina. I - Areias de praia, trecho Mampituba - Araranguá. *Iheringia, Geologia, Pôrto Alegre*, 2:41-53.

25. _____; PODOLSKY, V.M.; EICHLER, B.B. - 1970 - Sedimentos praias de Santa Catarina (II - Trecho Laguna - Imbituba). *Notas e Estudos da Escola de Geologia da UFRGS, Pôrto Alegre*, 2(1): 27-41.
26. McCRONE, A.W. - 1967 - The Hudson River estuary: Sedimentary and geochemical properties between Kingston and Havertraw, New York. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 37(2):475-86.
27. MEADE, R.H. - 1969 - Landward transport of botton sediments in estuary of the Atlantic Coastal Plain. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 39(1):222-34.
28. MILLOT, G. - 1964 - *Geologie des Argiles*. Paris, Masson.
29. MULLER, G. - 1966 - The New Rhine Delta in Lake Constance. In: SHIRLEY, M. L., ed. *Deltas in their geologic framework*. Houston Houston Geological Society.
30. NICHOLS, M. M. - 1964 - *Characteristics of sedimentary environments in Moriches Bay*.
31. OOMKENS, E. & TERWINDT, J.H.J. - 1960 - Inshore estuarine sediments in the Haringvliet (Netherlands). *Geologie en Mijnbouw*. The Hague, 39:701-10.
32. OTTMAN, F. & URIEN, C. M. - 1966 - Sur quelques problèmes sédimentologiques dans le Rio de La Plata. *Révue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique*, Paris, 8(3):209-24.
33. PETTIJOHN, F.J. - 1957 - *Sedimentary rocks*. 2 ed. New York, Harper & Brothers.
34. PINTO, J.F.; LOSS, E.L.; SCHNEIDER, A.W. - 1971 - *Geologia da Fôlha de Pôrto Alegre*. (Inédito).
35. RAINWATER, E.H. - 1966 - The geological importance of Deltas. In: SHIRLEY, M.L. ed. *Deltas in their geologic framework*. Houston, Houston Geological Society.
36. RITTENHOUSE, G. - 1953 - Transportation and deposition of heavy minerals, *Bulletin of the Geological Society*, New York, 54: 1725-80.
37. SHEPARD, F.P. - 1956 - Marginal sediments of Mississippi Delta. *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*, New York, 40:2537-623.
38. URIEN, C.M. - 1967 - Los sedimentos modernos del Rio de La Plata Exterior. *Boletín del Serviço de Hidrografia Naval*. Buenos Aires, 4 (2):113-205.

39. VAN ANDEL, T.J.H. - 1967 - The Orinoco Delta. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 37(2):297-310.
40. _____ et alii - 1954 - *Recent sediments of the Gulf of Paria*. Amsterdam North Holland Publishing Co. 245 p. (Reports of the Orinoco shelf expedition, v. 1.
41. VAN STRATEN, L.M.J.U. - 1959 - *Littoral and submarine morphology of the Rhone Delta*. (Coastal Geographical Conference, v.21).
42. WHETTEN, J.T., KELLEY, J.C., HANSON, L.G. - 1969 - Characteristics of Columbia River sediments and sediment transport. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 39(3):1149-66.
43. WINDON, H.L.; NEAL, W.J.; BECK, K.C. - 1971 - Mineralogy of sediments in three Georgia estuaries. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 41(2):497-504.