UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOCIÊNCIAS

ESTUDO DA SALINIZAÇÃO NO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ NO TRECHO BELÉM-MOSQUEIRO

Tese Apresentada por

CLEISE ALVES CORDEIRO

como requisito parcial à obtenção do grau em

MESTRE EM CIÊNCIAS

Na área de

GEOQUÍMICA

Conferido pelo Curso de Pós-Graduação em

Geociências da

Universidade Federal do Pará

Aprovado: 04 de agosto de 1987

Comitê de Tese

NORBERT FENZL (ORIENTADOR)

WATERLOO NAPOLEÃO DE LIMA

Antonio Carlos Tancredi

ANTONIO CARLOS N.S. TANCREDI

DEDICATÓRIA

À Roberto
Joana
meus pais,
Ernesto
amigo
companheiro.

AGRADECIMENTO

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Comissão Interministerial para Recursos do Mar, através de sua Secretaria - SECIRM, pelo suporte financeiro dado à execução deste trabalho. Do mesmo modo à CAPES pela concessão da bolsa de mestrado.

Ao Centro de Geociências da UFPA, pelo apoio material e de seus recursos humanos, em especial ao Prof. Dr. Norbert Fenzl, o orientador desta pesquisa e o principal colaborador na proposição das linhas gerais do trabalho de tese.

Ao Prof. Dr. Waterloo Napoleão de Lima pelos questionamentos, discussões e sugestões nas interpretações dos dados.

Ao Prof. Dr. Werner Truckenbrodt pelas críticas e sugestões nos trabalhos mineralógicos.

Ao Prof. Dr. Paulo Sucasas Jr pelo apoio nos trabalhos de campo e otimização das técnicas de coleta de amostras.

Ao colega Roberto Vizeu pelas discussões a nível técnico, que foram muito proveitosas para as conclusões aqui tiradas.

Aos técnicos do Centro de Geociências, em especial ao Afonso Lima, que apesar das dificuldades materiais existentes, muito colaboraram nos trabalhos no laboratório e no campo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram com seu estímulo e ensinamentos na execução deste trabalho e na composição do texto desta tese.

S U M Á R I O

Pág.

DEDICATÓRIA i

AGRADECIMENTOS ii

LISTA DE ILUSTRAÇÕES v

RESUMO 01

ABSTRACT 02

1 INTRODUÇÃO 03

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA 05

2.1 Localização 05

2.2 Clima 05

2.3 Vegetação 08

2.4 Geologia Regional 08

2.5 Aspectos Geomorfológicos 14

2.6 Hidrografia 15

3 MÉTODOS DE TRABALHO 18

3.1 Técncias de Campo 18

3.2 Técnicas de Laboratório 20

3.2.1 Medidas Físico-Químicas e Análises Químicas das Amostras de Água 21

3.2.2 Sedimentos em Suspensão 22

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO 27

4.1 Considerações Gerais 27

4.2 Hidroquímica/Geoquímica das Águas 28

4.2.1 pH 28

4.2.2 Temperatura 28

4.2.3 Oxigênio Dissolvido 30

4.2.4 Condutividade Elétrica 31

4.2.5 Salinidade 31

4.2.6 Ânions e Cátions 33

4.2.7 Relações Iônicas 45

4.2.7.1 Mg/Ca 45

4.2.7.2 Cl/HCO3 45

4.2.7.3 Cl/SO4 52

4.2.7.4 K/Na 52

4.3 Sedimentos em Suspensão 52

4.3.1 Considerações 52
4.3.2 Mineralogia/Geoquímica dos Sedimentos 61
4.3.3 Material em Suspensão e Salinidade 63
4.3.4 Troca Iônica 70
4.3.5 Relações Iônicas 76
5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO 81
6 CONCLUSÃO 85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS 87
ANEXOS 92

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURAS

1	Mapa de localização da área estudada	06
2	Variações Climáticas na área estudada	07
3	Esboço Estrutural da Bacia Sedimentar da Foz do Rio Amazonas	10
4	Coluna Estratigráfica da Faixa Sedimentar da Foz do Rio Amazonas	11
5	Mapa Hidrogeológico do Estuário do rio Pará	19
6	Distribuição Superficial da salinidade em partes por mil na vazante e enchente do Rio Amazonas, segundo Diegues (1979)	29
7	Variação Sazonal de Oxigênio Dissolvido nas amostras de água nas três estações estudadas	32
8	Variação Sazonal da Condutividade elétrica e Salinidade nas amostras de água nas três estações estudadas	34
9	Carta de Calibração Salinidade (‰) - Condutividade, segundo YSI (1983)	35
10	Variação Sazonal das Relações Iônicas nas amostras de água nas três estações estudadas	51
11	Difratograma para identificação dos principais argilominerais em suspensão nas águas do estuário do rio Pará	61
12	Variação Sazonal do Percentual de Carbono Orgânico nos sedimentos em suspensão, nas três estações estudadas	62
13	Variação Sazonal da Concentração dos Sedimentos em Suspensão e Salinidade na estofa de baixa-mar	

e premar nas três estações estudadas 70

14 Variação Sazonal dos Cátions Trocáveis nas amostras de água nas três estações estudadas 72

15 Variação Percentual dos argilominerais em suspensão nas três estações estudadas 75

16 Variação Sazonal da Capacidade de Troca de Cátions nas amostras de água nas três estações estudadas 78

17 Variação Sazonal das Relações Iônicas nos sedimentos em suspensão nas amostras de água nas três estações estudadas .....

TABELAS

1 Métodos e Equipamentos empregados nos diferentes procedimentos em laboratório para análises de água 25

2 Métodos, Equipamentos e Reagentes químicos empregado nos diferentes procedimentos em laboratório para análise de sedimentos em suspensão .. 26

3 Resultados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de março 36

4 Resultados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de maio 37

5 Resutlados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de agosto 38

6 Resultados de análises Físico-Químicas das amos-

tras de água nas três estações estudadas do mês de novembro 39
7 Resultados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de janeiro 40
8 Resultados das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de março 46
9 Resultados das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de maio. 47
10 Resultados das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de agosto 48
11 Resultados das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de novembro 49
12 Resultados das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de janeiro 50
13 Relações iônicas características da água do Rio e do Mar 53
14 Composição Química da água do Rio e Mar 54
15 Relações iônicas das águas nas três estações estudadas do mês de março 55
16 Relações iônicas das águas nas três estações estudadas do mês de maio 56
17 Relações iônicas das águas nas três estações estudadas do mês de agosto 57
18 Relações iônicas das águas nas três estações es-

tudadas do mês de novembro 58
19 Relações iônicas das águas nas três estações estudadas do mês de janeiro 59
20 Resutlados das análises Físico-Químicas do material sólido em suspensão nas três estações estudadas do mês de março 65
21 Resultados das análises Físico-Químicas do material sólido em suspensão nas três estações estudadas do mês de maio 66
22 Resultados das análises Físico-Químicas do material sólido em suspensão nas três estações estudadas do mês de agosto 67
23 Resultados das análises Físico-Químicas do material sólido em suspensão nas três estações estudadas no mês de novembro 68
24 Resultados das análises Físico-Químicas do material sólido em suspensão nas três estações estudadas no mês de janeiro 69
25 Concentração do material em suspensão e salinidade nas águas do estuário nas três estações estudadas 72

RESUMO

Este trabalho, primeiro levantamento hidrogeoquímico sistemático das águas que compõem o estuário do Rio Pará, foi realizado num trecho de aproximadamente 40Km ao longo do canal Sul do estuário do rio Pará em três pontos e amostragem periódica (Mosqueiro-Icoaraci-Belém). As amostragens foram realizadas durante um ciclo hidrológico completo (março, maio, agosto e novembro de 1985 e janeiro de 1986).

na área em estudo, foram realizadas determinações físico-químicas, coletas de amostras de água para análises químicas, análise quantitativa e qualitativa dos sedimentos em suspensão e determinação da matéria orgânica nestes. Além disso foram levantados os dados da precipitação pluviométrica regional e as medidas de vazão do rio Guamá, um dos principais aportes de água doce na área estudada.

Os resultados analíticos mostram que as concentrações elevadas, sobretudo de Cl^-, Na^+ e Mg^{++} na época da estiagem, provenientes de águas oceânicas modificam temporariamente as características físico-químicas e hidrogeoquímicas das águas. O comportamento da condutividade nas três estações estudadas mostra que o processo de intrusão marinha avança preferencialmente em canais nas camadas inferiores da massa de água fluvial.

Os argilominerais detectados: caulinita, ilita, montmorilonita e clorita, refletem a composição mineralógica dos solos amazônicos, e sua capacidade de troca iônica não afeta diretamente as características químicas das águas estuarinas. Foi observada uma modificação da composição mineralógica dos sedimentos em suspensão e sua capacidade de troca em função do ciclo de salinização.

ABSTRACT

The present study analizes the first systematic hydrogeochemical data-colection of the rio Pará superficial waters and its suspended sediments, during a complete hydrogeochemical cycle. The chemical determinations have been realized in 3 colections points (Mosqueiro-Icoaraci-Belém) along a 40 Km line.

The data-colection included: physico-chemical aparameters measured in situ (pH, cond., diss-O_2, temp.) - chemical analises of rivers waters in the laboratory - determination of quantity and mineralogical composition of suspended sediments. Finally, hidrometeorological data such as precipitation and rivers flow have been incorporeted for the corresponding period (85/86).

The analytical results show that:

a) Salinization changes the physico-chemical and hidrobiological propertier of the rivers waters.
b) Salinization does not proceed homogeneously along the probile advances preferentially subaquatic geomorphologic channals and principally lawes layers of the rivers waters.
c) The seazonal salinizations changes the mineralogic compositions of the suspended sediments and its ion exchange capacity.
d) The composition of the superficial waters around Belém depends more on local poluition than on periodic salinization by invasion of the sea waters.

1 INTRODUÇÃO

A área estuarina estudada é caracterizada por períodos sazonais de chuvas frequentes abundantes e período de baixo índice pluviométrico com elevada taxa de evaporação, bem como a influência de marés que chega a inundar periodicamente as terras marginais situadas nas margens do estuário.

Durante a época de estiagem, sendo menor a vazão das águas fluviais, a água do mar penetra no estuário, tornando suas águas salobras até a altura da baía de Guajará, fato esse bastante evidenciado em outubro de 1983, quando houve um aumento alarmante da salinização das águas do rio Guamá, à altura da estação de captação que abastece parte da população de Belém.

O presente trabalho se propõe a dar, em primeiro lugar, uma contribuição à compreensão das características hidrogeoquímicas das águas que consituem o estuário do rio Pará, dando ênfase à salinização que as mesmas estão sujeitas, e em segundo lugar, faz uma abordagem aos processos de troca iônica dos sedimentos em suspensão durante o ciclo de salinização.

Os resultados obtidos devem ser considerados como dados básicos para acompanhar as crescentes alterações ambientais que afetam esta região em consequência de sua rápida industrialização.

Num trecho ao longo do estuário do rio Pará, foram efetuadas campanhas de amostragem de águas a três profundidades para determinação das variáveis física, químicas e físico-químicas tais como pH, temperatura, condutividade, salinidade, oxigênio dissolvido, bicarbonato, cloreto, sulfato, sódio, potássio, cálcio, magnésio e material sólido em suspensão. As coletas foram efetudads em três estações escolhidas:

1) Maraú/Carananduba, na parte N-NW da ilha de Mosqueiro, como ponto mais próximo a influência atlântica.

2) Icoaraci, onde se concentra certa população urbana e alguma distribuição de indústrias (pesqueira, madereira, transporte marítimo.

3) Rio Guamá, frente ao campus universitário, já com uma nítida influência urbana (esgostos domésticos e industriais).

2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA

2.1 Localização

Localizada no município de Belém, a área em estudo situa-se na parte sul do estuário do rio Pará, no trecho compreendido pela foz do rio Guamá e a ilha de Mosqueiro (baía de Marajó).

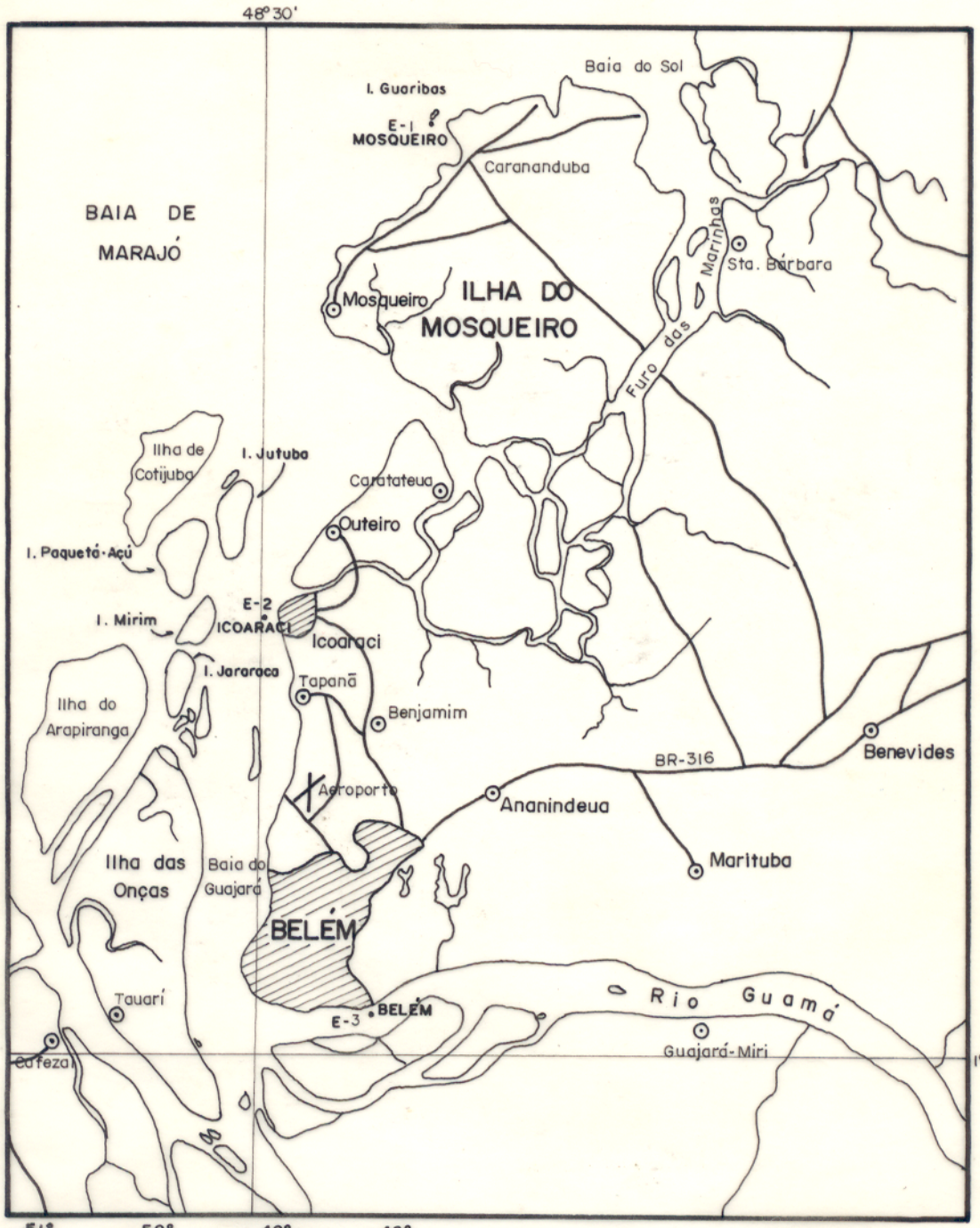
Abrange uma faixa de aproximadamente 2.105Km². Suas coordenadas aproximadas são longitude 48°30'W e latitude 1°30'S Gr. (Fig.1).

2.2 Clima

De acordo com a classificação de Koppen, o clima da região corresponde ao tipo quente-úmido, chuvas frequentes e abundantes, desenvolvendo-se com maior intensidade de dezembro a junho. A "estação seca", período de menor índice pluviométrico, é representado por certa estiagem, que se caracteriza de julho a novembro.

Na região do estuário, a temperatura média do ano é de 26°C, a precipitação pluviométrica varia de 2500 a 3000mm anuais, sendo que em Belém, a média total é de 2765mm (BRASIL-SUDAM 1984).

Segundo dados da estação meteorológica da Universidade Federal do Pará, durante o ciclo hidrológico de 1985/86 a média anual de temperatura é igual a 25,89°C, a precipitação pluviométrica total igual a 2.506,3mm e evaporação total igual a 1.645,85mm. A figura 2 mostra as condições climáticas da área em estudo no ano da coleta.



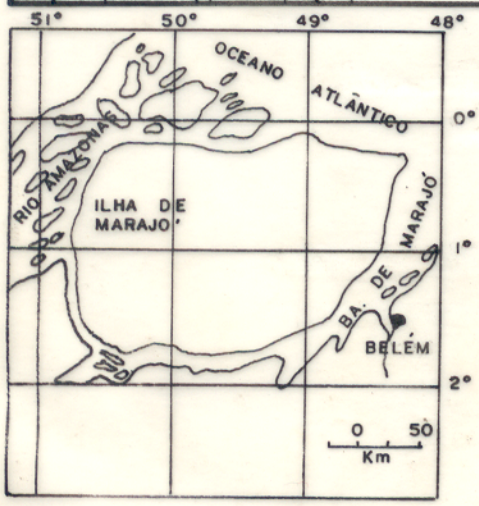


Fig. 1

MAPA DE LOCALIZAÇÃO

0 5 10 15 Km

ESCALA: 1:33.000

(E1, E2, E3 - Estações amostradas)

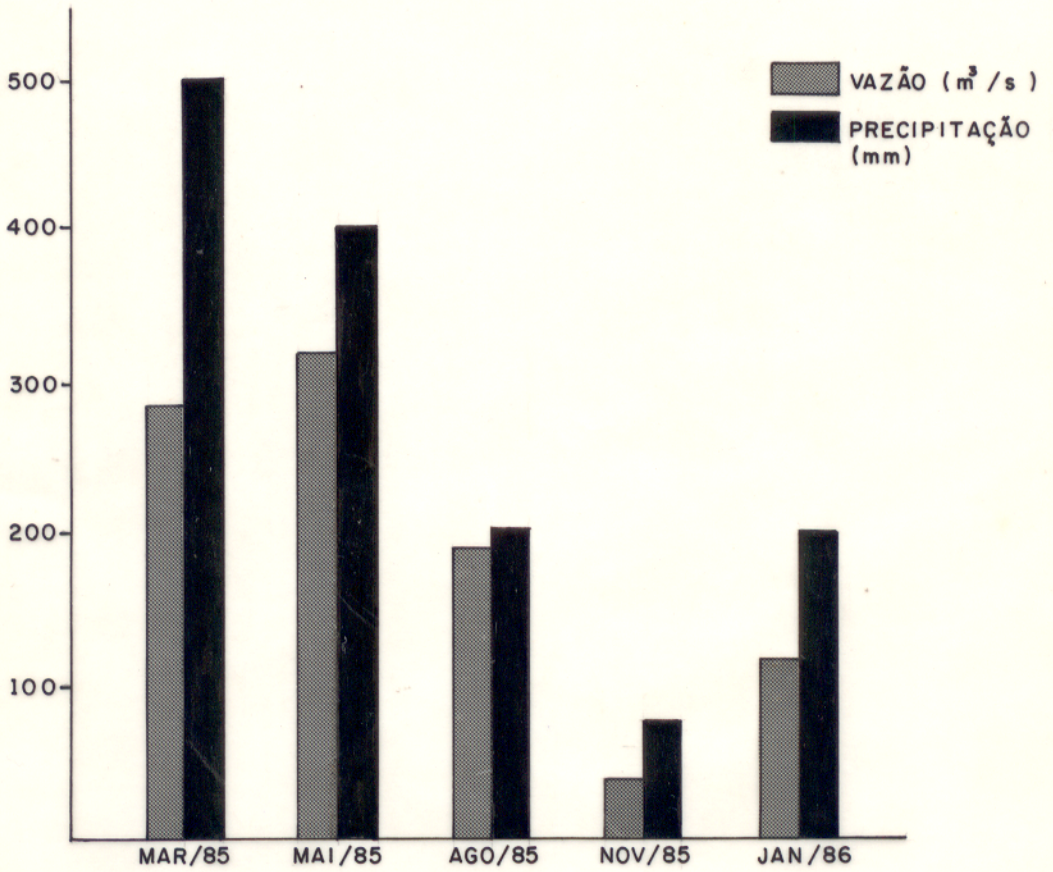


Fig. 2

VARIAÇÃO CLIMÁTICA DA ÁREA EM ESTUDO (Dados Obtidos na Estação Metereológica da UFPa. e M.M.E - D.N.A.E.E.)

2.3 Vegetação

O resumo aqui apresentado é baseado nos estudos de JAPIASSU et al. (1974).

A área em estudo é coberta por diferentes tipos de vegetação que respondem às diversas variáveis geomorfológicas (descrita com mais detalhes no capítulo 1.5). Nas áreas quaternárias aluviais, predomina a floresta densa tipo Ombrófila Aluvial, rica em palmeiras (açaí e buritirana) e outras plantas rosuladas (Heliconia). Em meio aos açaizeiros e/ou buritis observam-se a ucuuba, samaumeria e açacu, que ocupam as áreas de aluviões mais consolidadas. Observam-se também áreas deprimidas permanentemente inundadas, onde a vegetação é constituida por árvores raquíticas, principalmente de ucuuba e açaí.

Na área acidentadas dos baixos platôs do tipo Ombrófila dos Platôs, com cobertura arbórea variando de uniforme a emergentes, sendo caracterizada pela maçaranduba, morototó, quaruba, faveiras, acapu e louro. Nesse tipo de terreno encontra-se também cobertura vegetal do tipo Floresta Secundária, observada em áreas de grande concentração agrícolas.

2.4 Geologia Regional

A área está situada na Bacia Sedimentar da foz do rio Amazonas, a qual é essencialmente formada pelo Graben de Limoeiro com direção variando de N30W a N60W e pelo graben de Mexiana com direção geral de N35E.

A Bacia Sedimentar da foz do rio Amazonas, separa-se da Bacia da Amazonas pela horst de Gurupá e da Bacia do Maranhão pelo arco de Tocantins. Limita-se a noroeste com o Es-

cudo das Guianas e a sudoeste com o Escudo Central Brasileiro (Fig.3).

Segundo SCHALLER et al. (1971), a Bacia Sedimentar da foz do rio Amazonas compreende uma parte emersa e outra situada na plataforma continental. Totalizando uma área de aproximadamente 100.000 Km².

Estudos realizados pela Petrobrás, na área da plataforma continental da foz do rio Amazonas e da ilha de Marajó, mostraram que a estrutura tectônica regional é caracterizada por grandes falhas marginais escalonadas. A deposição de sedimentos do cretáceo ao recente estão em discordância sobre o Pré-Cambriano ou sobre remanescentes das rochas das baicas sedimentares paleozóicas do Amazonas e do Maranhão.

De acordo com SCHALLER et al. (1971), FERREIRA (1982) e PETRI e FULFARO (1983), do ponto de vista litoestratigráfico e bioestratigráfico, 4 unidades são apresentadas do período mais antigo ao recente, estabelecendo os componentes das camadas do espesso pacote sedimentar que preenche toda a Bacia Sedimentar da foz do rio Amazonas no sentido da plataforma continetal e parte litorânea do Território Federal do Amapá (Fig.4).

Formação Jacarezinho

Constituída por clásticos grosseiros, conglomerados policompostos de coloração avermelhada. Grada vertical e lateralmente para arenitos da formação Limoeiro. Seu contato inferior é discordante com rochas pré-cambrianas ou remanescentes de rochas paleozóicas. Idade admitida, Neocretácea.

Formação Limoeiro

Formada por arenitos friáveis finos e grosseiros com frequentes níveis conglomeráticos. Predominam sedimentos de

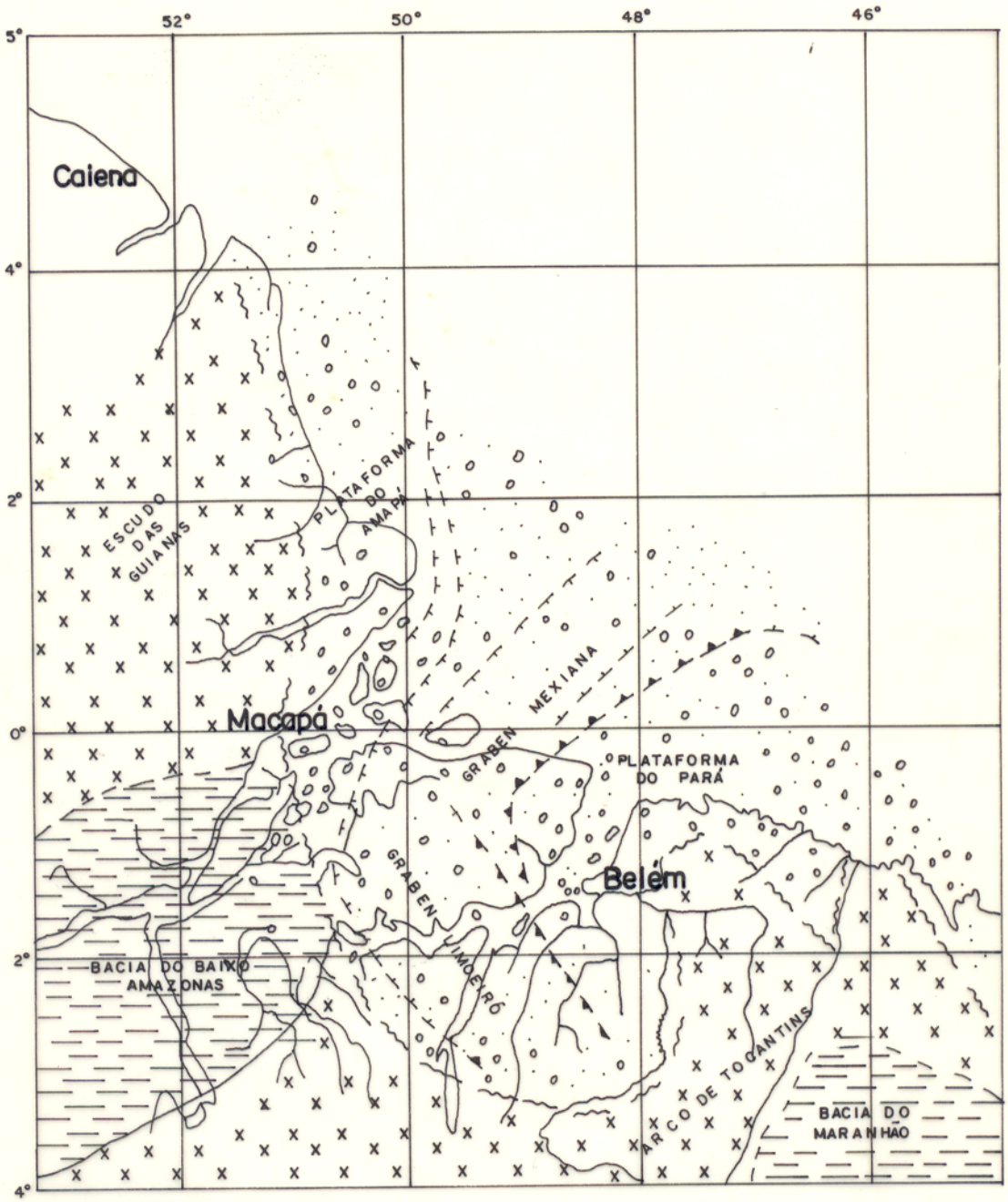


Fig.3 - Esboço estrutural da bacia sedimentaar da foz do Rio Amazonas (modificado de Schaller et al. 1971, in Bemerguy, 1979).

