

LIMNOLOGIA DA AMAZÔNIA ORIENTAL. I - CARACTERIZAÇÃO BIOGEOQUÍMICA
DA PARTE SUL DO ESTUÁRIO DO RIO AMAZONAS

SANTOS, A.*; TANCREDI, A.C.N.S.* e SILVA, M.S.*

RESUMO

Nesse trabalho, são apresentados os resultados dos estudos biogeoquímicos realizados com a finalidade de avaliar a composição e evolução das massas de água da parte sul do estuário do Rio Amazonas (rio Parã e Baía de Marajó).

Essa região é constituída de costa baixa com pequena inclinação e planos arenosos ou cobertos de mangues inundáveis na maré alta, na Baía de Marajó; e costa baixa com inclinação moderada no rio Parã.

A Baía de Marajó apresenta também costa alta com falésia em depósito silte-argiloso, sendo a formação dominante constituída por deposição de areia, silte, argila e concreções lateríticas pertencentes ao Grupo Parã. O clima é do tipo tropical úmido, estando compreendido entre os tipos AM e AF de Köppen.

A composição biogeoquímica, das primeiras massas de água nessa região, apresenta tipos químicos característicos, sendo que, na Baía de Marajó é onde ocorrem os processos mais intensos devido a transição de água doce para água salina.

Os resultados obtidos evidenciam tratar-se de estuário

* CNPq/INPA

rio misturado verticalmente na maior parte do ano, porém na época seca devido a ocorrência das menores vazões dos rios, passa a um estuário suavemente estratificado. A falta de estratificação atua decisivamente sobre o ciclo de nutrientes, estando relacionada a grande turbulência da água por ação do vento e fluxo-refluxo da maré.

A transição da água doce para água salina, é visualizada através da distribuição de parâmetros característicos a saber: salinidade, cloretos, condutividade elétrica, sílica floculada, relações Mg/Ca, Na/Ca+Mg e outras variáveis físico-químicas de fundamental importância para o estudo do ciclo de nutrientes desse ecossistema.

ABSTRACT - LIMNOLOGY OF THE ORIENTAL AMAZON. I. BIOGEOCHEMISTRY CHARACTERIZATION OF THE AMAZONAS RIVER STUARY

The main purpose of this work is to characterize the geochemical processes occurring in the southern part of Amazon River Estuary, formed by Pará River and Marajá Bay.

The results show a vertically mixed estuary throughout most of the year with slight stratification occurring in the dry season. Isothermal conditions are maintained by turbulence produced through wind action and tidal currents which are strong due to the morphology of the region.

The transitions from fresh to marine waters and associated physical-chemical processes occur mainly in Marajó Bay. The geochemical relations along the Pará River and Marajó Bay are presented. In general, there is an increase in solution constituents from fresh to marine water. Iron, silica and suspended sediments diminish with increasing salinity.

INTRODUÇÃO

Um estuário é identificado como uma bacia na qual, a

água do rio mistura e dilui a água do mar. Essa definição, incompleta como é, serve apenas para situar ao nosso conhecimento, que um grande número de fatores e processos, alguns dos quais ocorrem na água doce, são de extrema importância na ecologia dos estuários, onde as comunidades apresentam consideráveis modificações em função das variáveis ambientais.

A parte sul do Rio Amazonas, forma um estuário com mais de 200 km de extensão, a Baía de Marajó. Entretanto, apesar de sua importância ecológica e econômica poucas têm sido as pesquisas ambientais nele realizadas. Devido a sua dimensão colossal, os trabalhos de coleta e observação, nessa região, são bastante difíceis e refletem a magnitude dos fenômenos atuantes a saber: grandes ondas provocadas pelo vento, as fortes correntes de maré, a grande dimensão dos canais, largos e profundos e o regime hidrológico de seus rios formadores, entre outros.

Esses fatores devem ter concorrido, ao longo do tempo, para desencorajar os trabalhos sobre o comportamento biogeoquímico e a ciclagem de nutrientes nesse ecossistema. Para tentar suprir essa lacuna e, ao mesmo tempo, demonstrar a importância dos estudos limnológicos regionais, relativos aos fenômenos de concentração de nutrientes inorgânicos, estratificação térmica, estratificação salina e íons em solução, foi realizado esse trabalho com o apoio da Eletronorte, dentro do Convênio ELETRONORTE/CNPq/INPA.

ÁREA DE ESTUDO

A parte sul do estuário do Rio Amazonas é formada pelo Rio Pará e Baía de Marajó. Localiza-se ao sul da Ilha de Marajó entre os meridianos de 48° W e entre os paralelos de 0 a 2° de Latitude Sul (Fig. 1).

