

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

SEDIMENTOLOGIA DA LAGOA DAS CUSTÓDIAS:  
CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO DE LAGOS COSTEIROS

*Neida Maria dos Santos*

Orientador: Prof. Dr. Luiz Roberto Martins

Comissão Examinadora:

Prof. Dr. Jorge Alberto Villwock

Prof. Dr. Luiz Emílio de Sá Brito de Almeida

Prof. Dr. Luiz Roberto Martins

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Porto Alegre, junho de 1986

SANTOS, Neida Maria dos

Sedimentologia da Lagoa das Custódias: Contribuição ao estudo de Lagos Costeiros. - Porto Alegre: Curso de Pós-Graduação em Geociências da UFRGS, 1986.

72 f.: il.

Diss. (Mestr.) - UFRGS, Curso de Pós-Graduação em Geociências, Porto Alegre, 1986.

1. Sedimentologia - Lagoa das Custódias. I. Título.

CDU 551.3.051

Ficha catalográfica: Leny Helene Brunel Rodrigues. CRB-  
-10/442

## AGRADECIMENTOS

Ao Curso de Pós-Graduação em Geociências, da Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS; ao Centro de Estudos de Geologia Costeira e Oceânica - CECO; ao Centro de Estudos Costeiros, Limnológicos e Marinhos - CECLIMAR; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pelos recursos oferecidos, que tornaram possível a realização deste trabalho;

Ao hidrógrafo Capitão-de-Fragata Arlindo Ferraz Júnior; aos geólogos Josemar Santos Pereira Filho e Heinrich Theodor Frank, ao acadêmico Renzo Alberto Bassanetti e ao laboratorista Sr. Gilberto Santos, pela colaboração dispensada nos trabalhos de campo;

Em especial, ao Professor Doutor Luiz Roberto Martins, pela orientação, pelas críticas e sugestões;

E a todos os que, direta e indiretamente, auxiliaram na execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS . . . . .	IV
SINOPSE . . . . .	VII
ABSTRACT . . . . .	VIII
1 INTRODUÇÃO . . . . .	1
OBJETIVOS . . . . .	2
MÉTODOS DE TRABALHO . . . . .	3
2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO. . . . .	6
LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA. . . . .	6
CONDIÇÕES CLIMÁTICAS . . . . .	10
Paleoclimas . . . . .	11
Clima atual . . . . .	14
ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL . . . . .	18
3 GÊNESE E EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DOS LAGOS COSTEIROS . . . . .	25
4 SEDIMENTOLOGIA DA LAGOA DAS CUSTÓDIAS . . . . .	31
GENERALIDADES . . . . .	31
TRABALHOS ANTERIORES . . . . .	31
APORTE DO MATERIAL SEDIMENTAR . . . . .	33
CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS . . . . .	33
Fácies de areia fina a média . . . . .	45
Fácies de areia fina a muito fina . . . . .	47
Comportamento e tendências das fácies . . . . .	50
MODO DE TRANSPORTE DOS SEDIMENTOS . . . . .	54

5	SEDIMENTAÇÃO DA LAGOA DAS CUSTÓDIAS . . . . .	57
6	DISCUSSÕES E CONCLUSÕES . . . . .	60
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS . . . . .	63
8	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA . . . . .	71

## LISTA DE FIGURAS

- Fig. 1 - Localização da área em estudo no Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul . . . . . 7
- Fig. 2 - Direção predominante dos ventos, em Tramandaí, nos anos de 1979 e 1980. Dados fornecidos pela Estação Meteorológica do DEPREC em Imbé (Segundo WURDIG, 1984) . . . . . 19
- Fig. 3 - Mapa geológico abrangendo a área em estudo. (Adaptado das folhas Osório e Tramandaí, de TOMAZELLI et alii, e das folhas Rancho Velho e Cidreira, de VILLWOCK et alii, do Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul, 1984). . . . . 24
- Fig. 4 - Localização da Barreira Múltipla Complexa na Província Costeira do Rio Grande do Sul (Adaptado de VILLWOCK, 1984). . . . . 27
- Fig. 5 - Diagrama da evolução de uma laguna pelo processo de segmentação (Segundo ZENKOVITCH, 1967). . . . . 29
- Fig. 6 - Mapa de localização das amostras coletadas na Lagoa das Custódias. . . . . 35
- Fig. 7 - Diagrama triangular de classificação granulométrica dos sedimentos superficiais

	do fundo da Lagoa das Custódias (Segundo SHEPARD, 1954). . . . .	36
Fig. 8	- Diagrama triangular de classificação dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias, quanto aos teores de areia média, areia fina e areia muito fina . . . . .	36
Fig. 9	- Mapa do Diâmetro Médio (Mz) dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias . . . . .	39
Fig. 10	- Mapa do Desvio-Padrão ( $\sigma_I$ ) dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias . . . . .	40
Fig. 11	- Mapa da assimetria ( $SK_I$ ) dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias . . . . .	42
Fig. 12	- Mapa da curtose (KG') dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias . . . . .	43
Fig. 13	- Mapa de fácies texturais dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias . . . . .	44
Fig. 14	- Histogramas e curvas de frequência acumulada dos sedimentos superficiais do fundo da margem oeste e parte do centro da Lagoa das Custódias . . . . .	46
Fig. 15	- Histogramas e curvas acumuladas dos sedimentos superficiais do fundo das margens sul e leste da Lagoa das Custódias . . . . .	48
Fig. 16	- Histogramas e curvas acumuladas dos sedimentos superficiais do fundo da margem	

	norte e centro da Lagoa das Custódias . . . . .	49
Fig. 17 -	Diagramas dispersos representativos dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias: A- média aritmética/desvio-padrão; B- média aritmética/assimetria; C- assimetria/desvio-padrão . . . . .	51
Fig. 18 -	Vista aérea da Lagoa das Custódias . . . . .	53
Fig. 19 -	Diagrama CM (Segundo PASSEGA & BYRAMJEE, 1969) . . . . .	55
Fig. 20 -	Diagrama CM dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias . . . . .	55

## SINOPSE

A Lagoa das Custódias faz parte do conjunto de lagos costeiros que representa um dos ambientes sedimentares mais típicos do Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul.

Visando a detalhar o modelo sedimentar da Lagoa das Custódias, foram analisados os aspectos texturais, tanto qualitativa como quantitativamente, de vinte e uma (21) amostras superficiais de fundo.

A sedimentologia, bem como a taxa de sedimentação permitem caracterizar a lagoa em estudo como um lago costeiro em acelerado processo de colmatação.

## ABSTRACT

The Custodias Lake pertains to the coastal lakes that represent one of the most typical sedimentary environment from the Coastal Dominion of Rio Grande do Sul.

With purpose to study the sedimentary model of Custodias Lake in detail, were analysed the textural aspects of the twenty-one surficial samples.

The sedimentology and the sedimentation rate characterize the Custodias Lake as a coastal lake in accelerate depositional process.

## 1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, quando o homem já desenvolveu técnicas capazes de, no mínimo, transformar tudo que o cerca, mais do que nunca se torna necessário o conhecimento do meio natural.

À medida que, pela atividade antrópica, elementos artificiais são acrescentados aos elementos naturais de um determinado ambiente sedimentar, sua qualidade é cada vez mais ameaçada, pois tal impacto conduz inexoravelmente à vulnerabilidade dos tecidos ecológicos.

Considerando que um ambiente sedimentar se caracteriza por ser física, química e biologicamente distinto das áreas adjacentes, é necessário, antes de mais nada, para sua preservação, um conhecimento, na ampla acepção científica, para identificar e compreender os mecanismos que norteiam sua gênese e dinâmica.

Portanto, conhecer os processos evolutivos de um domínio costeiro, no todo ou num de seus ambientes sedimentares em particular, vem contribuir em muito para o princípio da conservação da natureza.

Assim, considera-se oportuno um estudo preliminar, no sentido de interpretar a dinâmica de um dos ambientes sedimentares mais característicos da costa do Estado do Rio Grande do Sul, o ambiente lacustre costeiro e em especial a Lagoa das Custódias.

A área em questão pertence a um ambiente transicional que é essencialmente deposicional e cujo estudo assume importância na medida que possibilita identificar as principais características do modelo sedimentar.

#### OBJETIVOS

O presente estudo objetiva contribuir ao melhor conhecimento de um dos ambientes sedimentares mais importantes do Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul, o de um lago costeiro em cujas proximidades está ocorrendo um vertiginoso processo de ocupação urbano-turística.

A Lagoa das Custódias, assim como outros corpos d'água que lhe são próximos, estão sofrendo impacto ambiental muito acentuado em função do crescimento da Cidade de Tramandaí, que, no recenseamento de 1980, contava com aproximadamente 18.000 habitantes; estes números quintuplicam por ocasião do período de verão.

Procurou-se partir da caracterização geral da área em estudo quanto aos aspectos fisiográficos, até o detalhamento do modelo sedimentar da Lagoa das Custódias, com vistas à

identificação dos principais processos envolvidos na sua evolução durante o Quaternário.

#### MÉTODOS DE TRABALHO

A presente pesquisa iniciou-se com saídas de campo à Lagoa das Custódias. Os trabalhos de campo visando coletar sedimentos superficiais de fundo da lagoa, desenvolveram-se em duas etapas: a primeira em 16/06/1984, e a segunda em 18/05/1985. Os sedimentos foram coletados por um barco de pequeno porte mediante o amostrador Mud Snnaper, adaptado para fundos lamosos e arenosos.

As amostras, depois de acondicionadas em sacos plásticos e numeradas, foram levadas ao laboratório, onde foram devidamente preparadas e submetidas aos processos de análise mecânica ou granulométrica, segundo os métodos de KRUMBEIN & PETTIJOHN(1938), que incluem a análise da fração grosseira por peneiração e da fração fina por pipetagem.

As diversas frações retidas em cada peneira, juntamente com os dados da pipetagem, foram pesadas e submetidas ao cálculo das porcentagens simples e acumuladas. A partir destes dados construíram-se histogramas de frequência simples e curvas de frequência acumulada que serviram de base para o cálculo estatístico, segundo as fórmulas de FOLK & WARD(1957), da média aritmética ( $Mz\phi$ ), mediana ( $Md\phi$ ), desvio-padrão ( $\sigma_I\phi$ ), assimetria ( $SK_I\phi$ ) e curtose ( $KG'\phi$ ).

Elaboraram-se também diagramas triangulares de SHEPARD(1954), visando caracterizar os sedimentos segundo os componentes principais, areia, silte e argila, bem como areia média, areia fina e areia muito fina.

Da mesma forma, foram construídos diagramas dispersos, com as diferentes propriedades estatísticas de tamanho, que permitem visualizar o comportamento dos sedimentos no ambiente em estudo. Os diagramas mais representativos são média aritmética/desvio-padrão, média aritmética/assimetria e assimetria/desvio padrão.

Para a determinação do modo de transporte dos sedimentos na Lagoa das Custódias foi construído o diagrama CM segundo PASSEGA & BYRAMJEE(1969) e PASSEGA(1977).

O exame morfoscópico dos sedimentos quanto à esfericidade, ao arredondamento e à textura superficial foi efetuado em uma lupa binocular. A determinação dos atributos morfoscópicos foi realizada com o auxílio de tabelas comparativas, sendo utilizada a de RITTENHOUSE(1943) para a esfericidade, a de KRUMBEIN(1941) para o arredondamento e a de BIGARELLA et alii(1955) para a textura superficial.

Os índices morfoscópicos foram calculados segundo os intervalos inteiros da classificação granulométrica de WENTWORTH(1922), sendo escolhidas para a análise as seguintes frações: 0,50, 0,250, 0,125 e 0,062.

O mapeamento cartográfico baseou-se nas folhas de

Tramandaí e de Cidreira, na escala de 1:50.000, publicadas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército, em 1979. Juntamente, foi utilizada a carta náutica de Tramandaí, na escala de 1:50.000, publicada pelo Departamento de Hidrografia e Navegação do Ministério da Marinha em 1962.

No mapeamento geológico serviram de base as folhas de Osório e Tramandaí de TOMAZELLI et alii(1984) e as folhas de Rancho Velho e Cidreira de VILLWOCK et alii(1984), na escala de 1:100.000, do Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul.

A fotointerpretação foi realizada com as fotografias aéreas de números 982 até 986, da Faixa X; de números 1080 até 1085, da Faixa XI; e de números 046 até 049, da Faixa XII; todas na escala de 1:20.000 e pertencentes ao levantamento executado pela Geofoto S.A., de 1967.

Todas as etapas de trabalho foram desenvolvidas com amplo apoio bibliográfico.

## 2 CARACTERIZAÇÃO GERAL DA ÁREA EM ESTUDO

### LOCALIZAÇÃO GEOGRÁFICA

A área em estudo compreende a Lagoa das Custódias e suas proximidades, localiza-se no Município de Tramandaí, mais precisamente entre as coordenadas geográficas de 29<sup>0</sup>59' e 30<sup>0</sup>03' de latitude sul e 50<sup>0</sup>08' e 50<sup>0</sup>13' de longitude oeste. A referida área faz parte do que se designa de Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul, conforme mostra o mapa de localização na Figura 1.

No estudo dos diversos elementos que compõem uma paisagem, além de uma análise isolada de cada um deles, torna-se necessária a abordagem que envolva o conjunto de todos os seus elementos, já que estão genética e dinamicamente associados. Para tanto, é necessário delimitar a paisagem no tempo e no espaço, o que pode ser feito por intermédio de uma classificação. Foi BERTRAND (1971) que, propondo uma classificação para a paisagem, definiu domínio como uma unidade espaço-temporal da paisagem, a nível regional, que se apresenta vigorosamente individualizada.

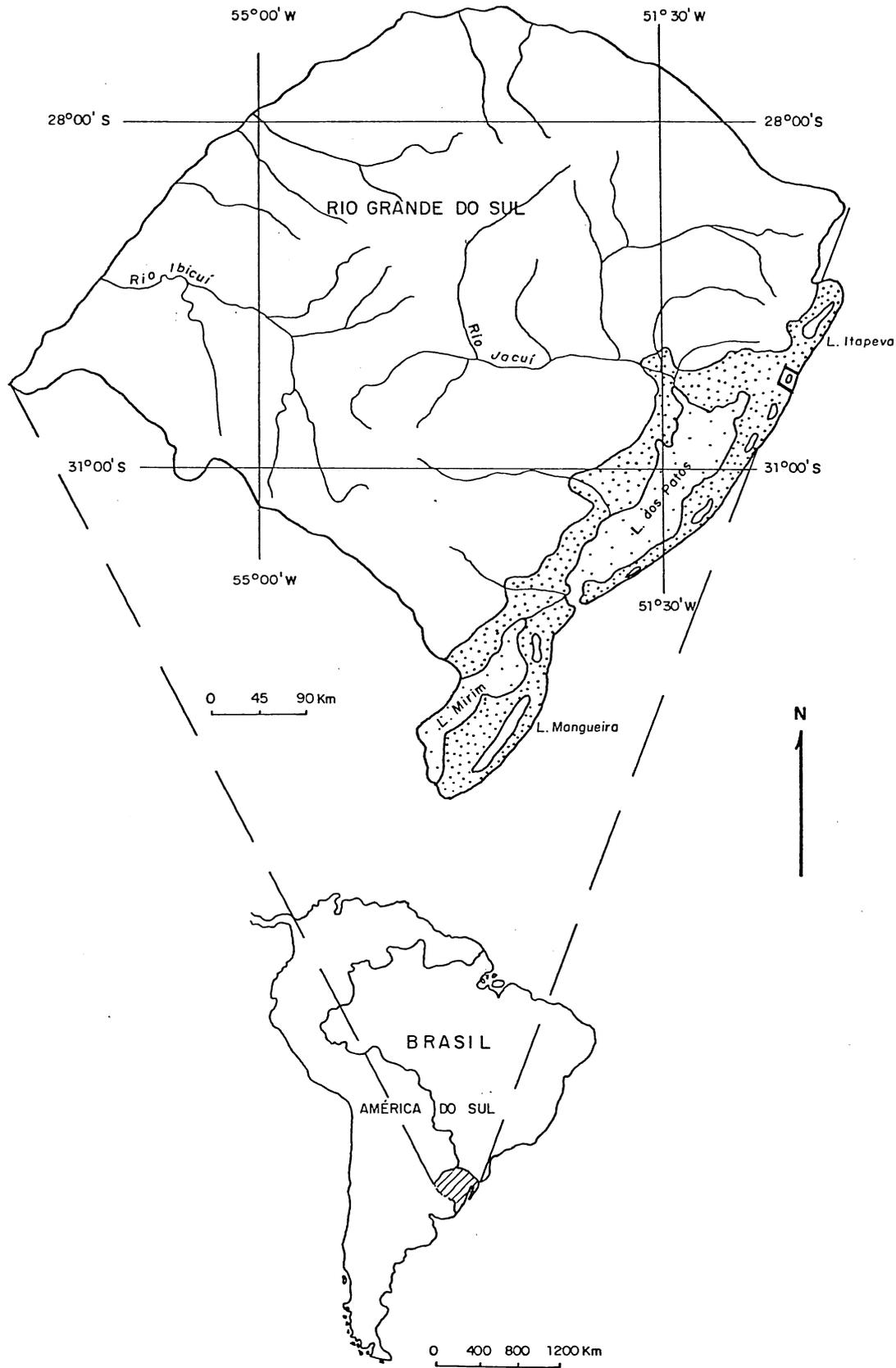


FIG. 1 - LOCALIZAÇÃO DA ÁREA EM ESTUDO NO DOMÍNIO COSTEIRO DO RIO GRANDE DO SUL.

Por domínio costeiro entende-se uma unidade da paisagem localizada em áreas costeiras, onde feições geológicas, geomórficas, hidrográficas, pedológicas e fitogeográficas estão intimamente relacionadas entre si e dependentes das condições paleoclimáticas e climáticas atuais, resultando em uma paisagem própria e característica, em processo contínuo de evolução. No interior de um domínio costeiro podem atuar diferentes ambientes sedimentares (continentais, transicionais e marinhos) que deixam registros, principalmente, através de fácies sedimentares, que, por sua vez, exibem combinações dos diversos elementos fisiográficos.

O Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul, situado no setor oriental do Estado e estendendo-se desde o norte do Município de Torres até o sul do Município de Santa Vitória do Palmar, destaca-se por suas peculiaridades. Caracteriza-se por apresentar uma vasta planície sedimentar cenozóica, que encerra grande conjunto de feições geomórficas, sob condições de um clima subtropical úmido costeiro, conforme BAYLEY (1976). Possui um solo de origem pedogenética que, em geral, é de baixa fertilidade natural e de alta suscetibilidade eólica (SCHNEIDER, 1977), mas capaz de permitir o desenvolvimento de uma cobertura vegetal aberta um tanto diversificada, porém pertencente ao mesmo conjunto fitogeográfico. No conjunto hidrográfico, destaca-se pela ausência quase total de drenagem e pelo considerável número de corpos d'água, que ocorrem sob a forma de lagoas e lagunas. Os ambientes sedimentares deposicionais que aí têm operado, deixaram impressos um conjunto de fácies

sedimentares praiiais, eólicas, lagunares, lacustres, deltai-  
cas, paludais e fluviaais.