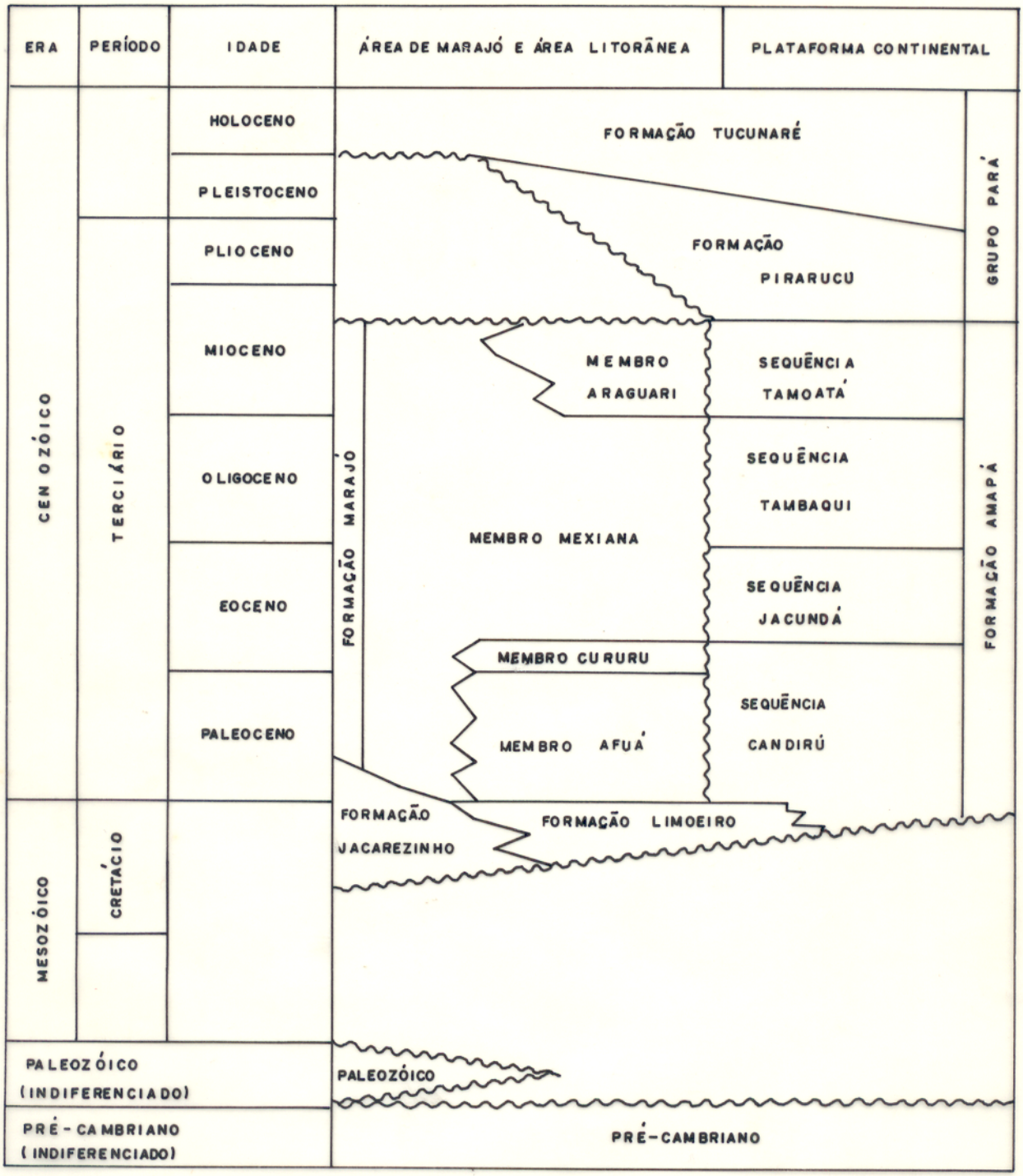


FIG. 4 - COLUNA ESTRATIGRÁFICA DA BACIA SEDIMENTAR DA FOZ DO RIO AMAZONAS. (Modificado de SCHAELLER et al. 1971, in BEMERGUY, (1979)

origem fluvial. O contato inferior é discordante ao embasamento pré-cambriano ou sobre remanescente de rochas paleozóicas. O contato superior é concordante com os clásticos do grupo Marajó, ou com os contatos da Formação Amapá. Idade Neocretáceo-Paleoceno.

Formação Marajó

Constituída basicamente de arenitos e folhelhos. Devido às variações litológicas, tem subdivisão em 4 membros:

1- Membro Afuá, membro inferior datado com Paleoceno.

2- Membro Cururu, idade admitida ao Eoceno.

3- Membro Mexiana, datado do Eoceno ao Mioceno.

4- Membro Araguari, sobrepõe-se concordantemente aos clásticos na Formação Limoeiro. De mesma idade do Membro Mexiana.

Formação Amapá

Constitui-se por calcários, representado por micrítico olgálico de macroforaminíferos com matriz micrítica e por material de talus onde fragmentos e blocos de calcário biohermais e pequenos corais corniformes estão irregularmente envolvidos em matriz micrítica. É subdividida em 4 ciclos deposicionais: Candiru; Jacundá; Tambaqui e Tamoata. Está concordantemente sobreposta aos arenitos da Formação, grada em direção a borda sul da plataforma do Pará, para sedimentos descritos como Formação Pirabas. Idade admitida do Paleoceno ao Mioceno médio.

Grupo Pará

Consiste essencialmente de clásticos de origem fluvial e parálica sobre o continente e nerítica sobre a plataforma continental. Os sedimentos dessa Formação são depositados aci-

ma da discordância angular com a Formação Marajó. São subdividido em 2 Formações:

1- Formação Pirarucu, seção pelítica, correspondente a parte inferior.

2- Formação Tucunaré, seção arenosa, correspondente a parte superior do grupo.

Para SCHALLER et al. (1971) a designação do Grupo Pará, surge pela redefinição de nomes anteriores, Grés do Pará, Arenito Pará e Formação Pará. Segundo FERREIRA (1982), os sedimentos de origem continental sobrepostos aos clásticos marinhos da Formação Pirabas, englobados pelos referidos autores no Grupo Pará, são componentes do chamado Grupo Barreiras, amplamente discutido por BIGARELLA e ANDRADE (1964). GOES(1981), defini sedimentos Barreiras ao conjunto heterogênio de sedimentos constituidos por conglomerados, arenito e argilito, pouco consolidados, moderados a mal selecionados, predominantemente sem estratificação com concreções e arenitos ferruginosos (grês do Pará) in situ e retrabalhados. Subdividindo-os em três litofáceis:

1- Litofáceis Conglomeráticas, corresponde a base do complexo, apresentando conglomerados oligomíticos com componentes quartzosos sustentados por uma abundante matriz de areia grossa argilosa ("mud-support"). Seixos mal selecionados e poucos retrabalhados, apresentam forma irregulares e tamanho variável. São constituídos por quartzos de veio, fragmentos de rochas metamórficas e graníticas, matriz constituida essencialmente por quartzo, muscovita, feldspato semi-caulinizados e caulinita.

2- Litofáceis Argilo-Arenosa, consiste de camadas ar-

gilo-arenosa e areno-argilosa, apresentam colorações variadas pouco plástica e maciços. São formados por caulinita e próximo ao contato com a Formação Pirabas se enriquecem em esmectita.

3- Litofáceis Arenosas, corresponde ao topo do complexo constituindo-se de arenitos amarelados de granulação média, mal selecionados, com grânulos e seixos mal selecionados.

Formação Pirabas

Na região de Salinópolis há ocorrência de sedimentos do Grupo Pará e da Formação Pirabas sobrejacendo sobre o substrato granito-gnaisse.

A Formação Pirabas representa o Mioceno da Plataforma Bragantina, estende-se no Estado do Pará, pelas zonas fisiográficas do salgado e Bragantina. Formada por calcários de várias origens como: micríticos, bioclásticos, biohermais, dolmicríticos e margas. Devido a sua fauna marinha divide-se faciologicamente em: Faceis Castelo, Faceis Capanema e Faceis Baunilha Grande.

Essa Formação, está presente nos terrenos mais antigos na zona Bragantina, aparecendo nos afloramentos de calcários no município de Capanema, como também na plataforma da cidade de Salinópolis, no Estado do Pará.

Nas proximidades de Capanema seu contato inferior, assenta sobre rochas do pré-Cambriano, e o contato superior com sedimento Barreiras.

2.5 Aspectos Geomorfológicos

Os terrenos litorâneos da região bragantina e salgado e de toda a região costeira do Estado do Pará, sofreram um ataque pelo mar que destruiu grande parte da antiga costa, transportanto grés-do-Pará de seu horizonte primitivo para um

inferior, ficando os mesmos cobertos por extensos lamaçais ou praias com a formação de novas ilhas ou faixas costeiras (ACKERMANN 1969).

A região estudada apresenta principalmente costa baixa complexa, com inclinação moderada a planos inundáveis pouco desenvolvido, coberto por vegetação. Sendo recortada por estuário, e acompanhada por um grande número de ilhas inundáveis durante a maré alta (FRANZINELLI 1977). É constituida por terrenos firmes, reconhecíveis como Tabuleiros. As ilhas Arapiranga, Cotijuba e Tatuoca, constituidas por terra firme, situadas na parte inferior do rio Pará (Fig.1) são formadas de depósito arenoso e argiloso com diversas camadas do característico grés-do-Pará geralmente coberto por uma camada de areia argilosa. As ilhas de formação recente, como as de Jutuba, Paquetá-açú, Mirim e Jararaca, de um lado são constituidas de terrenos aluvionares e do outro por terra firme do Pará.

Morfologicamente, da região de Belém até a faixa de contato entre os terrenos terciários e os cretáceos do norte e para o sul, estende-se uma rampa ascendente, incluindo tão somente alguns níveis de aplainações embutidas, terrenos fluviais e alongados, e não muito largas calhas aluviais meândricas de baixos vales de rios tributários de golfão marajoara. As drenagens dos rios Meruu, Moju-Acará, Acu-Acara Mirim e Capim-Guamá drenam consequentemente a rampa geral sul-norte dos tabuleiros situados entre o encaixado rio Tocantins e o baixo platô da região bragantina (AB'SABER 1986).

2.6 Hidrografia

O estuário do rio Pará compreende em sua maior extensão o rio Pará, que constitui um canal fluvial, separando a

borda sul da ilha de Marajó, na porção continental nordeste de Estado do Pará, representando um ante-braço do rio Amazonas ao sul da ilha de Marajó, sendo o segundo rio do sistema amazônico de drenagem. O rio Pará é defenido na parte sul da ilha de Marajó. Pela margem esquerda conta como contribuintes os rios Guajará, Mutuca, São Domingos, Canaitcu, Afuá, Marajó-Açú e, o rio Arari à altura da Baía de Marajó. À direita seus contribuintes são o rio Parnaíba, do Oeiras, Cupijó, o Tocantins como afluente principal que desemboca neste na báia de Marapatá, o Muruú e, os rios Moju, Acará e Guamá, que pela sua confluência, formam a baía de Guajará, através da qual o estuário se abre ao município de Belém (Fig.5). Ao longo do canal sul do estuário, suas águas comunicam-se com as águas da baía de Marajó por intermédio do canal de Cotijuba. Nas imediações de Icoaraci conta com a contribuição das águas do furo do Maguari, e na ilha de Mosqueiro, mistura-se com as águas da baía de Marajó por meio do canal de Mosqueiro, além das águas do furo do Maguari.

Na região de Breves, através do rio Pará, o estuário recebe contribuição das águas do rio Amazonas, pelos furos Tajapurú, Jaburú, Macacos, Buiussú e estreito de Breves, que são as principais vias de comunicação do Amazonas com esse rio (HUBER 1909). Para o mesmo autor a feição hidrográfica importante do estuário é o fato de que a maré provoca inversão na direção da corrente em toda a extensão do rio Pará. A parte meredional dos furos está sob a influência do sistema hidrográfico do estuário do Pará e a porção setentrional é dependente do regime fluvial do Amazonas.

No trecho estudado, o estuário é constituido por ca-

nais pouco profundos (onde foram localizadas as estações amostradas), sendo eles o canal da ilha das Onças, situado em frente ao município de Belém, com profundidade em baixamar variando de 10 a 17m. Na estação 2 (Icoaraci), em frente ao distrito de Icoaraci, próximo a bóia da marinha, o canal possui em baixamar uma profundidade em torno de 10 a 13m. E o canal de Mosqueiro, que se abre para a baía de Marajó, em frente a ilha de Mosqueiro, com profundidade variando de 10 a 30m, já na baía de Marajó (Fig.1).

A região toda está sujeita a influência de marés quer seja no rio Pará, quer seja no baixo curso dos afluentes próximos ao mar, ou ainda, nos furos de Breves (LIMA 1956).

As amplitudes médias das oscilações das marés dinâmicas durante o ano de 1986 nas marés de sízigias e quadraduras no Porto de Belém foram de 3.45m e 3.17m respectivamente, resultando de 3.33m de amplitude para o ano de 1986. A amplitude máxima alcançada foi de 4.04m em fevereiro e a mínima de 2.27m em março. As maiores cotas de amplitude registradas no Porto de Belém foram de 4.47m em 1923 (LIMA 1956). Segundo informações obtidas na Estação Maregráfica da Portobrás/CDP a segunda maior cota já registrada no Porto foi em março de 1980 (4.21m).

3 MÉTODOS DE TRABALHO

3.1 Técnicas de Campo

As estações de amostragem periódicas foram localizadas num trecho de aproximadamente 40Km ao longo do canal sul do estuário do rio Pará (Fig.1). As campanhas foram realizadas periodicamente durante os meses de março, maio, agosto, novembro do ano de 1985, e janeiro de 1986.

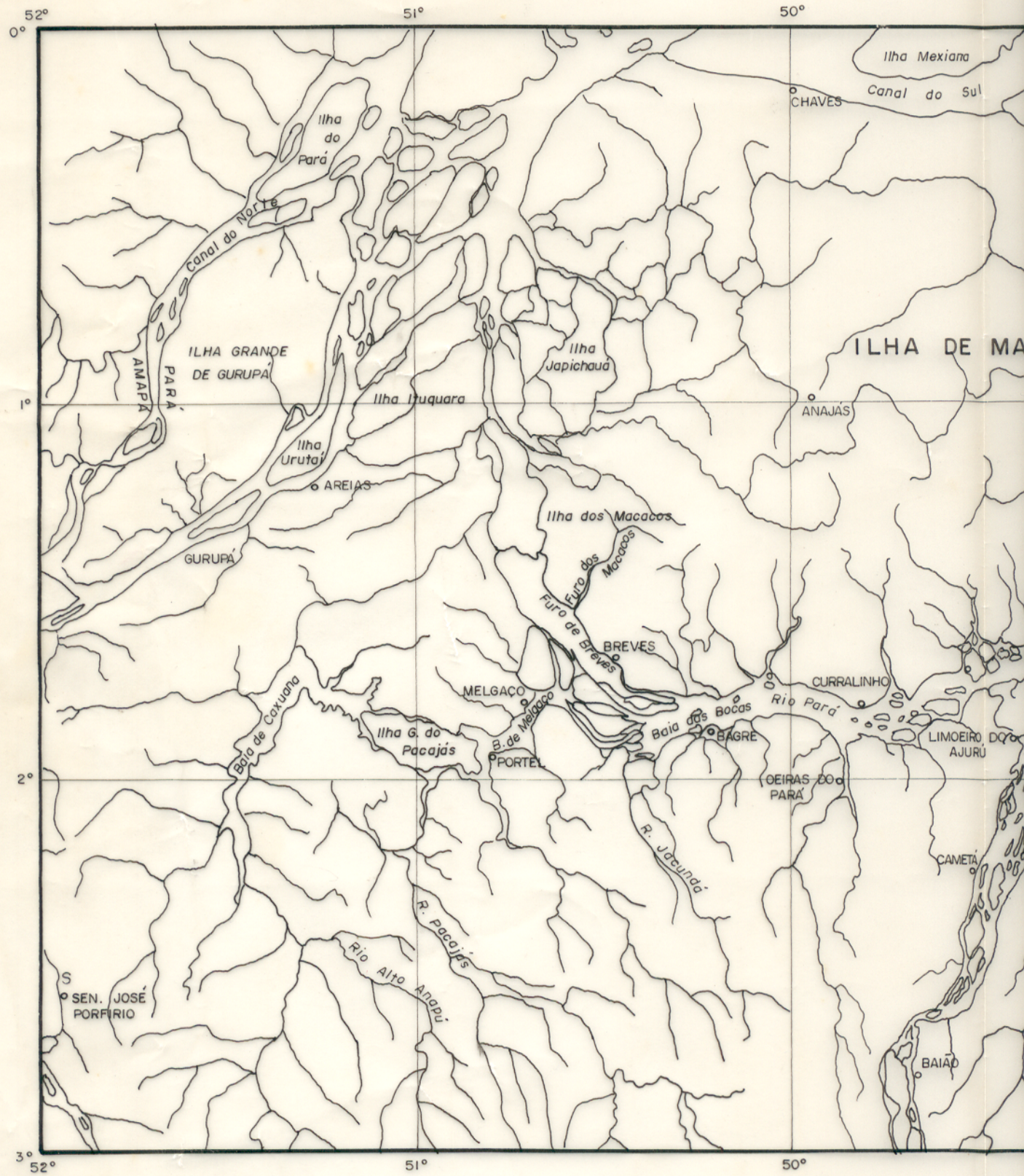
Nessas estações traçaram-se perfis verticais com três níveis de profundidade, amostrados repetidamente durante um ciclo de maré, com observações efetuadas nas estofas de preamar e baixa mar, com medidas físico-químicas e coleta de amostra de água no trecho estudado.

— Estação 1 (Mosqueiro) - Localizada na ilha de Mosqueiro, praia do Marahu, a 1500m a noroeste da ponta do Marahu, próximo a ilha de Guaribas, com as coordenadas $1^{o}28'13"S$ e $48^{o}26'42"W$ Gr., com níveis de profundidade de 5, 10, e 19m.

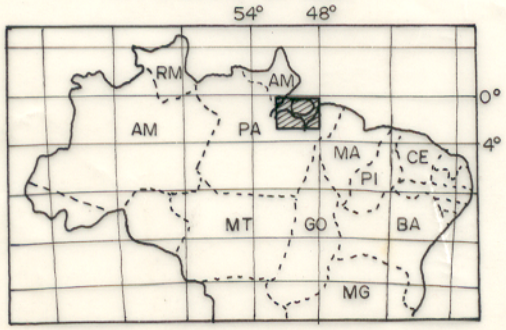
— Estação 2 (Icoaraci) - Localizada a 500m a este da Ponta do Pinheiro, em Icoaraci, nas mediações do furo do Maguari. Compreendida pelas coordenadas $1^{o}13'48"S$ e $48^{o}30'18"W$ Gr., com níveis de amostragem de 3, 6, e 12m de profundidade.

— Estação 3 (Belém) - Localizada próximo a desembocadura do rio Guamá, nas mediações do furo do Tucunduba, 500m a leste das ilhas das Onças. Está compreendidada pelas coordenadas $1^{o}1'18"S$ e $48^{o}24'3"W$ Gr., com níveis de amostragem de 2, 4 e 8m de profundidade.

Para efeitos comparativos, foram realizadas amostragens em água do mar, na praia do Atalaia, localizada no município de Salinópolis na costa paraense. As amostragens foram efetuadas na superfície, a poucos metros da praia, no final



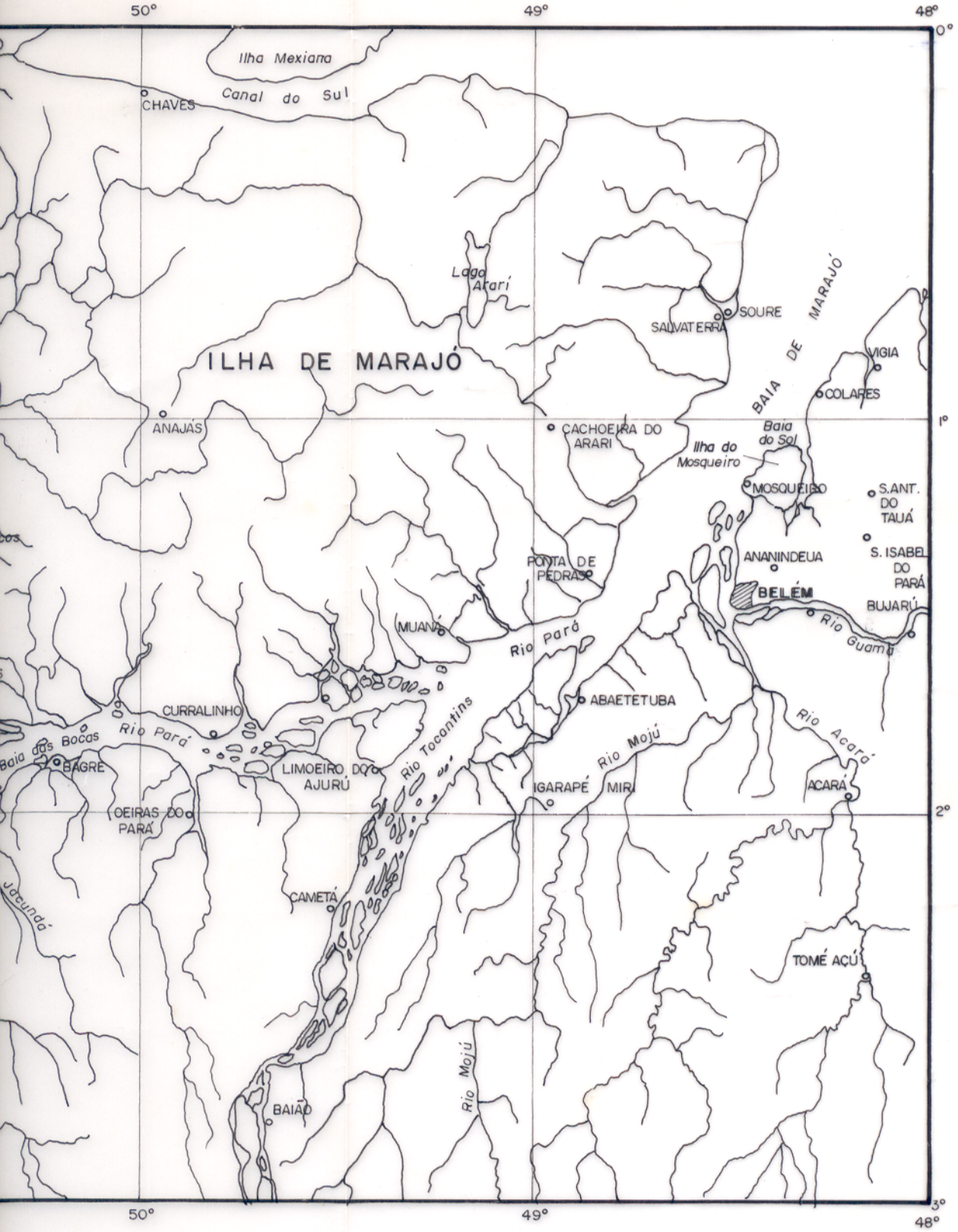
LOCALIZAÇÃO DA ÁREA



ESCALA

10 0 20 40 60 80 100 Km

Fig.5 - MAPA HIDROGEOLÓGICO DO E



MAPA ELABORADO A PARTIR DA FOLHA SA.22 DO PROJETO RADAM PUBLICADO EM 1974.

ESCALA

0 20 40 60 80 100 Km

- MAPA HIDROGEOLÓGICO DO ESTUÁRIO DO RIO PARÁ

das épocas chuvosa e de estiagem, junho/85 e novembro/85 respectivamente.

O acesso às estações, deu-se por intermédio de barco de pequeno porte.

O método de amostragem consistiu em medidas físico-químicas "in situ", com determinações de salinidade (‰) temperatura (C^{o}), e condutividade (µs/cm); pH, oxigênio dissolvido (ppm).

Durante as primeiras campanhas, março e maio de 1985, a tomada de amostra de água foi efetuada, por meio de garrafa oceanográfica de Van Dorn. Porém devido a dificuldades materiais, tornou-se então necessário a otimização de outra técnica de amostragem. Assim, uma bomba mecânica de sucção adaptada com mangueira de borracha, marcada metricamente, com comprimento suficiente para atingir os pontos de amostragem, foi testada com resultados satisfatórios e usada nas campanhas seguintes; agosto, novembro de 1985 e janeiro de 1986.

Para análises químicas, dois litros de amostra de água foram coletados em cada nível do perfil e estocadas em garrafas plásticas de polietileno. Sendo que um litro foi preservado a valores de pH abaixo de dois com ácido nítrico concentrado para determinações dos íons Ca^{++}, Mg^{++}, Na^{+} e K^{+}.

Para determinação dos sedimentos em suspensão na água, coletou-se 20 litros de água na época chuvosa e 30 a 40 litros na época de estiagem, no nível intermediário do perfil e, estocadas em recipientes plásticos de 5 litros para posterior decantação e análise.

3.2 Técnicas de Laboratório

As técnicas de laboratório empregadas na execução des-

te trabalho, constaram de análises químicas dos íons dissovidos Cl^{--}, $HCO3^{-}$, $SO4^{--}$, Ca^{++}, Na^{+} e K^{+}; medidas de pH nas amostras de água e, de determinação quantitativa e qualitativa dos sedimentos em suspensão na água, assim como medidas de pH e condutividade no material sólido obtido.

3.2.1 Medidas físico-químicas e análises químicas das amostras

Visando comparar as medidas de pH, realizadas no campo, foram as mesmas repetidas no laboratório(potenciômetro modelo HM-7B, TOA). Não havendo, entretanto, nenhuma discrepância nos valores obtidos, ficando os mesmos na faixa estabelecida em campo.

De acordo com o STANDARD METHODS (1978) o íon Cl^{-}, foi determinado através do método mercurimétrico, onde a solução diluída de nitrato de mercúrio é adcionada a amostra acidificada na presença da mistura de difenil-carbazona e azul de bromofenol (indicador). O íon sulfato, foi determinado pelo método turbidimétrico, onde o mesmo é precipitado com cloreto de bário, formando cristais de sulfato de bário em suspensão medida por espectrofotômetro, modelo PM6 (ZEISS), num comprimento de onda de 420nm, e a concentração do íon sulfato, determinada por comparação de leitura com a curva padrão. Cálcio e Magnésio foram determinados por complexometria pelo EDTA, usando calceina e azul dimetiltimol, respectivamente como indicadores, e sódio e potássio através da espectrometria de absorção atômica, usando chama de acetileno-ar, com comprimento de onda de 589nm e 766,5nm respectivamente. Usou-se, solução de 800ppm de césio para eliminação de interferências. A alcalinidade a fenoftaleina foi zero, e o íon bicarbonato foi então determinado através da alcalinidade total devida ao metil

orange, levando em consideração o fator de conversão.

3.2.2 Sedimentos em suspensão

O material sólido em suspensão na água, foi obtido através dos seguintes processos:

a) Decantação

As amostras de água coletadas foram deixadas em repouso por 7 a 10 dias, à temperatura ambiente, no frasco de coleta, em lugar seco, sem exposição ao sol.

b) Centrifugação

Após a decantação, parte da água foi retirada cuidadosamente e o restante centrifugado a 2.500rpm, durante 10 minutos.

c) Secagem

Após centrifugados, os sedimentos foram colocados em tijelas de porcelana, e secados à temperatura ambiente sem exposição ao sol, para evitar a decomposição da matéria orgânica.

d) Pulverização

O material sólido obtido, foi então pulverizado e pesado para determinação quantitativa do mesmo e preparado para análise físico-química.

e) Troca Iônica

Os íons cálcio e magnésio trocáveis nos sedimentos foram extraídos com solução de cloreto de potássio (pH=7), e sódio e potássio com solução extratora Hcl/H2SO4.

Em seguida foram dosados por espectrometria de absorção atômica, usando chama de acetileno-ar, com comprimento de onda de 460.7nm; 570,4nm; 589nm e 766,5nm respectivamente. Usando uma solução de 1000ppm de lantânio para cálcio e magnésio, para eliminar possíveis interferências.

f) Matéria Orgânica

A matéria orgânica foi determinada através da percentagem de carbono orgânico contido na amostra, pela ação oxidante do dicromato de potássio, em meio ácido, sobre a fração denominada carbono orgânico no material sólido.

g) Difratometria de Raios-X

Para o registro dos difratogramas utilizou-se equipamento para difração de raios-X aclopado a registrador automático, modelo PW 1050 da Philips.