As principais massas de água, nessa região, são constituídas pelo Rio Amazonas, Rio Pará e Rio Tocantins. O Rio

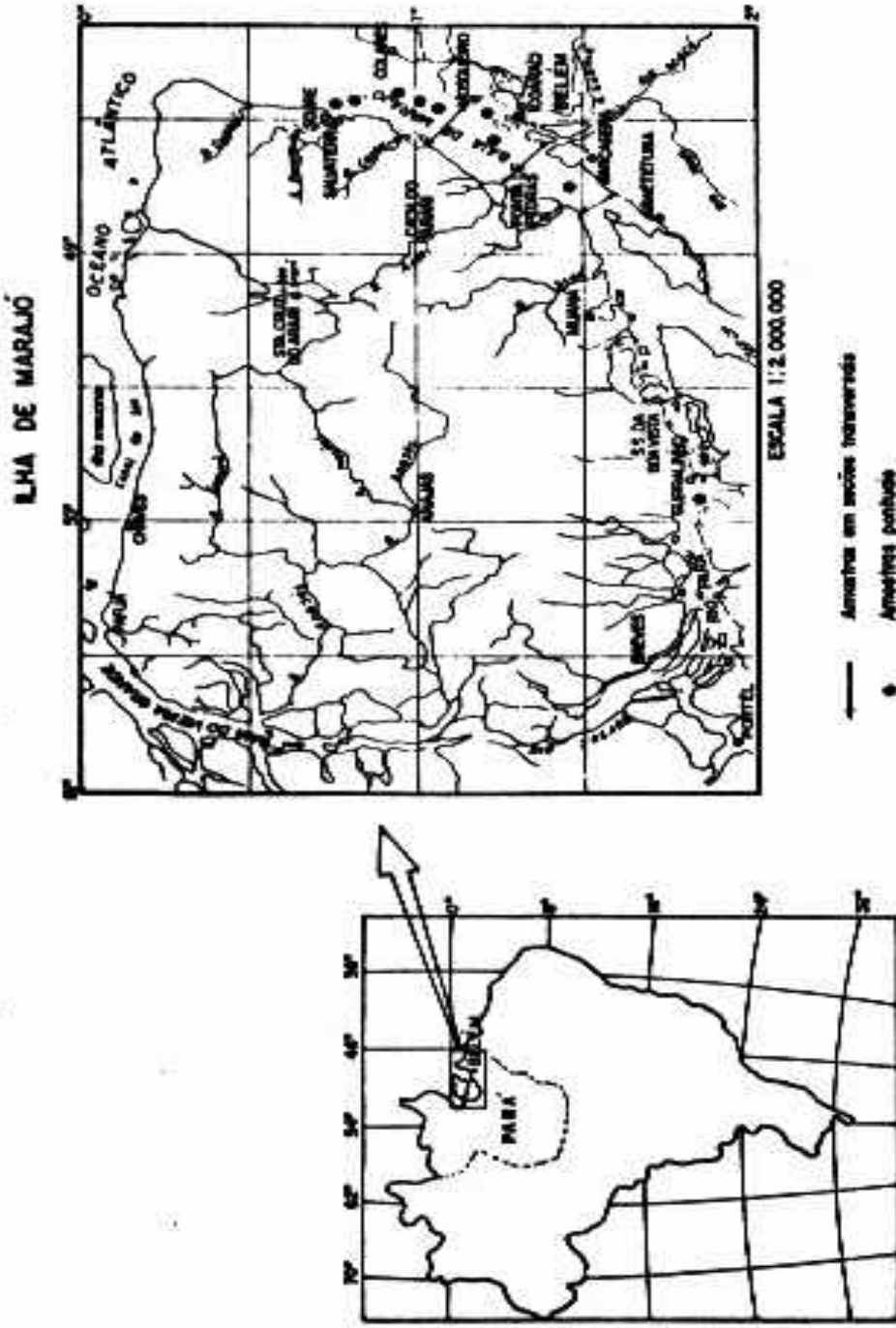


Figura 1 - Mapa de Localização.

Pará é interligado ao Rio Amazonas por uma série de canais, na região de Breves, conhecida sob a denominação de "furos". Após a confluência dos rios Pará e Tocantins, essa parte do estuário é chamada de Baía de Marajó.

A morfologia, dessa região, apresenta costa baixa com inclinação moderada no Rio Pará, costa alta com falésias e escarpadas em depósitos silte-argilosos na Baía de Marajó e no baixo Tocantins e, costa de pequena inclinação e planos bem desenvolvidos, arenosos ou cobertos de mangues, inundáveis na maré alta, na Baía de Marajó.

A geologia, nessa área, faz parte da Bacia Sedimentar da foz do Rio Amazonas e, na sua parte superior, é constituída pelo Grupo Pará com depósitos de areias, siltes, argilas e concreções lateríticas. Os depósitos aluviais são formados por areias finas, siltes e argila. A energia das correntes constitui um dos principais fatores que controlam a distribuição dos sedimentos na região estudada (FRANZINELLI, 1977).

O clima é tropical úmido, segundo a classificação de Köppen, compreendido entre os tipos AM, para a Baía de Marajó e Af para o Rio Pará (SUDAM, 1984). A temperatura média do ano é de 26 °C a precipitação fluvial oscila entre 2250 e 2750 mm anuais, apresentando épocas de precipitação máxima em três meses consecutivos (fevereiro, março e abril) segundo NIMER (1979).