No presente estudo, empregar-se-á o termo laguna no sentido de PHLEGER(1981), ou seja, um corpo de água salobra ou salgada que foi represado por uma barreira arenosa, mas que ainda mantém comunicação com o mar por intermédio de um ou mais canais. Do mesmo modo, adotar-se-á a designação lagoa com referência a lago costeiro. O termo lagoa foi introduzido no Brasil pelos portugueses, e é definido por FIGUEIREDO(1922) como sendo um pequeno lago próximo da costa. HERBICH & HANEY (1982) consideram lago costeiro como um corpo d'água que foi completamente isolado do mar por processos costeiros.

Em termos de delimitação, existem duas áreas de ocorrência de lagoas e lagunas no Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul: um conjunto de lagoas e lagunas pleistocênicas mais interiorizadas, e que estão relacionadas com os processos de deposição dos sedimentos pleistocênicos, onde se destacam a Laguna dos Patos ao norte e a Lagoa Mirim ao sul; e um conjunto de lagoas e lagunas holocênicas, localizadas nas proximidades do litoral, que estão associadas com os processos de deposição dos sedimentos holocênicos, abrangendo a seqüência que se estende desde a Lagoa Itapeva, ao norte, até a Lagoa Mangueira, ao sul.

Dentro do último conjunto acima citado está a área em estudo, limitada a oeste pelos terrenos pleistocênicos e a leste pelo cordão de dunas atuais.

A Lagoa das Custódias faz parte do conjunto de lagoas que DELANEY (1960a, 1960b e 1965) denominou de cordiformes, pela forma que apresentam, que entre outros fatores, está diretamente relacionada com a freqüência, direção e intensidade dos ventos predominantes na área em questão.

De um modo geral, o que se constata é que no Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul, as condições paleoclimáticas regionais vêm atuando ao longo do Quaternário de modo decisivo na morfogênese e nos ambientes sedimentares e que a área em estudo é um subdomínio cuja paisagem reflete heranças de uma evolução complexa e contínua no espaço e no tempo.

#### CONDIÇÕES CLIMÁTICAS

O clima, como agente dinâmico exógeno, tem sido decisivo nos processos evolutivos geológicos e geomorfológicos de uma área, especialmente em áreas costeiras. A costa, constituindo-se como transição entre o continente e o oceano, está sujeita à atuação de fatores atmosféricos, tanto terrestres como marinhos.

As variações climáticas ocorridas durante um determinado tempo geológico ficam impressas na litologia, nas feições geomórficas, em paleossolos. Condições paleoclimáticas também podem ser detectadas através de fósseis e de enclaves de vegetação-relíquia. Através do estudo destes indicadores paleoclimáticos têm-se obtido muitas informações sobre a evolução do Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul.

## Paleoclimas

A identificação de climas pretéritos é uma tarefa difícil, uma vez que se utilizam dados fragmentados, baseados em indicadores paleoclimáticos (fósseis, litologia, paleossolos, etc.), na tentativa de desvendar condições climáticas reinantes em um determinado tempo geológico.

Do Período Quaternário no Brasil, e especialmente na costa do Rio Grande do Sul, ficaram impressos muitos registros que evidenciam as mudanças climáticas cíclicas ocorridas, e que culminaram com marcantes episódios glaciais com fases interglaciais.

A influência do clima na morfogênese opera-se de maneira direta e indireta através de temperaturas extremas, quantidade de chuvas, intensidade e frequência dos ventos. MOREIRA & LIMA (1977) comentam que a morfogênese, sob determinadas condições estruturais e climáticas, é realizada através da combinação de processos que dão origem às formas de modelado, de tal modo que as formas de relevo e seu modelado traduzem as combinações ou os conjuntos de processos que as originaram. O referido autor conclui que, durante a Era Cenozóica, a evolução paleogeográfica de todo o território brasileiro foi marcada por sucessivos episódios paleoclimáticos, caracterizados pela alternância de condições mais secas ou mais úmidas, sendo que sistemas morfogenéticos diferenciados se sucederam, com características próprias, nas diversas regiões brasileiras.

BIGARELLA & ANDRADE (1965), em contribuição ao estudo do Quaternário brasileiro, identificam, na costa do Rio Grande do Sul, superfícies erosivas, desenvolvidas em diferentes níveis, na forma de pedimentos e pediplanos, todos relacionados com episódios de paleoclimas semi-áridos.

Tratando da fisiografia e geologia de superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, DELANEY (1965) identifica uma unidade litoestratigráfica — que designou de Formação Graxaim — a qual ocorre em grande extensão a oeste da Laguna dos Patos e seria resultado de formação num ambiente continental costeiro submetido a uma condição climática de estepes fria. JOST (1971) constata que esta unidade se depositou sob condições de mar baixo, pois ela se prolonga por sobre a plataforma continental. VILLWOCK (1984) conclui que a referida unidade teria sua deposição relacionada com a Regressão Pliocênica.

ORNELLAS (1981), em estudo de sistemática e paleoecologia de ostracodes pós-miocênicos encontrados nas perfurações realizadas pela PETROBRÁS ao longo da Bacia de Pelotas - RS, identifica associações quaternárias que indicam alternância de ambientes marinhos costeiros, mixoalinos e continentais, relacionados com a ocorrência de três pares de transgressões-regressões marinhas.

Analisando a ocorrência de fósseis mamíferos ao longo da costa do Estado, SOLIANI JR. (1973) constata que representam uma associação faunística com idade aproximada de 15.000

anos. A ocorrência de fósseis de preguiças gigantes, antas, cervos e mastodontes, levou o autor a concluir a respeito das condições climáticas da área, que deveria ser fria, com vegetação de savanas.

Tratando da evolução paleogeográfica da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul, MARTINS et alii(1983), com base em feições morfológicas e associações sedimentares, concluem que em torno de 15.000 A.P. o nível do mar se encontrava a 140/150 metros mais baixo que o atual. Este evento, relacionado com a regressão do Pleistoceno Superior, ampliou consideravelmente o setor costeiro do Estado.

Observando mini-enclaves de vegetação xerófila em áreas onde atualmente vigoram climas úmidos, AB'SABER(1977) constata que, em caráter residual, estes resistiram localmente às mudanças climáticas dos últimos 12.000 anos. No mapeamento dos paleoespaços ocupados pelos climas secos no Brasil, o referido autor inclui toda a área costeira do Rio Grande do Sul, onde vigoraram climas secos associados a rebaixamentos térmicos generalizados, em resposta aos efeitos da glaciação e aos movimentos glácio-eustáticos negativos.

Em estudos dos paleossolos calcimórficos do Pleistoceno Superior aflorantes em certas áreas do Município de Santa Vitória do Palmar-RS, SOLIANI JR.(1973) constata que sua gênese está associada a climas secos e ligeiramente frios. O referido autor chama atenção sobre a passagem destes paleossolos para os solos atuais, que é bem marcada, indicando que

as condições climáticas reinantes até então sofreram modificações substanciais com a entrada do Holoceno.

Com base em datações radiométricas realizadas em amostras pleistocênicas e holocênicas, BIGARELLA(1971) comenta que o Quaternário revela acentuada instabilidade climática, de caráter cíclico, abrangendo épocas de clima glacial até épocas de clima quente. Durante os episódios de glaciação, nas regiões tropicais e subtropicais brasileiras vigoravam climas severos do tipo semi-árido, e nos períodos interglaciais predominavam condições climáticas semelhantes às atuais, de caráter úmido a subúmido. Dentro dos grandes ciclos climáticos tiveram lugar ciclos menores e variados, conferindo à climatologia do Quaternário um caráter oscilatório evidenciado por numerosas flutuações climáticas.

Esta breve revisão acerca de paleoclimas revela o quanto a evolução da área costeira do Estado esteve associada às condições de clima regional.

O conjunto de lagoas e lagunas ao qual pertencem a Lagoa das Custódias tem sua gênese relacionada com o último episódio paleoclimático significativo que afetou o Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul, já no Holoceno.

#### Clima atual

O limite Pleistoceno-Holoceno é caracterizado por uma mudança climática drástica, que teria ocorrido em torno de 11.000 a 10.000 anos A.P. (MARTIN et alii,1982). BIGARELLA et

alii(1975) concluem que a passagem do Pleistoceno para o Holoceno caracteriza-se por uma mudança acentuada nas condições climáticas, convergindo para um aumento da temperatura e das condições de umidade.

As constatações dos autores acima citados são perfeitamente aplicáveis para o sul do Brasil, quando se consideram os indicadores paleoclimáticos da última fase glacial, que atestam temperatura e precipitação mais baixas que as atuais.

BAILEY(1976), tratando de climas costeiros, propõe uma classificação em que as costas orientais dos continentes, mais precisamente entre 20 e 35º de latitudes norte e sul, possuem clima do tipo subtropical úmido. Assim, a área em estudo, pelas características climáticas que apresenta e por sua localização, se enquadra perfeitamente nesta categoria.

Tomando por base as informações de MACHADO(1950), MORENO(1961) realiza um estudo de detalhe sobre o clima do Rio Grande do Sul, utilizando a classificação de Wladimir Koeppen. De acordo com as temperaturas médias anuais, o referido autor identifica, para todo o Estado, o grupo climático "C", ou seja, a temperatura média do mês mais frio varia entre -3 e 18ºC. Com base na distribuição anual das precipitações, identifica o tipo climático "f", isto é, chuvas bem distribuídas em todos os meses do ano. Desta forma, o Rio Grande do Sul possui o clima "Cf", sendo que o autor, ainda considerando as características térmicas estacionais, individualiza duas variedades climáticas: "Cfa", com média do mês mais quente superior a

22°C, e "Cfb", com a média do mês mais quente inferior a 22°C.

O clima "Cfb", denominado de temperado úmido, ocorre em áreas restritas do Estado, tais como em alguns setores mais elevados do Planalto Setentrional e do Planalto Sul-Rio-Grandense. E o clima "Cfa", denominado de subtropical úmido, ocorre em quase todo o Estado, inclusive ao longo de toda a costa.

No setor costeiro do Estado, mais especificamente ao norte do paralelo 32°02' de latitude sul, que passa pela Cidade de Rio Grande, as temperaturas médias anuais são de 18 a 20°C, sendo que a média do mês mais quente (janeiro) oscila entre 23 a 24°C, e a média do mês mais frio (julho) oscila entre 13 e 14°C. Ao sul do referido paralelo, as médias estão em torno de 1 a 2°C mais baixas. Os dados sobre a precipitação revelam que a costa é considerada a área menos chuvosa do Estado, com totais pluviométricos inferiores a 1.300mm anuais, sendo que as chuvas ocorrem, em média, em todos os meses do ano em valores normais superiores a 60mm mensais (MACHADO, 1950).

A área em estudo, sendo parte integrante do Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul, possui clima subtropical úmido, com um período mais frio (temperaturas médias inferiores a 18°C) que se estende de abril a setembro, e com um período mais quente (temperaturas médias superiores a 18°C) que se prolonga de outubro a abril. Apenas nos meses de janeiro e fevereiro as temperaturas médias são superiores a 22°C. De acordo com os dados climáticos fornecidos por MONTEIRO (1963), em função do alto teor específico de umidade das massas de ar que atuam

na área — a Massa Tropical Atlântica e a Massa Polar Atlântica — a umidade relativa ao longo da costa é bastante elevada, tendo como média anual mais de 80%.

A temperatura e a precipitação são elementos que melhor definem o clima de uma área, seja em escala regional, se- em local. No entanto, existem outros elementos muito significativos para a caracterização climática, particularmente em escala local. Neste sentido, destaca-se o vento como elemento climático de particular importância na área em estudo. Uma vez que a costa do Rio Grande do Sul é muito influenciada por processos eólicos, a direção, a intensidade e a frequência dos ventos são fundamentais para a compreensão do panorama geomorfológico costeiro.

Com relação aos ventos que atuam na área, MACHADO (1950) ressalta que ao longo de todo o litoral do Rio Grande do Sul predominam acentuadamente os ventos de nordeste. DELANEY (1963), baseando-se em observações feitas sobre os ventos em algumas localidades ao longo da costa, no período de 1952 a 1956, entre as quais está incluída o Balneário de Imbé, situado nas proximidades da área em questão, conclui que durante todas as estações do ano ocorreram ventos de nordeste, leste, sul e oeste, mas que o vento predominante foi sempre o de nordeste.

WÜRDIG (1984), analisando os ventos que sopram na área de Tramandaí, e observando a direção predominante nos anos de 1979 e 1980, de acordo com dados fornecidos pela Estação Me-

teorol6gia do DEPREC, constata a predominância dos ventos de direção nordeste, conforme mostra a Figura 2.

Deve ser considerado ainda que a morfologia das lagoas, bem como as demais feições geom6rficas que ocorrem na área em estudo, estão estritamente relacionadas com a direção, a intensidade e a frequência dos ventos que sopram neste setor costeiro. Sendo assim, cabe mais uma vez ressaltar a importância das condições climáticas na evolução geológica e geomorfol6gica de uma área costeira.

#### ASPECTOS DA GEOLOGIA REGIONAL

A geologia de superfície do setor oriental emerso da Província Costeira do Rio Grande do Sul limita-se às seqüências sedimentares pleistocênicas e holocênicas. VILLWOCK (1972 e 1984) define a Província Costeira do Rio Grande do Sul como sendo constituída por dois grandes domínios geológicos distintos, o Embasamento e a Bacia de Pelotas. O primeiro é uma plataforma composta pelo complexo cristalino pré-cambriano e pelas seqüências sedimentares e vulcânicas paleomesozóicas da Bacia do Paraná. Submetido a sucessivos basculamentos, resultantes da tectônica que acompanhou a abertura do Atlântico Sul durante o Cretáceo, deu origem ao segundo, que é uma bacia marginal aberta. Desde então, a Bacia de Pelotas passou a receber a carga clástica derivada da dissecação das terras altas adjacentes. Sucessivas transgressões — controladas no princípio pela tectônica, e a partir do Terciário pelas variações globais do nível do mar — proporcionaram a acumulação de uma

19

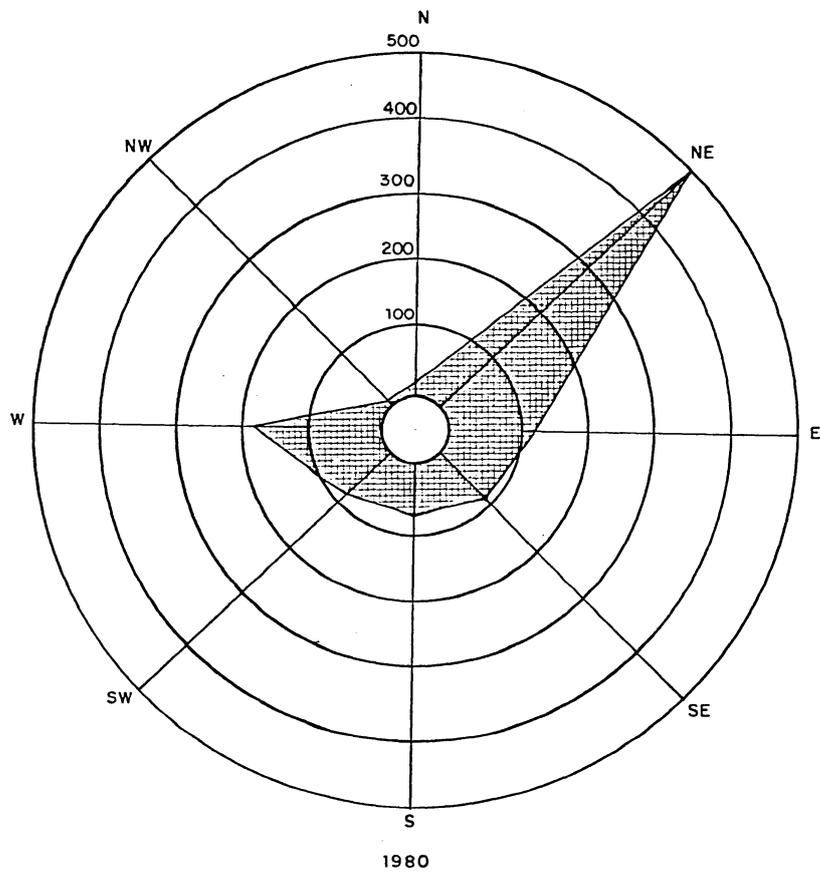
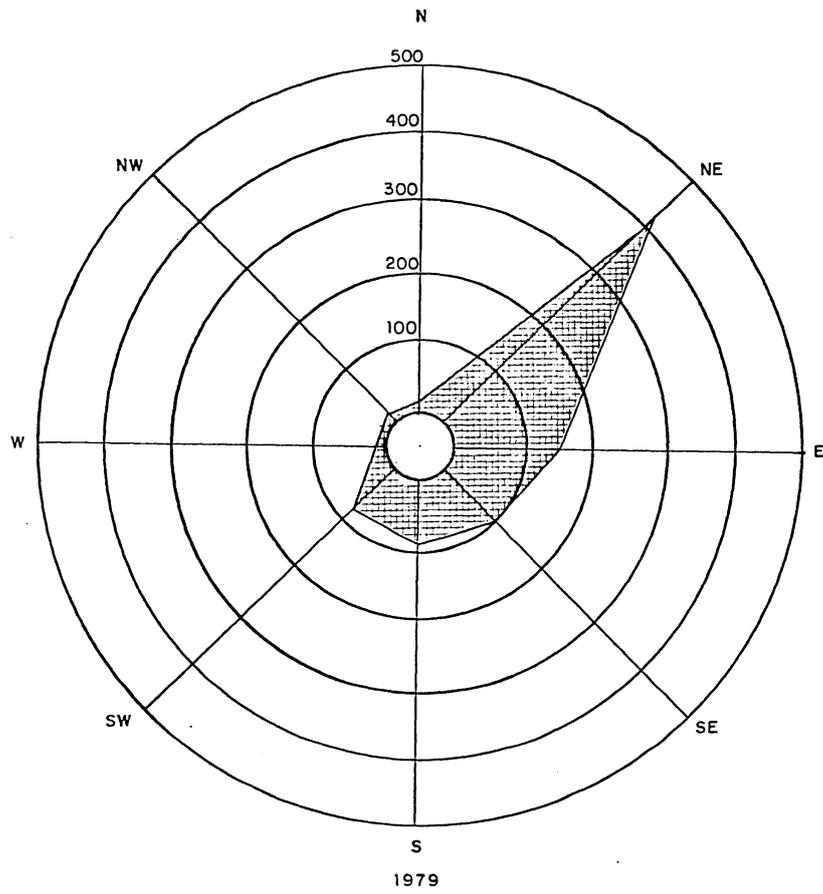


Fig. 2 - Direção predominante dos ventos, em Tramandaí, nos anos de 1979 e 1980. Dados fornecidos pela Estação Meteorológica do DEPREC em Imbê (Segundo WÜRDIG, 1984)

seqüência clástica de mais de 5.000 metros de espessura.