A determinação dos tipos de minerais presentes no material sólido suspenso na água procedeu-se de acordo com o método do pó. A amostra pulverizada e homogeneizada foi prensada com uma lâmina de vidro em um porta-amostra de metal e submetido a radiação.

Visando identificar as diferentes espécies minerais, obteve-se a fração sedimentológica abaixo de 2μ. Devido a pequena quantidade do sólido obtido a mesma foi determinada através do seguinte processo: 1g da amostra foi levada ao volume de 10ml em um balão volumétrico, que foi colocado em um desagregador equipado com ultra-som por um tempo de 3 minutos. Em seguida a lâmina foi preparada com pipeta volumétrica de 2ml.

Para uma melhor detecção quantitativa e qualitativa dos minerais, as amostras foram tratadas com etileno-glicol por 48 horas, e posteriormente submetida a radiação.

Após glicolização, as amostras foram aquecidas à 500°C por um tempo de 1 hora e 30 minutos, objetivando uma melhor identificação dos minerais determinados.

TABELA 1 - Métodos e Equipamentos empregados nos diferentes procedimentos em laboratório para análises de água.

Análise e Medidas	Métodos	Aparelhagem
pH	Potenciométrico	Potenciômetro TOA,HM-7B
HCO_3^-		-
Cl^-	Mercurimétrico	-
SO_4^{--}	Turbidimétrico	Espectrofotômetro COLEMAM 6/8
Na^+	Absorciométrico	Absorção Atômica FMD4
K^+	Absorciométrico	Absorção Atômica FMD4
Ca^{++}	Complexométrico	-
Mg^{++}	Complexométrico	-

TABELA 2 - Métodos, Equipamentos e Reagentes Químicos empregados nos diferentes procedimentos em laboratórios para análise de sedimentos em suspensão.

Métodos Analíticos	Equipamentos	Reagentes Químicos
Absorciométrico	Espectrômetro de Absorção Atômica, ZEISS MODELO FM-D4	MERCK, Carlo Erba
Difratométrico	Difratômetro de Raio-X, PHILPS, MODELO PW 1050/80	
Potenciométrico	Potenciômetro TOA, HM - 78 Condutivimétro TOA, CM-6A	

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Considerações Gerais

Os resultados serão discutidos, principalmente, quanto à variação sazonal nas três estações estudadas, já que as medidas de preamar (PM) e baixamar (BM) não apresentaram diferenças significativas, fazendo-se portanto breves comentários a respeito das diferenças observadas.

Para uma melhor compreensão do processo de salinização as três estações foram situadas em zonas de baixo (Belém), médio (Icoaraci) e alto (Mosqueiro) grau de intrusão, confirmado pelos dados apresentados.

Os parâmetros físico-químicos medidos foram escolhidos segundo sua importância de caracterização ambiental fluvial e marinha, e por serem úteis como indicadores que facilitam a identificação da origem e o grau de interação dos dois ambientes aquáticos em cada estação.

Os resultados físico-químicos obtidos para água do mar mostram uma variação nos valores de salinidade. As águas amostradas em Salinópolis em junho/86 apresentaram valores de salinidade em torno de 29‰, enquanto que em novembro/86 chega a 31,5‰.

Estudos de DIEGUES (1972), mostram que essa variação nos teores de salinidade se deve a influência do rio Amazonas sobre as águas oceânicas no setor sul oriental do estuário Amazônico (nas proximidades do rio Pará e Salinópolis). Durante a vazante do rio Amazonas (fig.6a), as águas salinas com forte influência da corrente das Guianas ocupam a superfície, na área amostrada, tornando essas águas mais concentradas e apresentando valores de salinidade em torno de 31‰. No período da

enchente (Fig.6b), a área anteriormente ocupada pelas águas das Guianas é em grande parte invadida pela água doce provocando uma diminuição nos valores da salinidade.

O elevado teor do íon $HCO3^{--}$ encontrado nas águas de Salinópolis no final da época de chuva abundante (junho/86), mostra a influência fluvial nessas águas, não somente pelas águas do estuário mas também, pelas águas do rio Amazonas.

A diminuição da relação Mg/Ca no período de estiagem observada nas águas de Salinópolis, mostra o acréscimo do íon cálcio nessas águas provenientes da lixiviação da formação Pirabas. (Apendice I)

4.2 Hidroquímica das Águas

4.2.1 pH

Os valores de pH das amostras analisadas apresentaram-se ligeiramente ácidas, com valores na faixa de 6 a 6.5, fenômeno muito provavelmente relacionado com a presença de ácidos orgânicos naturais. As tabelas (3,4,5,6 e 7) mostram a distribuição dos valores do pH de campo e do laboratório.

4.2.2 Temperatura

As águas estuarinas são aquecidas in situ pela radiação solar, e o intercambio térmico é processado entre a água salgada que penetra no ambiente estuarino na preamar e a descarga de água doce do rio. Sendo portanto as variações de temperatura nos estuários, função da temperatura da água do rio, do fluxo de água salgada, da profundidade do estuário, da precipitação pluviométrica na bacia e da latitude local (LIRA 1978).

Quanto à temperatura de um modo geral, não foram ob-

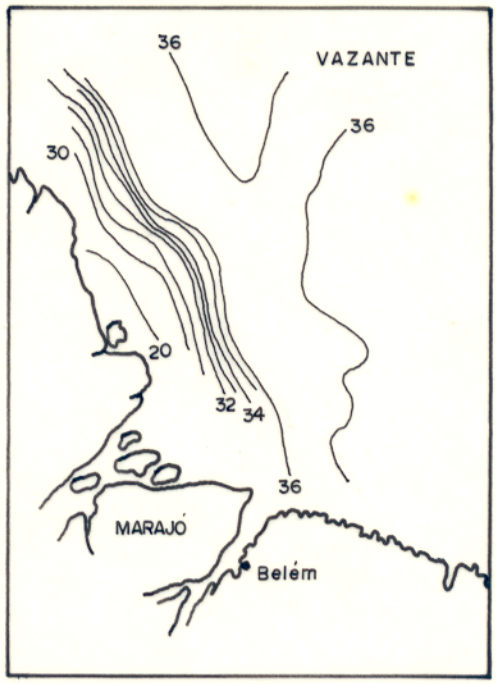


Fig. - 6a

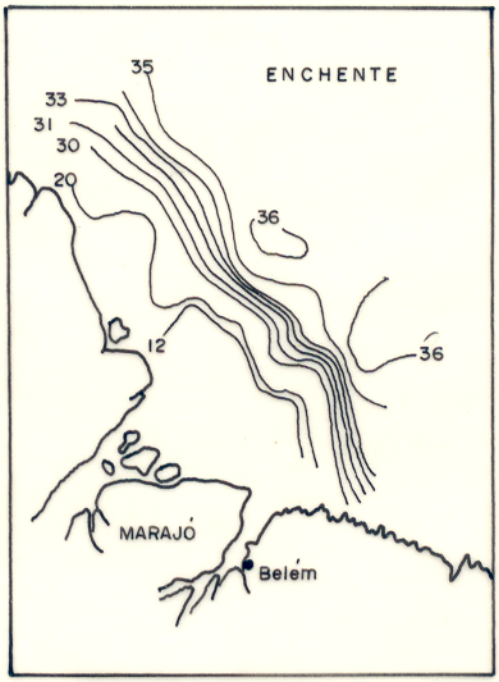


Fig. - 6b

Fig. 6 - Distribuição superficial da salinidade em partes por mil na vazante e enchente do Rio Amazonas, segundo Diégues (1972).

servadas estratificações térmicas características nas diferentes profundidades, devido em geral ao grande volume de água descarregada, às turbulências causadas pelo vento e pelas correntes de maré SANTOS et al. (1985).

Ainda assim, em março de 1985, em Icoaraci, foi observado uma estratificação térmica significativa:

Profundidade(m)	temperatura(^{o}C)
03	29
06	25
12	22

O que deve estar provavelmente relacionado a poluição dessas águas, devido a localização dessa estação.

As Tabelas (3,4,5,6,7) mostram a distribuição dos valores temperatura nas três estações, as quais, de maneira geral apresentam-se termicamente bastante homogêneas.

4.2.3 Oxigênio dissolvido

A concentração do oxigênio dissolvido nas águas superficiais está sujeita a flutuações diurnas e sazonais que em parte se devem à ação da temperatura, atividades fotossintéticas e descargas dos rios. Em água naturais sua concentração média é menor que 10mg/L (MATTHESS 1973).

De um modo geral, não se observa variações apreciáveis de oxigênio dissolvido entre preamar e baixamar, bem como entre as três estações estudadas. Um quadro interessante foi obtido trabalhando-se com as médias aritméticas das concentrações das Tabelas (3,4,5,6,7). A Fig.7 exemplifica essa situação. Como se pode observar, nas estações estudadas, há máximo e mínimo que, aparentemente, se associam com a penetração das águas oceânicas no estuário. Assim, enquanto no Mosqueiro em

novembro de 1985, aparece o índice máximo de 7.64ppm, em Icoaraci e Belém o pico da concentração de O_2 é observado em agosto/85 com valores de 6.64 e 6.5ppm respectivamente.

4.2.4 Condutividade elétrica

Em águas doces a condutividade varia de 100 a 2000 µS/cm à 18°C e na água do mar chega até a 45000µS/cm na mesma temperatura (CUSTODIO e LLAMAS 1976).

Os valores da condutividade elétrica nas águas e estuarina sem estudo, observados nas Tabelas (3,4,5,6,7), mostram a ocorrência de índices máximos em Mosqueiro no mês de agosto e em Icoaraci e Belém no mês de novembro (Fig.8). Essas medidas confirmam observações anteriores que a frente salina avança lentamente em direção a Belém com uma defasagem de aproximadamente 2 a 3 meses. Enquanto a condutividade atinge o seu máximo em agosto em Mosqueiro o mesmo ocorre em Belém e Icoaraci somente em novembro.

O comportamento da condutividade sugere uma penetração gradual e irregular das águas marinhas no estuário. Os valores observados na maré de sízigia (maio/85) na época de chuva, mostram línguas de salinidade que se deslocam até Belém, estação localizada próximo a foz do rio Guamá, apresentando índices de condutividade de 160µS/cm, que chegam a ser superiores aos observados em novembro nessa estação, onde o valor máximo registrado foi de 93µS/cm. Trabalhos realizados por PINHEIRO (no prelo) confirmam essas observações demonstrando que a penetração marinha ocorre via canais subaquáticos.

4.2.5 Salinidade

Medida dos teores de sais na água, a salinidade, geralmente é expressa em g/Kg de água do mar ou parte por mil

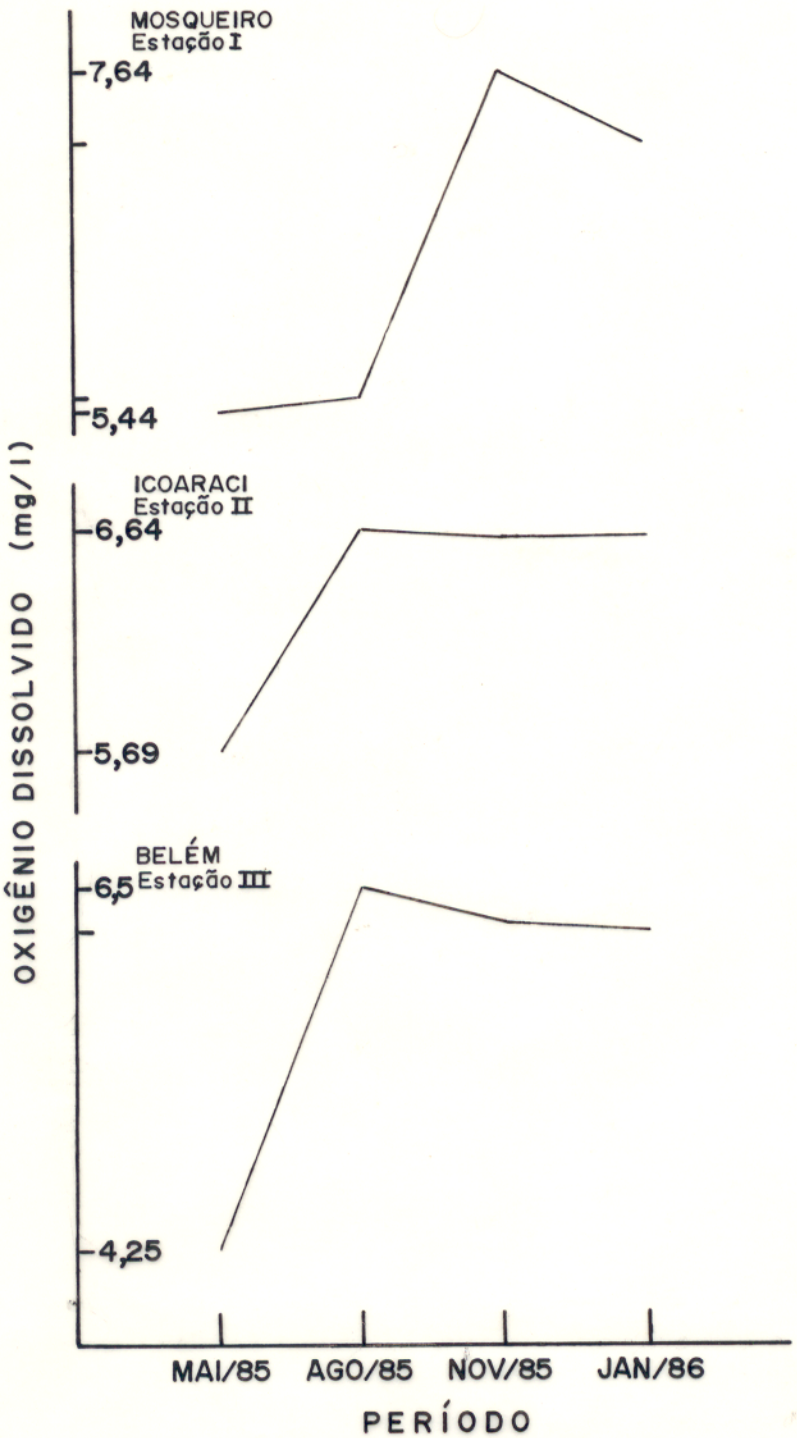


Fig. 7 - Variação sazonal de oxigênio dissolvido nas amostras de água nas três estações estudadas (Média aritmética obtida dos valores das Tabelas 3, 4, 5, 6 e 7).

(‰). No oceano fechado, sua concentração é de aproximadamente de 35‰. (MASON 1958).

A salinidade observada, Tabelas (3,4,5,6,7), como era de se esperar, apresenta um comportamento análogo ao da condutividade nas três estações. Os valores máximos observados em Mosqueiro em agosto/85 são 7.0‰ e em Icoaraci de 0,8‰ no mês de novembro (Fig.8).

A distribuição de seus valores com a profundidade não revela estratificação da mesma, possuindo apenas uma significativa variação horizontal de 6.5‰ sugerindo que na área estuarina estudada é dominante a influência de maré, e que a energia disponível é suficiente para homogeneizar toda coluna de água.

Deve-se ressaltar, que os valores de salinidade foram observados somente na época de estiagem apenas em Mosqueiro e Icoaraci. Sendo que em Belém, estação mais afastada do mar, o efeito salino é bem menor, não tendo sido detectados valores de salinidade in situ, tendo sido os mesmos calculados segundo YSI (1983). (Fig.9).

4.2.6 Ânions e Cátions

Os resultados analíticos para os constituintes $HCO3^-$, Cl^-, K^+, Na^+, Ca^{++} e Mg^{++} se apresentam em conformidade com as medidas de condutividade elétrica. Observam-se porém ligeiras descontinuidades: nem sempre o maior valor numérico da condutância corresponde ao maior valor numérico de cátions e ânions, expressos em miliequivalentes.

Em Mosqueiro devido ao maior efeito salino, os valores numéricos da correspondência ânions/cátions e condutividade apresentam-se mais elevados do que em Icoaraci, pela influên-

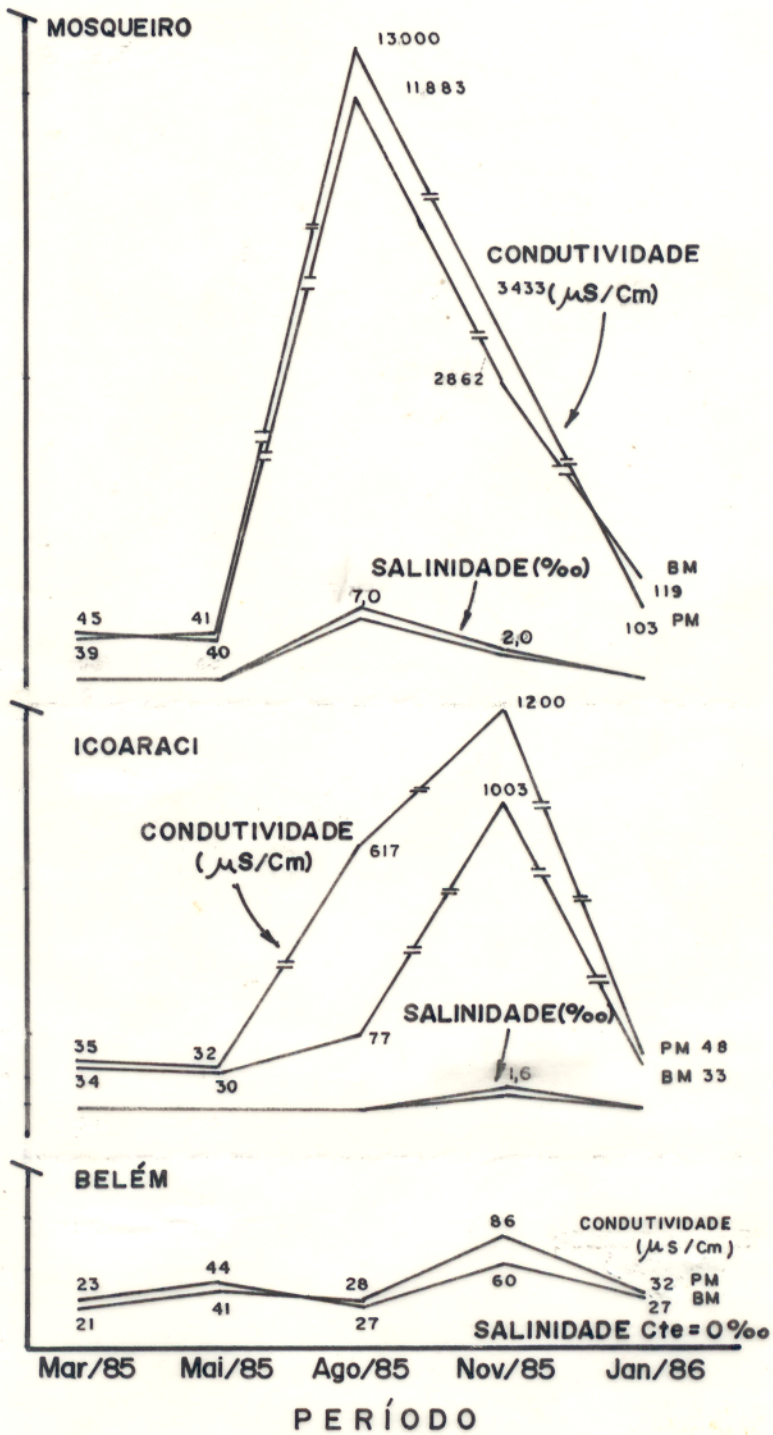


Fig. 8 - Variação sazonal da Condutividade elétrica e Salinidade nas amostras de água nas três estações estudadas (Média aritmética obtida a partir dos valores constantes das tabelas 3, 4, 5, 6 e 7).

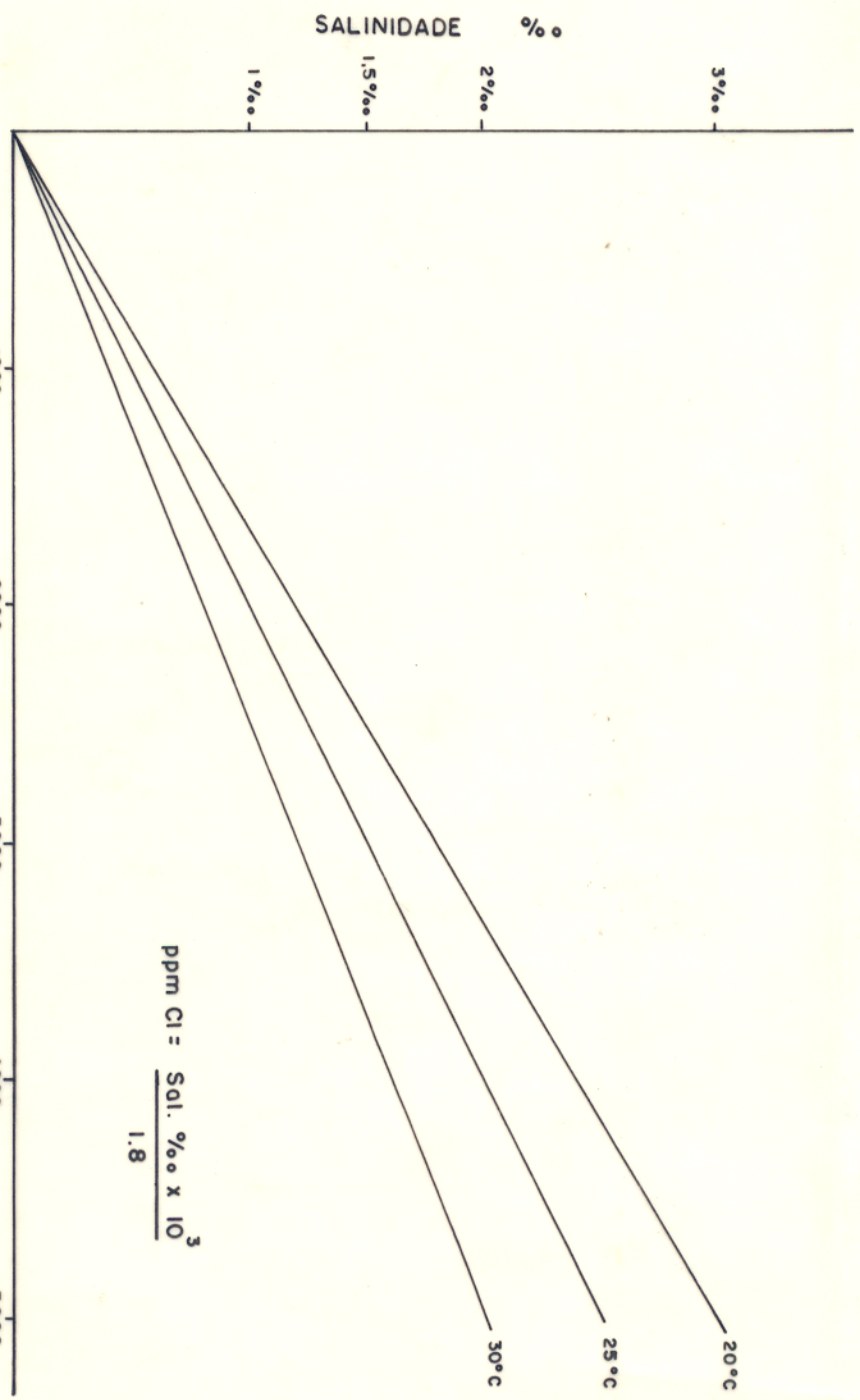


Fig. 9 - CARTA DE CALIBRAÇÃO SALINIDADE (‰) - CONDUTIVIDADE (μ mhos), (Segundo Ysi, 1983).