MATERIAL E MÉTODOS

As amostras de água, para determinações analíticas, foram coletadas em seções transversais, com número variável de verticais ou pontos de coleta, em função da largura e condições de trabalho, nas profundidades de 0 m - 1 m - 2 m - 5 m - 10 m e 20 m (ou menos nos locais mais rasos).

Essas coletas foram efetuadas em duas campanhas, a primeira no período de 04 a 26/01/1984 e a segunda entre os

dias 17 e 25/10/1984. Durante a segunda campanha praticamente não havia contribuição do rio Tocantins para a Baía de Marajó, pois com a barragem de Tucuruí fechada, a vazão foi reduzida a zero, uma vez que não existem afluentes no Tocantins à jusante de Tucuruí.

Na segunda campanha, foram também coletadas amostras de superfície no trecho Belém-Soure, em 10 estações. Na Fig. 1, são apresentadas as seções de amostragem.

Durante e imediatamente após cada coleta, foram feitas determinações da temperatura, oxigênio dissolvido, pH e condutividade elétrica. Alíquotas das amostras eram filtradas e submetidas ao congelamento para determinações analíticas posteriores.

A parte final das análises foi executada nos laboratórios do IDESP, em Belém (PA) e do INPA em Manaus, sendo determinados os teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Fe^{3+} , SiO_2 , Cl^- , SO_4^{2-} , HCO_3^- , NO_2^- , NO_3^- , PO_4^{3-} e sedimentos em suspensão. As técnicas aplicadas, na execução das análises, encontram-se descritas em STRICKLAND & PARSONS, 1967; GOLTERMAN et al., 1978; MACKERETH et al., 1978; APHA, 1980 e MANUAL TÉCNICO DA JARREL ASH.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A circulação de água, em um estuário, é controlada pela topografia, correntes de maré e pelo volume de descarga de água doce.

Durante as amostragens de janeiro de 1984, início da época de subida das águas dos rios que drenam essa parte do estuário, os resultados obtidos evidenciaram tratar-se de um estuário de mistura vertical. Entretanto, na campanha de outubro de 1984, época do período de estiagem e com o rio Tocantins com fluxo zero, devido ao fechamento da barragem de Tucuruí, verificou-se apenas uma leve estratificação salina.

Deve-se ressaltar, também, a não existência de estratificação térmica. Essa falta de estratificação está relacionada ao grande volume de água descarregada, à grande turbulência causada pelo vento, bem como pelas correntes de maré.

A composição biogeoquímica dos principais constituintes em solução, na água estuarina, bem como sua proporção, caracterizam os tipos hidroquímicos para as massas de água do rio Pará, rio Tocantins e Baía de Marajó.

As Figs. 2 e 3 apresentam em diagramas de Piper e de Schoeller, a composição dessas massas de água (Janeiro de 1984). A Baía de Marajó apresenta inicialmente um padrão intermediário entre os rios Pará e Tocantins, seguindo-se após, um padrão de mistura com água de origem marinha.

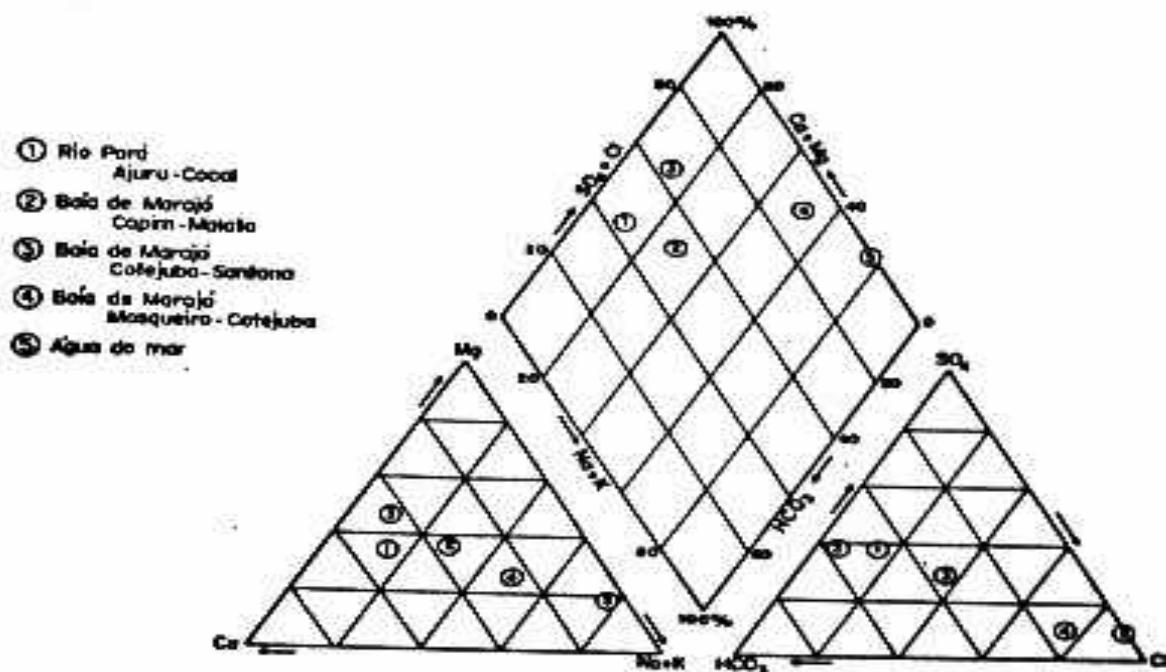


Figura 2 - Diagrama de Piper para as águas do rio Pará e Baía de Marajó.