Tendo em vista que os aspectos geológicos e estratigráficos da parte emersa da Província Costeira do Rio Grande do Sul têm sido alguns dos objetivos de muitos trabalhos realizados — destacando-se DELANEY(1960a, 1960b, 1963, 1965 e 1966); BIGARELLA & ANDRADE(1965); MARTINS(1967); JOST(1971); JOST, PINTO & LOSS(1971); VILLWOCK(1972, 1977 e 1984); SOLIANI JR.(1973); JOST & SOLIANI JR.(1976); GODOLPHIN(1976); HORN Fº et alii(1984); TOMAZELLI et alii(1984); VILLWOCK et alii (1984) entre outros — impõem-se breves considerações relativas aos aspectos relacionados com a gênese e a evolução da área em estudo.

Foi DELANEY(1960b e 1963) o primeiro a identificar as diferenças marcantes entre as areias dos sedimentos pleistocênicos e as areias dos sedimentos recentes, em relação à compactação, à coloração, ao teor em argila e aos níveis topográficos de ocorrência ao longo da área costeira do Estado.

Considerando as diferenças sedimentológicas das areias pleistocênicas e holocênicas, bem como suas respectivas ocorrência no tempo e sua distribuição no espaço, realizaram-se trabalhos posteriores, objetivando maior reconhecimento dos eventos geológicos ocorridos no Quaternário do Rio Grande do Sul.

JOST(1971), ao tratar da geologia do Quaternário na Região Norte da Planície Costeira do Estado, descreve a unidade litoestratigráfica pleistocênica, já identificada e de-

nominada como Formação Chuí, por DELANEY (1965). JOST (1971) conclui que, pelas estruturas primárias, características texturais, homogeneidade litológica, grande extensão lateral e semelhanças litológicas com os depósitos praias recentes, esta unidade parece registrar uma deposição praias e marinha rasa, representando um pacote de areias depositadas durante um episódio regressivo subsequente a um transgressivo.

O mesmo autor ainda faz referência às condições deposicionais desta unidade, que implicam não só a formação de depósitos de natureza praias e marinha rasa, mas igualmente restingas emersas, sujeitas a periódicos afogamentos, pela subida do nível do mar.

Com base nestas informações, SOLIANI JR. (1973) e JOST & SOLIANI JR. (1976) identificam na Formação Chuí duas subunidades, o Membro Taim e o Membro Santa Vitória. O primeiro corresponde à sequência deposicional praias e marinha rasa, e o segundo equivale à sequência deposicional relacionada com a progressiva colmatção de corpos lagunares, de dimensões e profundidades variadas.

DELANEY (1965) individualiza outra unidade litoestratigráfica, a Formação Itapuã, que JOST (1971) constata ser uma deposição predominantemente eólica, representando uma sequência de dunas fósseis que delimitam antigas linhas de praia estacionárias a diferentes níveis do mar no Quaternário. JOST & SOLIANI JR. (1976) concluem que a referida unidade, que é descontínua no espaço e no tempo, engloba corpos de areias eóli-

cas fossilizadas cuja idade varia desde o Pleistoceno Inferior até o Pleistoceno Superior, ou seja, é sincrônica com a Formação Chuí. As duas unidades ocorrem em grande extensão, principalmente a leste dos corpos d'água Patos e Mirim.

Os sedimentos holocênicos jazentes a leste da pequena escarpa esculpida em terrenos pleistocênicos já havia chamado a atenção de DELANEY (1965). Mas é GODOLPHIN (1976) quem trata do conjunto sedimentar marinho, eólico e lagunar depositados direta e indiretamente pela ação de pequenas oscilações do nível do mar durante o Holoceno, os quais agrupou em única unidade cronoestratigráfica e denominou de Formação Quinta.

Embora a utilização de unidades litoestratigráficas e cronoestratigráficas seja muito genérica para a caracterização das diferentes seqüências sedimentares que ocorrem em superfície, ao longo de toda a Província Costeira do Estado, são úteis para o reconhecimento de eventos que aí têm ocorrido. Pois o que se constata é que a deposição de sedimentos, tanto pleistocênicos como holocênicos, está intimamente relacionada com as condições ambientais reinantes ao tempo da deposição, as quais deixaram impressos nas litologias as variações que ocorreram, tanto no espaço como no tempo.

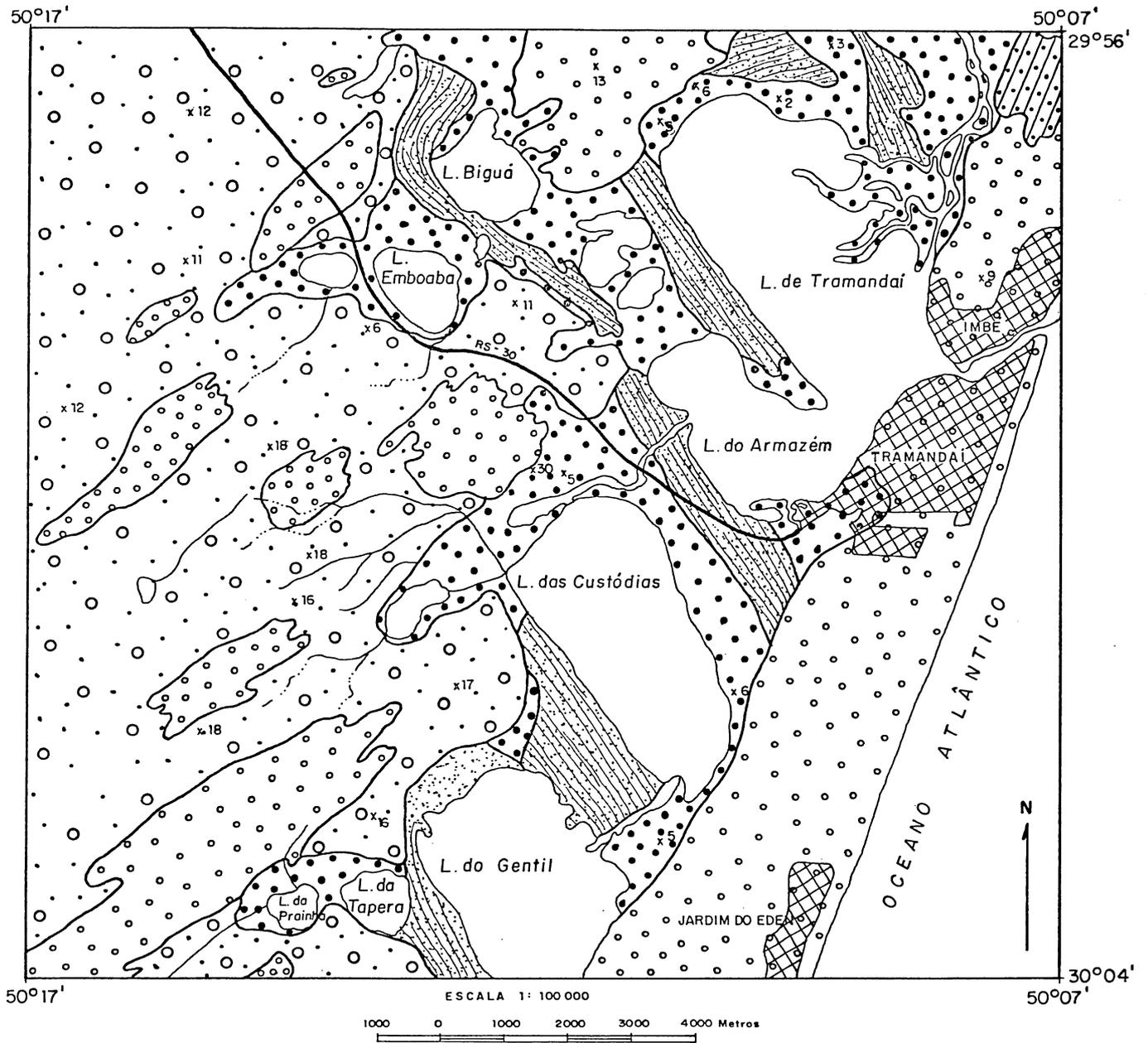
A extensa faixa arenosa entremeada por lagoas e lagunas, que ocorre por toda a Costa Rio-Grandense, é resultado de processos deposicionais sucedidos por ocasião de eventos glácio-eustáticos quaternários. Todo este conjunto, VILLWOCK (1972) caracteriza como sendo uma grande seqüência regressi-

vo-deposicional, que teve como fonte principal os extensos depósitos que recobriam a plataforma continental adjacente. A cada episódio transgressivo-regressivo do mar resultou uma faixa de terras emersas (barreiras) que, por sua vez, representavam corpos d'água.

Assim, a área em estudo está alojada entre os depósitos holocênicos e os depósitos pleistocênicos. As sequências de sedimentos quaternários costeiros se depositaram e estão sendo retrabalhadas sob as mais diversas condições ambientais, próprias de um domínio costeiro.

A Figura 3, com base no mapeamento geológico elaborado por VILLWOCK et alii (1984) e TOMAZELLI et alii (1984), reúne os diferentes tipos de depósitos sedimentares que caracterizam a área em estudo. A leste das lagoas de idade holocênica estende-se uma faixa contínua de depósitos marinhos praiiais que, em quase toda a extensão, está recoberta por depósitos eólicos atuais, sob a forma de dunas litorâneas.

A oeste das referidas lagoas tem-se uma faixa contínua de depósitos marinhos praiiais, intercalados com depósitos lagunares e paludais pleistocênicos, parcialmente recobertos por dunas também pleistocênicas, sendo que estas, em alguns locais, estão sendo retrabalhadas pelo vento.



## CONVENÇÕES

Estrada estadual pavimentada

Cotas

Cursos d'água permanentes

Cursos d'água intermitentes

Corpos d'água permanentes

Contatos geológicos definidos

Cristas de praias lagunares

Cristas de praia oceânica

Áreas urbanas



x 18



## LEGENDA



Depósitos de cristas de praias lagunares



Depósitos lagunares. Inclui depósitos fluviais e de retrabalhamento fluvial.



Depósitos marinhos praias.



Depósitos eólicos de dunas litorâneas. Inclui retrabalhamento atual pelo vento, de depósitos mais antigos.



Depósitos marinhos praias mais antigos, recobertos por dunas litorâneas.

Fig. 3 - Mapa geológico abrangendo a área em estudo. (Adaptado das folhas Osório e Tramandaí, de TOMAZELLI et alii, e das folhas Rancho Velho e Cidreira, de VILLWOCK et alii, do Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul, 1984)

### 3 GÊNESE E EVOLUÇÃO GEOMORFOLÓGICA DOS LAGOS COSTEIROS

Numerosos têm sido os trabalhos realizados com o objetivo de elucidar a gênese e a evolução das principais feições morfológicas encontradas na Planície Costeira do Estado. Com relação aos corpos lagunares e lacustres costeiros, destacam-se os estudos de DELANEY (1960a, 1960b e 1965), VILLWOCK (1977) e ZELTZER (1976).

Em estudos pioneiros sobre a Planície Costeira DELANEY (1963, 1965), observando aspectos fisiográficos e geológicos, identifica cinco ambientes distintos atuando ao longo da costa: marinho, eólico, lacustre, lagunar e paludal. Definiu ambiente lacustre como aquele de pequenos e grandes "lagos de água doce", e considerou ambiente lagunar aquele onde as águas são salobras.

O autor citado faz referência às lagoas cordiformes situadas no setor norte da Planície Costeira, que se alinham de tal modo que a base do coração está voltada para o norte, e explica que a gênese das lagoas cordiformes está relacionada com a drenagem incerta e com a ação dos ventos e das ondas.

Dedicando-se ao estudo da sucessão de barreiras que ocorrem na Província Costeira do Rio Grande do Sul, as quais designou de Barreira Múltipla Complexa, VILLWOCK (1972 e 1984) identifica os aspectos que norteiam a gênese dos corpos d'água ora em estudo.

O referido autor, relacionando os episódios responsáveis pela formação das barreiras, constata que só após a formação da Barreira das Lombas, por ocasião do ciclo transgressivo-regressivo do mar, no Pleistoceno Inferior, que isolou o Sistema lagunar Guaíba-Gravataí, é que teve início a formação da Barreira Múltipla Complexa, conforme ilustra a Figura 4.

Outra barreira se teria formado após o segundo ciclo transgressivo-regressivo do mar, no Pleistoceno Médio, aprisionando o Sistema Lagunar Patos-Mirim.

A barreira seguinte teria tido sua gênese após o terceiro ciclo transgressivo-regressivo do mar, no Pleistoceno Superior. Esta barreira teria isolado corpos d'água que hoje se apresentam totalmente colmatados, restando apenas áreas de banhados, como, por exemplo, os banhados de Cidreira e Cacimbas.

A última barreira se teria acrescentado às demais após o ciclo transgressivo-regressivo do mar, no Holoceno, represando os corpos d'água que ocorrem próximos ao litoral.

Assim, observa-se que, a cada episódio transgressivo-regressivo do mar, resultou a emersão de barreiras, que,

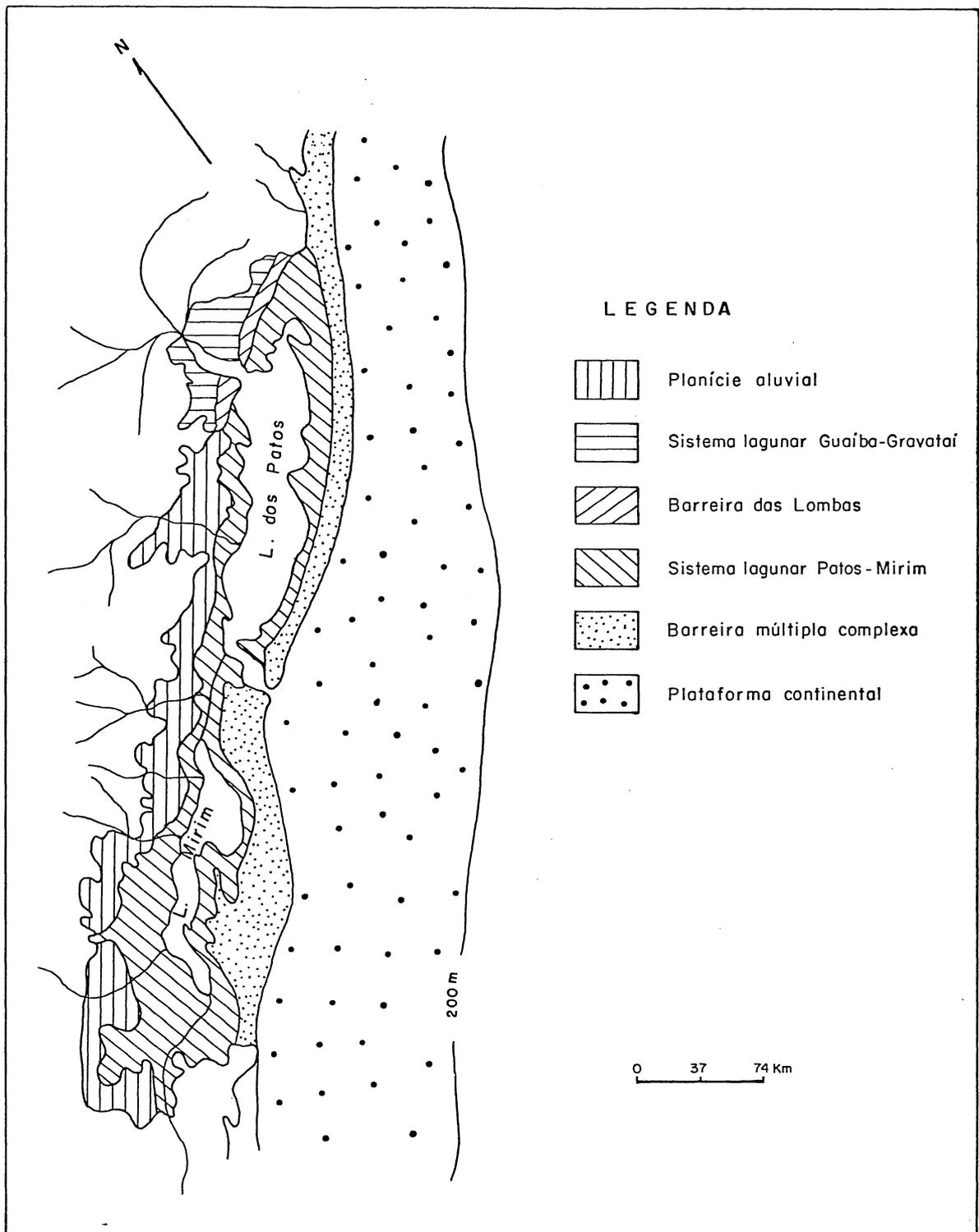


Fig. 4 - Localização da Barreira Múltipla Complexa na Província Costeira do Rio Grande do Sul (Adaptado de VILLWOCK, 1984)

por sua vez, isolaram corpos d'água alongados, as lagunas, as quais, com o decorrer do tempo, ficaram sujeitas aos processos de segmentação e colmatção.

Com relação à evolução de lagunas ZENKOWICH(1959), propôs um modelo que denominou de segmentação lagunar. O processo consiste no desenvolvimento de enseadas e esporões, por erosão e deposição respectivamente, em uma laguna alongada, podendo evoluir até sua divisão em uma série de bacias menores e isoladas, como mostra a Figura 5.

A Figura 6 mostra a Lagoa das Custódias como uma bacia isolada que mantém comunicação com os outros corpos d'água por intermédio de rios emissários.

Desta forma, as lagunas e as lagoas próximas do litoral, entre as quais está a Lagoa das Custódias, constituem remanescentes da paleolaguna holocênica, que hoje se mostra completamente segmentada e parcialmente colmatada, conforme atestam as áreas de banhados existentes entre as lagoas.

REINECK & SING(1980) definem lagunas como sendo corpos d'água rasos que ocorrem paralelos à costa e se conectam com o mar aberto por meio de um canal. Entretanto, PICKETT(1982) chama atenção para o fato de as lagunas serem feições efêmeras no tempo geológico.