TABELA 3 - Resultados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de março

Estação	Maré	Amostra	Profun.(m)	pH Campo	pH Lab.	T°C	Condutividade	Salinidade	O_2Dissolvido
MOSQUEIRO (I)		1	5	6-6,5	5,85	27-28	40	-	-
	BM	2	10	6-6,5	5,90	27-28	45	-	-
		3	19	6-6,5	5,90	27-28	47	-	-
		4	5	6-6,5	5,87	27-28	35	-	-
	PM	5	10	6-6,5	5,88	27-28	40	-	-
		6	19	6-6,5	5,87	27-28	43	-	-
		7	5	6-6,5	5,85	28	42	-	-
	BM	8	10	6-6,5	5,80	28	45	-	-
		9	19	6-6,5	5,85	28	50	-	-
ICOARACI (II)		10	3	6-6,5	5,80	28	31,50	-	-
	BM	11	6	6-6,5	5,76	27	33	-	-
		12	12	6-6,5	5,76	28	35	-	-
		13	3	6-6,5	5,90	30	30,50	-	-
	PM	14	0	6-6,5	5,90	30	33	-	-
		15	12	6-6,5	5,90	30	40	-	-
		16	3	6-6,5	5,90	29	30	-	-
	BM	17	6	6-6,5	5,88	25	35	-	-
		18	12	6-6,5	5,79	22	38	-	-
BELÉM (III)		19	2	6-6,5	5,79	29	23,50	-	-
	BM	20	4	6-6,5	5,80	29	25	-	-
		21	8	6-6,5	5,76	29	26	-	-
		22	2	6-6,5	5,80	29	21	-	-
	PM	23	4	6-6,5	5,90	29	20	-	-
		24	4	6-6,5	5,80	29	21	-	-
		25	2	6-6,5	5,75	28	19,50	-	-
	BM	26	4	6-6,5	5,76	28	20	-	-
		28	8	6-6,5	5,76	28	21	-	-

TABELA 4 - Resultados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de maio

Estação	Maré	Amostra	Profun.(m)	pH Campo	pH Lab.	T°C	Condutividade	Salinidade	O_2 Dissolvido
		1	5	6-6,5	5,79	27,80	41	0	5,35
	BM	2	10	6-6,5	5,83	27,85	45	0	5,30
		3	19	6-6,5	5,75	27,85	46	0	5,20
MOSQUEIRO (I)		4	5	6-6,5	5,90	27,80	-	0	5,67
		5	10	6-6,5	6,00	27,80	-	0	5,60
		6	19	6-6,5	6,10	27,80	-	0	5,56
		7	5	6-6,5	5,90	28,00	35	0	5,28
	BM	8	10	6-6,5	5,90	28,00	37	0	5,25
		9	19	6-6,5	5,89	28,00	41	0	5,23
		10	3	6-6,5	5,90	28,00	30	0	8,00
	BM	11	6	6-6,5	6,00	28,00	30	0	7,95
		12	12	6-6,5	6,00	27,50	35	0	8,00
ICOARACI (II)		13	3	6-6,5	5,95	28,00	30	0	5,05
	PM	14	6	6-6,5	6,10	28,00	30	0	5,00
		15	12	6-6,5	6,00	28,00	35	0	4,90
		16	3	6-6,5	6,00	27,90	29	0	4,85
	PM	17	6	6-6,5	5,99	28,00	29	0	4,80
		18	12	6-6,5	5,95	29,00	30	0	4,78
		19	2	6-6,5	6,00	28,00	40	0	4,03
	BM	20	4	6-6,5	5,95	28,00	42	0	4,05
		21	8	6-6,5	6,00	28,00	50	0	4,08
BELÉM (III)		22	2	6-6,5	6,00	27,30	-	0	4,50
	PM	23	4	6-6,5	5,90	27,35	-	0	4,45
		24	8	6-6,5	5,98	27,45	-	0	4,40
		25	2	-	-	-	-	-	-
	BM	26	4	-	-	-	-	-	-
		28	8	-	-	-	-	-	-

TABELA 5 - Resultados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de agosto

Estação	Maré	Amostras	Profun.(m)	pH Campo	pH Lab.	T°C	Condutividade	Salinidade	O_2 Dissolvido
MOSQUEIRO		1	5	6-6,5	5,97	28,00	11.800	6,00	6,40
	BM	2	10	6-6,5	6,00	28,00	12.000	6,60	6,25
		3	19	6-6,5	6,05	28,60	13.000	7,00	6,15
		4	5	6-6,5	5,90	28,00	13.000	7,00	5,20
	PM	5	10	6-6,5	5,98	28,00	13.000	7,00	5,00
		6	19	6-6,5	6,00	28,00	13.000	7,00	4,80
		7	5	6-6,5	6,00	28,20	11.500	6,00	5,20
	BM	8	10	6-6,5	6,03	28,20	11.500	6,20	6,20
		9	19	6-6,5	6,00	28,20	11.500	6,80	-
ICOARACI (II)		10	3	6-6,5	5,98	28,30	83.00	-	6,90
	BM	11	6	6-6,5	6,00	28,30	89.00	-	6,75
		12	12	6-6,5	6,01	28,30	100.00	-	6,70
		13	3	6-6,5	5,99	28,30	450.00	-	6,70
	PM	14	3	6-6,5	5,98	28,30	650.00	-	6,60
		15	12	6-6,5	6,00	28,30	750.00	-	6,55
		16	3	6-6,5	6,03	28,00	65.00	-	6,70
	BM	17	6	6-6,5	6,00	28,00	62.00	-	6,50
		18	12	6-6,5	5,98	28,00	65.00	-	6,40
BELÉM (III)		19	2	6-6,5	6,00	29,00	25.00	-	6,80
	BM	20	4	6-6,5	5,80	29,00	27.00	-	6,80
		21	8	6-6,5	5,90	29,00	30.00	-	6,60
		22	2	6-6,5	5,85	28,50	26.00	-	6,55
	PM	23	4	6-6,5	5,98	28,50	27.50	-	6,25
		24	8	6-6,5	5,99	28,50	30.00	-	6,30
		25	2	6-6,5	5,96	29,00	24.00	-	6,70
	BM	26	4	6-6,5	5,90	29,00	25.00	-	6,50
		28	8	6-6,5	5,95	29,00	28.00	-	6,40

TABELA 6 - Resultado de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de novembro

Estações	Maré	Amostras	Pronfun.(m)	pH Campo	pH Lab.	T°C	Condutividade	Salinidade	O_2 Dissolvido
		1	5	6-6,5	5,90	31,50	2.590	1,15	8,50
	BM	2	10	6-6,5	5,85	32,00	2.700	1,29	8,10
		3	19	6-6,5	5,88	32,00	2.850	1,30	7,60
MOSQUEIRO (I)		4	5	6-6,5	5,79	31,50	3.300	1,70	7,50
	PM	5	10	6-6,5	5,85	31,50	3.400	1,90	7,50
		6	19	6-6,5	5,88	31,50	3.600	2,00	7,50
		7	5	6-6,5	5,95	29,00	3.000	1,50	7,70
	BM	8	10	6-6,5	5,95	29,00	3.010	1,60	7,40
		9	19	6-6,5	6,00	29,00	3.020	2,00	7,20
		10	3	6-6,5	6,00	29,00	1.000	0,50	7,50
	BM	11	6	6-6,5	5,95	29,00	1.005	0,50	7,00
		12	12	6-6,5	5,98	29,00	1.005	0,50	6,00
ICOARACI (II)		13	3	6-6,5	5,89	28,50	1.150	0,80	6,45
	PM	14	6	6-6,5	5,90	28,50	1.200	0,80	6,40
		15	12	6-6,5	6,00	28,50	1.250	0,90	6,40
		16	3	-	-	-	-	-	-
	BM	17	6	-	-	-	-	-	-
		18	12	-	-	-	-	-	-
		19	2	6-6,5	5,88	29,80	60.00	-	6,30
	BM	20	4	6-6,5	5,90	29,80	63.00	-	6,30
		21	8	6-6,5	5,93	29,80	65.00	-	6,15
BELÉM (III)		22	2	6-6,5	5,95	28,50	82.00	-	6,45
	PM	23	4	6-6,5	5,98	28,50	-	-	6,40
		24	8	6-6,5	6,00	28,50	93.00	-	6,40
		25	2	-	-	-	-	-	-
	BM	26	4	-	-	-	-	-	-
		28	8	-	-	-	-	-	-

TABELA 7 - Resultados de análises Físico-Químicas das amostras de água nas três estações estudadas do mês de janeiro

Estação	Maré	Amostras	Profun.(m)	pH Campo	pH Lab.	T°C	Condutividade	Salinidade	O_2 Dissolvido
Mosqueiro (I)	BM	1	5	6-6,5	6,00	29,00	100,00	-	7,10
		2	10	6-6,5	5,97	28,90	105,00	-	7,00
		3	19	6-6,5	5,99	28,90	105,00	-	6,90
	PM	4	5	6-6,5	5,85	29,00	115,00	-	7,20
		5	10	6-6,5	5,88	29,00	118,00	-	7,00
		6	19	6-6,5	6,00	29,00	125,00	-	6,80
	BM	7	5	-	-	-	-	-	-
		8	10	-	-	-	-	-	-
		9	19	-	-	-	-	-	-
ICOARACI (II)	BM	10	3	6-6,5	5,89	29,00	45,00	-	7,20
		11	6	6-6,5	5,95	29,00	48,00	-	7,10
		12	12	6-6,5	5,93	28,70	50,00	-	7,40
	PM	13	3	6-6,5	6,00	29,00	30,00	-	6,30
		14	6	6-6,5	6,85	29,00	33,00	-	6,20
		15	12	6-6,5	5,98	29,00	27,00	-	5,50
	BM	16	3	-	-	-	-	-	-
		17	6	-	-	-	-	-	-
		18	12	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)	BM	19	2	6-6,5	5,97	29,50	30,00	-	6,25
		20	4	6-6,5	5,95	29,50	32,00	-	6,30
		21	8	6-6,5	5,95	29,50	34,00	-	6,30
	PM	22	2	6-6,5	5,87	29,50	26,00	-	6,30
		12	4	6-6,5	5,93	29,50	25,00	-	6,30
		24	8	6-6,5	5,90	29,50	30,00	-	6,35
	BM	25	2	-	-	-	-	-	-
		26	4	-	-	-	-	-	-
		28	8	-	-	-	-	-	-

cia fluvial e o afastamento dessa estação do mar. Em Belém, em raras oportunidades, observou-se uma língua de salinidade detectada através da condutividade (Tab.4), porém de modo geral o processo de salinização, nessa estação, foi quase ausente, e os valores numéricos da correspondência ânios/cátions e condutividade foram os mais baixos das três estações estudadas.

Bicarbonato

Em águas naturais os íons bicarbonato e carbonato, fazem parte do ciclo do carbono da biosfera e juntamente com o ácido carbônico são mantidos em equilíbrio. O íon bicarbonato é o principal tampão em águas frescas e proporciona dióxido de carbono por fotossíntese. Em água doce, cuja característica são valores de pH 8, predomina o bicarbonato, constituindo cerca de 60 a 90% do carbono inorgânico total. Sua concentração varia de 50 a 350ppm em águas doces e em torno de 100ppm em águas marinhas. (McNEELY et al. 1979).

Nas águas em questão, cujo pH está próximo de 6.5, a alcalinidade é determinada pelo íon bicarbonato.

A distribuição da concentração de $HCO3^{--}$, Tabelas (8,9, 10,11,12) com valores máximos na época da estiagem nas três estações, Mosqueiro (51.30ppm): Icoaraci (35.00ppm) e Belém (14.87ppm), reflete-se mais em função da descarga dos rios do que da influência das águas oceânicas. A concentração do carbono inorgânico total em águas superficiais é normalmente maior durante períodos de baixa descarga fluvial, devido a maior influência de água subterrâneas e do escoamento superficial mais intenso (McNEELY et al. 1979), e menor onde o processo de intrusão marinha é marcante (HEM 1970; CUSTODIO e LLAMAS, 1976). Devido os baixos valores de salinidade detectados nas águas

estuarinas em questão (7‰ , no período da estiagem), supõem-se que os altos valores de $HCO3^{--}$ encontrados nessa época, deve-se ao primeiro caso acima descrito.

Cloreto

Em águas estuarinas o cloreto é tanto de origem natural (águas doces e marinhas) como decorrente da poluição dos esgosto sanitários ou despejos industriais e urbanos em geral. Apresenta grande solubilidade e sua concentração varia de 10 a 250ppm em águas doces, em torno de 18000 a 21000ppm nas águas do mar. (CUSTODIO e LLAMAS, 1976).

Dos constituintes inorgânicos estudados, dissolvidos nas águas do estuário, o cloreto sofre a maior modificação na sua concentração, no ambiente fluvial. Por ser o maior indicador de intrusão marinha o teor de cloreto assim como os valores de condutividade revelam as formas de penetração salina. Dentre os constituintes dissolvidos o Cl^{-}, é o íon que melhor sofre modificação na sua concentração, no ambiente fluvial, com variação de 1,19ppm na época chuvosa e 5800ppm na estiagem.

Sulfato

Forma predominante do Enxofre em ambientes aeróbicos, o sulfato forma sais moderamente solúveis a muito solúveis. Em meios redutores, com abundância de matéria orgânica, pode sofrer redução bacteriana para S ou S^{--}, porém geralmente é estável.

As concentrações do íon sulfato podem chegar até 1000 ppm em águas superficiais, e até 3000ppm em águas do mar (MATHESS 1973).

As águas estudadas apresentam concentrações de sulfato variando de 1.8 a 502ppm. Os valores mais elevados foram de-

tectados em Mosqueiro (agosto/85), devido a influência das águas do mar. As demais estações (Icoaraci e Belém), apresentam valores baixos como mostra as Tabelas (8,9,10,11,12).

Sódio

O sódio possui alta solubilidade, sendo dificilmente precipitável. É retido facilmente por adsorção na superfície de argilominerais, especialmente os de alta capacidade de troca catiônica, como a montmoritonita. As concentrações de sódio variam em torno de 1 a 150ppm em águas doces e ao redor de 10000 ppm em águas do mar (McNEELY et al. 1979).

Os teores de sódio nas estações estudadas, no período chuvoso, apresentaram valores baixos. Valores mais elevados foram observados na época de estiagem com máximo de 2400ppm(Mosqueiro) e 195ppm (Icoaraci). Na estação de Belém não foram registradas mudanças significativas na concentração de sódio com a variação sazonal. O valor máximo obtido foi de 10ppm (novembro/85).

Potássio

Assim como o sódio, o potássio possui alta solubilidade, raramente é precipitado e é facilmente afetado pela troca de bases. A adsorção do íon potássio por argilo minerais, como por exemplo a ilita, é dificilmente reversível (DREVER, 1982).

A concentração de potássio em água superficiais é geralmente inferior a 10ppm. Águas marinhas contém cerca de 400 ppm (MATTHESS 1973).

Nas águas estuarinas estudadas o íon potássio variou de 0.55 a 85ppm como mostram as Tabelas (8,9,10,11,12), apresentando valores mais elevados em Mosqueiro (agosto/85).

Cálcio

Sendo um dos mais importantes componentes da crosta terrestre, o cálcio, é frequentemente encontrado com o cátion principal na maioria das águas naturais. Está associado aos íons HCO_3^{--} e CO^{--}_3, podendo precipitar e dissolver com facilidade ao variar o pH do meio ou a pressão parcial de O_2.

É afetado pela troca iônica e os argilominerais dispersos em águas superficiais, tem seus lugares trocáveis ocupados preferencialmente pelo cálcio (SAYLES e MANGELSDORF, 1979). Chega até 250ppm em águas superficiais e na água do mar sua concentração média varia em torno de 400ppm (McNEELY et al. 1979).

Nas águas analisadas o cálcio sofre grandes variações sazonais, acompanhando o pico da condutividade, porém sem ultrapassar os valores considerados para água superficiais. O valor máximo de detectado foi de 102ppm em Mosqueiro (agosto/85).

Magnésio

Constituinte comum em águas naturais é mais solúvel que o cálcio e dificilmente precipitável. Na forma de $MgSO_4$ apresenta propriedades laxantes e sabor desagradável nas águas. Em águas superficiais a concentração de magnésio chega até 100ppm, na água do mar se aproxima de 120ppm. (CUSTODIO e LLAMAS, 1976).

As águas do estuário de modo geral apresentam baixos teores de Mg^{++} dissolvido. Os valores mais elevados foram observados na época da estiagem, (agosto e novembro/85), com valor máximo de 580ppm (Mosqueiro).

Consideramos então que grande parte do Mg^{++} dissolvido, durante a épcoa de estiagem, foi acrescentado à massa de água

fluvial, sendo sua fonte mais evidente as águas oceânicas, as quais penetram no estuário de forma mais acentuada, nas épocas consideradas de máxima salinização, nas estações localizadas em Mosqueiro e Icoaraci.

Valores observados para Belém, mostram que o íon Mg^{++} é predominante em relação ao íon Ca^{++}, somente em maio/85 (Tab. 4), na maré de sízigia, conforme ítem (3.2.5).

3.2.7 Relações Iônicas

Os íons dissolvidos na água possuem relações iônicas características para o meio aquoso considerado. Portanto as relações iônicas do ambiente fluvial e marinho são índices hidrogeoquímicos úteis para determinar a origem dos componentes químicos e o grau de interação dos ambientes considerados.

4.2.7.1 Mg/Ca

A relação Mg/Ca, é importante na indicação de intrusão marinha em águas dluviais, já que a concentração do íon magnésio nessas águas é menor que a concentração do íon cálcio.

Um aumento da relação Mg/Ca, juntamente com o conteúdo do íon cloreto, indica penetração de águas oceânicas em ambiente de água doce (HEM 1975).

A distribuição dos valores da relação Mg/Ca nas tabelas (15,16,17,18 e 19), reflete claramente a ação modificadora que o íon Mg^{++}, na sua maior proporção proveniente do mar, traz a relação característica Mg/Ca das águas fluviais na área estudada. Valores de Mg/Ca maior que 5.0, indicam uma intrusão marinha nas águas do estuário.

4.2.7.2 Cl/HCO3

Essa relação é especialmente útil na caracterização de

TABELA 8 - Resultados das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas no mês de março

Estação	Maré	Profun.(m)	Amostras	ANIONS (ppm)			CATIONS (ppm)			
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
		5	1	14,83	1,19	6,90	4,10	1,15	2,30	1,34
	BM	10	2	13,30	1,20	8,20	4,30	1,23	2,30	1,30
		19	3	13,50	1,23	10,80	4,50	1,35	2,80	1,34
MOSQUEIRO		5	4	14,50	1,00	6,30	3,00	1,30	3,20	1,00
(I)	PM	10	5	13,45	1,20	6,50	3,00	1,32	3,20	1,00
		19	6	13,48	1,20	6,70	3,10	1,34	3,30	1,00
		5	7	14,50	1,25	6,50	3,40	1,03	3,30	1,30
	BM	10	8	14,40	1,27	6,80	3,50	1,03	3,20	1,32
		19	9	14,85	1,28	7,10	3,65	1,00	3,20	1,40
		3	10	13,40	1,05	5,00	2,80	0,70	2,00	1,80
	BM	6	11	11,50	1,00	7,00	2,80	0,68	2,10	1,80
		12	12	12,30	1,12	7,30	2,90	0,70	2,10	1,80
ICOARACI		3	13	11,30	0,67	6,50	3,00	1,25	2,30	1,30
(II)	PM	6	14	13,50	0,78	7,09	3,20	1,28	2,30	2,00
		12	15	13,60	1,15	7,50	3,20	1,28	2,30	2,00
		3	16	9,40	2,00	6,50	3,00	0,97	2,10	1,00
	BM	6	17	9,50	2,10	6,80	2,40	0,97	2,00	1,00
		12	18	9,70	2,30	6,93	3,20	1,05	2,20	2,00
		2	19	5,70	0,75	4,70	2,00	0,90	2,30	-
	BM	4	20	5,60	0,81	4,90	2,00	0,93	2,80	-
		8	21	5,93	1,18	4,80	2,00	0,87	2,80	-
BELÉM		2	22	4,58	0,60	4,10	1,90	0,93	1,80	-
(III)	PM	4	23	4,60	0,65	4,30	2,00	0,93	1,80	-
		8	24	4,85	0,75	5,30	2,50	0,93	1,90	-
		2	25	4,85	0,55	4,50	2,50	0,80	1,70	-
	BM	4	26	5,93	0,60	4,80	2,60	0,80	1,70	-
		8	27	6,00	0,70	4,90	2,70	0,90	1,80	-

TABELA 9 - Resultado das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas no mês de maio

Estação	Maré	Profun.(m)	Amostras	ANIONS (ppm) HCO_3^-	Cl^-	$SO4^{--}$	CÁTIONS (ppm) Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
MOSQUEIRO (I)	BM	5	1	10,50	5,82	6,30	3,30	0,75	3,20	1,40
		10	2	13,00	5,90	6,50	3,50	0,80	3,20	1,40
		19	3	13,00	6,20	4,14	3,50	0,85	3,50	1,15
	PM	5	4	14,07	3,30	5,30	2,50	1,20	2,64	1,45
		10	5	14,50	4,30	7,16	3,00	1,22	3,20	1,58
		19	6	14,70	5,60	7,20	3,50	,23	3,38	1,58
ICOARACI (II)	BM	5	7	10,20	5,30	3,80	2,20	0,75	2,20	1,23
		10	8	10,20	5,80	3,90	2,20	0,75	2,30	1,23
		19	9	10,50	6,50	4,00	2,30	0,78	3,20	1,31
	PM	3	10	8,10	5,06	2,50	1,60	0,55	2,20	1,24
		6	11	8,00	6,33	3,20	1,80	0,60	2,20	1,24
		12	12	8,26	6,62	3,70	2,00	0,60	2,60	1,30
	BM	3	13	6,09	5,63	2,03	1,20	0,75	2,60	1,29
		6	14	6,50	7,62	2,25	1,60	0,63	2,70	1,29
		12	15	6,90	7,90	2,30	1,70	0,65	3,20	1,31
	PM	3	16	6,05	6,90	1,80	1,50	0,60	2,00	1,23
		6	17	6,10	7,20	1,91	1,70	0,63	2,30	1,27
		12	18	6,25	7,50	1,88	1,80	0,70	2,40	1,27
BELÉM (III)	BM	2	19	8,95	9,00	2,09	1,40	0,55	3,60	2,10
		4	20	10,23	9,11	2,20	1,50	0,60	3,60	2,10
		8	21	11,00	10,30	2,98	2,30	0,63	4,12	2,40
	PM	2	22	8,70	9,11	2,30	1,50	0,58	4,00	2,13
		4	23	7,93	10,50	3,30	1,40	0,58	4,13	2,60
		8	24	8,44	11,20	3,90	1,90	0,60	4,30	2,80
	BM	2	25	-	-	-	-	-	-	-
		4	26	-	-	-	-	-	-	-
		8	27	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 10 - Resultado das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas no mês de agosto

Estação	Maré	Profun.(m)	Amostras	ANIONS (ppm)			CÁTIONS (ppm)			
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
		5	1	47,62	5.130	380,00	2.100	67,50	100,00	450
	BM	10	2	48,00	5.630	325,00	2.100	75,00	102,00	550
		19	3	48,50	5.780	339,00	2.300	83,00	102,00	580
MOSQUEIRO		5	4	50,50	5.495	400,00	2.400	83,00	96,00	528
(I)	PM	10	5	50,50	5.532	403,00	2.400	83,00	96,00	530
		19	6	51,30	5.677	502,00	2.400	83,00	100,00	530
		5	7	47,62	5.170	354,00	2.100	73,00	89,00	450
	BM	10	8	51,08	5.292	375,00	2.300	78,00	95,00	530
		19	9	51,11	5.334	389,00	2.400	85,00	100,00	535
		3	10	11,30	15,40	12,00	10,20	1,17	2,56	3,00
	BM	6	11	11,40	16,70	12,03	10,50	1,19	3,00	3,40
		12	12	11,61	18,50	13,07	10,90	1,23	4,78	4,00
ICOARACI		3	13	14,64	68,50	23,30	22,00	1,65	25,00	29,00
(II)	PM	6	14	16,35	72,90	25,60	48,00	2,50	26,00	30,00
		12	15	14,64	48,50	30,90	81,00	3,80	28,00	32,00
		3	16	11,61	14,40	13,24	11,00	1,11	2,13	3,09
	BM	6	17	11,80	15,00	13,33	11,00	1,12	2,66	3,64
		12	18	12,77	16,68	12,20	8,00	1,13	3,20	4,70
		2	19	6,95	3,50	8,33	2,10	0,70	2,76	2,00
	BM	4	20	6,95	3,70	8,90	2,00	0,70	2,80	2,32
		8	21	6,95	4,00	9,20	2,00	0,70	3,20	2,77
BELÉM		2	22	6,95	5,30	9,20	2,10	0,85	2,66	2,35
(III)	PM	4	23	7,50	5,80	8,90	2,20	0,85	3,80	3,05
		8	24	8,10	6,20	9,80	2,10	0,85	9,40	3,10
		2	25	6,80	4,36	6,70	2,10	0,78	2,30	2,05
	BM	4	26	6,80	4,40	7,80	2,00	0,85	3,16	2,24
		8	27	7,50	5,00	8,60	2,10	0,85	3,52	3,00

TABELA 11 - Resultado das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas no mês de novembro

Estação	Maré	Profun.(m)	Amostras	ANIONS (ppm)			CÁTIONS (ppm)			
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
MOSQUEIRO (I)	BM	5	1	37,42	873,50	111,00	580,00	17,50	18,00	19,00
		10	2	37,42	989,00	124,00	585,00	14,00	20,00	35,00
		19	3	38,70	922,50	124,00	530,00	13,50	23,00	37,00
	PM	5	4	35,54	1.166,50	106,00	677,00	23,00	28,00	42,00
		10	5	34,00	1.117,00	107,00	658,00	22,50	30,00	47,00
		19	6	35,54	1.119,00	107,00	663,00	23,00	34,00	51,00
	BM	5	7	35,94	1.165,00	120,00	636,00	16,00	30,00	47,00
		10	8	35,94	1.185,00	125,00	685,00	15,00	28,00	42,00
		19	9	36,00	1.213,00	135,00	690,00	17,00	32,00	48,00
ICOARACI (II)	BM	3	10	24,80	251,00	25,00	148,50	8,50	7,00	13,50
		6	11	29,70	253,00	26,30	149,50	10,50	8,00	14,00
		12	12	31,50	262,00	32,50	151,00	11,80	12,00	21,00
	PM	3	10	32,20	288,00	53,00	175,00	8,50	10,00	20,00
		6	14	32,20	320,00	51,00	185,00	9,50	13,00	21,00
		12	15	35,00	330,00	53,00	195,00	10,80	13,00	21,00
	BM	3	16	-	-	-	-	-	-	-
		6	17	-	-	-	-	-	-	-
		12	18	-	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)	BM	2	19	12,39	12,62	7,00	4,30	0,86	7,70	1,35
		4	20	14,39	12,62	7,00	4,30	0,78	8,30	1,30
		8	21	12,39	15,90	7,12	4,40	0,70	8,50	1,20
	PM	2	22	14,87	23,30	8,30	10,06	1,06	8,00	1,84
		4	23	12,39	23,30	9,10	10,00	0,88	8,60	1,84
		8	24	12,40	23,30	7,31	10,00	0,80	8,80	1,82
	BM	2	25	-	-	-	-	-	-	-
		4	26	-	-	-	-	-	-	-
		8	27	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 12 - Resultado das análises Químicas das amostras de água nas três estações estudadas no mês de janeiro 86

Estação	Maré	Profun.(m)	Amostras	ANIONS (ppm)			CÁTIONS (ppm)			
				HCO_3^-	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
MOSQUEIRO (I)	BM	5	1	27,30	16,81	8,90	9,35	1,78	7,30	4,45
		10	2	27,30	15,72	8,90	9,00	1,33	7,50	4,50
		19	3	30,80	14,50	9,28	8,50	1,78	7,30	4,58
	PM	5	4	33,50	9,50	9,35	5,40	1,30	8,42	5,20
		10	5	35,30	9,30	8,80	4,80	1,83	8,50	5,20
		19	6	37,20	8,93	7,95	4,72	1,94	8,75	5,20
	BM	5	7	-	-	-	-	-	-	-
		10	8	-	-	-	-	-	-	-
		19	9	-	-	-	-	-	-	-
ICOARACI (II)	BM	3	10	25,20	2,95	6,31	1,90	1,12	5,50	3,40
		6	11	25,20	2,97	5,92	1,92	1,18	5,90	3,53
		12	12	28,50	3,91	5,98	2,02	1,35	5,90	3,53
	PM	3	13	14,90	7,84	7,50	2,33	0,80	5,40	3,25
		6	14	16,11	9,81	7,31	2,08	0,90	5,80	3,55
		12	15	18,80	9,90	6,01	2,40	0,85	5,83	3,55
	BM	3	16	-	-	-	-	-	-	-
		6	17	-	-	-	-	-	-	-
		12	18	-	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)	BM	2	19	13,30	7,93	7,60	2,12	0,80	5,41	3,30
		4	20	13,50	7,36	7,10	2,12	0,83	5,53	3,40
		8	21	13,65	9,16	8,00	2,30	0,80	5,80	3,50
	PM	2	22	10,40	7,80	9,70	2,10	0,80	5,23	3,15
		4	23	9,20	7,86	10,10	2,20	0,78	5,27	3,15
		8	24	12,50	7,90	11,70	2,30	0,88	5,85	3,50
	BM	2	25	-	-	-	-	-	-	-
		4	26	-	-	-	-	-	-	-
		8	27	-	-	-	-	-	-	-

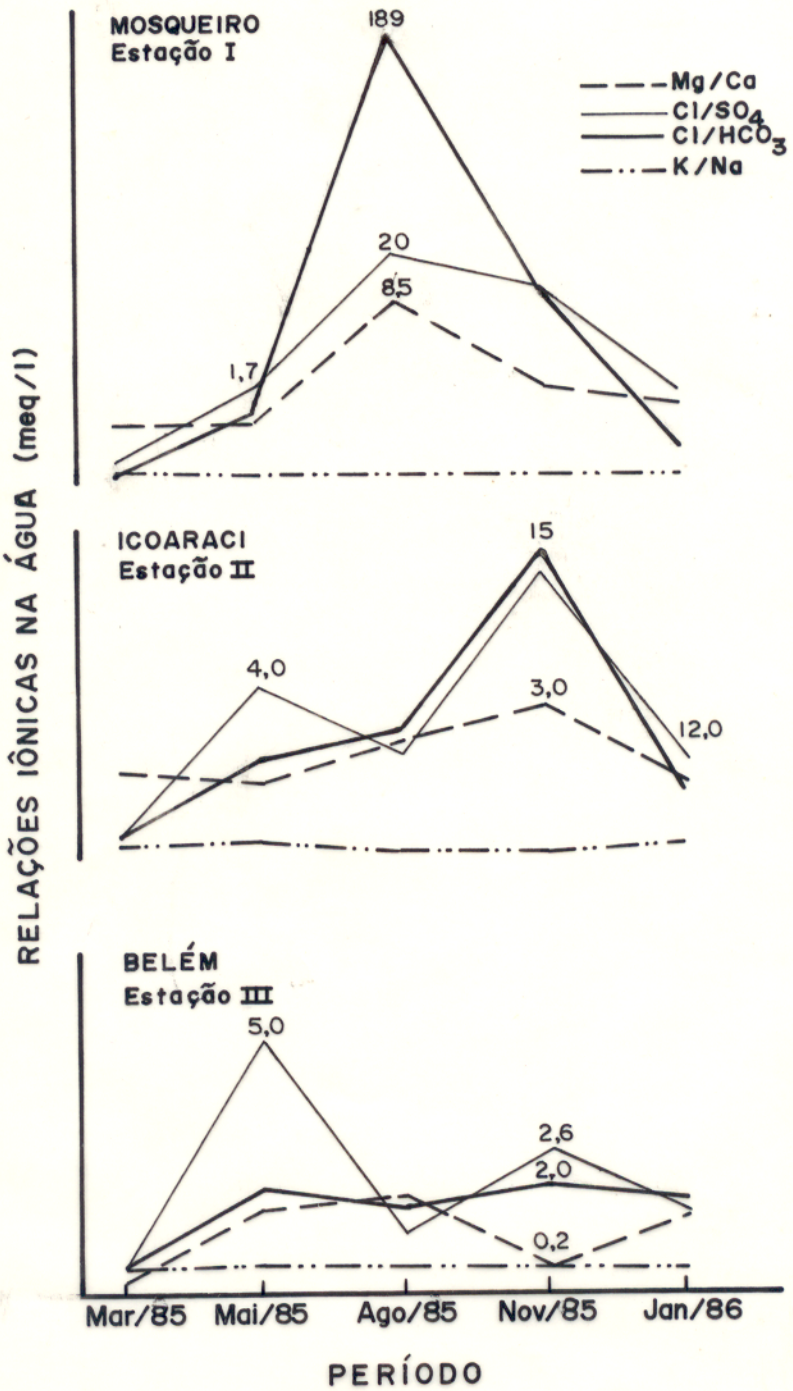


Fig. 10 - Variação sazonal das relações iônicas das amostras de água nas três estações estudadas (Média aritmética obtida a partir das Tabelas 15, 16, 17, 18 e 19).

intrusão marinha (CUSTODIO e LLAMAS 1976).