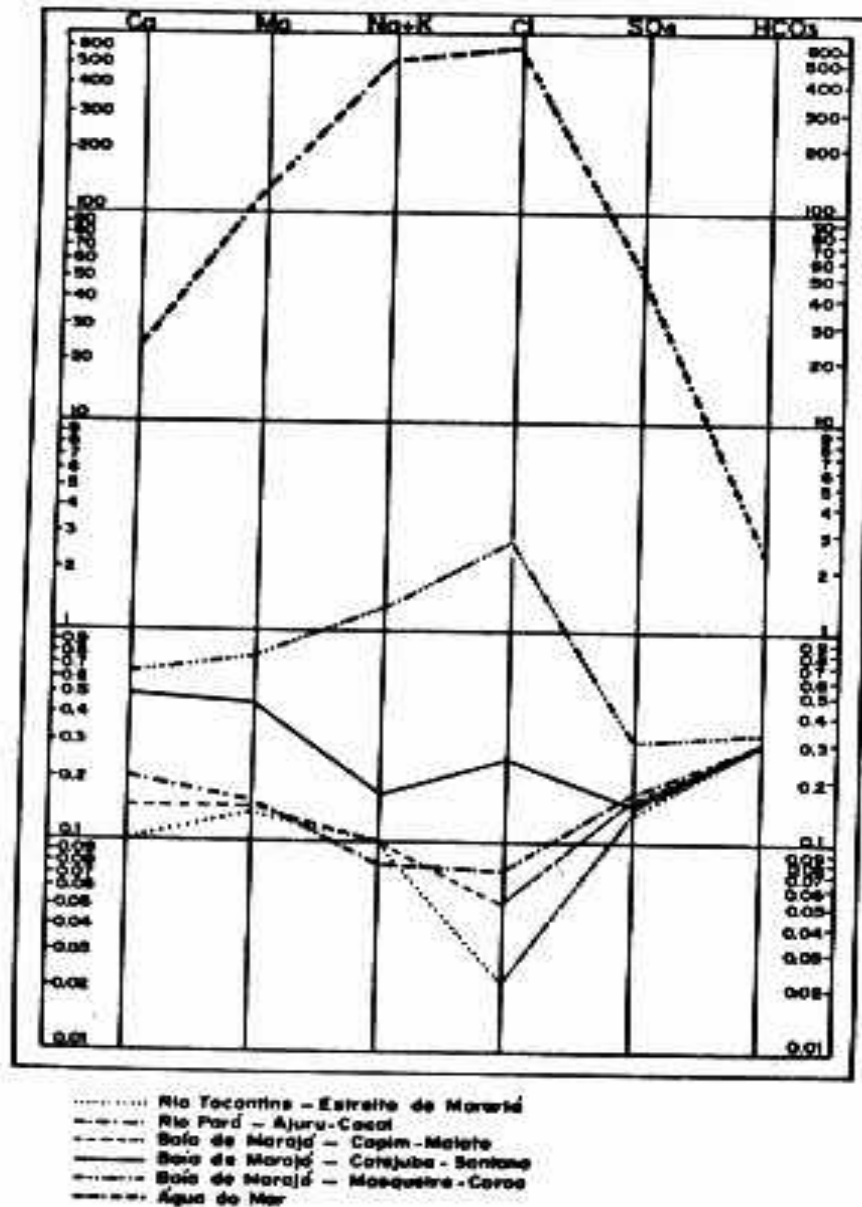


Figura 3 - Diagrama de Schoeller para as águas do rio Pará, Baía de Marajó e rio Tocantins (janeiro, 1984).

As Figs. 4 e 5 apresentam as distribuições de cloretos, sílica, ferro, pH e das relações Mg/Ca , $Na/Ca+Mg$, $SiO_2/Ca+Mg$ ao longo das seções do rio Pará e da Baía de Marajó.

A transição da água doce para água salgada provoca mudanças físicas e químicas no material transportado em solu-

ção e em suspensão. Esses processos, físico-químicos, têm lugar essencialmente na Baía de Marajó.