Tratando com a terminologia relacionada à geomorfologia costeira e submarina, MAILHE(1972) refere-se a lago costeiro como um corpo d'água de baixas profundidades, alongado

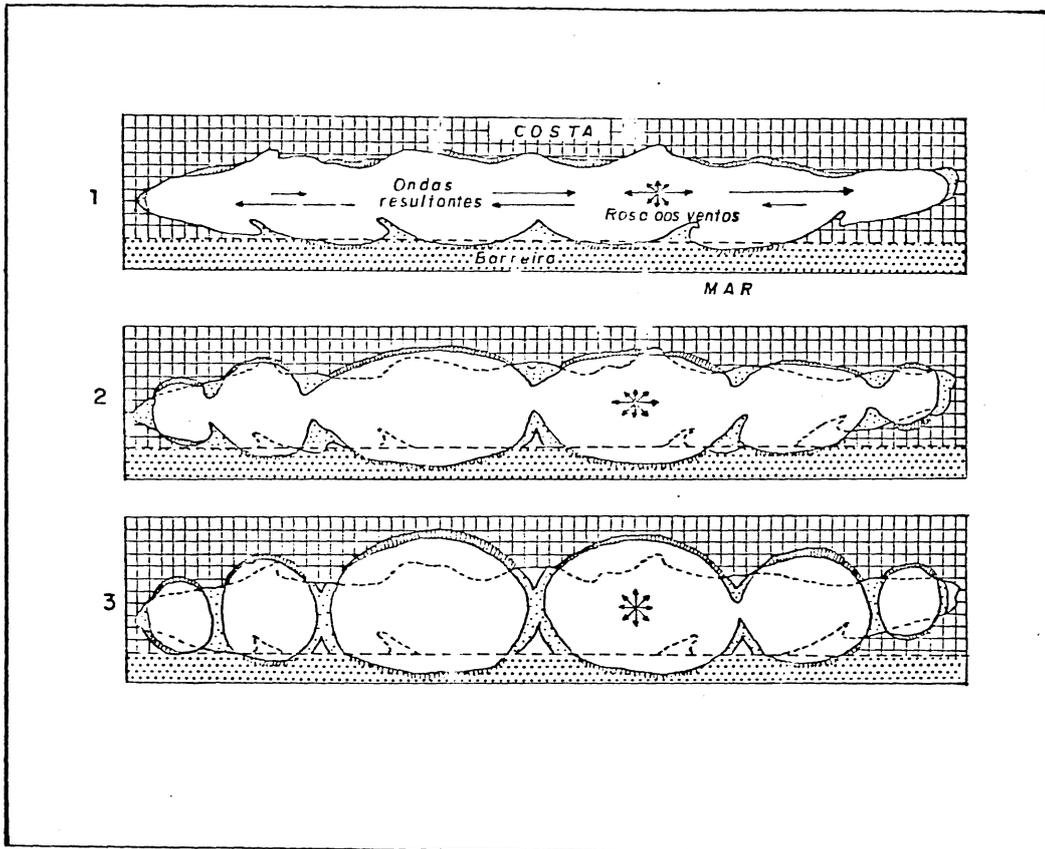


Fig. 5 - Diagrama da evolução de uma laguna pelo processo de segmentação (Segundo ZENKOVITCH, 1967)

no sentido da costa, e que se formou pelo fechamento de uma laguna. Enquanto SCHWARTZ (1982) afirma que os lagos costeiros são formados por processos costeiros.

Assim, com base nas definições propostas pelos autores acima citados, entende-se que a Lagoa das Custódias e demais lagoas próximas da área em estudo, se comportam como lagos costeiros que evoluíram a partir de uma paleolaguna.

## 4 SEDIMENTOLOGIA DA LAGOA DAS CUSTÓDIAS

### GENERALIDADES

A Lagoa das Custódias faz parte do rosário de lagoas situadas no setor norte da Planície Costeira do Estado, e que chamou a atenção de diversos autores, entre eles DELANEY (1960a, 1960b e 1965) e VILLWOCK (1972).

A Lagoa das Custódias apresenta uma forma alongada de direção noroeste-sudeste, resultado das peculiares condições do ambiente de sedimentação da área. Possui uma superfície de aproximadamente 10,0 Km<sup>2</sup> e uma profundidade que oscila entre 1,0 e 2,0 metros nas partes centrais e 0,50 e 0,70 nas margens. A referida lagoa comunica-se ao norte com a Laguna do Armazém, pelo Rio dos Camarões, e ao sul, pelo Rio do Relógio, com a Lagoa do Gentil.

### TRABALHOS ANTERIORES

Alguns trabalhos já foram realizados visando ao estudo sedimentológico de corpos lagunares e lacustres da Planície

cie Costeira do Estado.

MARTINS (1963 e 1966) e MARTINS & GAMERMANN (1967) realizaram estudos sistemáticos sobre a distribuição dos sedimentos de fundo da Laguna dos Patos.

Um estudo de detalhe foi efetuado por VILLWOCK (1977), abordando todos os aspectos da sedimentação da Lagoa do Casamento e Saco do Cocuruto, situados no setor nordeste da Laguna dos Patos.

ALVAREZ, MARTINS & MARTINS (1981) em estudo na Laguna dos Patos, acrescentaram importantes informações sobre a sedimentologia do sistema lagunar, especialmente quanto ao recobrimento sedimentar de fundo.

No estudo sobre a influência da morfologia no balanço de substâncias e na distribuição de macrófitos aquáticos nas lagoas do Estado, SCHWARZBOLD (1981) realizou análises granulométricas em sedimentos coletados isoladamente nas lagoas do Rincão das Éguas, Caiubã, Nicola, Flores, Moleques, Figueira, Bojuru, Jacaré e Cipó.

Com relação à Lagoa das Custódias em particular, as primeiras considerações se devem a WÜRDIG (1984), que efetuou análises em sedimentos de três amostras coletadas, com o objetivo de caracterizar a lagoa quanto aos parâmetros morfométricos, físico-químico e biológicos com associações de ostracodes.

## APORTE DO MATERIAL SEDIMENTAR

De um modo geral, pode-se considerar que são dois os processos físicos responsáveis pelo regime sedimentar da Lagoa das Custódias, o aporte sedimentar e a hidrodinâmica do corpo lacustre.

O material sedimentar chega até a lagoa de duas maneiras. A principal delas é através do vento, que, sendo predominantemente do quadrante nordeste, transporta sedimentos das dunas oceânicas localizadas a leste para dentro da lagoa. A outra contribuição sedimentar é pelo transporte fluvial, que se realiza por intermédio dos rios do Camarão e do Relógio.

A distribuição dos sedimentos dentro do corpo lacustre é realizada em função de sua própria hidrodinâmica, que, sendo controlada pelos ventos que sopram na área, geram ondas e correntes litorâneas, que são as principais responsáveis pela erosão, pelo transporte e pela deposição do material sedimentar.

## CARACTERÍSTICAS TEXTURAIS

Os depósitos sedimentares possuem certas características próprias, adquiridas em função da dinâmica específica que cada ambiente imprime nos sedimentos. Estes registros, que respondem pelas características texturais dos sedimentos, podem segundo MARTINS & MARTINS (1974), ser estabelecidos quantitativamente, auxiliando, de forma considerável, na interpre-

tação ambiental.

O estudo de texturas sedimentares, que inclui a análise granulométrica dos sedimentos, é um dos aspectos de ênfase na compreensão das condições do ambiente de deposição.

Sendo assim, as análises realizadas nas 21 amostras coletadas nos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias, conforme a Figura 6, revelam as principais condições do atual regime sedimentar em que se encontra a lagoa.

Os sedimentos foram classificados de acordo com a escala granulométrica de WENTWORTH (1922). Entre as 21 amostras analisadas, 16 apresentam mais de 90% dos grãos no tamanho areia. As cinco amostras restantes contêm de 73 a 90% dos grãos no tamanho areia. Estes valores revelam que, tanto nas porções marginais, como nas centrais da lagoa, há predominância quase absoluta de grãos no tamanho areia. Estes dados, plotados no diagrama de SHEPARD (1954), conforme mostra a Figura 7, evidenciam que os sedimentos superficiais de fundo da Lagoa das Custódias se enquadram em uma única fácies textural, uma magno-fácies arenosa.

Para avaliação mais precisa, foi construído outro diagrama triangular, como mostra a Figura 8, onde se observa que a magno-fácies arenosa se apresenta subdividida em duas fácies texturais: a fácies de areia fina a média e a fácies de areia fina a muito fina.

Os parâmetros estatísticos dos sedimentos em estudo,

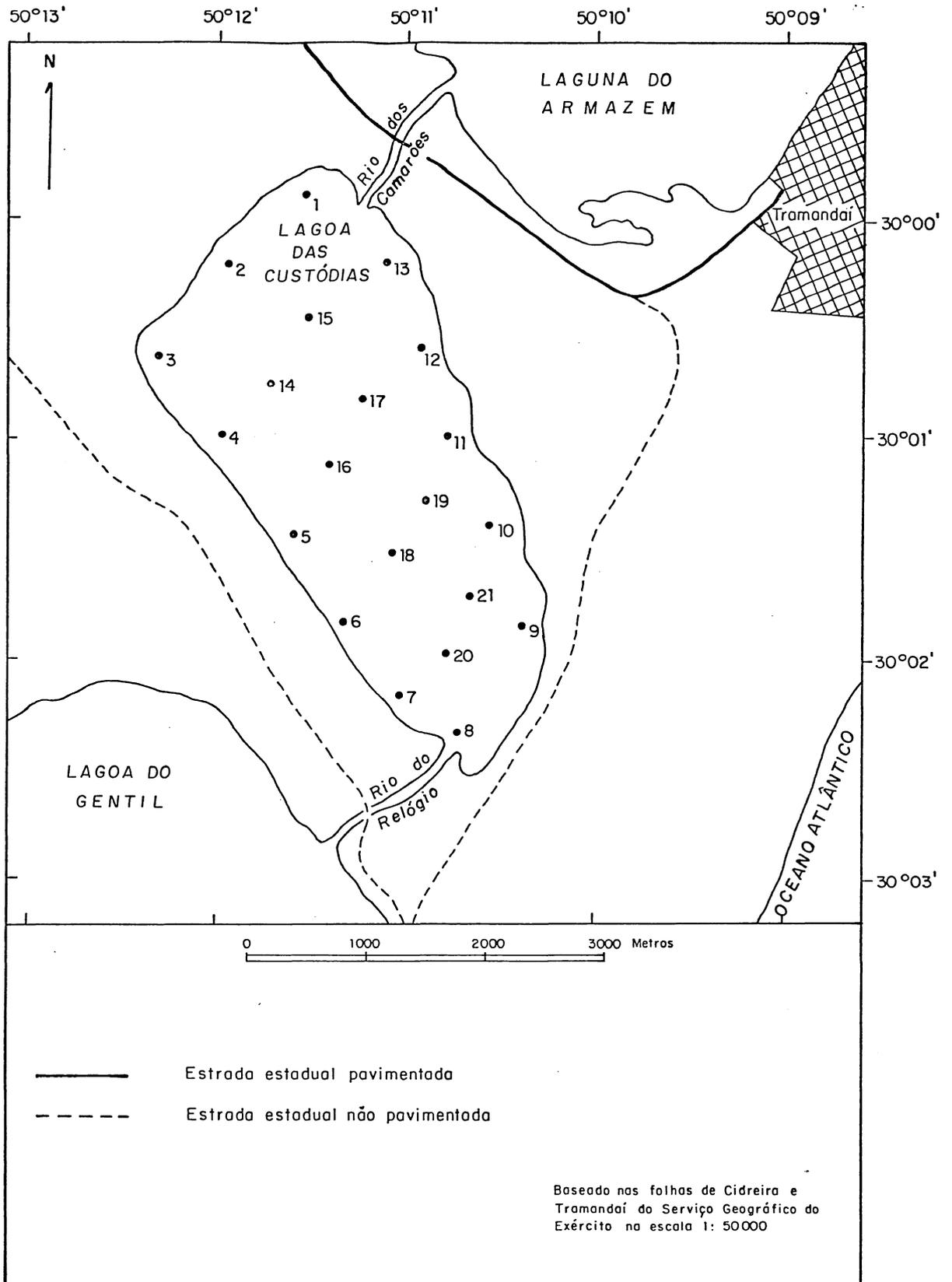


Fig. 6 - Mapa de localização das amostras coletadas na Lagoa das Custódias

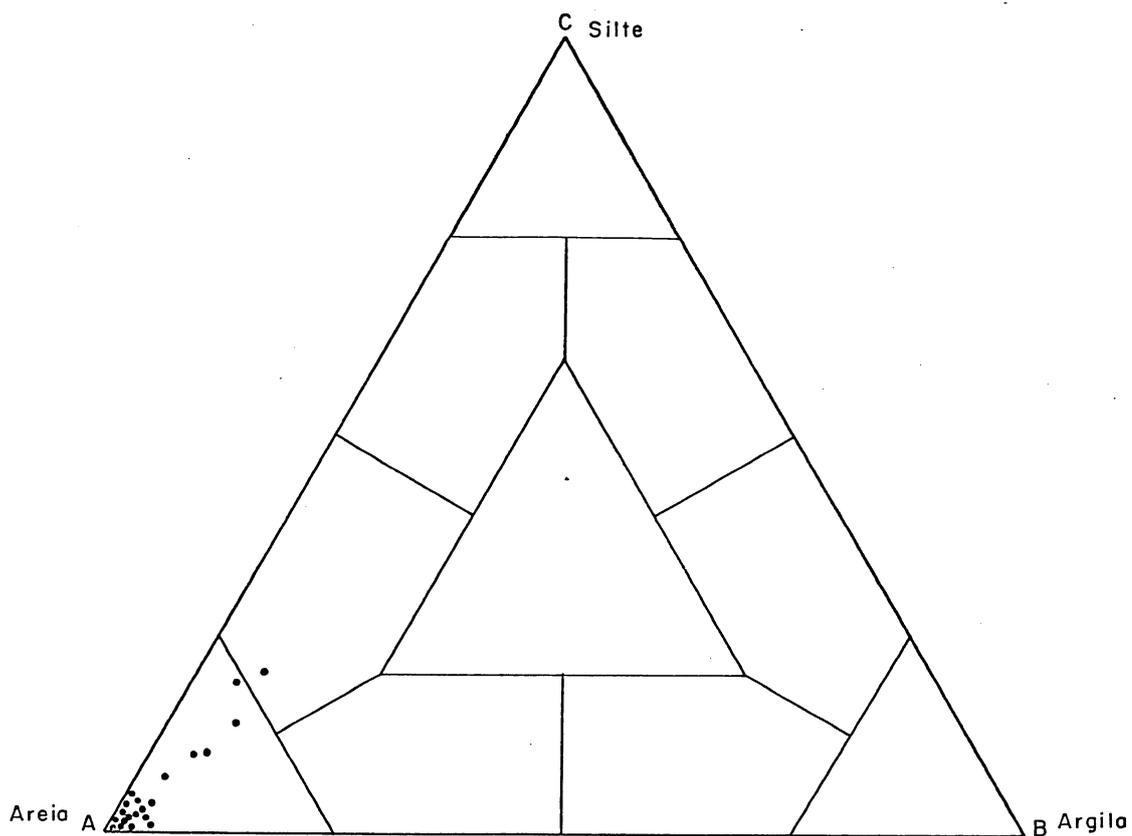


Fig. 7 - Diagrama triangular de classificação granulométrica dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias (Segundo SHEPARD, 1954)

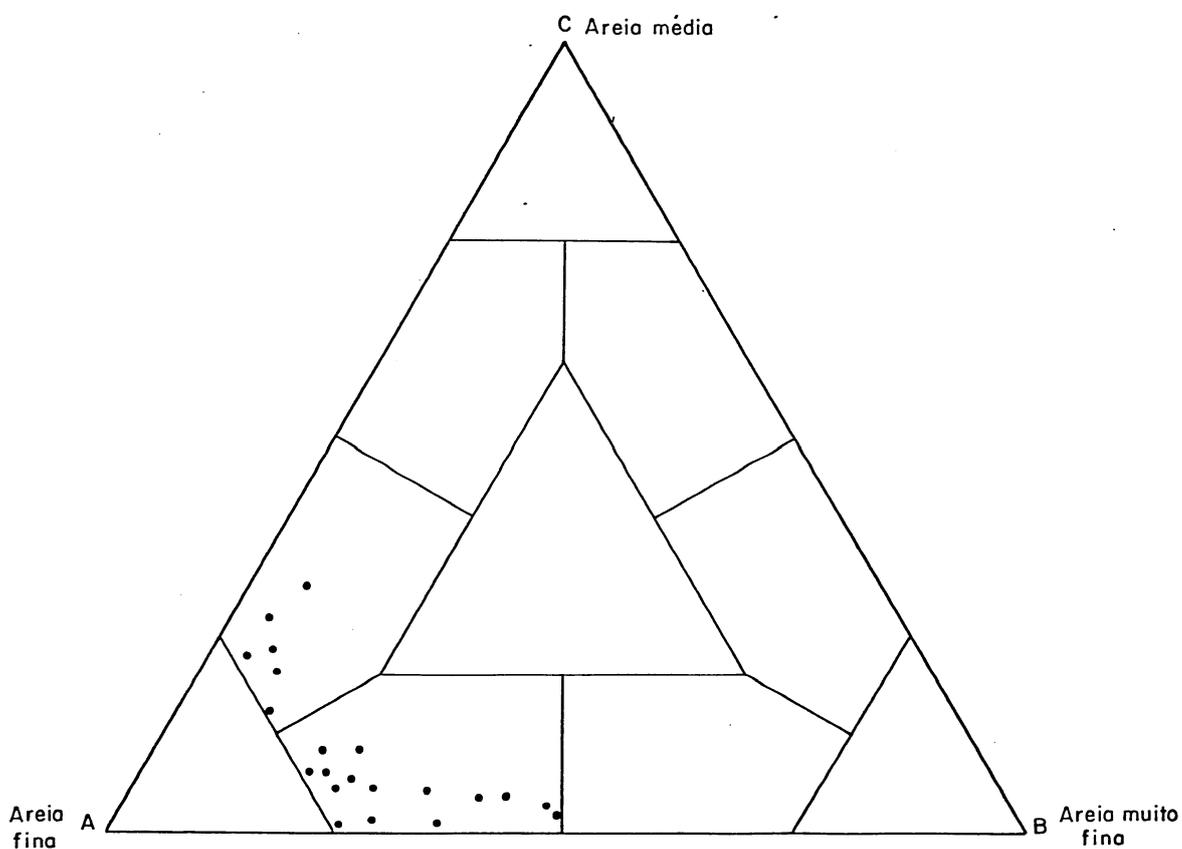


Fig. 8 - Diagrama triangular de classificação dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias, quanto aos teores de areia média, areia fina e areia muito fina

obtidos pelas fórmulas de FOLK & WARD (1957) estão agrupados na Tabela I. Com base nestes dados, foram construídos diversos mapas que informam sobre as propriedades do material sedimentar, quanto às medidas de tendência central, grau de seleção, grau de assimetria e curtose.

Conforme SUGUIU (1973), a média aritmética ( $M_z$ ) reflete a média geral do tamanho dos sedimentos, o qual está relacionado com a fonte de suprimento do material, com o processo de deposição e com a velocidade da corrente. A Figura 9 mostra a distribuição dos sedimentos segundo seu tamanho médio ao longo da lagoa. O tamanho médio da areia fina se concentra ao longo das margens e em certas partes centrais, e o tamanho médio da areia muito fina se limita às partes centrais do corpo lacustre.

O índice de classificação ou seleção dos sedimentos é fornecido pelo desvio-padrão ( $\sigma_I$ ), que reflete a capacidade do agente geológico em selecionar um determinado material sedimentar. A Figura 10 mostra o comportamento do desvio-padrão. Ao longo da margem oeste, a classificação dos sedimentos é boa. A margem leste apresenta uma classificação moderada, enquanto que os sedimentos localizados no centro da lagoa são pobremente classificados.