Nas estações amostradas, há acentuado aumento dessa relação, principalmente em Mosqueiro, como era de se esperar, na época da estiagem, onde ela mostra uma grande aproximação, com as relações iônicas das águas marinhas.

A Fig. 10 mostra a variação da relação Cl/HCO3 nas estações estudadas.

4.2.7.3 Cl/SO4

Observando as tabelas (15,16,17,18 e 19), verifica-se que o comportamento sazonal do íon SO_4^{--}, não é tão marcante, quanto ao do cloreto. O que torna a relação Cl/SO4, importante na caracterização do processo de intrusão, já que a concentração do íon SO_4^{--}, nas águas do estuário são relativamente baixas. Os valores da relação Cl/SO4 variam entre 0,19 a 20,3.

4.2.7.4 K/Na

Em águas fluviais misturados com águas marinhas, a relação K/Na apresenta valores baixos, devido ao elevado teor de Na^{++}, provenientes do mar.

O comportamento da relação K/Na, ao longo das três estações estudadas, está de acordo com o processo de salinização em águas fluviais. Seus valores em torno de 0.02 observados na época de baixo índice pluviométrico, em Mosqueiro e Icoaraci, mostram a modificação temporária que as águas estuarinas sofrem durante o processo de mistura com as águas oceânicas.

4.3 Sedimentos em Suspensão

4.3.1 Considerações

Águas barrentas, ricas em partículas em suspensão é uma característica das águas que compõem o estuário do rio Pa-

TABELA 13 - Relações Iônicas características da água de Rio e do Mar (CUSTÓDIO e LLAMAS, 1976).

Relações Iônicas	Água do Rio meq/l	Água do Mar meq/l
Mg/rCa	0,3 - 1,5	5,0
rCl/rHCO	0,1 - 5,0	20 - 50
rCl/rSO_4	0,94	9,7
rK/rNa	0,004 - 0,3	0,02 - 0,025
ITB	-0,513	0,095

TABELA 14 - Composição Química da Água do Rio e Mar (MASON, 1958).

Constituintes	Água do Rio		Água do Mar	
	ppm	meq/l	ppm	meq/l
Cl^-	7,8	0,22	19000	535,2
Na^+	6,3	0,274	10500	456,5
Mg^{++}	4,1	0,337	1300	106,912
SO_4^{--}	11,2	0,233	2650	55,173
K^+	2,3	0,059	380	27,6
Ca^{++}	15	0,748	400	19,96
HCO_3^{--}	58,4	0,958	140	2,32

TABELA 15 - Relações iônicas das águas nas três estações estudadas do mês de março

Estação	Maré	rK/rNa meq/l	rMg/rNa meq/l	rCl/rSO4 meq/l	rCl/rSO4 meq/l
MOSQUEIRO (I)	BM	0,170	0,771	0,219	-
	PM	0,256	0,510	0,236	0,141
ICOARACI (II)	BM	0,174	1,260	0,330	0,250
	PM	0,238	1,263	0,165	0,115
BELÉM (III)	BM	0,154	-	0,216	0,230
	PM	0,259	-	0,197	0,244

TABELA 16 - Relações iônicas das águas nas três estações estudadas no mês de maio

Estação	Maré	rK/rNa meq/l	rMg/rCa meq/l	rCl/rSO4 meq/l	rCl/HCO3 meq/l
MOSQUEIRO (I)	BM	0,161	0,754	1,71	0,907
	PM	0,240	0,827	0,903	0,52
ICOARACI (II)	BM	0,208	0,916	3,59	1,59
	PM	0,270	0,759	4,33	1,85
BELÉM (III)	BM	0,210	0,960	5,370	1,623
	PM	0,218	0,995	4,520	2,161

TABELA 17 - Relações iônicas das águas nas três estações estudadas no mês de agosto

Estação	Maré	rK/rNa meq/l	rMg/rCa meq/l	rCl/rSO4 meq/l	rCl/HCO3 meq/l
MOSQUEIRO (I)	BM	0,020	8,660	20,266	189,233
	PM	0,020	8,964	17,503	188,697
ICOARACI (II)	BM	0,066	1,996	1,730	2,360
	PM	0,034	1,897	4,332	7,140
BELÉM (III)	BM	0,219	1,336	0,680	1,026
	PM	0,236	1,336	0,840	1,319

TABELA 18 - Relações iônicas das águas nas três estações estudadas no mês de novembro

Estação	Maré	rK/rNa meq/l	rMg/rCa meq/l	rCl/rSO4 meq/l	rCl/HCO3 meq/l
MOSQUEIRO (I)	BM	0,014	2,137	11,489	48,632
	PM	0,019	2,510	14,186	54,050
ICOARACI (II)	BM	0,039	2,982	12,513	15,450
	PM	0,030	2,873	8,096	16,232
BELÉM (III)	BM	0,218	0,260	2,633	1,686
	PM	0,053	0,356	3,860	3,056

TABELA 19 - Relações iônicas das águas nas três estações estudadas do mês de janeiro

Estação	Maré	rK/rNa meq/l	rMg/rCa meq/l	rCl/rSO4 meq/l	rCl/HCO3 meq/l
MOSQUEIRO (I)	BM	0,201	0,998	1,44	0,451
	PM	0,106	1,031	2,356	0,953
ICOARACI (II)	BM	0,221	1,000	1,821	0,933
	PM	0,372	0,996	0,732	0,212
BELÉM (III)	BM	0,219	0,995	1,017	1,285
	PM	0,218	1,004	1,453	1,038

rá. De acordo com resultados mineralógicos desses suspensatos, evidências mostram que parte das águas do rio Amazonas que penetra no estuário através do rio Pará, dada a conexão dos dois rios pelo estreito de Breves, influência no tipo de argilomineral desses sólidos em suspensão, embora estes, nas águas do estuário, sejam mais caulinítico do que os das águas do rio Amazonas. SIOLI (1951), considera que parte das águas do Amazonas, que penetra no estuário, é a maior contribuição para a turbidez dessas águas, contestando o fato do rio Tocantins ser a área fonte dessas partículas, por ser o mesmo pobre no transporte de sólidos em suspensão; considera, também, que o material em suspensão no baixo Guamá, não tem sua origem na região superior desse rio, ou seu tributário o rio Campim, isto porque, esses rios possuem águas claras em seus cursos superiores. (EGLER e SCHWASSMAN 1962), consideram que a dinâmica das águas no baixo Guamá e inudações de suas margens constituem a principal fonte das partículas em suspensão no estuário. (KOWSMANN e COSTA 1979), atribuem ao rio Tocantins, principal afluente do rio Pará, como determinante na mineralogia transportada pelo rio Pará para a plataforma continental. Segundo tais autores, as contribuições cratônicas do pré-Cambriano e as do Terciário, provenientes do baixo curso do rio Tocantins, parecem predominar na carga despejada sobre a plataforma pelo rio Pará. Os minerais argilosos são os mesmos transportados pelo rio Amazonas, havendo, no entanto, um acréscimo de caulinita em relação à ilita e ocorrência de baixas concentrações locais de esmectita e ilita.

4.3.2 Mineralogia e geoquímica dos sedimentos

Na área estuarina em questão, consideramos que além das contribuições fluviais no estuário provenientes dos rios Amazonas, Guamá, Tocantins e outros, a área estudada pode ser considerada como a maior fonte do material em suspensão, visto que é constituída por terrenos inundáveis poucos desenvolvidos. A Fig.3 mostra que as características da formação geológica (a predominância de terrenos quaternários) se encontra em conformidade com os resultados obtidos pela difratometria de raios-X para tais sedimentos. Assim, nos sedimentos em suspensão nas águas em estudo, predomina a caulinita e a ilita com a esmectita em baixos teores, além de traços de clorita (Fig. 11). Seus valores médios variam de 580ppm na época chuvosa e 37ppm na época de estiagem.

Estudos da PORTOBRÁS (1982), no canal do meio da baía de Guajará mostram uma quantidade média de 370ppm de material em suspensão em agosto e novembro de 1979. PINHEIRO(no prelo), detectou nas proximidades da foz do rio Guamá um valor médio de 115ppm no período chuvoso e 97.6ppm na época de estiagem.

A dinâmica das águas, tais como velocidade de fluxo, descarga fluvial e o intercâmbio físico, químico e físico-químico (devido a penetração de marés) são fatores importantes que influenciam na concentração das partículas em suspensão em estuário. Em estudos dos sedimentos em suspensão na baía de Guajará, PINHEIRO (no prelo) sugere que durante as marés de sízigias, ocorre um ligeiro aumento da concentração do material em suspensão pelo reconhecimento do material fino das margens do estuário, e que as concentrações máximas, geralmente, estão associadas aos momentos finais de vazante podendo ou não coin-

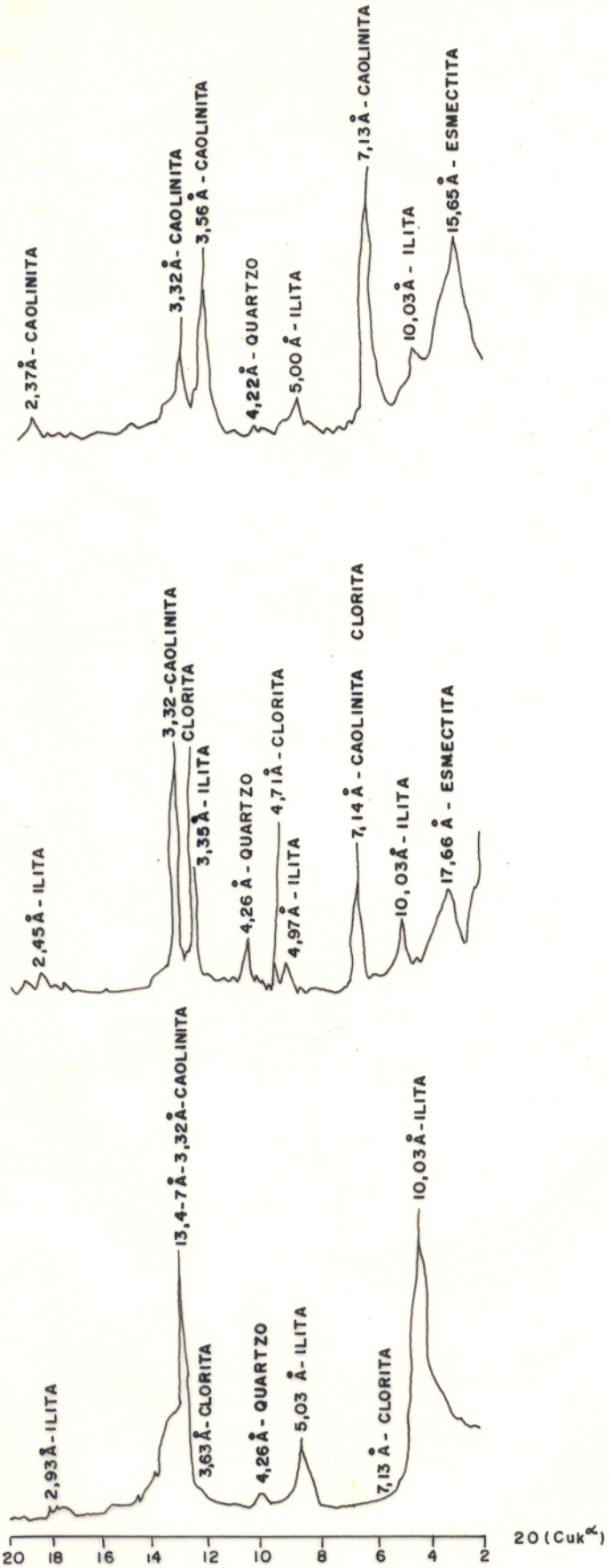


Fig.II - Difratograma para identificação dos principais argilominerais em suspenção nas águas do estuario do Rio Para. (Fração inferior a 2 μ).

cidir com os momentos em que as correntes atigem velocidades máximas.

A fração orgânica nos sedimentos estudados, foi determinada através do Carbono orgânico, principal componente da matéria orgânica no solo.

Nas amostras analisadas o conteúdo do carbono orgânico variou de 1.0 a 2.3% em valores absolutos. As maiores percentuais ocorrem em Belém, como mostra a Fig.12, fato possivelmente atribuído à maior influência de vegetação e aporte de água doce nessa estação.

O descréscimo dos teores de carbono orgânico, na época considerada de maior influência de águas salinas, sugere remoção deste por floculação, devido ao incremento de eletrólitos nessas águas (SHOLKOVTIZ 1975).

4.3.3 Material em suspensão e Salinidade

A relação entre sedimento em suspensão e salinidade em águas estuarinas tem sido amplamente discutida na literatura. GIBBS (1967), observou que nas águas do Amazonas e seus tributários a concentração dos sedimentos diminui, a medida que a distância entre as águas fluviais e o oceano diminui, e que durante a estação chuvosa a quantidade de sedimento em suspensão é bem maior que na estação seca. CALLIARI (1980), estudando as águas estuarinas da Lagoa dos Patos, observou que a concentração do material em suspensão aumenta juntamente com a temperatura e salinidade no estuário. CUNHA (1982), não encontrou nenhuma relação entre turbidez máxima e salinidade no rio POtengi.

Na área em estudo observamos uma nítida variação da concentração do sedimento em suspensão com a salinidade (Tab.

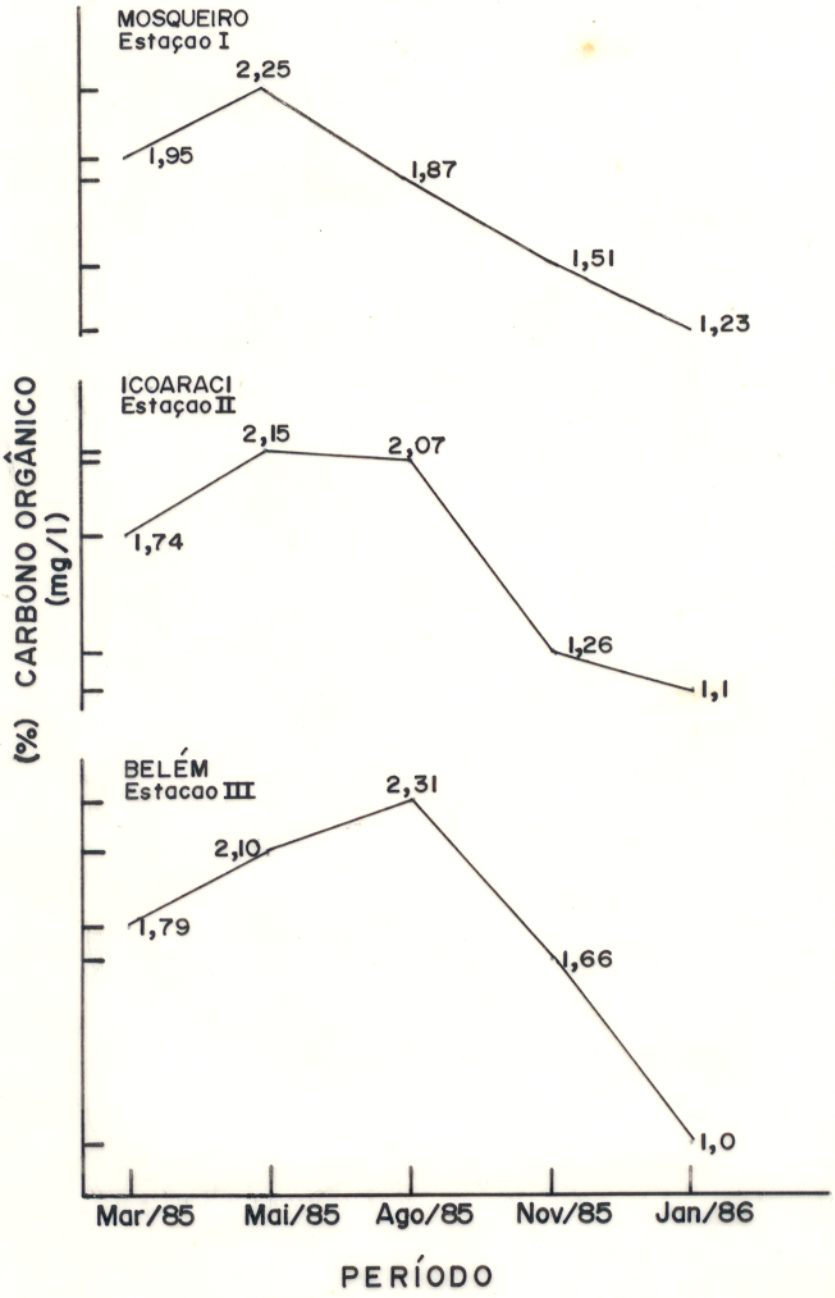


Fig.12 - Variação sazonal da (%) CARBONO ORGÂNICO nos sedimentos em suspensão nas três estações estudadas (Média aritmética obtida a partir dos valores das Tabelas 20, 21, 22, 23 e 24).

TABELA 20 - Resultado das análises Físico-Químicas do material em suspensão nas três estações estudadas no mês de março

Estação	Maré	Amostra	Profun.(m)	Mat.Sólido mg/l	pH	Conduti-vidade	%C. Organico	CÁTIONS TROCÁVEIS K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}
MOSQUEIRO (I)		1	10	$0,438,5x10^3$	-	-	1,83	-	89	2216	1580
	BM	2	10	-	-	-	-	-	-	-	-
		3	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		4	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	5	10	$0,353x10^3$	6,3	29	1,79	295	150	3000	2100
		6	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		7	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	8	10	$0,58x10^3$	5,9	36	2,11	185	95	3000	1800
		9	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	11	6	-	6,1	21	1,63	80	40	1740	1060
		12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
ICOARACI (II)		13	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	14	6	$0,26x10^3$	6,3	26	1,84	200	95	1150	800
		15	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		16	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	17	6	$0,29x10^3$	6,5	26	1,96	100	55	2400	1580
		18	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		19	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	20	4	$0,32x10^3$	6,1	24	1,9	60	115	1960	1340
		21	8	-	-	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)		22	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	23	4	$0,467x10^3$	5,6	25	1,67	65	85	2160	1380
		24	8	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	26	4	$0,465x10^3$	5,5	24	1,99	-	-	1620	1260
		27	8	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 21 - Resultado das análises Físico-Químicas do material em suspensão nas três estações estudadas no mês de maio

Estação	Maré	Amostra	Profun.(m)	Mat.Sólido mg/l	pH	Condutividade	%C. Orgânico	CÁTIONS TROCÁVEIS K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}
		1	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	2	10	$0,0615 \times 10^3$	6,3	120	2,14	1300	1600	4040	2540
		3	19	-	-	-	-	-	-	-	-
MOSQUEIRO (I)		4	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	5	10	$0,0625 \times 10^3$	-	-	2,34	2550	970	4140	2940
		6	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		7	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	8	10	$0,065 \times 10^3$	-	-	1,51	-	-	5320	3000
		9	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	11	6	$0,3075 \times 10^3$	5,5	15	2,25	750	-	1620	1220
		12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
ICOARACI (II)		13	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	14	6	$0,228 \times 10^3$	6,1	20	2,05	465	70	2440	1400
		15	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		16	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	17	6	-	-	-	-	-	30	2100	1080
		18	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		19	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	20	4	$0,093 \times 10^3$	-	-	1,94	730	240	1800	1100
		21	8	-	-	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)		22	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	23	4	$0,1575 \times 10^3$	6,3	13	2,23	-	-	1500	1380
		24	8	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	26	4	-	-	-	-	-	-	-	-
		27	8	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 22 - Resultado das análises Físico-Químicas do material em suspensão nas três estações estudadas no mês de agosto

Estação	Maré	Amostra	Profun.(m)	Mat.Sólido mg/l	pH	Condutividade	%C. Orgânico	CÁTIONS TROCÁVEIS K^+	Na^+	Ca^{++}	Mg^{++}
		1	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	2	10	$0,044x10^3$	6,9	590	1,43	400	4370	1460	3360
		3	19	-	-	-	-	-	-	-	-
MOSQUEIRO (I)		4	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	5	10	$0,05x10^3$	-	-	2,3	740	4043	2100	4440
		6	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		7	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	8	10	$0,046x10^3$	-	-	-	-	-	2340	4600
		9	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	11	6	$0,07x10^3$	-	-	1,94	2300	250	1780	920
		12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
ICOARACI (II)		13	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	14	6	$0,04x10^3$	5,7	51	2,2	-	490	2440	1500
		15	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		16	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	17	6	$0,042x10^3$	-	-	-	1620	-	3160	1460
		18	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		19	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	20	4	$0,057x10^3$	-	-	-	190	170	2440	1440
		21	8	-	-	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)		22	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	23	4	$0,066x10^3$	-	-	-	295	540	2260	3300
		24	8	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	26	4	$0,054x10^3$	5,9	43	2,31	215	225	2140	2480
		27	8	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 23 - Resultado das análises Físico-Químicas do material em suspensão nas três estações estudadas no mês de novembro

Estação	Maré	Amostra	Profun.(m)	Mat.Sólido mg/l	pH	Condutividade	%C. Orgânico	CÁTIONS TROCÁVEIS K+	Na+	Ca++	Mg++
MOSQUEIRO (I)	BM	1	5	-	-	-	-	-	-	-	-
		2	10	$0,110x10^3$	-	-	1,56	500	1490	1250	1950
		3	19	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	4	5	-	-	-	-	-	-	-	-
		5	10	-	-	-	1,51	415	1490	1450	2050
		6	19	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	7	5	-	-	-	-	-	-	-	-
		8	10	$0,137x10^3$	7,1	200	1,5	385	2010	1200	1900
		9	19	-	-	-	-	-	-	-	-
ICOARACI (II)	BM	10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
		11	6	$0,204x10^3$	6,7	55	1,022	180	490	1400	1350
		12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	13	3	-	-	-	-	-	-	-	-
		14	6	$0,2785x10^3$	-	-	1,5	310	850	1400	1900
		15	12	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	16	3	-	-	-	-	-	-	-	-
		17	6	-	-	-	-	-	-	-	-
		18	12	-	-	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)	BM	19	2	-	-	-	-	-	-	-	-
		20	4	$0,068x10^3$	6,1	29	1,098	110	81	1600	950
		21	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	22	2	-	-	-	-	-	-	-	-
		23	4	$0,083x10^3$	-	-	2,21	180	122	1050	1300
		24	8	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	4	-	-	-	-	-	-	-	-
		27	8	-	-	-	-	-	-	-	-

TABELA 24 - Resultado das análises Físico-Químicas do material em suspensão nas três estações estudadas no mês de janeiro/86

Estação	Maré	Amostra	Profun.(m)	Mat.Sólido mg/l	pH	Conduti-vidade	%C. Orgânico	CÁTIONS TROCÁVEIS K+	Na+	Ca++	Mg++
		1	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	2	10	$0,086x10^3$	6,55	46	1,007	317	100	2266	1374
		3	19	-	-	-	-	-	-	-	-
MOSQUEIRO (I)		4	5		-	-	-	-	-	-	-
	PM	5	10	$0,12x10^3$	6,7	46	1,46	260	74	2560	1214
		6	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		7	5	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	8	10	-	-	-	-	-	-	-	-
		9	19	-	-	-	-	-	-	-	-
		10	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	11	6	$0,037x10^3$	-	-	1,64	390	80	1530	520
		12	12	-	-	-	-	-	-	-	-
ICOARACI (II)		13	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	14	6	$0,075x10^3$	6,15	37	1,9	260	65	2020	754
		15	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		16	3	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	17	6	-	-	-	-	-	-	-	-
		18	12	-	-	-	-	-	-	-	-
		19	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	20	4	$0,32x10^3$	6,3	36	0,87	-	55	2060	1016
		21	8	-	-	-	-	-	-	-	-
BELÉM (III)		22	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	PM	23	4	$0,372x10^3$	6,2	42	1,14	340	80	1612	1054
		24	8	-	-	-	-	-	-	-	-
		25	2	-	-	-	-	-	-	-	-
	BM	26	4	-	-	-	-	-	-	-	-
		27	8	-	-	-	-	-	-	-	-

25). Nas estações amostradas, o efeito inverso da salinidade e material em suspensão é igualmente observado (Fig.13).

A gradual variação na salinidade devido à penetração das águas marinhas no estuário, consistindo em trocas físico-químicas nas zonas afetadas, ocasiona a agregação de finas partículas em suspensão, seguida de deposição, processo esse que facilmente ocorre numa faixa de salinidade, como a detectada na área estudada (de 0 a 7‰).

A agregação das partículas dispersas e em suspensão é um dos fatores mais importantes no processo de deposição de sedimentos finos em estuários. As partículas colidindo entre sí, agregam-se, formando novas partículas suspensas com diâmetros maiores, que em condições favoráveis de salinidade depositam. (GIBBS e KONWAR 1986), mostram que o diâmetro médio das partículas suspensas pelos rios, aumenta numa faixa de salinidade de 1 a 10‰, resultando na coagulação de pequenas partículas, sendo que o processo de coagulação em função da salinidade, afeta sobretudo as partículas grandes, e que em águas superficiais, o diâmetro médio do material suspenso aumenta bruscamente numa faixa de salinidade de 3 a 5‰.

A faixa de salinidade 0 a 7‰, observada nas águas do estuário do rio Pará no trecho estudado, durante o ciclo hidrológico em questão, sugere deposição de finas partículas com o incremento de eletrólitos. O comportamento inverso da concentração desses sedimentos com a salinidade deve-se à remoção destes pelo processo de coagulação, à medida que a salinidade se faz presente.