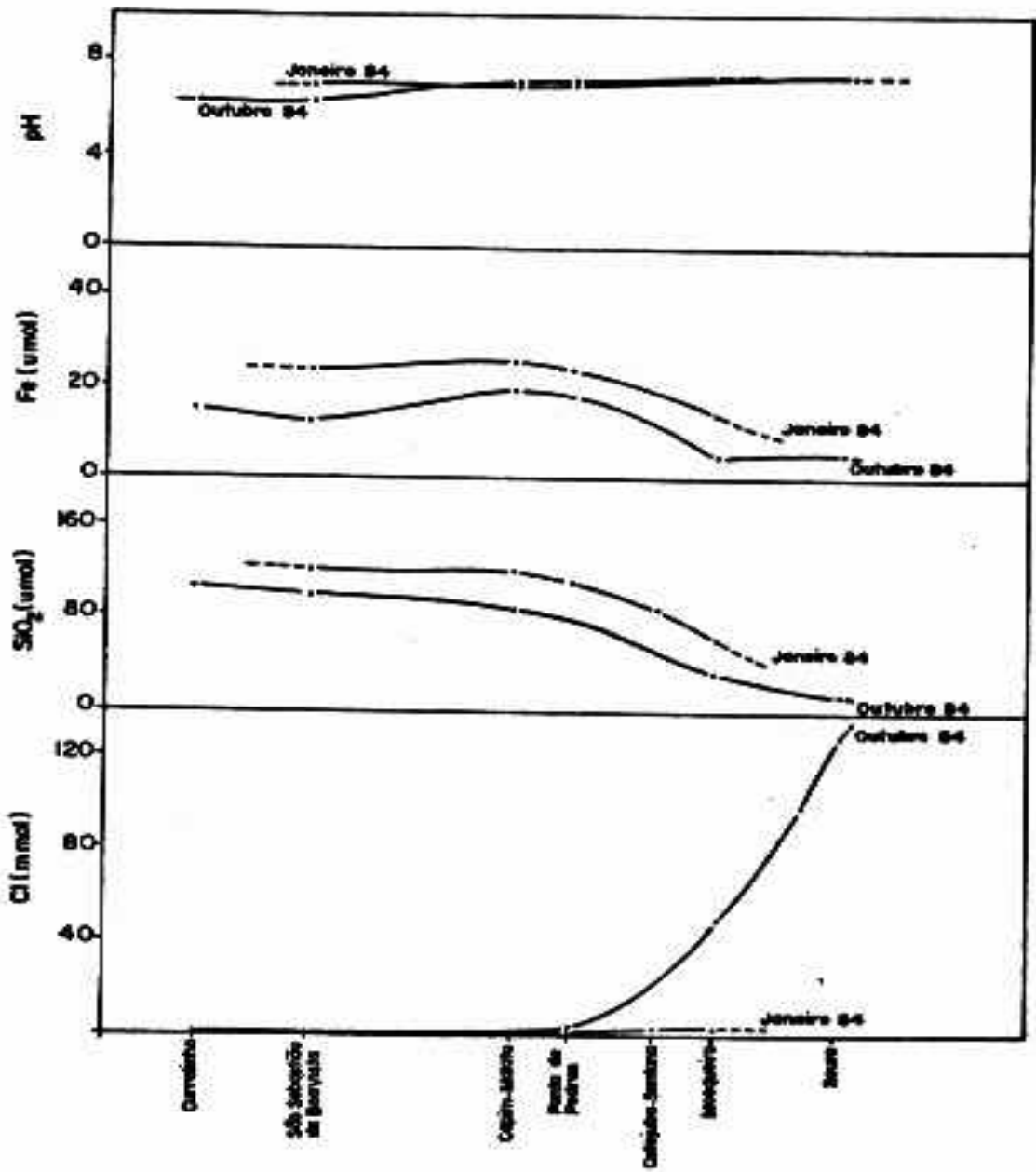


Figura 4 - Distribuição de cloretos, sílica, ferro e pH ao longo do rio Pará e Baía de Marajó.