As medidas de assimetria ( $SK_I$ ) indicam a tendência de maior concentração dos sedimentos no lado das partículas mais grosseiras ou no lado das partículas mais finas. Como os sedimentos da Lagoa das Custódias se concentram no lado das

TABELA I - PROFUNDIDADE, PARÂMETROS ESTATÍSTICOS DE TAMANHO E PROPORÇÃO DE ARGILA, SILTE E AREIA

AMOS- TRAS	PROFUN- DIDADE (m)	TAMANHO( $\phi$ )					PERCENTUAIS					
		Md	Mz	$\sigma_I$	SK <sub>I</sub>	KG'	ARGILA	SILTE	AREIA			
									TOTAL	MÉDIA	FINA	MUITO FINA
01	0,5	2,91	2,92	0,90	0,35	0,74	3	7	90	3	49	48
02	0,7	2,21	2,22	0,38	0,07	0,51	-	-	99	28	68	4
03	0,5	2,40	2,40	0,40	0,01	0,49	-	-	99	16	76	8
04	1,4	2,29	2,29	0,44	0,04	0,51	-	-	99	24	70	6
05	1,0	2,21	2,23	0,44	0,06	0,49	-	-	99	32	62	6
06	0,8	2,32	2,37	0,41	0,16	0,51	-	-	99	21	71	8
07	1,0	2,55	2,56	0,47	0,04	0,47	-	-	99	11	67	22
08	1,3	2,71	2,80	0,56	0,29	0,49	-	-	96	2	63	35
09	0,7	2,71	2,76	0,37	0,39	0,52	-	-	95	1	75	24
10	0,6	2,63	2,65	0,56	0,12	0,63	-	-	95	8	72	20
11	0,6	2,64	2,68	0,54	0,20	0,58	-	-	95	7	70	23
12	0,7	2,66	2,66	0,51	0,09	0,63	-	-	95	8	74	18
13	0,4	2,80	2,78	0,38	-0,04	0,50	-	-	99	2	70	28
14	0,7	2,31	2,30	0,41	-0,01	0,49	-	-	99	23	73	4
15	1,1	2,63	2,78	1,22	0,55	0,77	5	10	85	6	68	26
16	1,1	2,51	2,51	0,54	0,08	0,54	-	-	95	11	71	18
17	1,1	2,82	3,75	2,09	0,73	0,60	9	18	73	5	54	42
18	1,2	2,69	2,93	1,44	0,59	0,76	6	10	84	6	62	32
19	1,1	2,80	3,50	1,82	0,75	0,70	7	17	76	5	57	38
20	1,1	2,60	2,67	0,58	0,16	0,59	-	-	93	6	71	23
21	1,1	2,95	3,48	1,83	0,63	0,70	7	14	79	4	49	47

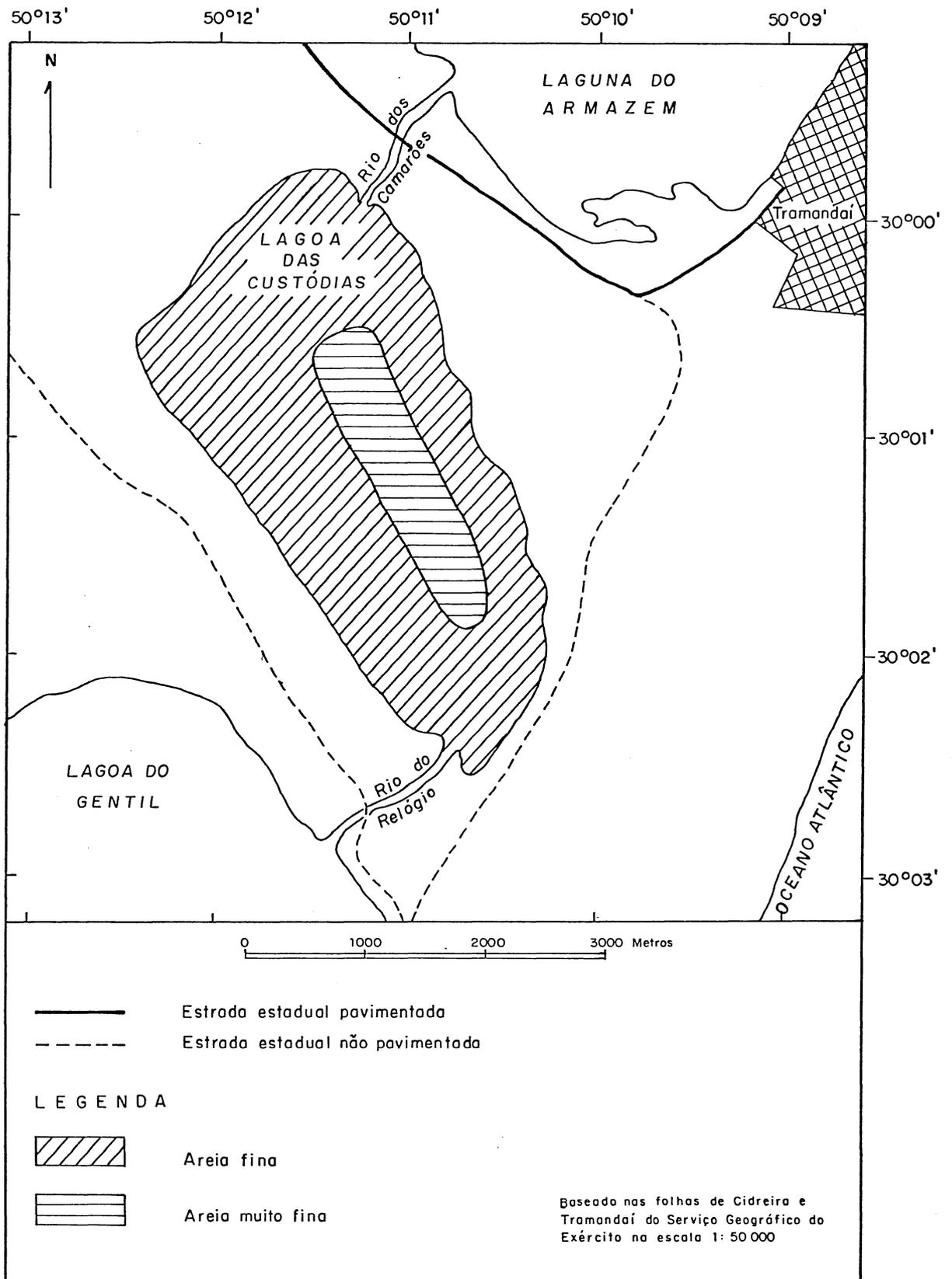


Fig. 9 - Mapa do Diâmetro Médio (Mz) dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias

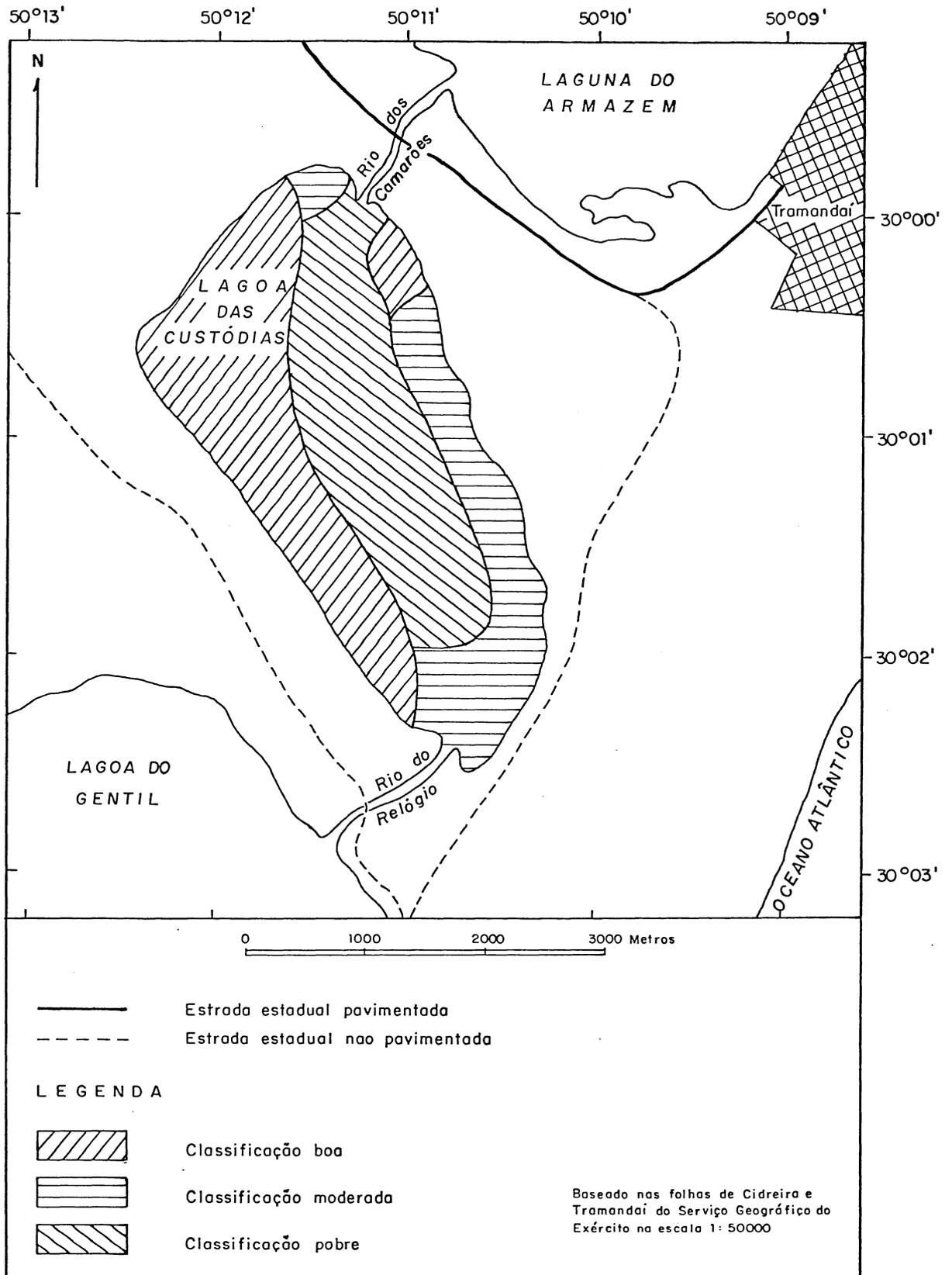


Fig. 10 - Mapa do Desvio-Padrão ( $\sigma_1$ ) dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias

partículas finas, a assimetria tende a ser positiva.

A Figura 11 mostra que os sedimentos da margem oeste estão aproximadamente simétricos, junto à desembocadura sul e parte da margem leste, a assimetria é positiva; a parte central tem assimetria muito positiva.

A curtose ( $KG'$ ) dos sedimentos da Lagoa das Custódias está representada na Figura 12, que mostra valores mesocúrticos para os sedimentos da margem oeste e parte do centro, enquanto os sedimentos da margem leste e parte do centro da lagoa apresentam valores leptocúrticos.

Com base na análise dos parâmetros estatísticos dos sedimentos superficiais de fundo da Lagoa das Custódias e na análise do diagrama triangular, representado na Figura 8, pôde-se individualizar duas populações distintas de sedimentos, que correspondem às duas fácies texturais, a fácies de areia fina a média e a fácies de areia fina a muito fina.

A distribuição das fácies texturais, dentro do corpo lacustre, pode ser observada através do mapa faciológico da Figura 13.

As fácies texturais serão analisadas a seguir, segundo suas características dentro do ambiente lacustre costeiro.

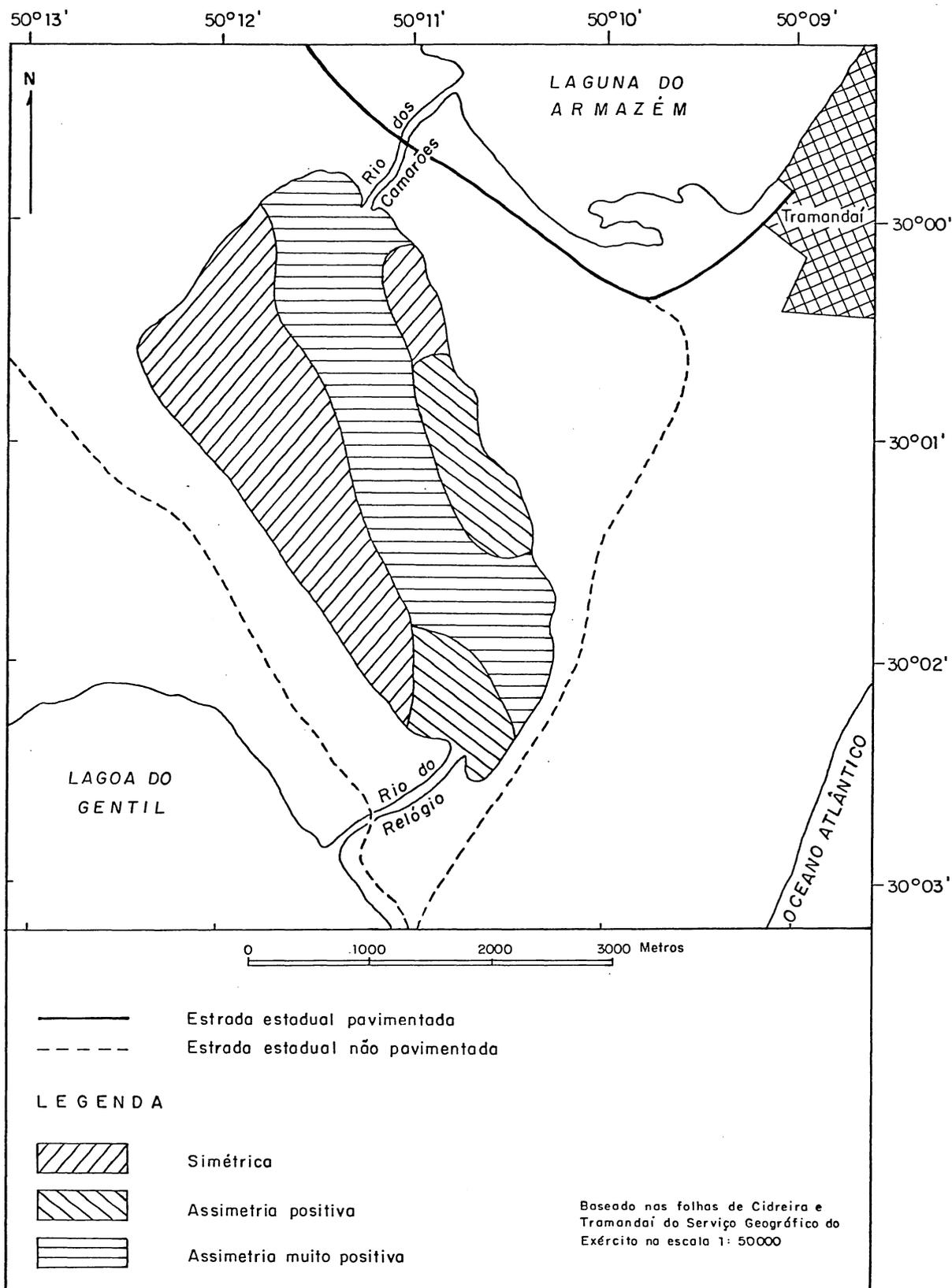


Fig. 11 - Mapa da assimetria ( $SK_I$ ) dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias

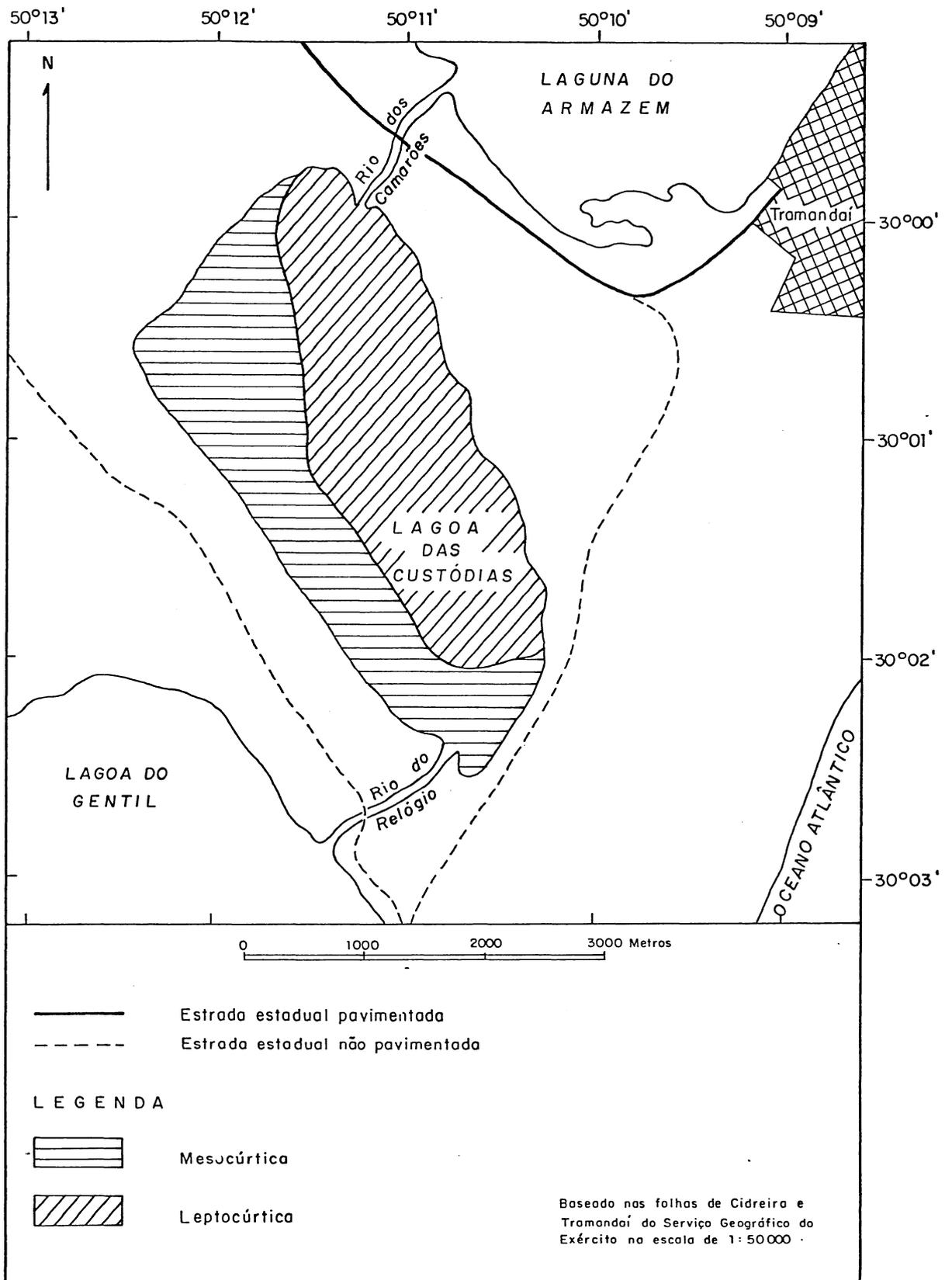


Fig. 12 - Mapa da curvose (KC') dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias

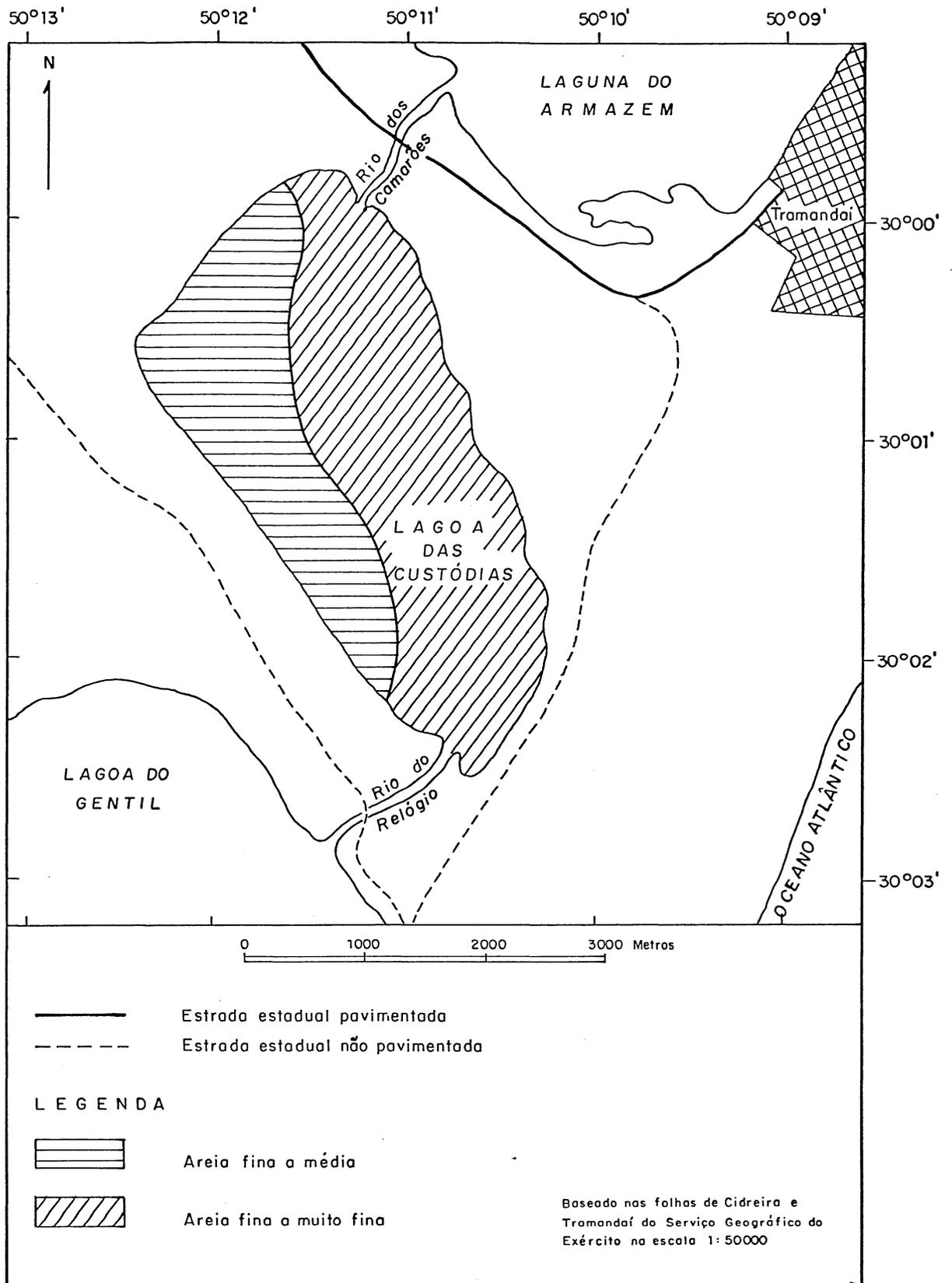


Fig. 13 - Mapa de fácies texturais dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias

### Fácies de areia fina a média

A fácies de areia fina a média localiza-se ao longo do setor ocidental da lagoa. Constitui-se de areias essencialmente quartzosas, com pequenas quantidades de minerais pesados nas frações menores que  $0,062\phi$ . Apresentam fragmentos de tecidos vegetais.

Os resultados do estudo morfoscópio indicam que este material sedimentar sofreu retrabalhamento intenso a partir da área-fonte, durante o transporte fluvial e/ou eólico, inclusive dentro do próprio ambiente lacustre. Na morfometria, segundo KRUMBEIN (1941), os grãos se mostram de subarredondados a arredondados. A esfericidade, de acordo com RITTENHOUSE (1943), é de boa a muito boa. E, na textura superficial, conforme BIGARELLA et alii (1955), predomina o mamelonado polido.

Para a representação gráfica das análises granulométricas, foram traçados histogramas e curvas de frequência acumulada, conforme a Figura 14. Através dos histogramas, observa-se o destaque de uma classe textural para esta fácies, sendo que o intervalo de classe de maior frequência é o da areia fina. As curvas acumuladas evidenciam o selecionamento destes sedimentos.

As propriedades de tamanho apresentam uma mediana ( $M_d$ ) que varia de  $2,20$  a  $2,55\phi$  e a média aritmética ( $M_z$ ) em torno de  $2,35\phi$ . O desvio-padrão ( $\sigma_I$ ), oscilando entre  $0,38$  e  $0,47$ , indica uma boa classificação para este sedimento. A assimetria ( $SK_I$ ), com valores entre  $-0,01$  e  $0,16$ , mostra-se simétrica. A

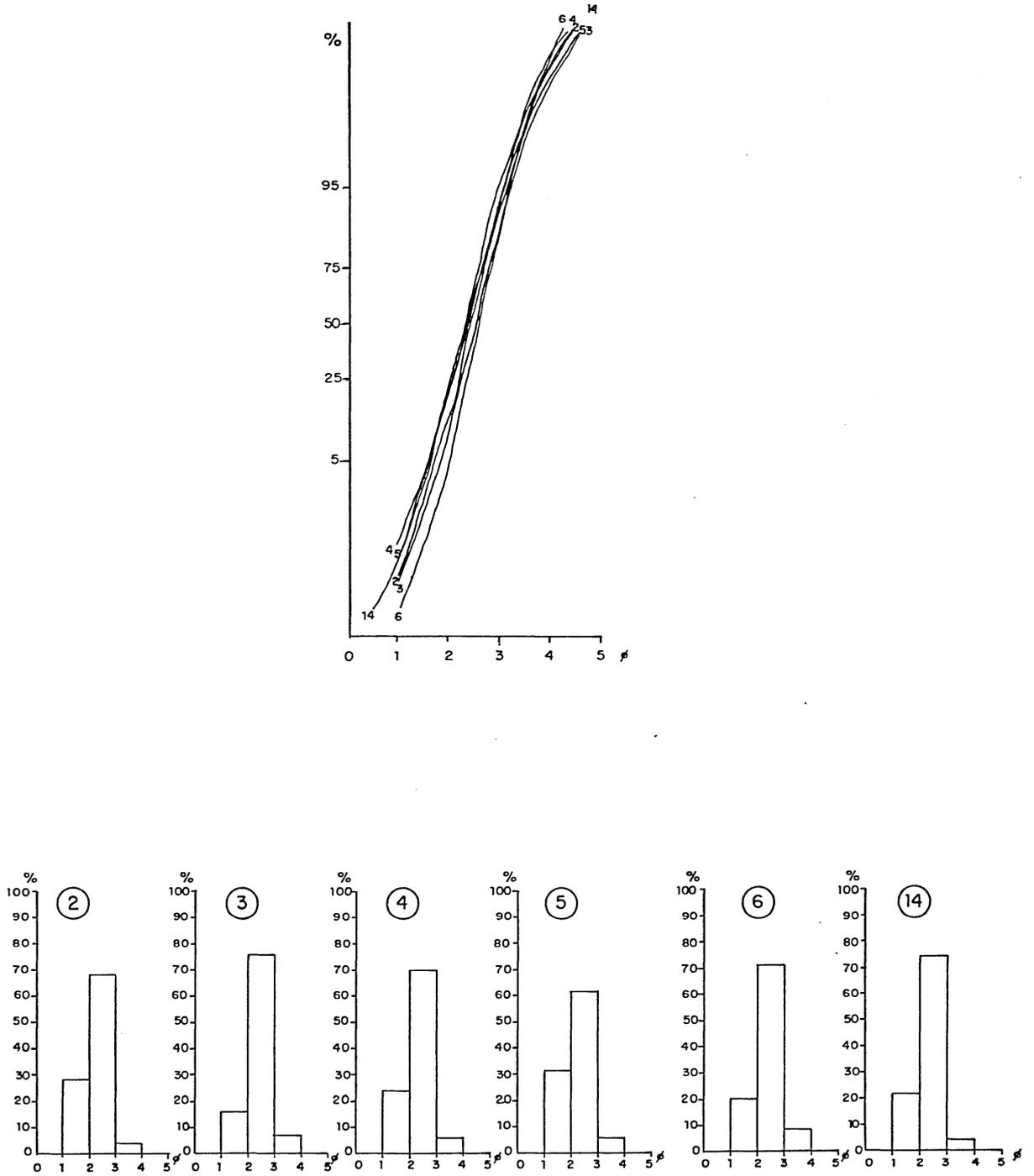


Fig. 14 - Histogramas e curvas de frequência acumulada dos sedimentos superficiais do fundo da margem oeste e parte do centro da Lagoa das Custódias

curtose (KG'), com variação entre 0,47 e 0,51, revela valores mesocúrticos.

#### Fácies de areia fina a muito fina

A fácies de areia fina a muito fina distribui-se ao longo do setor oriental, pelo centro e pelas proximidades das desembocaduras norte e sul da lagoa. Esta fácies constitui-se, predominantemente, por areias quartzosas, com a presença de minerais pesados nas frações menores. Apresentam fragmentos de tecidos vegetais.

A análise morfométrica, de acordo com KRUMBEIN (1941), revela grãos subarredondados a arredondados. A esfericidade das partículas, conforme RITTENHOUSE (1943), se mostra de boa a muito boa e, segundo a textura superficial de BIGARELLA et alii (1955), predomina o mamelonado polido. Igualmente, este sedimento se mostra bem retrabalhado.

Os gráficos de frequência simples e as curvas de frequência acumuladas representativos desta fácies podem ser observados nas Figuras 15 e 16.

As propriedades granulométricas evidenciam um tamanho mediano ( $M_d$ ), que varia de 2,63 a 2,95 $\phi$ , e um tamanho médio ( $M_z$ ) em torno de 2,75 $\phi$ . O desvio-padrão ( $\sigma_I$ ), com valores de 0,54 a 2,00, confere a estes sedimentos uma classificação de moderada a pobre. A assimetria ( $SK_I$ ), oscilando entre 0,12 e 0,75, mostra-se completamente positiva, e a curtose (KG'), sendo

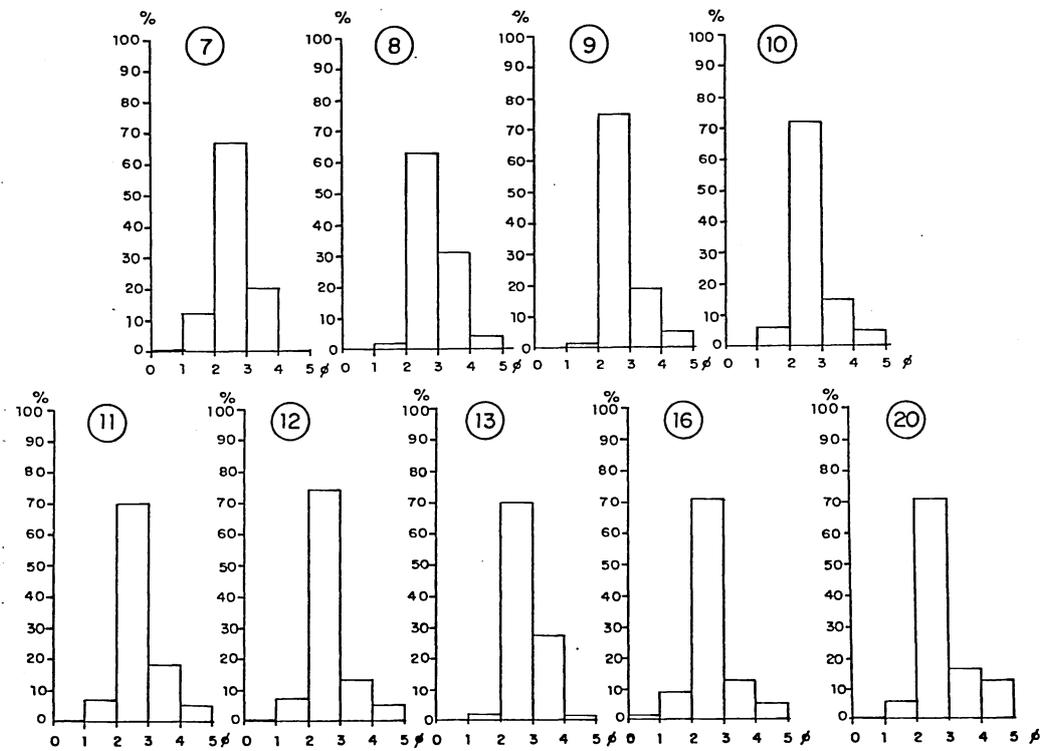
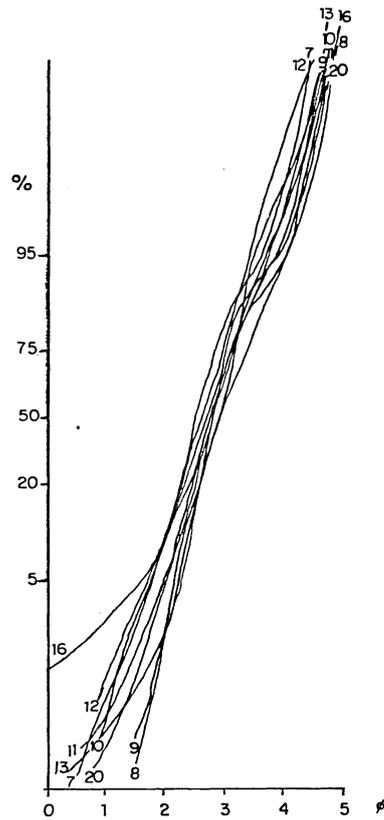


Fig. 15 - Histogramas e curvas acumuladas dos sedimentos superficiais do fundo das margens sul e leste da Lagoa das Custódias

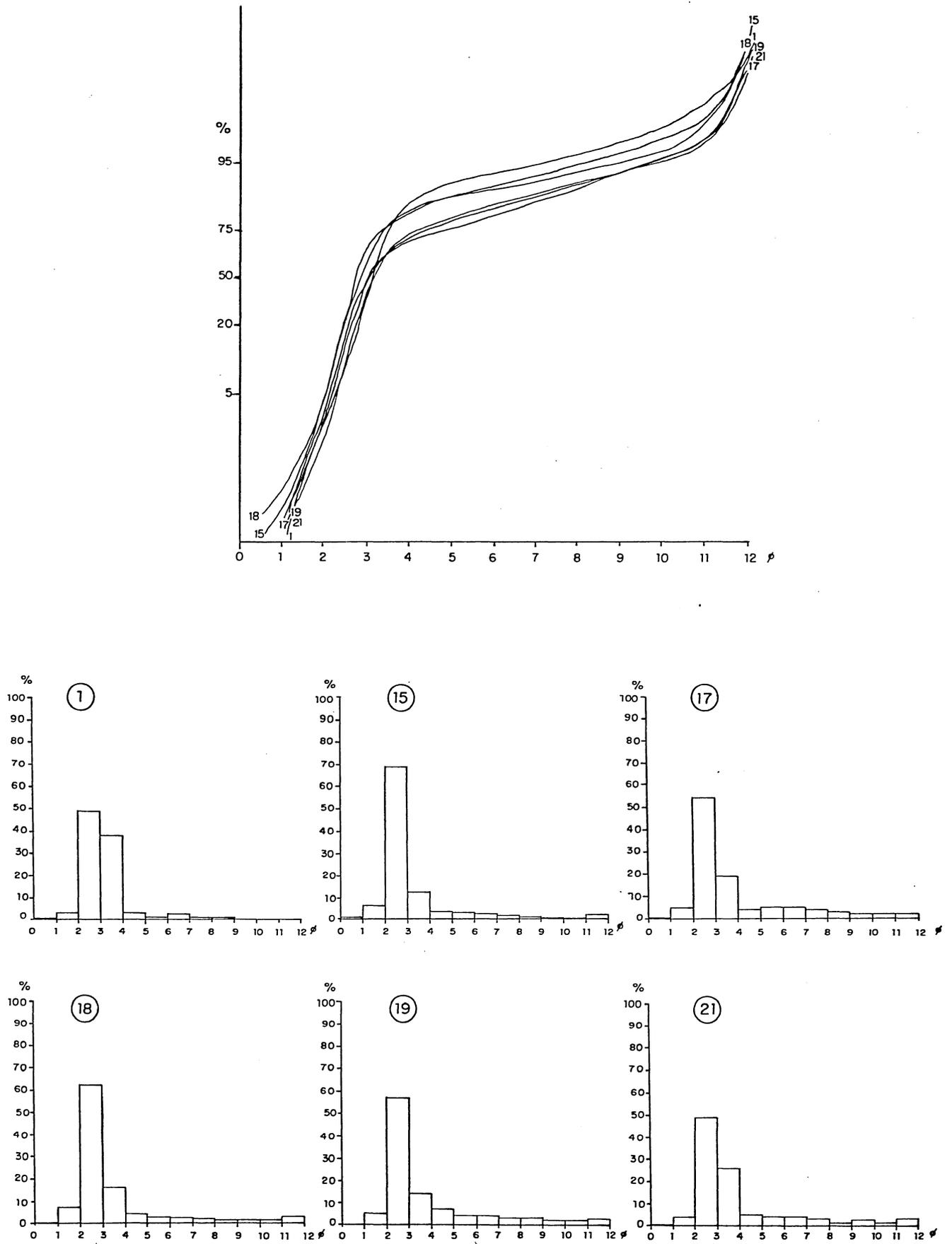


Fig.16 - Histogramas e curvas acumuladas dos sedimentos superficiais do fundo da margem norte e centro da Lagoa das Custódias

superior a 0,52, revela valores leptocúrticos.

#### Comportamento e tendências das fácies texturais

Na tentativa de verificar o comportamento dos parâmetros de tamanho nas duas fácies texturais identificadas, foram construídos diagramas dispersos, conforme mostra a Figura 17.