4.3.4 Troca Iônica

A troca iônica significa neste contexto a permuta de

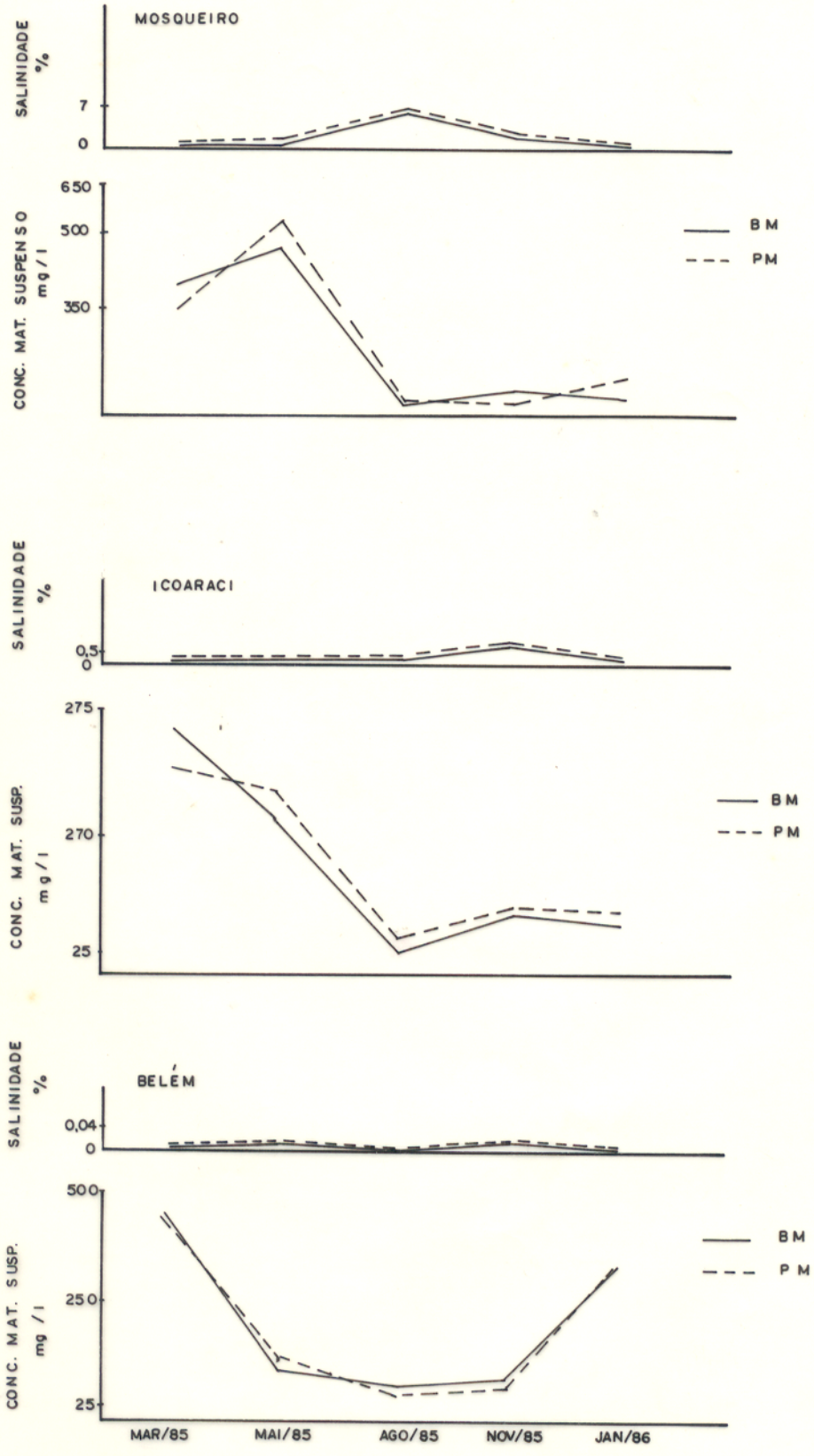


FIG. 13 - VARIAÇÃO SAZONAL DA CONCENTRAÇÃO DO MATERIAL EM SUSPENSÃO E SALINIDADE NA ESTOFA DE BAIXA-MAR E PREAMAR NAS TRÊS ESTAÇÕES ESTUDADAS.

TABELA 25 - Concentração de material em suspensão e salinidade nas águas do estuário do rio Pará

ESTAÇÃO	MARÉ	PROFUN.(m)	AMOSTRA	MARÇO/85		MAIO/85		AGOSTO/85		NOVEMBRO/85		JANEIRO/86	
				A	B	A	B	A	B	A	B	A	B
MOSQUEIRO	BM	10	1	509	$2,23x10^{-3}$	630	$5,5x10^{-3}$	45	6,4	124	1,45	86	0,03
	PM	10	2	353	$2,16x10^{-3}$	625	$7,7x10^{-3}$	50	7,0	55	1,9	120	0,016
ICOARACI	BM	6	3	520	$2,8x10^{-3}$	307	$1,15x10^{-2}$	228	$1,3x10^{-2}$	40	0,13	79	0,8
	PM	6	4	260	$1,3x10^{-2}$	228	$1,3x10^{-2}$	40	0,13	79	0,8	75	0,017
BELÉM	BM	4	5	393	$1,23x10^{-3}$	93	$1,6x10^{-2}$	55	0,007	68	0,02	320	0,0132
	PM	4	6	467	$1,17x10^{-3}$	158	$1,19x10^{-2}$	66	0,01	83	0,04	372	0,014

BM = baixa-mar

PM = preamar

A = concentração do mat suspensão (mg/l)

B = salinidade (‰)

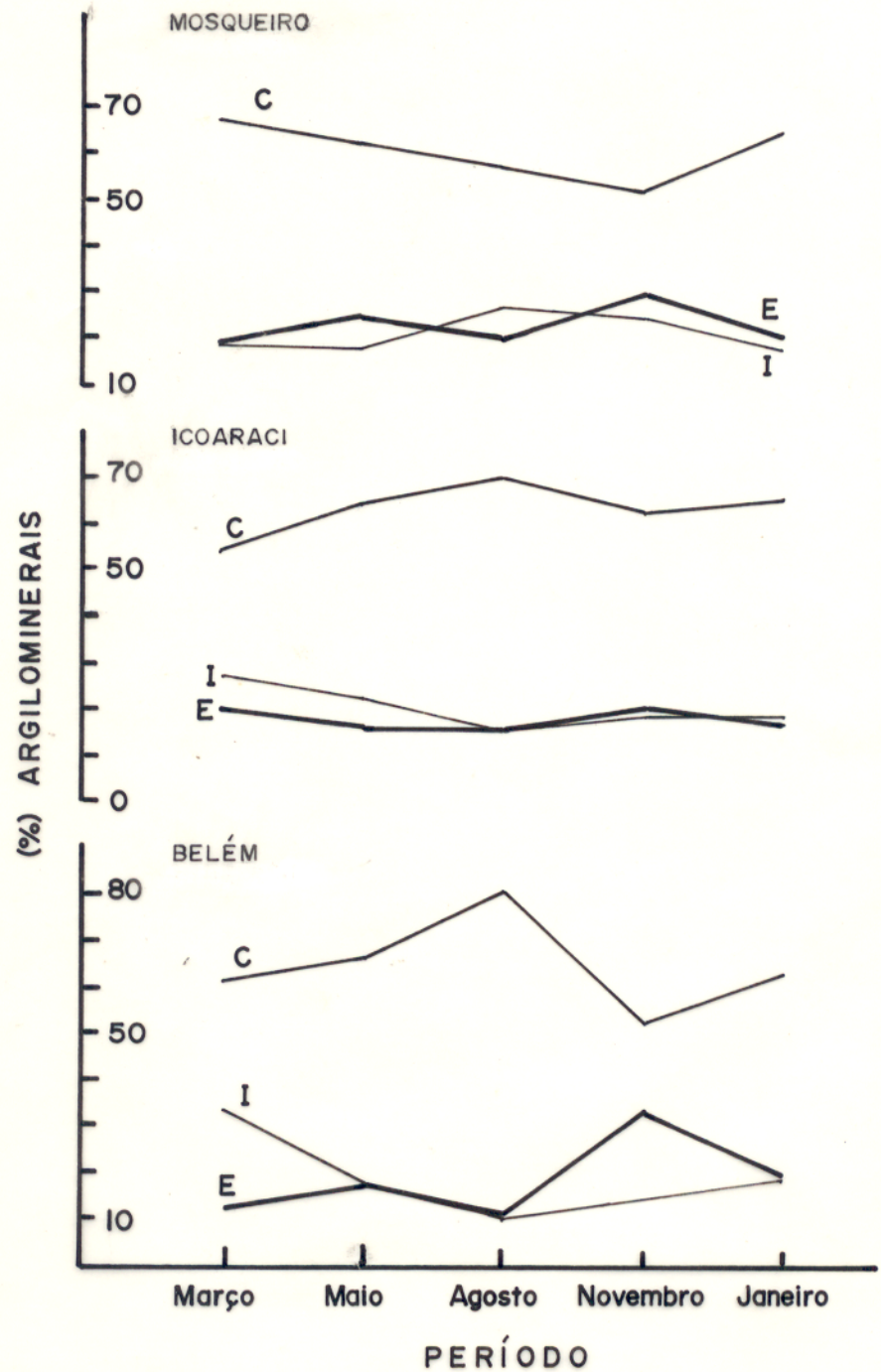


Fig.14- Variação percentual dos argílominerais nas três estações estudadas. **(C-caolinita; E-esmectita e I-Ilita).**

íons entre certas substâncias sólidas, eletronicamente desequilibradas e o meio aquoso.

Devido às pequenas dimensões e à carga elétrica de suas partículas anisométricas, os argilominerais em contacto com a água entram facilmente em suspensão, formando dispersões coloidais com grande capacidade de troca (SANTOS 1975).

A capacidade de troca de um mineral ou substância é igual à quantidade de íons trocáveis (em meq/l) por cada 100g da substância sólida. A capacidade de troca para alguns argilominerais é dado abaixo (GRIM, 1968; e CARROL, 1959):

Mineral	Capacidade de Troca Iônica(meq/100g)
Vermiculita	100 a 150
Esmectita	80 a 150
Ilita	10 a 40
Caulinita	3 a 15
Clorita	10 a 40

O gráfico da Fig.14, discrimina os resultados analíticos de cátions trocáveis, que confirmam os dados da literatura (OLPHEN e FRIPIAT, 1979) sobre a capacidade de troca catiônica dos argilos minerais estudados.

Assim, a caulinita predominante nesses sedimentos, com valores percentuais variando de 50 a 90% (fig.14), apresenta 100g. Os resultados analíticos mostram variações significativas da Capacidade de Troca de Cátions, segundo a variação sazonal da salinidade das águas. Observando a Fig.15 verifica-se que em Mosqueiro na época de chuva abundante, os cátions mais trocáveis são Mg^{++} e Ca^{++} respectivamente, com excessão ao mês de janeiro, onde a quantidade de cálcio trocável prevalece em 0.85% em relação ao magnésio. Quanto ao comportamento do sódio e potássio nessa época, os mesmos apresentam baixa ca-

pacidade de troca, disputando entre si os maiores percentuais.

Na época da estiagem, em agosto, no pico da salinidade nessa estação, o potássio apresenta a mais baixa capacidade de troca (1.2%), em relação a média de (6%) nos outros meses. O cálcio acompanha o comportamento do potássio, apresentando também o menor valor percentual (4.1%) em relação aos outros meses. (Fig.15).

Em Icoaraci e Belém, talvez pela menor influência marinha, com salinidade máxima de 0,95 em Icoaraci e 0.042‰ em Belém, o comportamento dos cátions trocáveis muda um pouco sensivelmente.

Em Icoaraci, de modo geral, magnésio e cálcio são os cátions mais trocáveis, sendo o magnésio bem mais que o cálcio, com excessão do mês de agosto e janeiro, onde se observa um domínio do cálcio sobre o magnésio. Quanto à variação sazonal desses cátions, é em novembro, no pico da salinidade nessa estação, que se observa as maiores trocas de magnésio e cálcio. A influência salina na capacidade de troca desses sedimentos é observada através do comportamento do sódio e potássio. Durante todo o ciclo estudado, o potássio é o terceiro cátion mais trocável, atingindo em agosto seu ponto máximo (8.0%). Em novembro no pico da salinidade, o sódio dissolvido na água sendo bem maior que o potássio, é preferencialmente adsorvidos pelos sedimentos, apresentando portanto valor percentual 4 vezes maior que o potássio.

Em belém, o magnésio também prevalece ao cálcio, durante todo o ciclo, com excessão do mês de janeiro, onde ocorre um leve aumento do cálcio em relação ao magnésio. A maior troca do magnésio ocorre em agosto, juntamente com os maiores

percentuais do sódio (9.5%), o segundo mais trocável, o potássio e cálcio igualmente trocáveis (8.2%). Porém de modo geral se observa, com excessão de agosto, que nessa estação magnésio e cálcio são os mais trocáveis.

4.3.5 As Relações Iônicas nos Sedimentos

As relações iônicas estudadas nos sedimentos em suspensão Fig.16 mostram um comportamento sazonal similar a essas relações nas águas fluviais estudadas, fato observado sobretudo em Mosqueiro e Icoaraci.

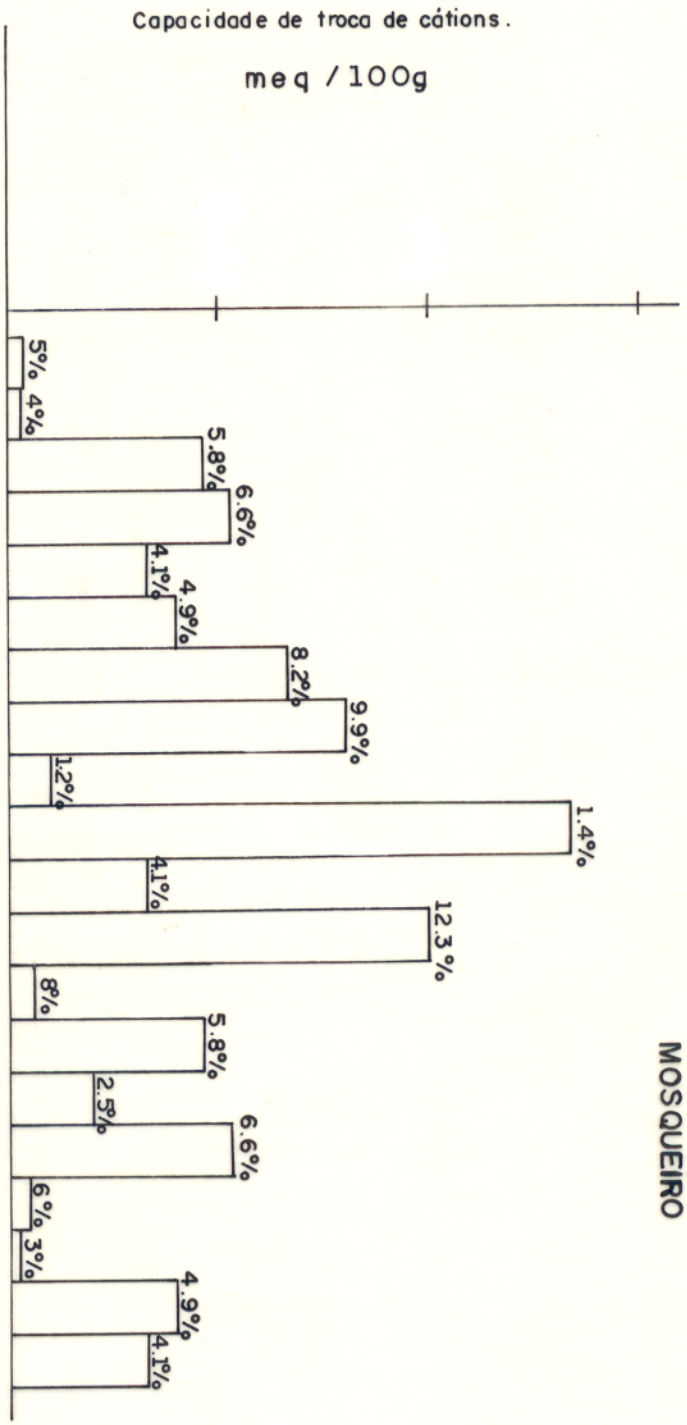


Fig-15 a. VARIAÇÃO SAZONAL DA CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA NAS TRÊS ESTUDADAS.

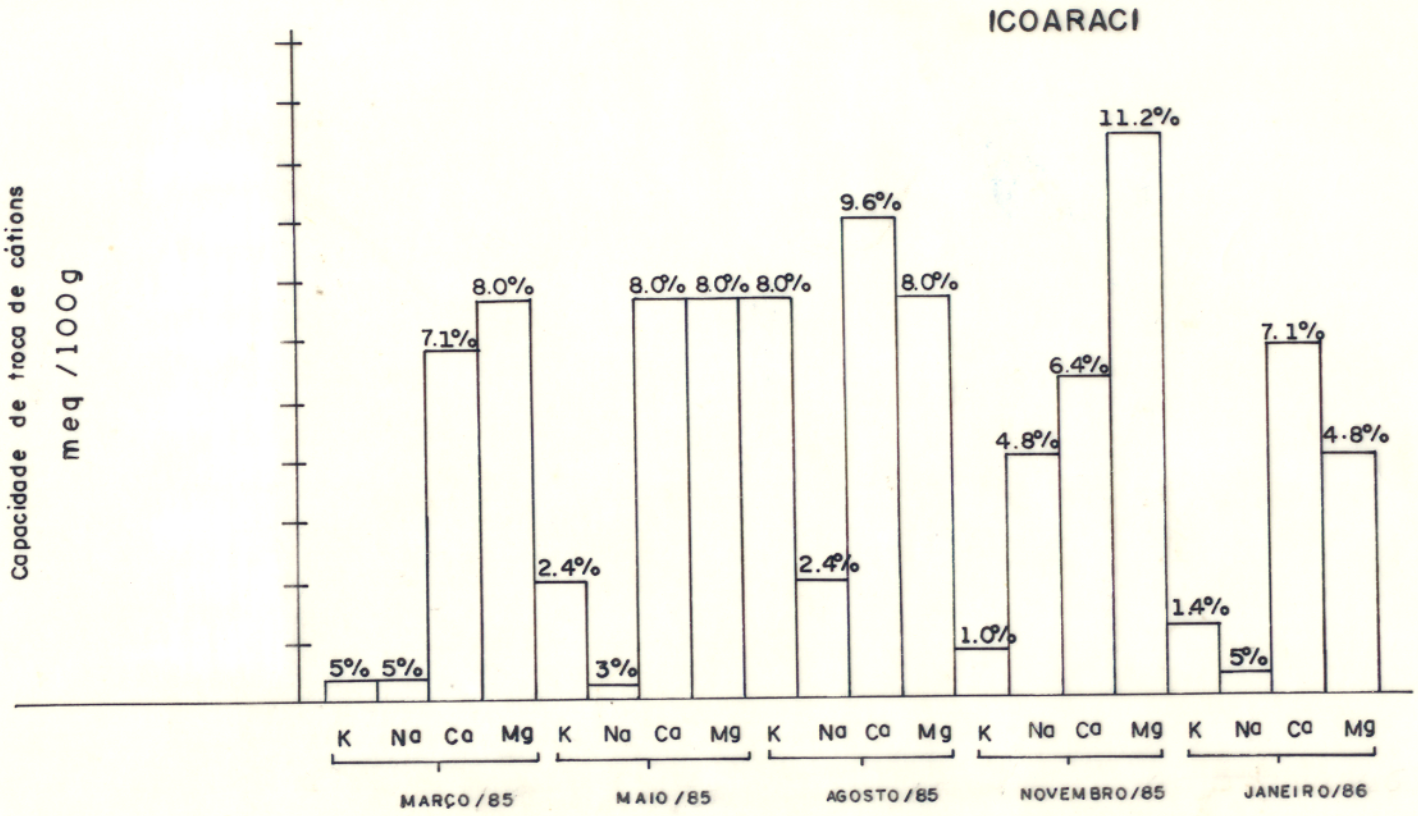


Fig - 15 b. VARIAÇÃO SAZONAL DE CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA NAS TRÊS ESTAÇÕES ESTUDADAS.

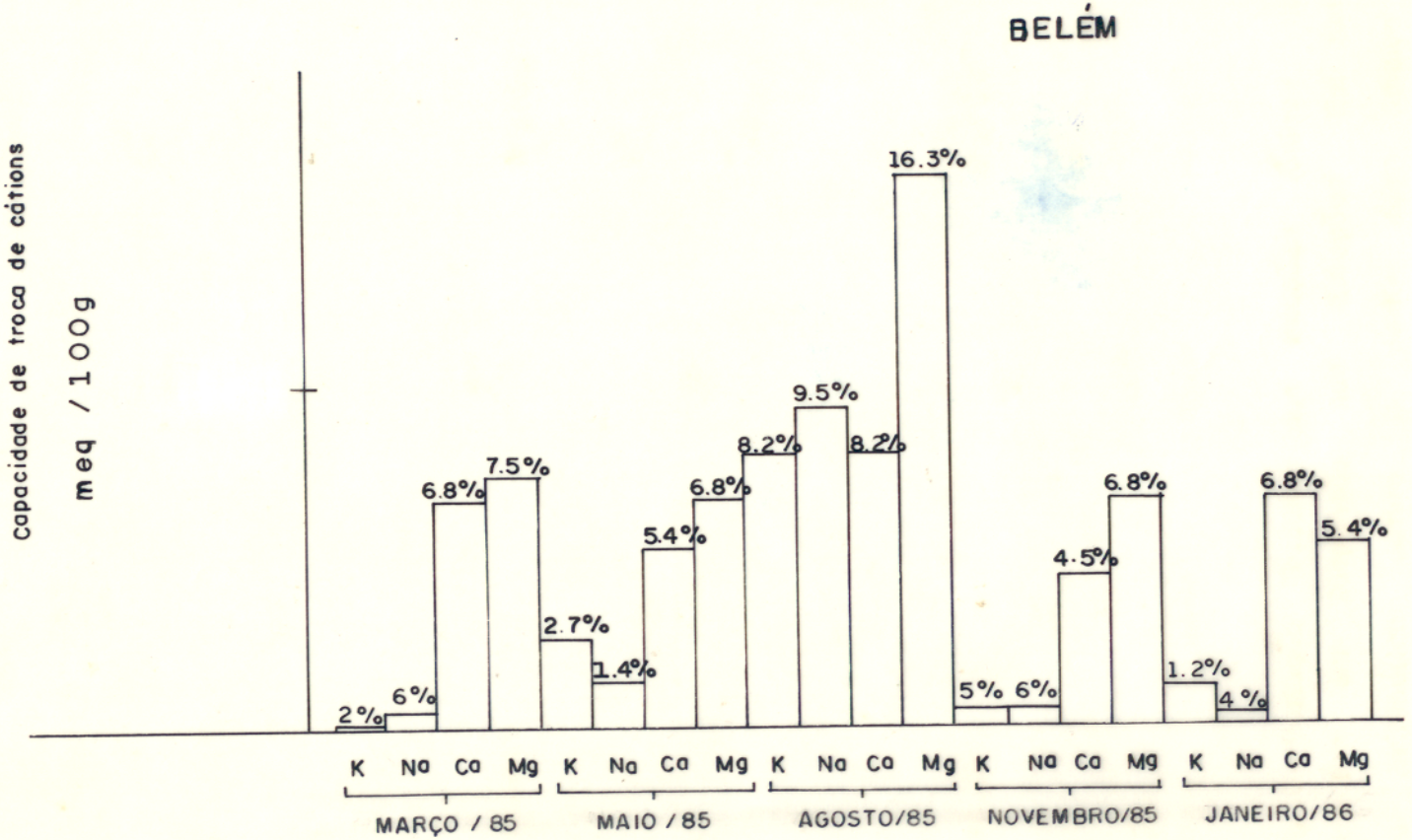


Fig.- 15 c. VARIAÇÃO SAZONAL DA CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS NAS AMOSTRAS DE ÁGUA NAS TRÊS ESTAÇÕES ESTUDADAS.

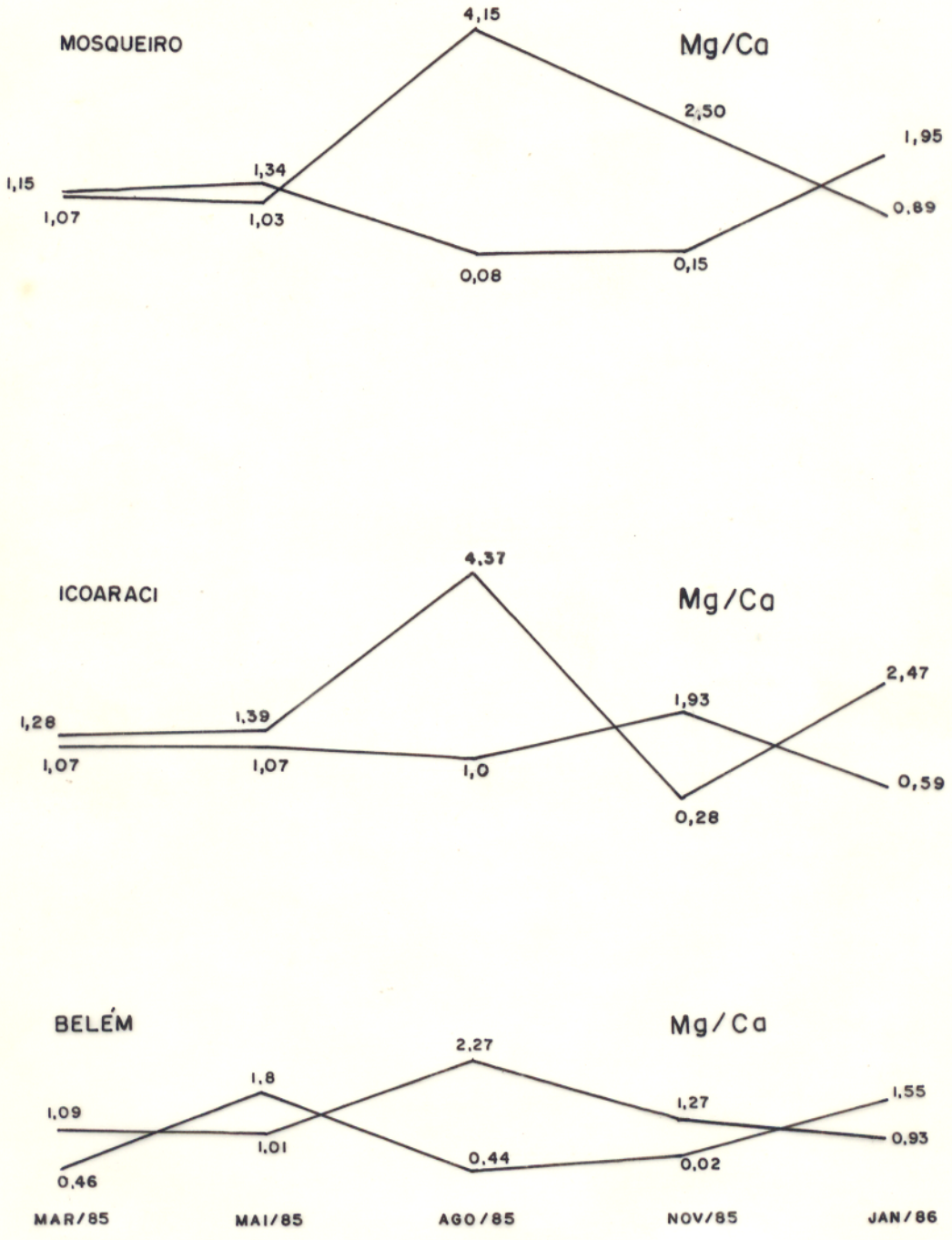


Fig. 16- Variação Sazonal das relações lônicas nos Sedimentos em Suspensão nas Estações Estudadas (Média Aritimética obtida a partir das tabelas 20, 21, 22, 23 e 24).

5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO

O tratamento estatístico dos dados, limitou-se a estimativa do grau de interrelação entre as variávies, utilizando o coeficiente de correlação de Pearson, e construções de diagramas de dispessão para as variáveis que apresentaram melhor relacionamento linear (Apêndices II e III).

Os coeficientes de correlação foram obtidos separadamente para cada estação, sendo analisados somente os resultados referentes a três campanhas que completam o ciclo hidrológico estudado e, nas quais se observa com maior nitidez o efeito da variação sazonal nos parâmetros observados. Assim, para Mosqueiro os coeficientes foram obtidos a partir dos meses de maio/85, agosto/85 e janeiro/86. Icoaraci e Belém, foram tratados os dados referentes aos meses de maio/85, novembro/85 e janeiro/86.

O coeficiente de correlação é usado para estimar o grau de interação entre variáveis, defenido matematicamente pela razão da covariância de suas variáveis pelo produto de seus desvios padrões.

$$rij = \frac{COVij}{Si.Sj}$$

Por ser uma grandeza adimensional, a covariância pode igualar, mas não exceder o produto do desvio padrão de suas variáveis, logo o coeficiente de correlação varia de +1 a -1. Assim uma correlação de +1, indica uma perfeita relação direta entre duas variáveis, enquanto uma correlação de -1 indica que uma variável varia inversamente com relação a outra, e no intervalo { +1 -1}, existem relações menos perfeita, incluindo zero, que indica ausência de qualquer tipo de relação. (DAVIS,

1973).