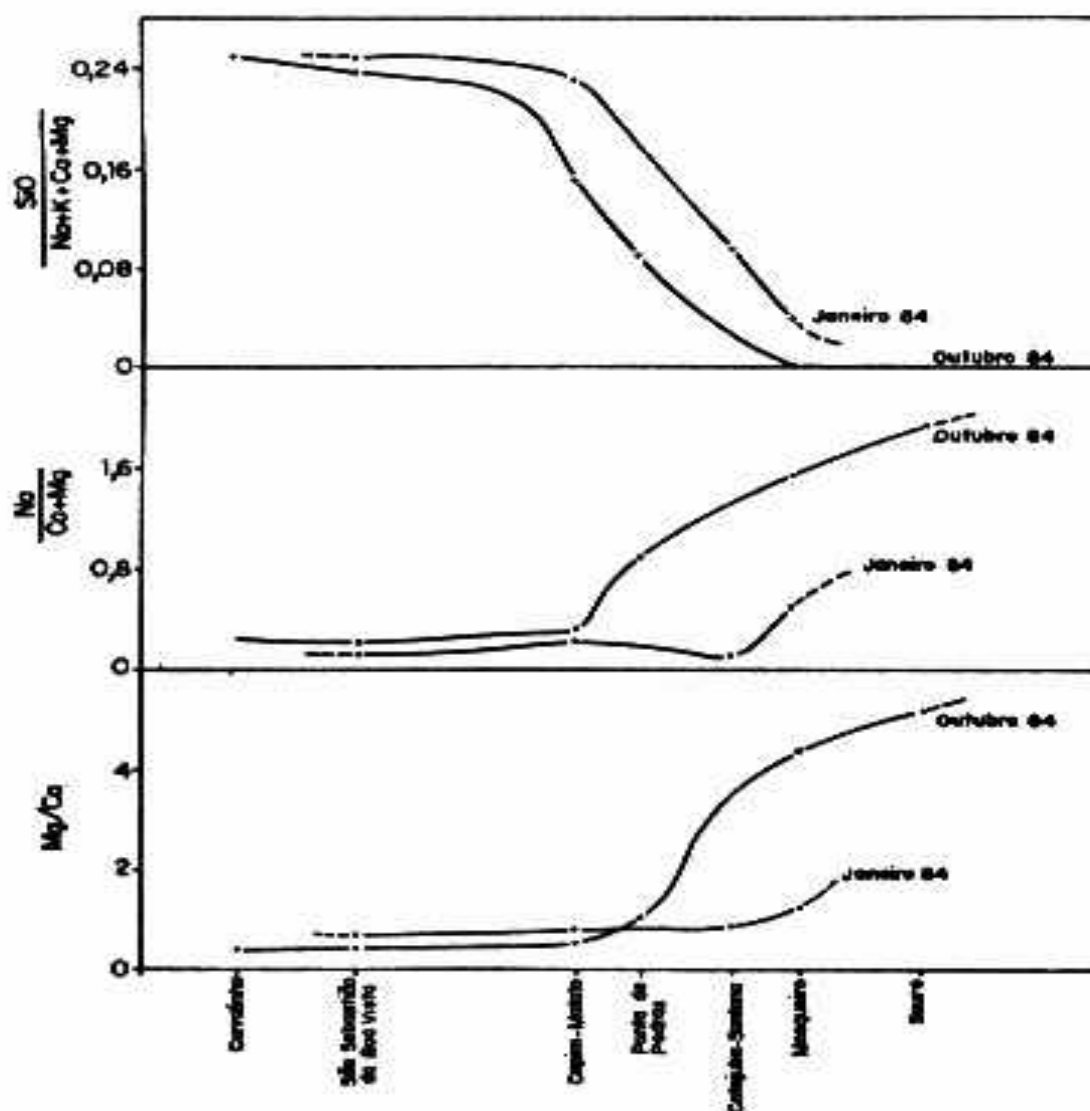


Figura 5 - Distribuição das relações geoquímicas ao longo do rio Para e Baía de Marajó.

De maneira geral, há um aumento na concentração dos constituintes em solução em direção a água salgada.

O comportamento do ferro, da sílica e dos sedimentos em suspensão, têm padrão oposto, havendo diminuição com o aumento da salinidade (Figs. 4 e 6).