O diagrama disperso baseado no tamanho médio ( $Mz$ ) e desvio-padrão ( $\sigma_I$ ) mostra a fácies de areia fina a média concentrada no intervalo 2,20 a 2,40 $\phi$ , com uma classificação boa para estes sedimentos. A fácies de areia fina a muito fina se distribui de modo disperso, sendo que, à medida que aumenta o diâmetro médio do grão, o material passa a apresentar uma classificação de moderada a pobre.

O diagrama disperso do tamanho médio ( $Mz$ ) e da assimetria ( $SK_I$ ) mostra que a fácies de areia fina a média se concentra simetricamente no tamanho médio de 2,20 a 2,40 $\phi$ . Enquanto a fácies de areia fina a muito fina apresenta uma assimetria crescente de positiva a muito positiva, na medida em que aumenta o tamanho médio do sedimento.

O diagrama disperso da assimetria ( $SK_I$ ) e desvio-padrão ( $\sigma_I$ ) concentra a fácies de areia fina a média no intervalo simétrico e com pequena variação no desvio-padrão. A fácies de areia fina a muito fina se apresenta de modo disperso, variando de assimetria positiva a muito positiva, à medida que

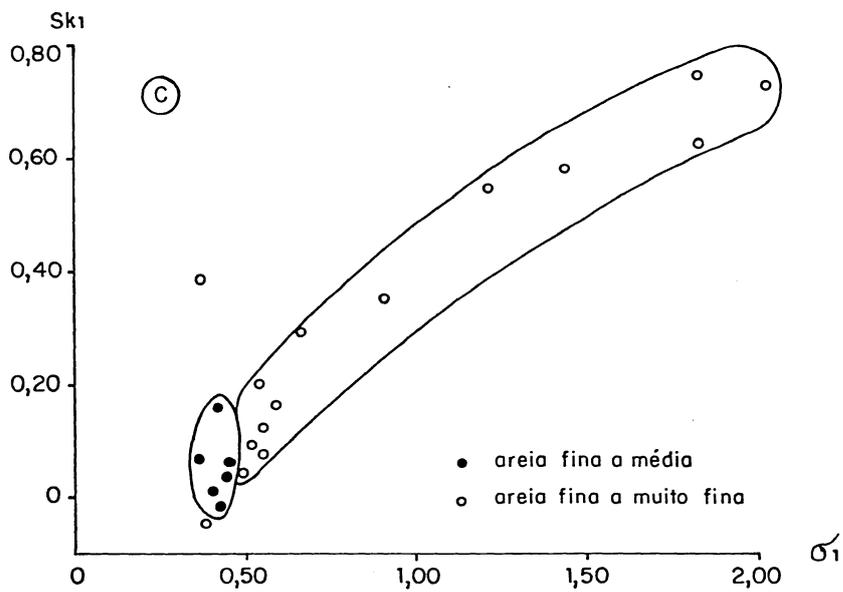
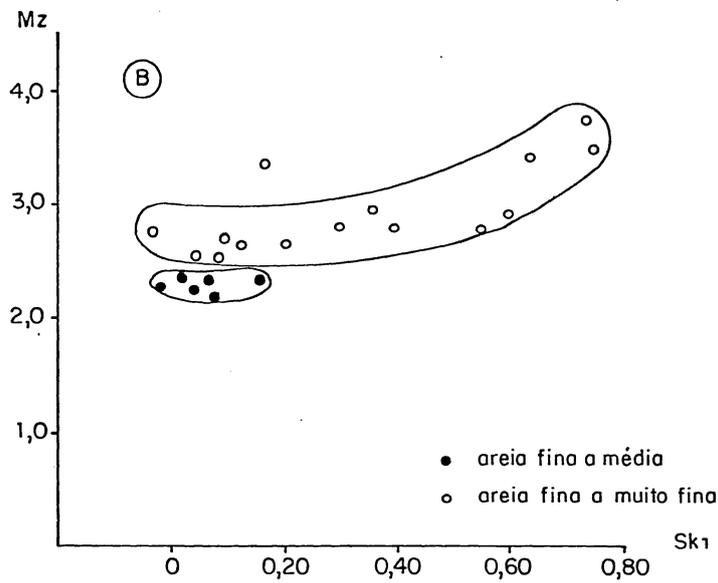
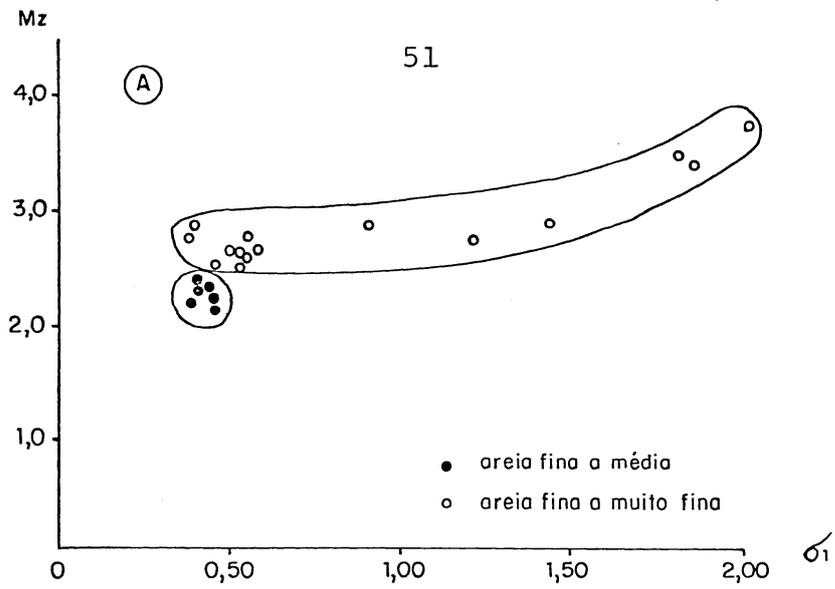


Fig. 17 - Diagramas dispersos representativos dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias: A- média aritmética/desvio-padrão; B- média aritmética/assimetria; C- assimetria/desvio-padrão

o desvio-padrão oscila entre uma classificação moderada a pobre.

De modo geral, o que se constata é a existência de duas populações distintas de sedimentos, dentro do ambiente lacustre em estudo. As duas fácies texturais identificadas na Lagoa das Custódias parecem estar submetidas à mesma dinâmica ambiental, sendo que as diferenças quanto à distribuição dos sedimentos se devem à própria dinâmica do regime sedimentar em que se encontra o corpo lacustre. Portanto, convém ressaltar as conclusões de VILLWOCK (1977), de que os parâmetros texturais são bons indicadores das variações de energia de um ambiente.

A distribuição da fácies de areia fina a média, pelo setor ocidental e da fácies de areia fina a muito fina, pelo setor oriental, revelam que a hidrodinâmica da lagoa está favorecendo a erosão ao longo da margem oeste e a progradação ao longo da margem leste.

Os processos erosivos presentes na margem oeste podem ser facilmente identificados, observando-se a morfologia da lagoa através da Figura 18, que mostra uma retilinização da costa. Do mesmo modo, os processos de progradação que estão ocorrendo ao longo da margem leste podem ser visualizados pela presença de saliências na costa, relacionando-se com o franco processo de colmatação que aí está se operando.

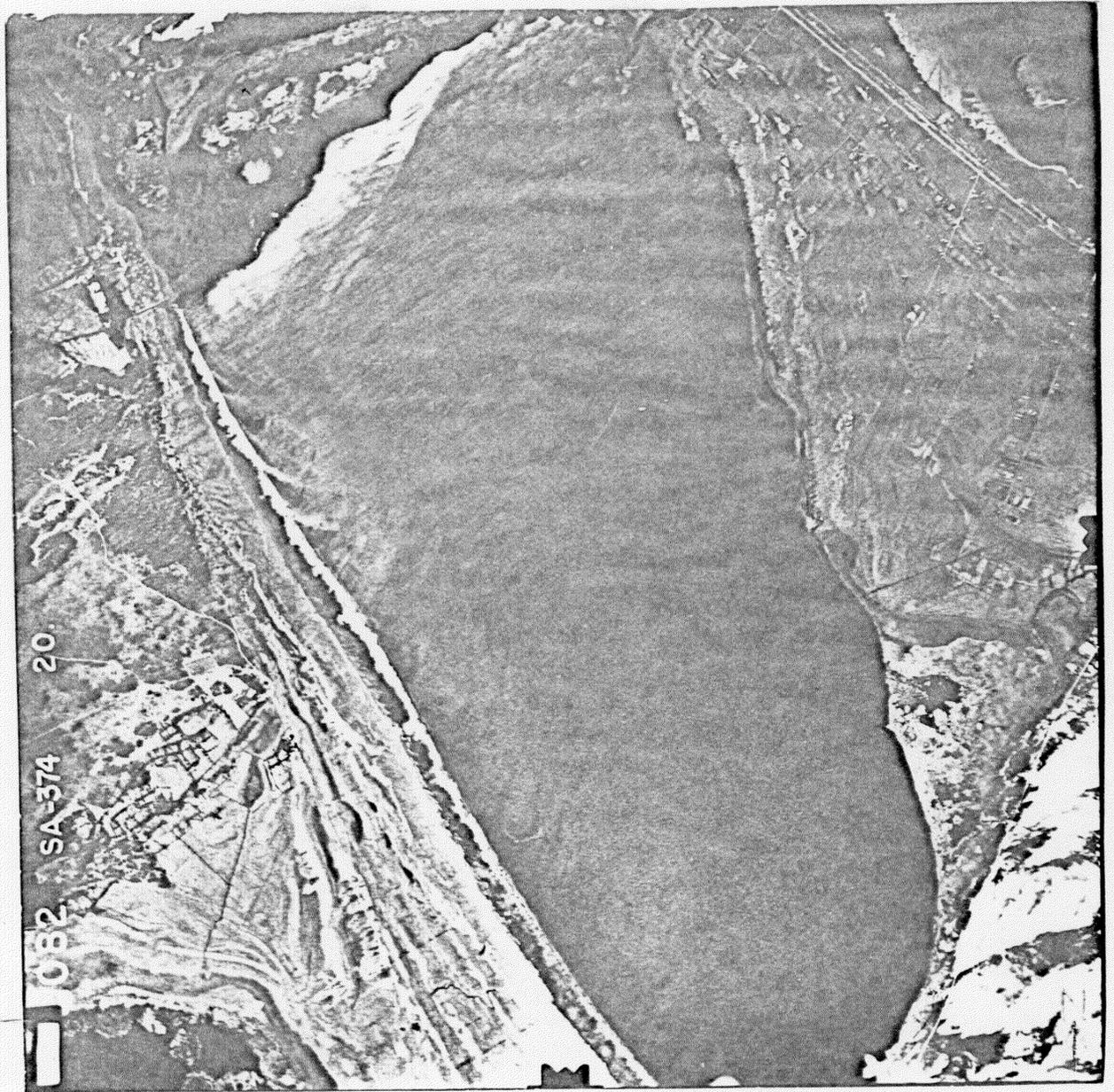


Fig. 18 - Vista aérea da Lagoa das Custódias

## MODO DE TRANSPORTE DOS SEDIMENTOS

Instrumento muito empregado em estudos sedimentológicos é o diagrama de tamanho de grão CM. O diagrama CM é utilizado principalmente para a interpretação quanto ao modo de transporte dos sedimentos em determinado ambiente.

Com base nos parâmetros estatísticos calculados para o ambiente lacustre em estudo, foi construído o diagrama CM, ou seja, com o valor do primeiro percentil e com o valor do diâmetro mediano, que são representados, respectivamente, por "C" no eixo das ordenadas e "M" no eixo das abscissas.

PASSEGA & BYRAMJEE(1969) apresentam um diagrama CM completo, que pode ser dividido em vários segmentos, conforme mostra a Figura 19. Cada um dos segmentos corresponde a um mecanismo sedimentar com características próprias. Segundo PASSEGA(1977), "C" e "M" são indicadores de turbulência de fundo, durante a deposição dos sedimentos.

O diagrama CM construído para informar o modo deposicional da Lagoa das Custódias abrange o segmento QR, conforme mostra a Figura 20.

Os sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias representados no diagrama se concentram entre 250 e 450 em "C", e entre 120 e 220 em "M", ou seja, no segmento QR, que representa depósitos formados por suspensão gradacional.

De acordo com PASSEGA(1977), a estreita relação entre "C" e "M", no segmento QR, é evidenciada pela precisão no

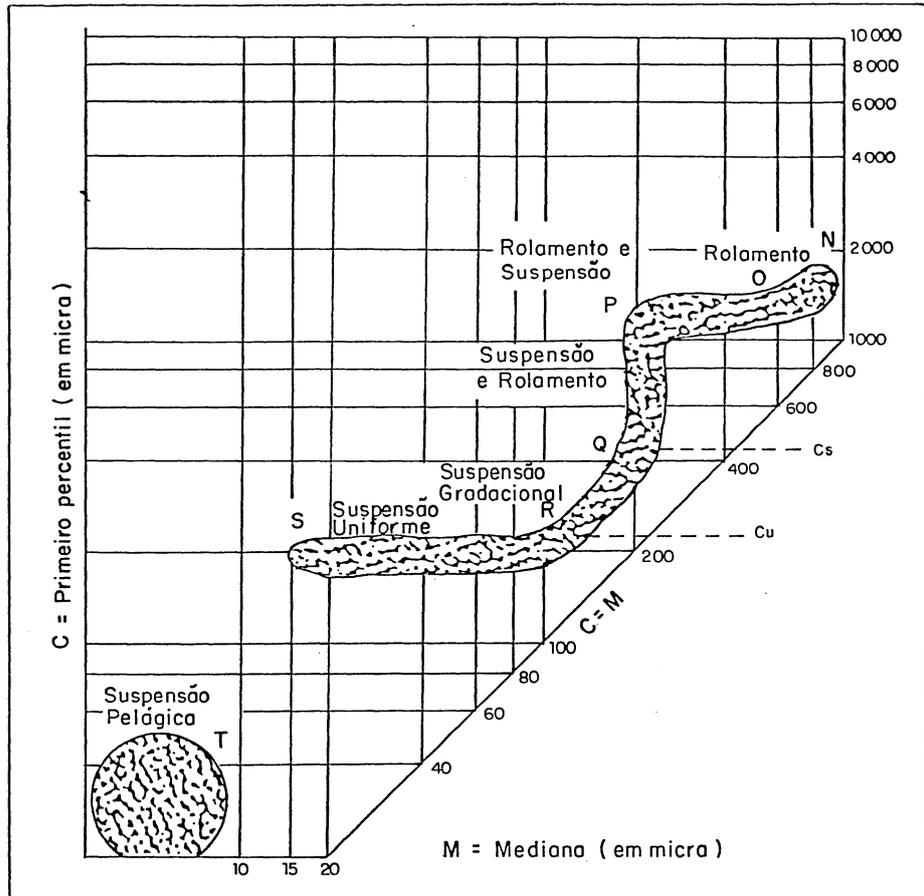


Fig. 19 - Diagrama CM (Segundo PASSEGA & BYRAMJEE, 1969)

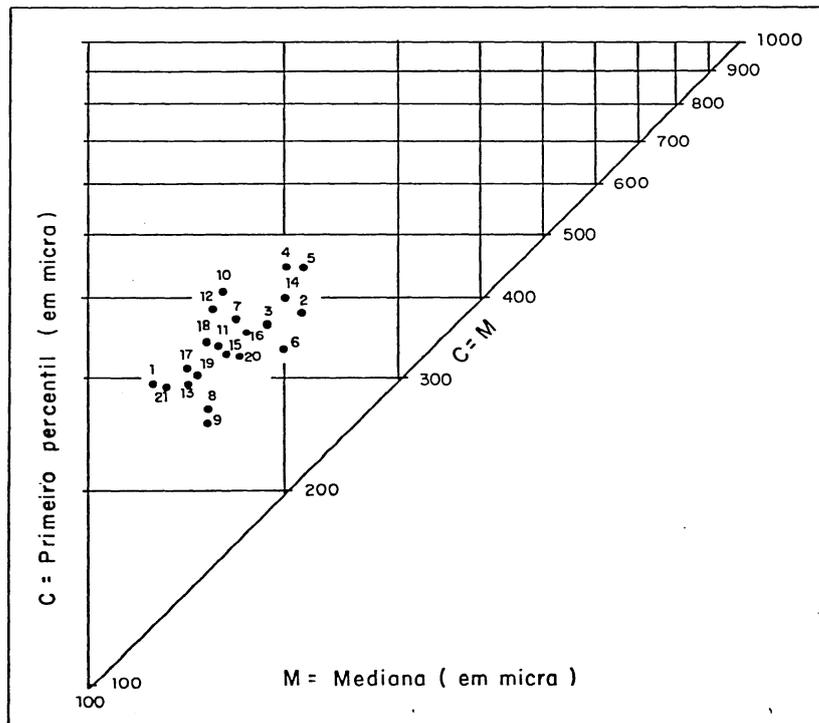


Fig. 20 - Diagrama CM dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias

controle da sedimentação pela turbulência de fundo, onde somente partículas mais grosseiras podem assentar.

Assim, o diagrama CM pode explicar a ausência quase que total de silte e argila nos depósitos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias.

## 5 SEDIMENTAÇÃO DA LAGOA DAS CUSTÓDIAS

Em corpos d'água localizados muito próximos do litoral, tais como a Lagoa das Custódias e Laguna de Tramandaí, constata-se um elevado aporte sedimentar. Sendo estas feições efêmeras e em franco processo de colmatção, torna-se importante considerar a taxa de sedimentação atual.

Com a finalidade de calcular a taxa de sedimentação a que está submetida a Laguna de Tramandaí, foi realizado um trabalho, ainda inédito, por intermédio do Convênio CECO-UFRGS, e Departamento de Oceanografia da Universidade da Flórida. Para tanto, o Professor Doutor William Burnet providenciou a análise de um testemunho coletado nas proximidades do centro da laguna, pelo método radioquímico de espectrometria dos raios gama da série não-destrutiva do  $U^{238}$ ,  $Ra^{226}$ ,  $Pb^{210}$  e  $Cs^{137}$ .

O método  $Pb^{210}$  já foi aplicado por GALICKI (1977), IVANOVICH & HARM (1982), KOIDE et alii (1972) e PETIT (1974) entre outros, para medir a taxa de sedimentação em lagos, lagoas, estuários e sedimentos marinhos costeiros.

O  $\text{Pb}^{210}$  é um elemento químico que existe na atmosfera a partir do decaimento do  $\text{Rn}^{222}$  e é removido para os corpos d'água pela chuva. Dentro dos corpos d'água o  $\text{Pb}^{210}$  se origina pelo decaimento do  $\text{Ra}^{226}$ . Quando dentro dos corpos d'água, este elemento pode levar até dois anos para ser incorporado ao sedimento.

A atividade do  $\text{Pb}^{210}$  a uma determinada profundidade abaixo da interface sedimento-água, está relacionada com o tempo decorrido desde a deposição, ou seja, a atividade diminui com a profundidade em que se encontra o sedimento. Assim, a taxa de sedimentação e a idade dos diferentes horizontes, em um testemunho, podem ser encontrados a partir da medida da atividade do  $\text{Pb}^{210}$ .