Para o cálculo dos coeficientes de correlação e construções do diagrama de dispessão, utilizou-se o Subprograma Scattergram segundo (NIE et al., 1975).

O estudo da matriz de correlação, mostra que os íons dissolvidos na água nas três estações, como era de se esperar, apresentam uma relação positiva com a condutividade e salinidade dessas águas, sendo o cloreto, o que melhor apresenta comportamento linear com esses parâmetros.

Em Icoaraci e Mosqueiro o O_2 dissolvido, é bem relacionável a temperatura (0,87032) e (0,87813) respectivamente, fazendo-nos perceber que, apesar da pouca variação da temperatura a relação entre eles tende a ser positiva. Assim, sendo, é de se esperar que nas águas em estudo, a quantidade de oxigênio dissolvido seja maior onde a temperatura é mais alta.

As relações iônicas na água: Mg/Ca; Cl/HCO3; Cl/SO4; (Na+K)/Ca; (Na+Mg)/Ca, variam diretamente com os constituíntes químicos. Assim, seus coeficientes de correlação mostram uma relação positiva com a condutividade e salinidade. O comportamento inverso da relação K/Na, e o coeficiente de correlação com a salinidade das águas deve-se ao fato da concentração do Na^+ trocável, variar na razão direta com a salinidade, e quanto mais elevados os teores de Na^+ trocável, menor o valor numérico dessa relação.

Nos sedimentos em suspensão, o K^+ e Ca^{++} trocáveis neste, estão intimamente relacionados à salinização químicos nos sedimentos estão na razão direta com a condutividade dessas águas, mostrando que o ambiente salino característico das águas estudadas, com salinidade máxima detectada de 7.0‰, contri-

bue para que possivelmente haja um processo de troca do potássio e cálcio pelo sódio e magnésio nos argilominerais estudados.

Nas estações de Mosqueiro e Icoaraci, se observa que a condutividade é diretamente relacionável ao potássio e cálcio, e inversamente relacionável a concentração de sedimentos em suspensão bem como ao magnésio, apresentando em relação ao sódio uma mesma tendência de relação inversa.

Essas correlações mostram que possivelmente o processo de troca iônica ocorrendo entre o sistema água-sedimento, é a adsorção de sódio e magnésio, ricos nessas águas, pelos sedimentos, nos lugares anteriormente ocupados pelo potássio e cálcio, e que num determinado tempo Na^{+} e Mg^{++} são floculados juntamente com o material em suspensão, explicando portanto, os coeficientes de correlação negativos (correlação inversal) do sódio e magnésio, com a condutividade.

As relações iônicas nos sedimentos parecem confirmar essa hipótese. Em Mosqueiro, por exemplo, a relação (Na+Mg) / Ca, apresenta coeficiente de correlação um pouco mais elevado que a relação (Na+K)/ Ca com acondutividade, mostrando que nos sedimentos em suspensão das águas estuarinas em questão, o magnésio em vez do potássio é o íon que é preferencialmente adsorvido pelos argilominerais.

As demais relações iônicas nos sedimentos, apresentam comportamento similar as relações iônicas na água. O que mostra que a condutividade desempenha um papel importante na concentração do sódio, magnésio, potássio e cálcio nos sedimentos. A relação direta das relações K/ Na na água e sedimento, reforçam que esses cátions sofrem a mesma variação sazonal nos sedimentos e água, na faixa de salinidade estudada.

O carbono orgânico no sedimento em termos numéricos apresenta baixo coeficiente de correlação (<0.6), porém tende a mostrar um comportamento similar a concentração do sedimento em relação a condutividade, isto é, correlação negativa.

6 CONCLUSÃO

Os valores da condutividade nas três estações estudadas sugerem que o estuário sofre um processo de intrusão marinha, que avança preferencialmente nas camadas inferiores da massa de água fluvial.

A distribuição dos valores de salinidade com a profundidade não revela estratificação da mesma, possuindo apenas uma significativa variação horizontal de 6.5‰, sugerindo que na área estudada é dominante a influência da maré, sendo a energia disponível suficiente para homogeneizar toda coluna de água.

Quanto a temperatura de um modo geral não foram observadas estratificações térmicas através das diferentes profundidades com excessão de março de 1985, em Icoaraci, onde a estratificação observada, pode ser devido a poluição local a que essa estação está sujeita, por causa da nítida influência urbana e industrial, detectada também, através dos constituintes químicos dissolvidos na água.

Os sedimentos em suspensão são constituídos basicamente por argilominerais, cuja fração mineralógica é formada principalmente por caulinita, ilita, seguidas pela montmorilonita em baixos teores e com traços de clorita. Terrenos aluvionares inundáveis, parecem ser a principal contribuição dos suspensatos na área em estudos.

A relação entre material em suspensão e salinidade é nitidamente inversa. Os baixos índices de salinidade observados, na faixa de 0-7‰, sugere deposição de partículas pelo processo de coagulação, dando aos sedimentos em suspensão, um comportamento nitidamente inverso ao processo de salinização

dessas águas.

Quanto ao processo de troca iônica, em Mosqueiro na época de estiagem, sódio e magnésio, são os íons quantitativamente mais determinados nos argilominerais em suspensão, sugerindo que esses íons, nessa época, ocupam os lugares vazios deixados pelo cálcio e potássio nos sedimentos em estudo.

Em Icoaraci e Belém, de modo geral, magnésio e cálcio são os cátions mais trocáveis.

As relações iônicas estudadas nos sedimentos em suspensão mostram um comportamento sazonal similar a essas relações nas águas fluviais estudadas, fato observado sobretudo em Mosqueiro e Icoaraci.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AB'SABER, A.N. - 1986 - Geomorfologia da Região. In: ALMEIDA, JR. Carajás, Desafio Político, Ecologia e Desenvolvimento. São Paulo, Ed. Brasiliense-CNPq. p.88-124.

ACKERMANN, F.L. - 1969 - Esboço para geologia entre a cidade de Belém-Rio Gurupi e Atlântico-Rio Guamá. Belém, Imprensa Universitária do Pará. 90p.

BEMERGUY, R.L. - 1979 - Estudo Sedimentológico dos Paleocanais da região do Rio Paracuari, Ilha do Marajó-Estado do Pará. Belém, UFPª-NCGG. 95p.

BIGARELLA, J.J. e ANDRADE, G.O. de - 1964 - Considerações sobre a estratigrafia dos sed. Cenozóicos em Pernambuco (Grupo Barreiras). Ciência da Terra, Recife, 2: 1-14.

BISCAYE, P.E. - 1965 - Mineralogy and Sedimentation of recent deep-sea clay in the Atlantic Ocean and Adjacent seas and ocean.Geol.Soc.Am.Bull, 76: 803-32.

BRASIL-SUDAM - 1984 - Atlas Climatológico da Amazônia Brasiliera, Sudam - Projeto Hidrologia e Climatologia da Amazônia. Belém. 125p.

CALLIARI, L.G. - 1980 - Aspectos Sedimentológicos e ambientais na região estuarial da Lagoa dos Patos. Tese de Mestrado. Porto Alegre, Instituto de Geoquímica da UFRGS. 139p.

CARROL, D. - 1959 - Ion exchange in clays and others mineral. Bul.Geol.Soc.Amer. New York, 70: 749-780.

CUNHA, E.M.S. - 1982 - Caracterização e Planejamento Ambiental do Estuário do Potengi. RN. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 211p.

CUSTODIO, E.; LLAMAS, M.R. - 1976 - Hidrologia Subterrânea. Barcelona, Ediciones Omega. v.1.

DAVIS, J.C. - 1973 - Statistic and data analysis in Geology. New York, John Wiley & Sons. 550p.

DIEGUES, F.M.F. - 1972 - Introdução à Oceanografia do Estuário Amazônico. In: Anais do 26º Congresso de Geologia, Belém. v.2, p.301-317.

DREVER, J.I. - 1982 - The Geochemistry of Natural Waters. London, Prentice - Hall. 388p.

EGLER, W.A.; SCHWASSAMNN, H.O. - 1962 - Limnological Studies in the Amazon estuary. Bol.MUs.Paraense Emílio Goeldi, nº1. 55p.

FERREIRA, C.S. - 1982 - Notas estratigráficas sobre o cenozóico marinho do Estado do Pará. In: Anais do I Simpósio de Geologia da Amazônia, Belém, v.1, p.84-88.

FRANZINELLI, E. - 1977 - Contribuição a Sedimentologia da Baía de Marajó. In: Anais do 2º Congresso Brasileiro de Geologia, Ouro Preto, v.2, p.91-106.

GIBBS, R.J. - 1967 - Geochemistry of the Amazon river system, Part I. The factors that control the salnity and lids. Geological Society of American Bulletin, 78: 1203-1232.

GIBBS, R.J.; KONWAR, L. - 1986 - Coagulation and setting of Amazon river suspended. Sediment Continental Shelf Research. 6(1/2): 127-149.

GOES, A.M. - 1981 - Estudo Sedimentológicos dos Sedimentos Barreiras Ipixuna e Itapecuru no Nordeste do Pará e Noroeste do Maranhão. Tese de Mestrado. Belém, UFPª-NCGG. 55p.

GRIM, R.E. - 1968 - Clay Mineralogy. New York, McGrawhill Book. 596p.

HEM, J.D. - 1970 - Study and Interpretation of the Chemical Characteristics fo Natural Water. Washington, United States

Government Prin - ting Office. 363p.

HUBER, J. - 1909 - Contribuição à geografia física dos furos de Breves e da parte ocidental de Marajó. Bol.Mus. Paraense Emílio Goeldi, nº 3, (1900-1902). 598p.

IRION, G. - 1976 - Quaternary Sediments of the Upper Amazon Lowlands. Biogeographica. 7: 163-167.

JAPIASSU, A.M.S.; GOES, L.F. - 1974 - AS regiões fitoecológicas, sua natureza e seus recursos econômicos. Estudo fitogeográfico da folha SA-22 Belém. In: Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Projeto Radam. Folha SA-22 Belém. Rio de Janeiro. v.5.

KOWSMANN, O.R.; COSTA, M.P.A. - 1979 - Sedimentação Quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes. In: Petrobrás. Projeto Remac. Recolhimento global da margem continental brasileira. Rio de Janeiro v.8.

LIMA, R. - 1956 - A Agricultura da Varzea do Estuário do Amazonas. IAN - Boletim Técnico, nº 33, 19p.

LIRA, L. - 1978 - Material em Suspensão, Temperatura e Salinidade no Estuário do Rio Macucaba-PE. Cad. Omega. Univ. Fed. Rural PE., Recife, 2(1): 97-116.

LIRA, L. - 1983 - Caracterização Abiental e Prospecção Pesqueira do estuário do Rio Cururuca-Maranhão. Belém, SUDAM/ UFMA. 139p.

MASON, B. - 1958 - Princples of geochimistry. New York, John Wiley & Sons. 310p.

MATHESS, G. - 1973 - Die Beschaffenheit des Grungwasseis. Berlim, Stutlgart, Borntraeges. 253p.

McNEELY; NEIMANIS, V.P.; DWYER, L. - 1979 - Water Quality Soucerbook. A Guide to Water Quality Parameters. Otawa, Inland

Waters Directorate, water Quality Branch. 89p.

NIE, N.H.; HULL, C.H.; JENNINS, J.G.; STEINBRENNE, K. - 1975 - Statistical Pacnaye for The Social Sciences. New York, Mc Graw - Hill. 675p.

OLPHEN, H.V.; FRIPIAT, J.J. - 1979 - Data Handbook for Clay Materials and other Non-Metalic Minerals. London, British Library Cataloguing in Publication Data. 348p.

OTTMAN, F.L. - 1968 - Etude des Problemes estuariens. Reove de Geographie phisisque et de Geologie Dynamique, Paris 10 (2): 329-353.

PETRI, S.; FULFARO, V.J. - 1983 - Geologia do Brasil (Fanerozóico). São Paulo, T.A. Queiroz. Ed. da Universidade de São Paulo. 361p.

PINHEIRO (no prelo) - Estudo hidrodinâmico e sedimentológico do estuário Guajará-Belém(PA). Tese de Mestrado. Belém, UFPª. 160p.

PORTOBRÁS, NPH. - 1982 - Porto de Belém. Análise dos estudos realizados sobre Sedimentação na Área Portuária. Relatório interno NPH. 80/82. cod. 170/01. 160p.

SANTOS, A. dos; TANCREDI, A.C.N.S.; SILVA, M.S. - 1985 - Liminologia da Amazônia Oriental I - Caracterização Biogeoquímica da parte sul do estuário do rio Amazonas. In: Simpósio sobre ciclagem de Nutrientes em Ecosistemas Aquáticos e Terrestres. São Carlos, INPA. 17p.

SANTOS, Persio de Souza - 1975 - Tecnologia de Argilas aplicada as argilas brasileiras. São Paulo, Edard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo. 340p.

SAYLES, F.L.; MANGELSDORF, P.C. -1979 - Cation-exchange characteristics of Amazon River suspended sediment and its

reatigon with seawater. Geochim. Acta 43: 767-779.

SCHALLER, H.A.; VASCONSELOS, P.N.A.; CASTRO, S.C. - 1971 - Estratigrafia Preliminar da Bacia Sedimentar da Foz do Amazonas. In: Anais do Congresso Brasileiro de Geologia, 25, São Paulo, v.3. p.189-202.

SHOLKOVTIZ, E.R. - 1975 - Floculation of dissolved organic and inorganic matter curing the mixing of river water and seawater. Geochim. Cosmochim. Acta 40: 831-845.

SIOLI, H. - 1951 - Sobre a Sedimentação na várzea do baixo-Amazonas. Belém. Bol.Instituto Agronômico do Norte, nº 24, 70p.

STANDARD METHODS - 1979 - For examination of water and wastewater. Washington, Am. Public Health Ass. 1193p.

Y.S.I. - 1983 - Instruction for YSI model 33 e 33m. S-C-T meters. Ohio, Scientific Division. 17p.

A N E X O I

Resultado das análises Químicas e Físico-Químicas das amostras de água do mar (Salinópolis) - junho/85

ESTAÇÃO	MARÉ		PROF.	^{o}C	v	‰	O_2 Dissolv.	HCO_3	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
SALINAS JUNHO/85	PM	28	SUPERFÍCIE	27	41.800	23,9	-	130,4	15.619,71	2.665	8.813	230,8	380,6	975,3
	BM	29		30	42.800	24,8	-	132,9	15.783,01	2.030	9.050	239,7	393,12	934,37

Resultado das análises Químicas e Físico-Químicas das amostras de água do mar (Salinópolis) - novembro/85

ESTAÇÃO	MARÉ		PROF.	^{o}C	v	‰	O_2 Dissolv.	HCO_3	Cl^-	SO_4^{--}	Na^+	K^+	Ca^{++}	Mg^{++}
SALINAS NOVEMBRO/85	PM	28	SUPERFÍCIE	29	50.000	31	10	19	21.504	2.620	10.850	525	1.065	1.600
	BM	29		30	750.000	31,5	7,56	18,5	20.100	2.559	10.700	425	1.250	1.800

A N E X O II

ABREVIAÇÕES USADAS

Temp	Temperatura
Cond	Condutividade
Sal	Salinidade
O2dis	O_2 disssovildo
RKNa	rK/rNa na água
RMgCa	rMg/rCa na água
RClSO4	rCl/rSO4 na água
RClHO3	rCl/rHCO3 na água
RNaKCa	r(na+K)/rCa na água
RNMgCa	r(Na+Mg)/rCa na água
Nased	Na trocável no sedimento
Ksed	K trocável no sedimento
Mgsed	Mg rocável no sedimento
Cased	Ca trocável no sedimento
RKNas	rK/rNa no sedimento em suspensão
RMgCas	rMg/rCa no sedimetno em suspensão
RNKCas	r(Na+K)/rCa no sedimento em suspensão
RNMCas	r(Na+Mg)/rCa no sedimento em suspensão
Consed	Concentração do sedimento em suspensão
Carorg	Carbono orgânico no sedimento em suspensão
999	Valor não considerado

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
(MOSQUEIRO)

	Temp	Cond	Sal	O2dis	RKNa	RMsCa	RClSO4	RClHO3	RNaKCa	RNMsCa
Temp	1.00000	-0.57446	-0.57704	0.87813	0.59127	0.55737	-0.55150	-0.57826	-0.58127	-0.57450
Cond	-0.57446	1.00000	0.99990	-0.49482	-0.81588	0.99915	0.97664	0.99536	0.99673	0.99894
Sal	-0.57704	0.99990	1.00000	-0.49045	-0.81776	0.99948	0.97949	0.99661	0.99561	0.99825
D2dis	0.87813	-0.49482	-0.49045	1.00000	0.46360	-0.46264	-0.37224	-0.45264	-0.53702	-0.51505
RKNa	0.59127	-0.82588	-0.81776	0.46360	1.00000	-0.81384	-0.82124	-0.81774	-0.82179	-0.82095
RMsCa	-0.55737	0.99915	0.99948	-0.46264	-0.81384	1.00000	0.98366	0.99779	0.99288	0.99651
RClSO4	-0.55150	0.97664	0.97949	-0.37224	-0.82124	0.98366	1.00000	0.99239	0.95733	0.96669
RClHO3	-0.57826	0.99536	0.99661	-0.45264	-0.81774	0.99779	0.99239	1.00000	0.98473	0.99011
RNaKCa	-0.58127	0.99673	0.99561	-0.53702	-0.82179	0.99288	0.95733	0.98473	1.00000	0.99936
RNMsCa	-0.57450	0.99894	0.99825	-0.51505	-0.82095	0.99651	0.96669	0.99011	0.99936	1.00000
Nased	-0.74005	-0.05992	-0.06129	-0.80888	-0.06589	-0.09042	-0.13764	-0.08258	-0.02540	-0.04551
Ksed	-0.79348	0.94777	0.94991	-0.64618	-0.81164	0.94414	0.94136	0.95474	0.94022	0.94261
Mssed	-0.17803	-0.65229	-0.65443	-0.31746	0.54035	-0.67612	-0.71340	-0.67254	-0.62301	-0.64039
Cased	-0.81769	0.89465	0.89234	-0.82917	-0.78387	0.87748	0.81719	0.86965	0.91531	0.90512
RKNas	0.96091	-077480	-077732	0.82103	0.74712	-0.76272	-0.75836	-0.77980	-0.77667	-0.77331
RMsCas	-0.68632	0.98016	0.98230	-0.53405	-0.85032	0.98066	0.98271	0.98854	0.96978	0.97444
RNKCas	-0.71062	0.92548	0.93035	-0.47010	-0.79520	0.93133	0.96664	0.95254	0.90048	0.91095
RNMCas	-0.68386	0.96313	0.96656	-0.48875	-0.82860	0.96681	0.98516	0.98063	0.94516	0.95299
Consed	0.89390	-0.73875	-074233	0.72095	0.88293	-0.72985	-0.74464	-0.74882	-0.74882	-0.73915
Carors	-0.73416	0.36270	0.35616	-0.93908	-0.17510	0.32850	0.21293	0.31026	0.40717	0.38354

	Nased	Ksed	Mssed	Cased	RKNas	RMsCas	RNKCas	RNMCas	Consed	Carors
Temp	-0.74005	-0.79348	-0.17803	-0.81769	0.96091	-0.68632	-0.71062	-0.68386	0.89390	-0.73416
Cond	-0.05992	0.94777	-0.65229	0.89465	-0.77480	0.98016	0.92548	0.96313	-0.73875	0.36270
Sal	-0.06129	0.94991	-0.65443	0.89234	-0.77732	0.98230	0.93035	0.96656	-0.74233	0.35616
D2dis	-0.80888	-0.64618	-0.31746	-0.82917	0.82103	-0.53405	-0.47010	-0.48875	0.72095	-0.93908
RKNa	-0.06589	-0.81164	0.54035	-0.78387	0.74712	-0.85032	-0.79520	-0.82860	0.88293	-0.17510
RMsCa	-0.09042	0.94414	-0.67612	0.87748	-0.76272	0.98066	0.93133	0.96681	-0.72985	0.32850
RClSO4	-0.13764	0.94136	-0.71340	0.81719	-0.75836	0.98271	0.96664	0.98516	-0.74464	0.21293
RClHO3	-0.08258	0.95474	-0.67254	0.86965	-0.77980	0.98854	0.95254	0.98063	-0.74882	0.31026
RNsKCa	-0.02540	0.94022	-0.62301	0.91531	-0.77667	0.96978	0.90048	0.94516	-0.74166	0.40717
RNMsCa	-0.04551	0.94261	-0.64039	0.90512	-0.77331	0.97444	0.91095	0.95299	-0.73915	0.38354
Nased	1.00000	0.20183	0.77650	0.37586	-0.53711	0.04401	0.05362	0.02433	-0.46138	0.77835
Ksed	0.20183	1.00000	-0.43715	0.93723	-0.92888	0.98540	0.97283	0.98124	-0.87634	0.49176
Mssed	0.77650	-0.43715	1.00000	-0.26194	0.09692	-0.58111	-0.54615	-0.58773	0.18092	0.42961
Cased	0.37586	0.93723	-0.26194	1.00000	-0.91827	0.90310	0.83220	0.86753	-0.85669	0.70135
RKNas	-0.53711	-0.92888	0.09692	-0.91827	1.00000	-0.86031	-0.86608	-0.85546	0.94894	-0.65229
RMsCas	0.04401	0.98540	-0.58111	0.90310	-0.86031	1.00000	0.97739	0.99514	-0.83564	0.36717
RNKCas	0.05362	0.97283	-0.54615	0.83220	-0.86608	0.97739	1.00000	0.99281	-0.83369	0.30037
RNMCas	0.02433	0.98124	-0.58773	0.86753	-0.85546	0.99514	0.99281	1.00000	-0.82864	0.32052
Consed	-0.46138	-0.87634	0.18092	-0.85669	0.94894	-0.83564	-0.83369	-0.82864	1.00000	-0.46554
Carors	0.77835	0.49176	0.42961	0.70135	-0.65229	0.36717	0.30037	0.32052	-0.46554	1.00000

	HCO3	Cl	SO4	Na	K	Ca	Ms	Temp	Cond	Sal
HCO3	1.00000	0.87188	0.87670	0.87524	0.87836	0.88661	0.87454	0.05227	0.87376	0.87191
Cl	0.87188	1.00000	0.99071	0.99562	0.99752	0.99441	0.99971	-0.42475	0.99835	0.99882
SO4	0.87670	0.99071	1.00000	0.99896	0.99779	0.97663	0.99022	-0.40906	0.99495	0.99364
Na	0.87524	0.99562	0.99896	1.00000	0.99961	0.98487	0.99546	-0.41694	0.99751	0.99677
K	0.87836	0.99752	0.99779	0.99961	1.00000	0.98759	0.99710	-0.41436	0.99899	0.99852
Ca	0.88661	0.99441	0.97663	0.98487	0.98759	1.00000	0.99608	-0.37801	0.98748	0.98865
Ms	0.87454	0.99971	0.99022	0.99546	0.99710	0.99608	1.00000	-0.41813	0.99711	0.99758
Temp	0.05227	-0.42475	-0.40906	-0.41694	-0.41436	-0.37801	-0.41813	1.00000	-0.42348	-0.42659
Cond	0.87376	0.99835	0.99495	0.99751	0.99899	0.98748	0.99711	-0.42348	1.00000	0.99991
Sal	0.87191	0.99882	0.99364	0.99677	0.99852	0.98865	0.99758	-0.42659	0.99991	1.00000

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
(ICOARACI)

	Temp	Cond	Sal	O2dis	RKNa	RMsCa	RClSO4	RClHO3	RNaKCa	RNMsCa
Temp	1.00000	0.06164	-0.01899	0.87032	0.11282	0.20875	-0.02782	-0.00407	0.16170	0.16567
Cond	0.06164	1.00000	0.98413	0.36752	0.93242	0.97800	0.86064	0.99594	0.95421	0.96000
Sal	-0.01899	0.98413	1.00000	0.29459	-0.91053	0.92811	0.77737	0.97976	0.88689	0.89580
O2dis	0.87032	0.36752	0.29459	1.00000	-0.08710	0.47188	0.18875	0.29103	0.42016	0.42581
RKNa	0.11282	-0.93242	-0.91053	-0.08710	1.00000	-0.91525	-0.92246	-0.95912	-0.92130	-0.92292
RMsCa	0.20875	0.97800	0.92811	0.47188	-0.91525	1.00000	0.90303	0.97107	0.98947	0.99251
RClSO4	-0.02782	0.86064	0.77737	0.18875	-0.92246	0.90303	1.00000	0.88699	0.95262	0.94657
RClHO3	-0.00407	0.99594	0.97976	0.29103	-0.95912	0.97107	0.88699	1.00000	0.95563	0.96033
RNaKCa	0.16170	0.95421	0.88689	0.42016	-0.92130	0.98947	0.95262	0.95563	1.00000	0.99973
RNMsCa	0.16567	0.96000	0.89580	0.42581	-0.92292	0.99251	0.94657	0.96033	0.99973	1.00000
Nased	0.42840	-0.08811	-0.01380	0.56142	0.41502	-0.13840	-0.52443	-0.16982	-0.25306	-0.23699
Ksed	-0.52066	0.81727	0.86053	-0.17874	-0.84594	0.70411	0.71512	0.84825	0.70159	0.70574
Mssed	-0.61284	-0.71503	-0.67605	-0.89466	0.44174	-0.75446	-0.45699	-0.65112	-0.69247	-0.70153
Cased	-0.58155	0.76069	0.80374	-0.31371	-0.85766	0.65134	0.71406	0.80562	0.65930	0.66196
RKNas	0.24740	-0.87771	-0.85459	0.05120	0.98657	-0.85405	-0.92662	-0.91692	-0.87832	-0.87737
RMsCas	-0.21902	0.95394	0.97840	0.10626	-0.92907	0.87675	0.79420	0.96556	0.85212	0.85904
RNKCas	0.04352	0.94329	0.97517	0.39765	-0.79671	0.87369	0.65014	0.92194	0.81135	0.82328
RNMCas	-0.17323	0.96275	0.98779	0.15442	-0.92116	0.88765	0.78251	0.96956	0.85689	0.86464
Consed	-0.64981	0.69765	0.72681	-0.39014	-0.82484	0.59786	0.72492	0.75127	0.62733	0.62660
Carors	-0.51380	-0.77625	-0.66260	-0.74686	0.64330	-0.87715	-0.78885	-0.74721	-0.88782	-0.88566