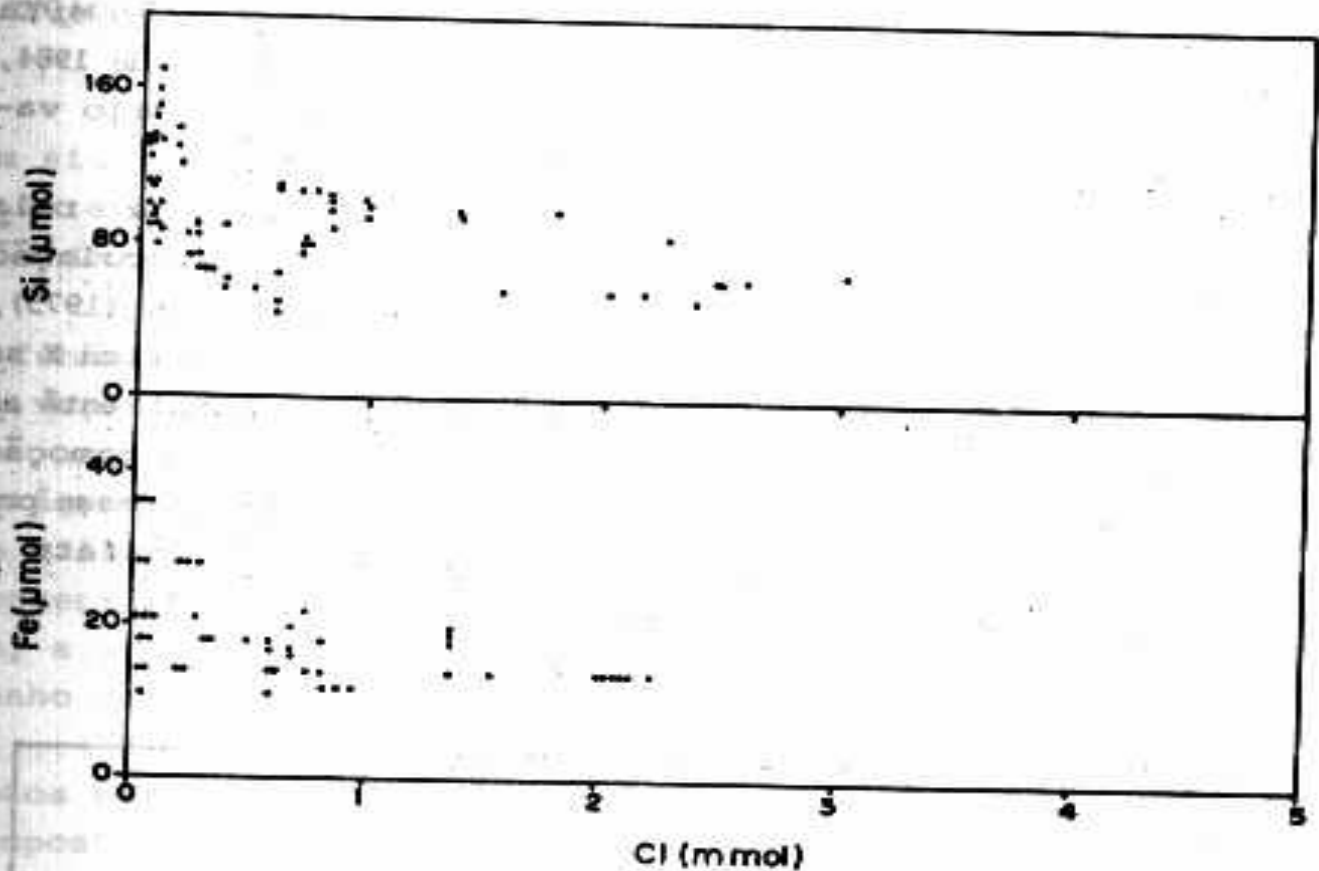


Figura 6 - Relações do ferro total e dos silicatos com os cloretos.

Os fenômenos de mistura, troca de bases, floculação e outros processos biogeoquímicos têm intensidade variáveis durante o ciclo estacional, estando ligados intimamente ao regime hidrológico dos rios e a influência da maré. Minerais argilosos, matéria orgânica e hidróxidos coloidais de ferro e alumínio tendem a formar suspensão na água doce, porém na água salgada tendem a flocular e depositar.

Em particular, a precipitação do ferro ocorre devido a ação dos cátions, presentes na água do mar, neutralizarem as camadas de colóides contendo óxido de ferro estabilizado pela matéria orgânica adsorvida, carregadas negativamente (BOYLE et al., 1977).

Reações de troca de base ocorrem no sedimento em sug

pensão com a água do mar. Variações menores da relação Mg/Ca na seção Capim-Malato, durante a campanha de outubro de 1984, refletem a falta de contribuição do rio Tocantins, cujo valor da relação é bem maior que da água do rio Pará.

A Fig. 7 apresenta os resultados referentes à relações entre nitrato e fosfato com os cloretos. A flocculação da sílica aumenta com a salinidade. MILLIMAN & BOYLE (1975), mostraram que uma pronunciada mudança na relação sílica X salinidade no estuário do rio Amazonas (parte marinha) está associada com o crescimento de diatomáceas, indicando remoção biológica da sílica. EDMOND et al (1981) confirmam esse processo, continuando com a redução de nitrato e do fosfato a níveis muito baixos, em salinidades maiores que 10‰.