Os resultados alcançados no cálculo da taxa de sedimentação da Laguna de Tramandaí revelam um índice de 3,1mm ao ano, sendo que este dado pode ser perfeitamente empregado na Lagoa das Custódias e em outros corpos d'água próximos.

Uma taxa de sedimentação de 3,1mm/ano, em uma lagoa de reduzidas dimensões, passa a ser o principal mecanismo responsável pelo modelo sedimentar.

Estes dados evidenciam que a vida útil da Lagoa das Custódias está ameaçada pela colmatação acelerada. Se a taxa permanecer a mesma, a colmatação total provável da lagoa e de outros corpos d'água próximos se efetivará em pouco mais de 600 anos.

Utilizando o método  $Pb^{210}$ , GALICKI (1977) constatou que, no setor sul do Lago Jackson, na Flórida, a taxa de sedimentação, que era aproximadamente constante, aumentou consideravelmente nos últimos 100 anos, em função do desenvolvimento urbano próximo ao lago.

Desta forma, considerando que a ação antrópica acelerou a erosão do solo e acarreta no aumento da taxa de sedimentação, e que a urbanização está se expandindo vertiginosamente na área, é provável que, em menos de 500 anos, o espaço ocupado hoje pela Lagoa e pelas outras lagoas e lagunas próximas fique totalmente modificado.

## 6 DISCUSSÕES E CONCLUSÕES

Os lagos costeiros e as lagunas são as feições mais conspícuas do Domínio Costeiro do Rio Grande do Sul.

A partir dos resultados do presente estudo, podem-se traçar características distintas para os ambientes sedimentares lacustre-costeiro e lagunar.

Ao tratar da distribuição de ostracodes em 27 corpos d'água do sistema lagunar de Tramandaí-RS, WÜRDIG (1984) individualiza quatro subsistemas, segundo parâmetros morfométricos, físico-químicos e biológicos. O autor identifica espécies diferenciadas de ostracodes no subsistema das lagunas do Armazém e Tramandaí, e no Subsistema a que pertence a Lagoa das Custódias.

Estudando a distribuição de macrófitos aquáticos nos corpos d'água costeiros do Rio Grande do Sul, SCHAWARZBOLD (1982) identifica a ocorrência de espécies distintas nas lagunas do Armazém e Tramandaí e na Lagoa das Custódias, onde estão controladas quase que exclusivamente pelo fator salinidade.

Deste modo, o que se constata é uma diferença marcante nas associações florísticas e faunísticas das lagunas de Tramandaí, do Armazém e da Lagoa das Custódias.

Com relação aos aspectos sedimentológicos, a Lagoa das Custódias apresenta as mesmas características do modelo proposto por REINECK & SING (1980) para um ambiente lacustre, em que partículas mais grosseiras ao longo das margens gradam para partículas mais finas no centro.

Os fatos de a fonte de suprimento de material ser predominantemente eólica e o processo deposicional se verificar por suspensão gradacional justificam o tamanho médio dos sedimentos superficiais do fundo da Lagoa das Custódias nos intervalos de areia fina e areia muito fina.

A análise dos parâmetros estatísticos revela a ocorrência de duas populações distintas de sedimentos superficiais de fundo, representadas por duas fácies texturais: uma, de areia fina a média, localizada no setor ocidental da lagoa; e outra, de areia fina a muito fina, localizada no setor oriental e partes centrais da lagoa.

A distribuição das fácies texturais está relacionada com os processos de erosão ao longo da margem oeste, e com os processos de deposição ao longo da margem leste.

A taxa de sedimentação de 3,1mm/ano evidencia o elevado aporte de material sedimentar no corpo lacustre.

Assim, a Lagoa das Custódias apresenta os aspectos

morfológicos, biológicos e sedimentológicos de um lago costeiro.

Utilizando a classificação para lagos proposta por KUKAL(1971), a Lagoa das Custódias se enquadra na categoria dos lagos distróficos, que apresentam as seguintes propriedades:

- são pequenos e rasos, evoluindo para pântanos;
- a coloração da água é marrom;
- a composição química mostra ser pobre em carbonatos e rica em húmus;
- o oxigênio é frequentemente ausente, formando um ambiente redutor;
- são pobres em bentos, com ausência de pelecípodas;
- a sedimentação mais fina se restringe ao centro do corpo lacustre.

Desta forma, apresentando todas as características de um lago distrófico, a Lagoa das Custódias é uma feição efêmera que está evoluindo rapidamente para a colmatação total.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AB'SABER, A. 1977. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quartenários. *Paleoclimas*, USP, São Paulo, 3:1-15.
- ALVAREZ, J.A.; MARTINS, I.R. & MARTINS, L.R. 1981. Estudo da Lagoa dos Patos. *Pesquisa*, UFRGS, Porto Alegre, 14:41-66.
- BAYLEY, H.P. 1976. Coastal climates in global perspective. In: H.J. WALKER, ed.: *Geoscience and man; coastal research*. Baton Rouge, Louisiana State University School of Geoscience. v. 15, p.65-72.
- BERTRAND, G. 1971. Paisagem e geografia física global - esboço metodológico. *Cadernos de Ciência da Terra*, Instituto de Geociências, USP, São Paulo, 13:1-27.
- BIGARELLA, J.J. 1971. Variações climáticas no Quartenário Superior do Brasil e sua datação radiométrica pelo método do carbono 14. *Paleoclimas*, USP, São Paulo, 1:1-22.
- BIGARELLA, J.J. & ANDRADE, G.O. 1965. Contribution to the study of the Brazilian Quaternary. *Geological Society of America. Special Papers*, 84:433-51.
- BIGARELLA, J.J.; HARTKOPF, C.C.; SOBANSKI, M.; TREVISAN, N. 1955. Textura superficial dos grãos em areias e arenitos

(Contribuição à metodologia). *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, Curitiba, 10:253-75.

BIGARELLA, J.J.; ANDRADE-LIMA, D.; RIEHS, P.J. 1975. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE O QUATERNÁRIO. *Suplemento dos Anais da Academia Brasileira de Ciências*, Curitiba-Porto Alegre, 47, p.411-64.

DELANEY, P.J.V. 1960a. Lagoas cordiformes do Rio Grande do Sul - Brasil. *Boletim da Escola de Geologia*, UFRGS, Porto Alegre, 3:1-24.

\_\_\_\_\_. 1960b. A Planície Costeira e o sistema lagunar do Rio Grande do Sul. *Notícia Geomorfológica*, Universidade Católica de Campinas, São Paulo, 6/7:5-11.

\_\_\_\_\_. 1963. *Quaternary geology history of the Coastal Plain of R.G.S.* Louisiana State University Studies, Coastal Studies, n.7, 62p.

\_\_\_\_\_. 1965. Fisiografia e geologia de superfície da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação especial da Escola de Geologia*, UFRGS, Porto Alegre, 6:1-105.

\_\_\_\_\_. 1966. *Geology and geomorphology of the Coastal Plain of Rio Grande do Sul, Brazil and northern Uruguay.* Baton Rouge, Louisiana State University. South American Coastal Studies Technical Report. n.18, 58p.

FIGUEIREDO, C. 1922. *Novo dicionário da língua portuguesa.* Lisboa. Editora Portugal-Brasil, v.2.

FOLK, R.L. & WARD, W.C. 1957. Brazos river bay: a study in the signification of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 27(1):3-26.

- GALICKI, A.M. 1977. *An application of the Lead-210 geochronological method in cores from Lake Jackson, Leon County, Flórida*. College of arts and Sciences. Flórida, State University. 133p.
- GODOLPHIN, M.F. 1976. *Geologia do Holoceno costeiro do município de Rio Grande - RS*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, 146p. Dissertação de Mestrado.
- HERBICH, J.B. & HANEY, J.P. 1982. Lakes, coastal engineering. In: SCHWARTZ, M.L. ed.: *The encyclopedia of beaches and coastal environments*. Stroudsburg, Pennsylvania. Hutchinson Ross. p.508-9.
- HORN FILHO, N.O. et alii. 1984. Folhas Três Cachoeiras e Torres e Folhas Maquiné e Arroio Teixeira. In: *Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre. CECO-UFRGS.
- IVANOVICH, M. & HARM, R.S. 1982. *U-Series disequilibrium - application to environmental problems*. Oxford University Press.
- JOST, H. 1971. *O Quaternário da Região Norte da Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, 79p. Dissertação de Mestrado.
- JOST, H.; PINTO, F.J. & LOSS, E.L. 1971. Novas informações estratigráficas sobre o Quaternário da Planície Costeira do Rio Grande do Sul - Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 25, *Anais...*, São Paulo. Sociedade Brasileira de Geologia. v.1, p.49-52.
- JOST, H. & SOLIANI, Jr., E. 1976. *Plano Integrado para o desenvolvimento do Litoral Norte do Rio Grande do Sul: Ade-*

- quações de uso do solo. Mapeamento geológico e geomorfológico. Porto Alegre, Fundação de Economia e Estatística do Governo do Estado do Rio Grande do Sul, 121p.
- KOIDE, M.; SOUTAR, A. & GOLDBERG, E. 1972. Marine geochronology with Pb<sup>210</sup>. *Earth and Planetary Science Letters*. North - Holland Publishing Company. Amsterdam, 14:442-6.
- KRUMBEIN, W.C. 1941. Measurements and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, 11(2):64-72.
- KRUMBEIN, W.C. & PETTIJOHN, F.G. 1938. *Manual of sedimentary petrography*. New York, Appleton Century Crofts Inc. 549p.
- KUKAL, Z. 1971. *Geology of recent sediments*. Academic Press, Londres e Nova Iorque, 490p.
- MACHADO, F.P. 1950. *Contribuição ao estudo do clima do Rio Grande do Sul*. IBGE. Rio de Janeiro.
- MAILHE, A.R. 1972. Terminologia relacionada con la geomorfologia litoral y submarina. *Museo Argentino de Ciencias Naturales "Bernadino Rivadavia"*. Buenos Aires. 112p.
- MARTIN, L.; MÖRNER, N.A.; FLEXOR, J.M. & SUGUIU, K. 1982. Reconstrução de antigos níveis marinhos do Quaternário. *Publicação Especial da Comissão Técnico-Científica do Quaternário*. Sociedade Brasileira de Geologia, São Paulo, 154p.
- MARTINS, L.R. 1963. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos I - Sacos do Rincão e da Medanha. *Boletim da Escola de Geologia*, UFRGS, Porto Alegre, 13:1-43.
- \_\_\_\_\_. 1966. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos II - Sacos do Arraial, Umbu e Mangueira. *Notas e Estudos da Escola de Geologia*, UFRGS, Porto Alegre, 1(1):27-44.

- \_\_\_\_\_. 1967. Aspectos texturais e deposicionais dos sedimentos praias e eólicos da Planície Costeira do Rio Grande do Sul. *Publicação Especial da Escola de Geologia, UFRGS, Porto Alegre*, 13:1.102.
- MARTINS, L.R. & GAMERMANN, N. 1967. Contribuição à sedimentologia da Lagoa dos Patos III - Granulometria da parte norte e média. *Iheringia*, Porto Alegre, 1:77-86.
- MARTINS, L.R. & MARTINS, I.R. 1974. Propriedades texturais dos sedimentos litorâneos de Santa Catarina III - Trecho Laguna - Araranguá. *Pesquisas*, Porto Alegre, 3(1):17-34.
- MARTINS, L.R.; URIEN, C.M. & MARTINS, I.R. 1983. Evolução paleogeográfica da Plataforma Continental do Rio Grande do Sul. In: I SIMPÓSIO SUL-BRASILEIRO DE GEOLOGIA, *Atas....*, Porto Alegre, p.409.
- MONTEIRO, C.A.F. 1963. O clima. In: *Grande Região Sul-Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE, v.4, p.117-69.
- MOREIRA, A.A.N. & LIMA, G.R. 1977. Relevo. In: *Região Sul-Geografia do Brasil*. Rio de Janeiro, IBGE. v.5, p.1-34.
- MORENO, J.A. 1961. *Clima do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Secretaria da Agricultura, 42p.
- ORNELLAS, L.P. 1981. *Os ostracodes e seu significado na interpretação de eventos cenozóicos, na Bacia de Pelotas, RS. Transgressões, regressões, paleoecologia e bioestratigrafia*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, 197p. Tese Doutorado.
- PASSEGA, R. 1977. Significance of CM diagrams of sediments deposited by suspensions. *Sedimentology*. 24:723-33.
- PASSEGA, R. & BYRAMJEE, R. 1969. Grain size image of clastic

deposits. *Sedimentology*, 13:233-52.

PETIT, D. 1974. Pb<sup>210</sup> e os isotopos stables du Plombs dans des sediments Lacustres. *Earth and Planetary Science Letters*, North-Holland Publishing Company. Amsterdam, 23:199-205.

PHLEGER, F.B. 1981. A review of some general features of coastal lagoons. Coastal lagoon research, present and future. *Unesco Technical Papers in Marine Science*. Beaufort, NC. UNESCO - IABO. 70p.

PICKETT, T.E. 1982. Lagoonal sedimentation. In: SCHWARTZ, M.L. ed.: *The encyclopedia of beaches and coastal environments*. Stroudsburg, Pennsylvania. Hutchinson Ross. p.505.

REINECK, H.E. & SING, I.B. 1980. *Depositional sedimentary environments*. Springer/Verlag, New York. Heidelberg e Berlim. 439p.

RITTENHOUSE, G. 1943. A visual method of estimating two-dimensional sphericity. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, 13:79-81.

SCHNEIDER, P. 1977. *Gênese e classificação de alguns solos da Planície Costeira - RS*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Agronomia, 94p. Dissertação de Mestrado.

SCHWARTZ, M.L. 1982. Geographic terminology. In: ed.: *The encyclopedia of beaches and coastal environments*. Stroudsburg, Pennsylvania. Hutchinson Ross. p.442-5.

SCHWARZBOLD, A. 1981. *A influência da morfologia no Balanço de substâncias e na distribuição de macrófitos aquáticos nas lagoas costeiras do RS*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Ecologia, UFRGS, 95p. Dissertação de Mestrado.

SCHEPARD, F.P. 1954. Nomenclature based on sand - silt - clay

- rations. *Journal of Sedimentary Petrology*. Tulsa, Okla, 24: 151-8.
- SOLIANI Jr., E. 1973. *Geologia da Região de Santa Vitória do Palmar, RS e a posição estratigráfica dos fósseis mamíferos pleistocênicos*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS, 88p. Dissertação de Mestrado.
- SUGUIU, K. 1973. *Introdução à sedimentologia*. Editora Edgard Blücher/EDUSP. 317p.
- TOMAZELLI, L.J. et alii. 1984. Folhas Osório e Tramandaí. In: *Atlas geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CECO - UFRGS.
- VILLWOCK, J.A. 1972. *Contribuição à geologia do Holoceno da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS. 113p. Dissertação de Mestrado.
- \_\_\_\_\_. 1977. *Aspectos da sedimentação da região nordeste da Lagoa dos Patos*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências. UFRGS, 189p. Tese de Doutorado.
- \_\_\_\_\_. 1984. Geology of the Coastal Province of Rio Grande do Sul, southern Brazil: A synthesis. *Pesquisas, UFRGS*, 16:5-49.
- VILLWOCK, J.A. et alii. 1984. Folhas Rancho Velho e Cidreira. In: *Atlas Geológico da Província Costeira do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, CECO-UFRGS.
- WENTWORTH, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*. Chicago, 30:377-92.
- WÜRDIG, N.L. 1984. *Ostracodes do Sistema Lagunar de Tramandaí, RS - Brasil - Sistemática, ecologia e subsídios à paleoecologia*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências,

UFRGS, Tese de Doutorado.

ZELTZER, F. 1976. *Geologia e paleogeografia da restinga da Laguna dos Patos - RS*. Porto Alegre, Curso de Pós-Graduação em Geociências, UFRGS, 118p. Dissertação de Mestrado.

ZENKOWICH, V.P. 1967. *Process of coastal development*. London, Oliver & Boyd. 738p.

## 8 BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- AB'SABER, A.N. 1973. Organização natural das paisagens inter e subtropicais brasileiras. *Geomorfologia*, USP, São Paulo, 41:1-39.
- ANOROW, S. 1982. Lakes, coastal morphology. In: SCHWARTZ, M.L. ed.: *The encyclopedia of beaches and coastal environments*. Stroudsburg, Pennsylvania. Hutchinson Ross. p.509-13.
- BIRD, E.C.F. 1968. Coastal lagoon dynamics. In: FAIRBRIDGE, R. W., ed.: *Encyclopedia of geomorphology*. New York, Reinhold Book Corporation, p.139-44.
- JOST, H. & MARTINS, L.R. 1972. Feixes de restinga da Ilha de Santa Cararina. *Pesquisas*, UFRGS, Porto Alegre, 1:57-67.
- KAPLIN, P.A. 1982. Lagoon and lagoonal coasts. In: SCHWARTZ, M.L. ed.: *The encyclopedia of beaches and coastal environments*. Stroudsburg, Pennsylvania. Hutchinson Ross. p.504-5.
- MARTINS, L.R.; MARTINS, I.R. & TOMAZELLI, L.J. 1980. Aspectos sedimentares do Quartenário Costeiro do Rio Grande do Sul. *Notas Técnicas*, CECO, Porto Alegre, 2:7-11.
- NOGUEIRA, P.C. 1948. *As regiões fisiográficas do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Ed. Selbach, 16p.

- PAGE, H.G. 1955. Phi-millimeter conversion table. *Journal of Sedimentary Petrology*, Tulsa, Okla, 25(4):285-9.
- PHLEGER, F.B. 1969. Some general features of coastal lagoons. In: CASTAÑARES, A.A. & PHLEGER, F.B. ed.: *Lagunas costeiras, un simposio*. México, Universidad Nacional Autónoma de México. p.5-26.
- RAMBO, B. 1956. *A fisionomia do Rio Grande do Sul*. Porto Alegre, Ed. Selbach. 456p.
- STRAHLER, A.N. 1981. *Geografia física*. Barcelona, Ed. Omega. 767p.
- SUGUIU, K. 1980. *Rochas sedimentares*. São Paulo. Ed. Edgar Blücher. p.305-47.
- TRICART, J. 1977. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro. Superintendência de Recursos Naturais e Meio Ambiente, IBGE, 97p.
- \_\_\_\_\_. 1978. *A Terra, planeta vivo*. Lisboa, Ed. Presença. 195p.
- WALKER, H.J.; HSU, S.A. & MULLER, R.A. 1982. Coastal climate. In: SCHWARTZ, M.L. ed.: *The encyclopedia of beaches and coastal environments*. Stroudsburg, Pennsylvania. Hutchinson Ross. p.225-30.
- ZENKOVITCH, V.P. 1959. On the genesis of the cusped spits along lagoon shores. *Journal of Geology*, Chicago, 67(3)269-77.
- \_\_\_\_\_. 1969. Origin of Barrier beaches and lagoon coast. In: CASTAÑARES, A.A. & PHLEGER, F.B. ed.: *Lagunas costeiras, un simposio*. México, Universidad Nacional Autónoma de México. p.27-38.