	Nased	Ksed	Mssed	Cased	RKNas	RMsCas	RNKCas	RNMCas	Consed	Carors
Temp	0.42840	-0.52066	-0.61284	-0.58155	0.24740	-0.21902	0.04352	-0.17323	-0.64981	-0.51380
Cond	-0.08811	0.81727	-0.71503	0.76069	-0.87771	0.95394	0.94329	0.96275	-0.69765	-0.77625
Sal	-0.01380	0.86053	-0.67605	0.80374	-0.85459	0.97840	0.97517	0.98779	0.72681	-0.66560
O2dis	0.56142	-0.17874	-0.89466	-0.31371	0.05120	0.10626	0.39765	0.15442	-0.39014	-0.74686
RKNa	0.41502	-0.84594	0.44174	-0.85766	0.98657	-0.92907	-0.79671	-0.92116	-0.82484	0.64330
RMsCa	-0.13840	0.70411	-0.75446	0.65134	-0.85405	0.87675	0.87369	0.88765	0.59786	-0.87715
RClSO4	-0.52443	0.71512	-0.45699	0.71406	-0.92662	0.79420	0.65014	0.78251	0.72492	-0.78885
RClHO3	-0.16982	0.84825	-0.65112	0.80562	-0.91690	0.96556	0.92194	0.96956	0.75127	-0.74721
RNaKCa	-0.25360	0.70159	-0.69247	0.65930	-0.87832	0.85212	0.81135	0.85689	0.62733	-0.88782
RNMsCa	-0.23699	0.70574	-0.70153	0.66196	-0.87737	0.85904	0.82328	0.86464	0.62660	-0.88566
Nased	1.00000	-0.26532	-0.48875	-0.41036	0.53089	-0.14352	0.20221	-0.09631	-0.51552	0.02405
Ksed	-0.26532	1.00000	-0.27254	0.98131	-0.87085	0.94581	0.80136	0.92919	0.95834	-0.34461
Mased	-0.48875	-0.27254	1.00000	-0.12836	0.31239	-0.52720	-0.76241	-0.56888	-0.03441	0.84619
Cased	-0.41036	0.98131	-0.12836	1.00000	-0.89891	0.90771	0.71025	0.88415	0.98792	-0.25740
RKNas	0.53089	-0.87085	0.31239	-0.89891	1.00000	-0.90512	-0.72144	-0.88832	-0.88797	0.56720
RMsCas	-0.14352	0.94581	-0.52720	0.90771	-0.90512	1.00000	0.93190	0.99812	0.85154	-0.56436
RNKCas	0.20221	0.80136	-0.76241	0.71025	-0.72244	0.93190	1.00000	0.95015	0.61617	-0.64322
RNMCas	-0.09631	0.92919	-0.56888	0.88415	-0.88832	0.99842	0.95015	1.00000	0.82113	-0.58476
Consed	-0.51552	0.95834	-0.03441	0.98792	-0.88797	0.85154	0.61617	0.82113	1.00000	-0.22804
Carors	0.02405	-0.34461	0.84619	-0.25740	0.56720	-0.56436	-0.64322	-0.58476	-0.22804	1.00000

	HCO3	CL	SO4	Na	K	Ca	Mg	Temp	Cond	Sal
HCO3	1.00000	0.79761	0.80971	0.80373	0.82149	0.91290	0.85418	0.74304	0.81042	0.78583
Cl	0.79761	1.00000	0.96105	0.99979	0.97762	0.88256	0.98361	0.29574	0.99912	0.99150
SO4	0.80971	0.96105	1.00000	0.95749	0.89193	0.95195	0.98995	0.29141	0.95279	0.98612
Na	0.80373	0.99979	0.95749	1.00000	0.98097	0.88044	0.98233	0.30396	0.99976	0.98946
K	0.82149	0.97762	0.89193	0.98097	1.00000	0.83034	0.94306	0.39625	0.98474	0.94304
Ca	0.91290	0.88256	0.95195	0.88044	0.83034	1.00000	0.95109	0.53366	0.87844	0.90778
Mg	0.85418	0.98361	0.98995	0.98233	0.94306	0.95109	1.00000	0.36866	0.98051	0.99127
Temp	0.74304	0.29574	0.29141	0.30396	0.39625	0.53366	0.36866	1.00000	0.31684	0.25069
Cond	0.81042	0.99912	0.95279	0.99976	0.98474	0.87844	0.98051	0.31684	1.00000	0.98641
Sal	0.78583	0.99150	0.98612	0.98946	0.94304	0.90778	0.99127	0.25069	0.98641	1.00000

COEFICIENTE DE CORRELAÇÃO
(BELÉM)

	Temp	Cond	Sal	O2dis	RNKa	RMsCa	RClSO4	RClHO3	RNaKCa	RNMsCa
Temp	1.00000	0.21518	0.33942	0.98783	-0.76954	-0.60603	-0.89767	-0.85119	0.51448	-0.59494
Cond	0.21518	1.00000	0.99164	0.06066	-0.78923	-0.90721	0.23718	-0.69572	0.94812	-0.91296
Sal	0.33942	0.99164	1.00000	0.18898	0.86189	-0.95392	0.10982	-0.78261	0.98122	-0.85799
O2dis	0.98783	0.06066	0.18898	1.00000	-0.66084	-0.47493	-0.95529	-0.75919	0.37484	-0.46268
RKNa	-0.76954	-0.78923	-0.86189	-0.66084	1.00000	0.97433	0.40938	0.99020	-0.94351	0.97112
RMsCa	-0.60603	-0.90721	-0.95392	-0.47493	0.97433	1.00000	0.19349	0.93334	-0.99388	0.99990
RClSO4	-0.89767	0.23718	0.10982	-0.95529	0.40938	0.19349	1.00000	0.53280	-0.08396	0.17987
RClHO3	-0.85119	-0.69572	-0.78261	-0.75919	0.99020	0.93334	0.53280	1.00000	-0.88799	0.92827
RNaKCa	0.51448	0.94812	098122	0.32404	-0.94351	-0.99388	-0.08396	-0.88799	1.00000	-0.99532
RNMsCa	-0.59494	-0.91296	-0.95799	-0.46268	0.97112	0.99990	0.17987	0.92827	-0.99532	1.00000
Nased	-0.97600	-0.42267	-0.53611	-0.93025	0.89013	0.76470	0.78017	0.94506	-0.68886	0.75569
Ksed	-0.98697	-0.05524	-0.18365	-0.99999	0.65676	0.47015	0.95680	0.75565	-0.36980	0.45786
Mssed	-0.99474	-0.11397	-0.24124	-0.99857	0.70004	0.52133	0.93810	0.89292	-0.42390	0.50944
Cased	-0.71806	-0.83419	-0.89839	-0.60106	0.99703	0.98878	0.33788	0.97650	-0.96623	0.98661
RKNas	-0.16254	-0.99856	-0.98330	-0.00709	0.75519	0.88337	-0.28890	0.65623	-0.92972	0.88978
RMsCas	-0.44167	-0.97120	-0.99383	-0.29675	0.91282	0.98132	0.00112	0.84684	-0.99656	0.98389
RNKCas	-0.98605	-0.37472	-0.49125	-0.94816	0.86509	0.72998	0.81180	0.92668	-0.65003	0.72043
RNMCas	-0.63397	-0.89166	-0.94263	-0.50596	0.98173	0.99937	0.22830	0.94553	-0.98932	0.99878
Consed	-0.99998	-0.20864	-0.33312	-0.98885	0.76525	0.60070	0.90060	0.84766	-0.50874	0.58955
Carors	-0.40026	0.80880	0.72614	-0.53793	-0.27720	-0.48637	0.76313	-0.14028	0.57989	-0.49844

	Nased	Ksed	Mssed	Cased	RKNas	RMsCas	RNKCas	RNMCas	Consed	Carors
Temp	-0.97600	-0.98697	-0.99474	-0.71806	-0.16254	-0.44167	-0.98605	-0.63397	-0.99998	-0.40026
Cond	-0.42267	-0.05524	-0.11397	-0.83419	-0.99856	-0.97120	-0.37472	-0.89166	-0.20864	0.80880
Sal	-0.53611	-0.18365	-0.24124	-0.89839	-0.98330	-0.99383	-0.49125	-0.94263	-0.33312	0.72614
O2dis	-0.93025	-0.99999	-0.99857	-0.60106	-0.00709	-0.29675	-0.94816	-0.50596	-0.98885	-0.53793
RKNa	0.89013	0.65676	0.70004	0.99703	0.75519	0.91282	0.86509	0.98173	0.76525	-0.27720
RMsCa	0.76470	0.47015	0.52133	0.98878	0.88337	0.98132	0.72998	0.99937	0.60070	-0.48637
RClSO4	0.78017	0.95688	0.73810	0.33788	-0.28890	0.00112	0.81180	0.22830	0.90060	0.76313
RClHO3	0.94506	0.75565	0.79292	0.97650	0.66523	0.84684	0.92668	0.94553	0.44766	-0.14028
RNaKCa	-0.68886	-0.36980	-0.42390	-0.96623	-0.92972	-0.99656	-0.65003	-0.98932	-0.50874	0.57989
RNMsCa	0.75569	0.45786	0.50944	0.98661	0.88978	0.98389	0.72043	0.99878	0.58955	-0.49844
Nased	1.00000	0.92825	0.94855	0.85238	0.37350	0.62644	0.99863	0.78716	0.97452	0.19111
Ksed	0.92825	1.00000	0.99826	0.59671	0.00166	0.29156	0.94642	0.50127	0.98802	0.54250
Mssed	0.94855	0.99826	1.00000	0.64295	0.06057	0.34741	0.96380	0.55138	0.99540	0.49207
Cased	0.85238	0.59671	0.64295	1.00000	0.80344	0.94157	0.82388	0.99347	0.71339	-0.35039
RKNas	0.37350	0.00166	0.06057	0.80344	1.00000	0.95704	0.32451	0.86612	0.15594	-0.83915
RMsCas	0.62644	0.29156	0.34741	0.94157	0.95704	1.00000	0.58484	0.97385	0.43566	-0.64539
RNKCas	0.99863	0.94642	0.96380	0.82388	0.32451	0.58484	1.00000	0.75385	0.98492	0.24215
RNMCas	0.78716	0.50127	0.55138	0.99347	0.86612	0.97385	0.75385	1.00000	0.62878	-0.45495
Consed	0.97452	0.98802	0.99540	0.71339	0.15594	0.43566	0.98492	0.62878	1.00000	0.40638
Carors	0.19111	0.54250	0.49207	-0.35039	-0.83915	-0.64539	0.24215	-0.45495	0.40638	1.00000

	HCO3	Cl	SO4	Na	K	Ca	Mg	Temp	Cond	Sal
HCO3	1.00000	0.52947	-0.06250	0.73646	0.47722	0.77589	-0.41167	0.53031	0.69757	0.50457
Cl	0.52947	1.00000	-0.29984	0.80136	-0.17618	0.66311	-0.97386	0.13356	0.96075	0.99957
SO4	-0.06250	-0.29984	1.00000	0.24819	0.81001	0.38499	0.48706	0.80748	-0.41956	-0.30126
Na	0.73646	0.80136	0.24819	1.00000	0.44528	0.97804	-0.64513	0.69775	0.77379	0.79119
K	0.47722	-0.17618	0.81001	0.44528	1.00000	0.61985	0.39146	0.93732	-0.13849	-0.19434
Ca	0.77589	0.66311	0.38499	0.97804	0.61985	1.00000	-0.47801	0.82155	0.65650	0.64929
Mg	-0.41167	-0.97386	0.48706	-0.64513	0.39146	-0.47801	1.00000	0.09502	-0.94000	-0.97666
Temp	0.53031	0.13356	0.80748	0.69775	0.93732	0.82155	0.09502	1.00000	0.11161	0.11929
Cond	0.69757	0.96075	-0.41956	0.77379	-0.13849	0.65650	-0.94000	0.11161	1.00000	0.95356
Sal	0.50457	0.99957	-0.30126	0.79119	-0.19434	0.64929	-0.97666	0.11929	0.95356	1.00000

A N E X O III

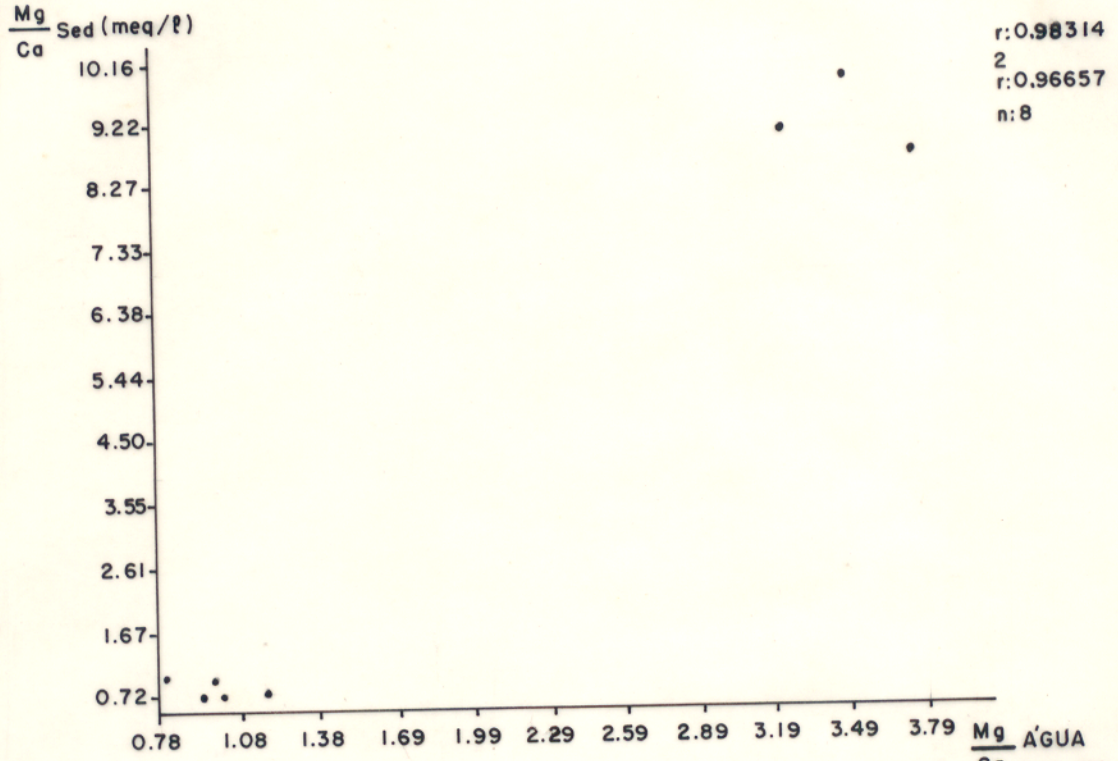


DIAGRAMA DE DISPERSÃO DO $\frac{Mg}{Ca}$ Sed X $\frac{Mg}{Ca}$ ÁGUA

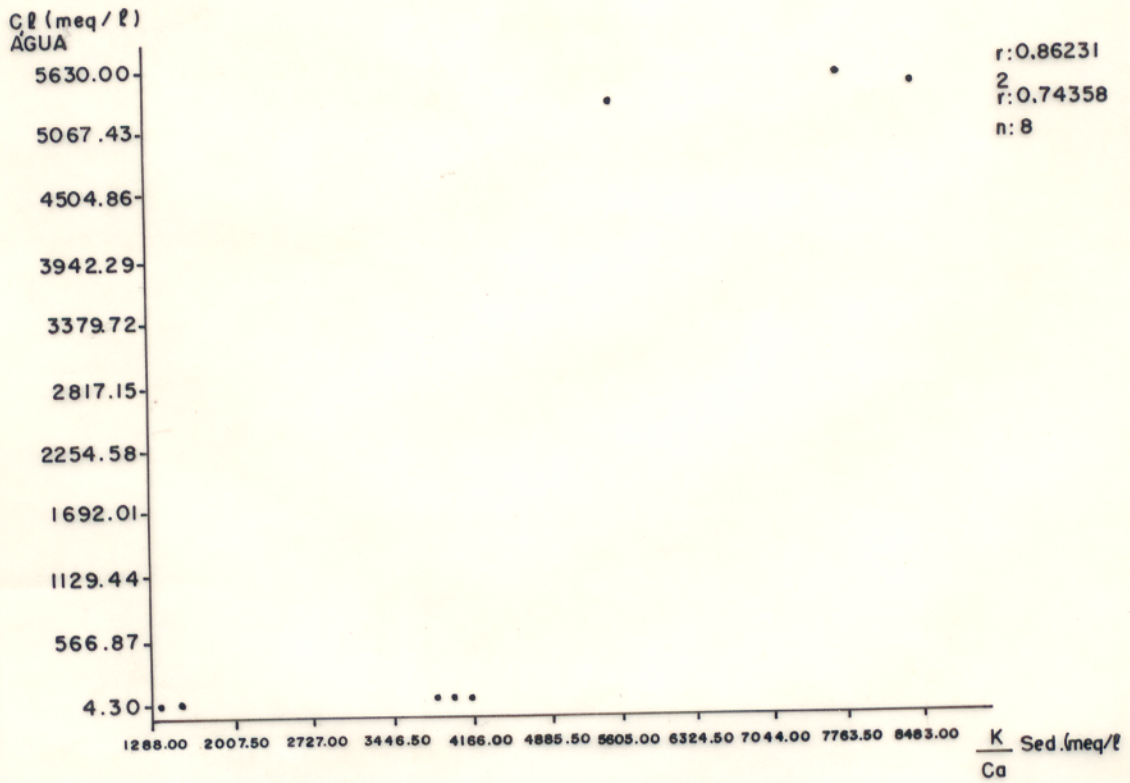


DIAGRAMA DE DISPERSÃO DO Cℓ ÁGUA X $\frac{K}{Ca}$ Sed

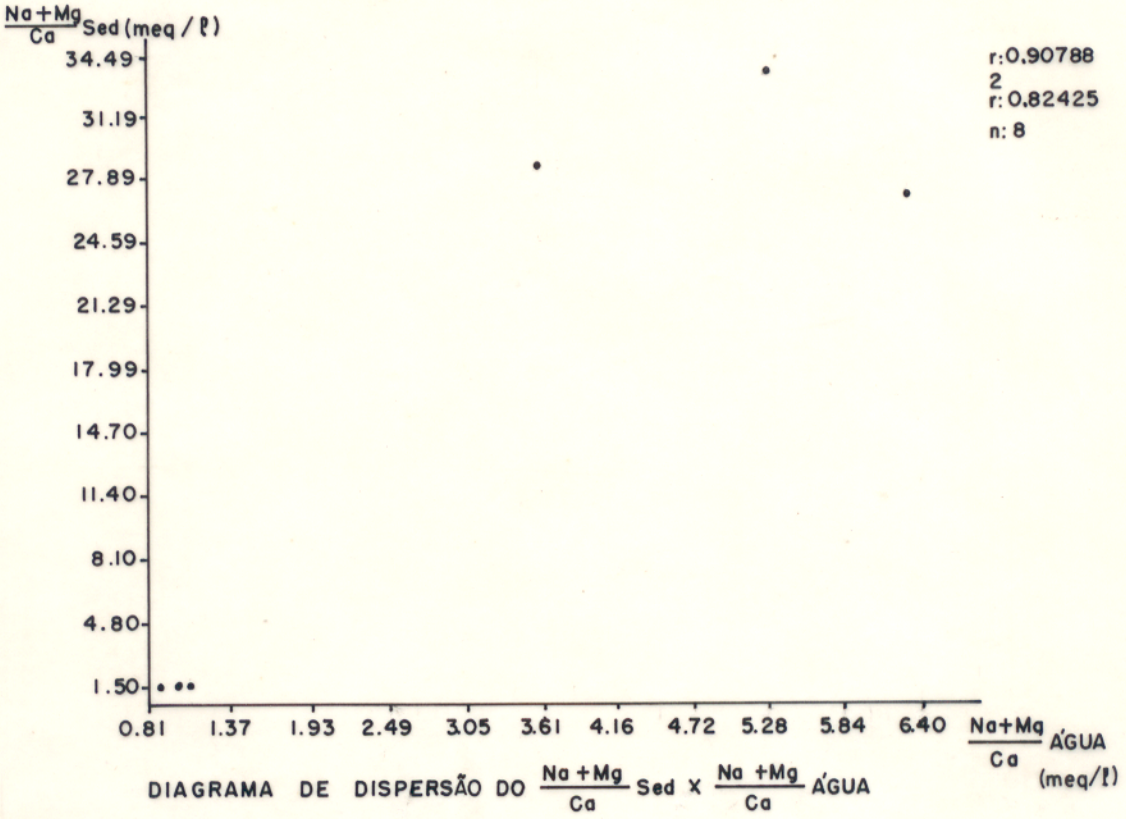


DIAGRAMA DE DISPERSÃO DO $\frac{Na+Mg}{Ca}$ Sed X $\frac{Na+Mg}{Ca}$ ÁGUA

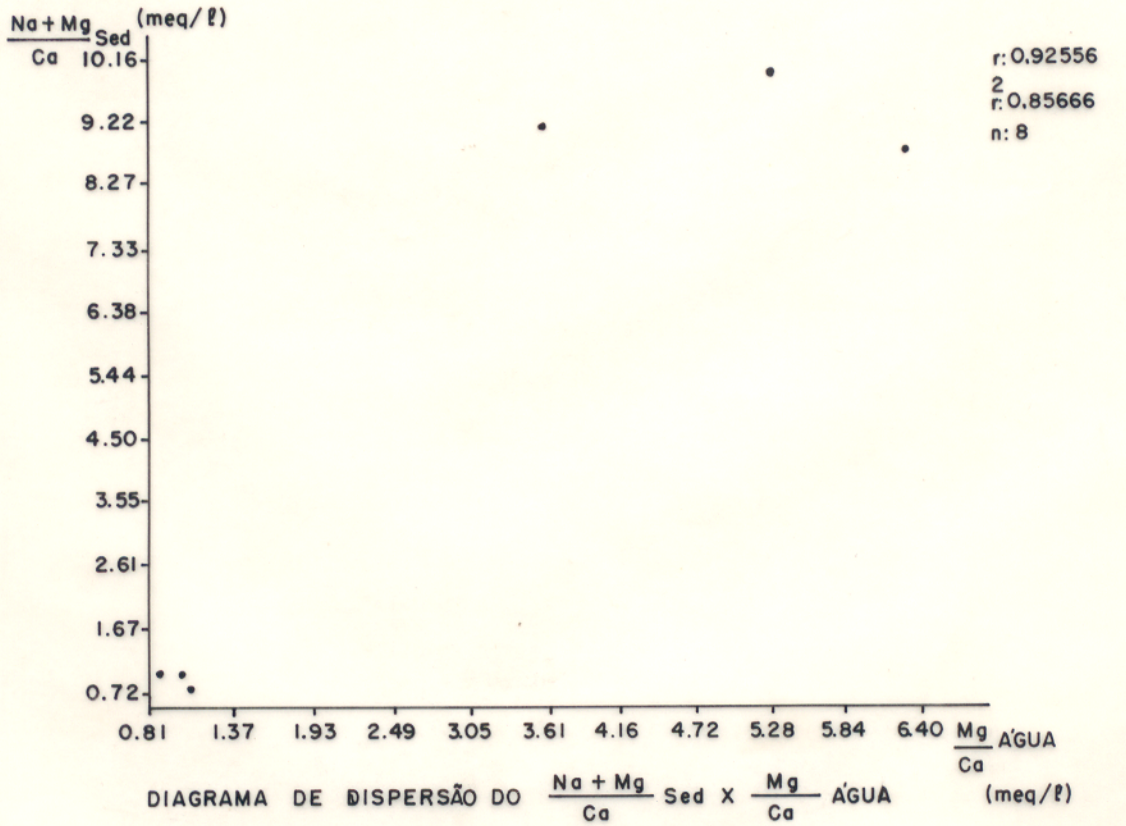


DIAGRAMA DE DISPERSÃO DO $\frac{Na+Mg}{Ca}$ Sed X $\frac{Mg}{Ca}$ ÁGUA

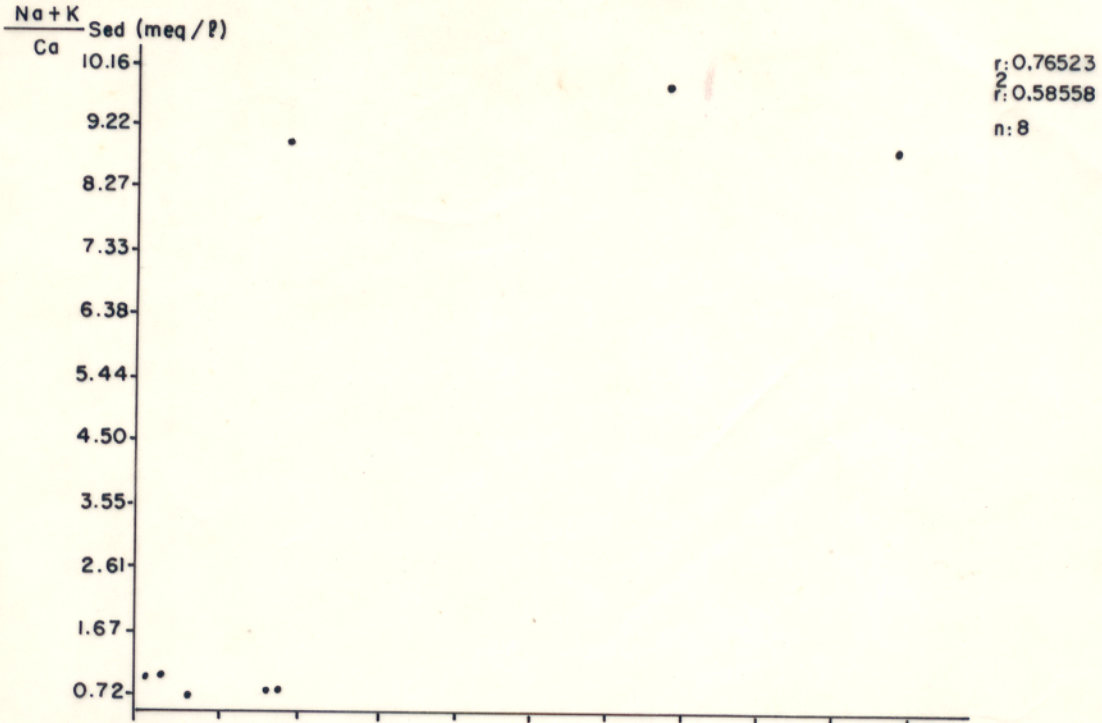


DIAGRAMA DE DISPERSÃO DO $\frac{Na + K}{Ca}$ Sed X $\frac{Mg}{Ca}$ ÁGUA

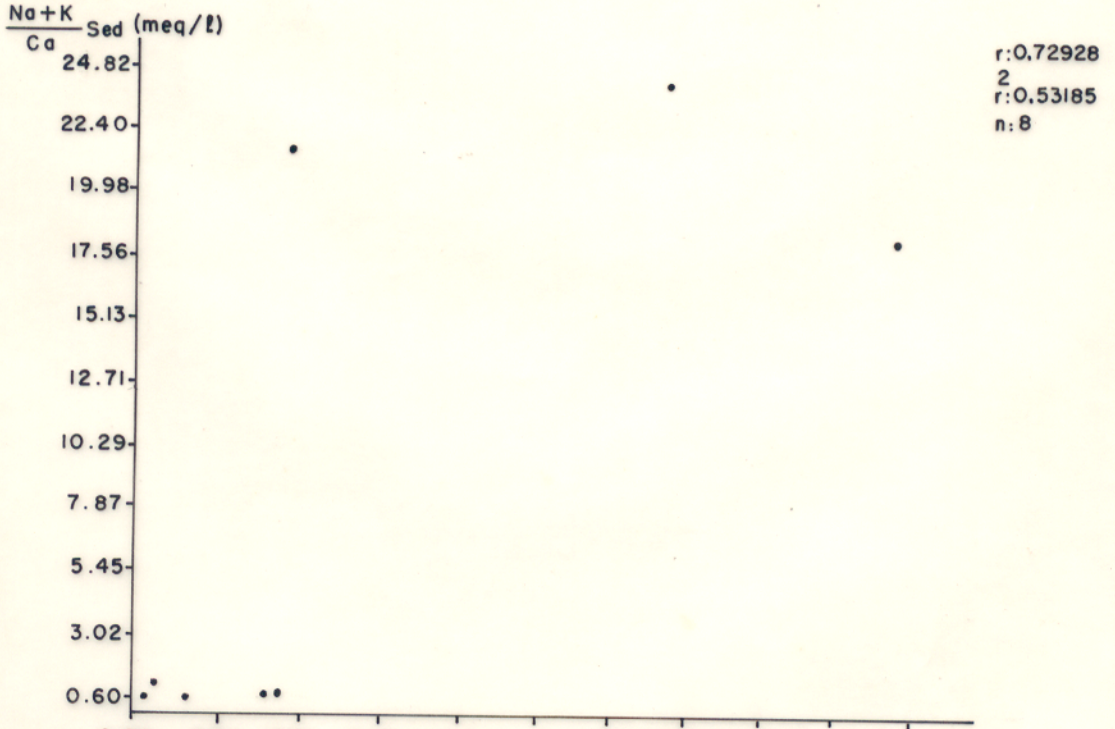


DIAGRAMA DE DISPERSÃO DO $\frac{Na + K}{Ca}$ Sed X $\frac{Na + K}{Ca}$ ÁGUA