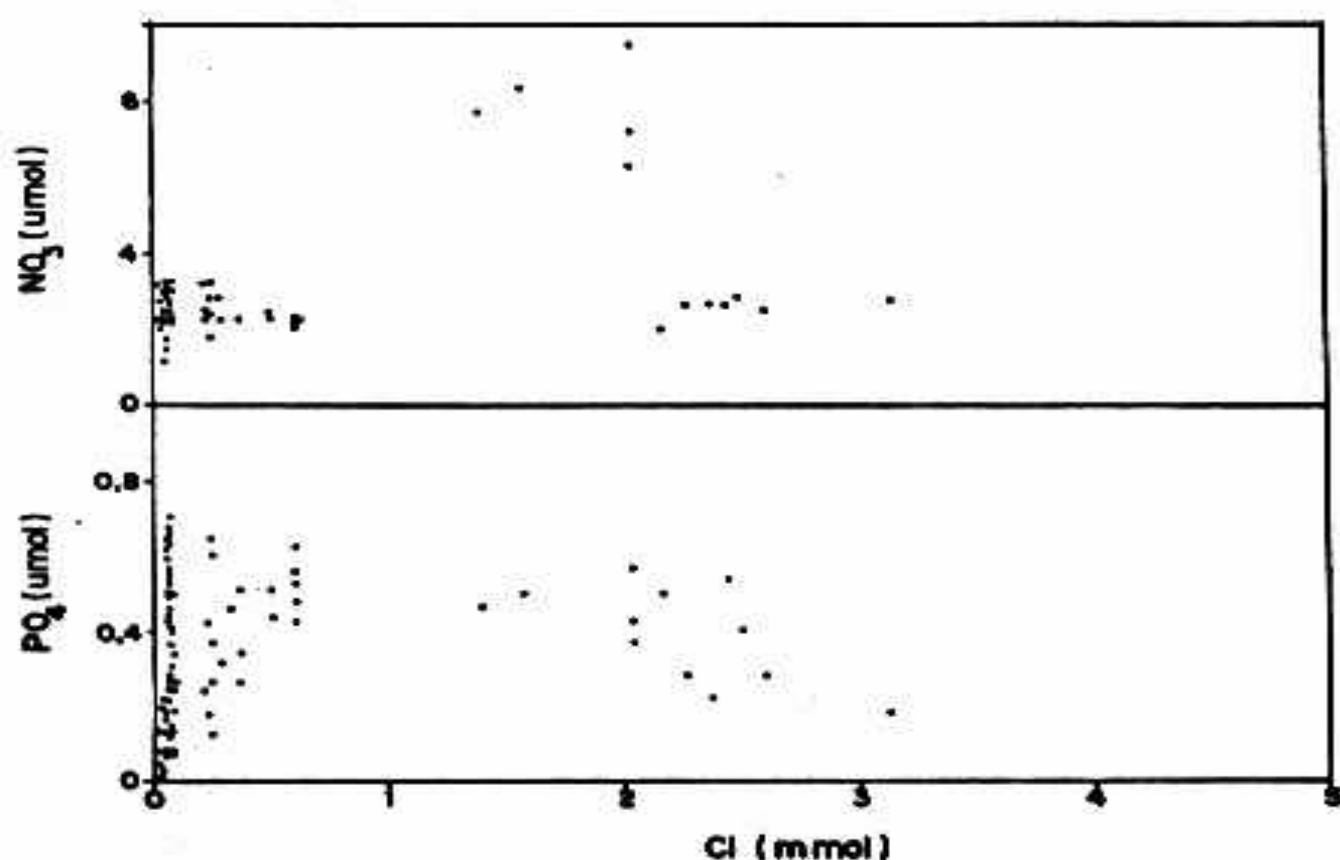


Figura 7 - Relações entre fosfatos e nitratos com os cloretos.

CONCLUSÕES

A parte sul do estuário do Rio Amazonas mostra ser um sistema de mistura vertical durante a maior parte do ano e um estuário com leve estratificação salina durante a estação de estiagem (seca).

Praticamente não há estratificação térmica, estando o fenômeno relacionado à grande turbulência devido a ação do vento, grandes ondas e correntes de maré.

Os processos físico-químicos, envolvendo a transição de água doce para água marinha, tomam lugar essencialmente na Baía de Marajó. De uma maneira geral há um aumento na concentração dos constituintes em solução, sendo que, o ferro, a sílica e os sedimentos em suspensão diminuem com o tamanho da salinidade.

Do ponto de vista evolucional, há necessidade de estudos mais detalhados, principalmente, no que se refere a composição, classificação e produtividade dos organismos biológicos, fundamentados sobre o fitoplâncton e o zooplâncton base alimentar da cadeia trófica dos ecossistemas aquáticos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- APHA. Standard methods for examination of water and wastewater including bottom sediments and sludges. 15^a ed. New York, 1980. p. 1045.
- BOYLE, E.A.; EDMOND, J.M.; SHOLKOVITZ, E.R. The mechanism of iron removal in estuaries. Geochim. Cosmochim. Acta, 41: 1313-24, 1977.
- EDMOND, J.M.; BOYLE, E.A.; GRANT, B.; STALLARD, R.F. The chemical mass balance in the Amazon pluma. I. The nutrients. Deep Sea Research, 28A(11): 1229-1374, 1981.

- FRANZINELLI, E. Contribuição a sedimentologia da Baía de Marajó. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 29, 1977. Anais ... p. 91-106.
- GOLTERMAN, H.L.; CLYMO, R.S.; OHNSTAD, M.A.M. Methods for physical and chemical analysis of freshwater. Oxford, Blackwell, 1978. 213p. (IBP Handbook, 8).
- JARREL-ASH. The science company that aids industry. s.l.p., Fisher Scientific Co., 1981. (Technical Manual).
- MACKERETH, F.J.H.; HERON, J.; TALLING, J.F. Water analysis: some revised methods for limnologists. s.l.p., Freshwater Biology Assoc., 1978. 120p. (Scientific Publications, 36).
- NIMER, E. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro, IBGE, 1979. 422p.
- STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, R. A practical handbook of seawater analysis. Ottawa, Fisheries Research Board of Canada, 1968. 309p. (Bulletin, 167).
- SUDAM. Atlas climatológicos da Amazônia brasileira. In: _____ - Projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia. s.l.p., 1984. 125p.
- SUDAM. Projeto de hidrologia e climatologia da Amazônia. s.l.p., 1984. 125p.

ENDEREÇO DOS AUTORES

SANTOS, A.; TANCREDI, A.C.N.S. e SILVA, M.S.
 Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA)
 Alameda Cosme Ferreira, 1756 - C. Postal 478
 69000 Manaus - AM