

Acta Limnol. Brasil.	Vol. I	365-385	1986
----------------------	--------	---------	------

DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE NUTRIENTES E METAIS PESADOS EM SEDIMENTOS E ÁGUAS SUPERFICIAIS EM UM ECOSSISTEMA DE MANGUEZAL.

ARAGON, G.T.*; PIRES, V.S.*; LACERDA, L.D.* e PATCHINEELAN, S.R.*

RESUMO

O presente estudo compara as concentrações de nutrientes (P, SO₄, Ca, Mg e Na) e metais pesados (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr e Cd) em sedimentos e águas superficiais na planície de maré de Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ, ao longo de uma transecção perpendicular ao mar. A transecção foi dividida com base em critérios geomorfológicos e geobotânicos em: planície de maré inferior (Sub-fácies Spartina e Facies Mangue) e planície de maré superior (Facies Caranguejo e Facies Mangue). Foi constatada uma relação entre as distribuições de facies e a concentração dos parâmetros medidos, evidenciando o controle das condições físico-químicas e do teor de matéria orgânica sobre as concentrações dos elementos estudados.

ABSTRACT - NUTRIENT AND TRACE METALS SPATIAL DISTRIBUTION IN SEDIMENTS AND SURFACE WATERS IN A MANGROVE ECOSYSTEM

* Departamento de Geoquímica da UFF

The present study compares the concentrations of nutrients (P, SO₄, Ca, Mg and Na) and heavy metals (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr and Cd) in sediments and surface water in the tidal plain of Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ, along a transect perpendicular to the sea. The transect was subdivided in: lower tidal plain (Sub-facies *Spartina* and Facies Mangrove) and higher tidal plain (Facies Crab and Facies Mangrove). A relationship between facies and the concentrations by the measured parameters was found, suggesting the control of the physico-chemical conditions and by organic matter content upon the concentrations of the measured parameters.

INTRODUÇÃO

O ecossistema de manguezal representa a interface entre os ambientes terrestre e marinho. É um ecossistema aberto, totalmente dependente dos ecossistemas vizinhos. Sua importância reside na grande quantidade de matéria orgânica produzida pelas espécies componentes, que forma o elo básico de cadeias alimentares detriticas economicamente importantes (ARAUJO e MACIEL, 1979; LACERDA e REZENDE, 1984).

Devido à suas características pouco atraentes para atividades costeiras recreacionais, sua relativa inacessibilidade e proteção contra intempéries oceânicas, as áreas de mangue tem sido largamente utilizadas para a instalação de complexos industriais, favorecidos pela abundância de água para refrigeração e facilidades para o desenvolvimento portuário (HARBISON, 1981; LACERDA e REZENDE, 1984). Estas atividades geram rejeitos de dois tipos: orgânicos, degradáveis em períodos variáveis de tempo, e inorgânicos, principalmente metais pesados, que não sofrem degradação.

Na Baía de Sepetiba, onde se localiza o manguezal estudado (Fig. 1), a principal fonte de metais pesados é o parque industrial metalúrgico instalado nos distritos de Santa Cruz e Itaguaí, no litoral norte da Baía. Os metais atin

gem o sistema costeiro da Baía de Sepetiba principalmente na forma de material particulado em suspensão, que é redistribuído pelas correntes internas (LACERDA, 1983). A tendência de formação de ambientes anóxicos em manguezais, em decorrência do consumo de oxigênio durante a decomposição microbiana da matéria orgânica depositada nos sedimentos, favorecerá a imobilização de vários metais sob a forma de sulfetos insolúveis (HALBERG, 1974), proporcionando sua acumulação dentro do sistema.

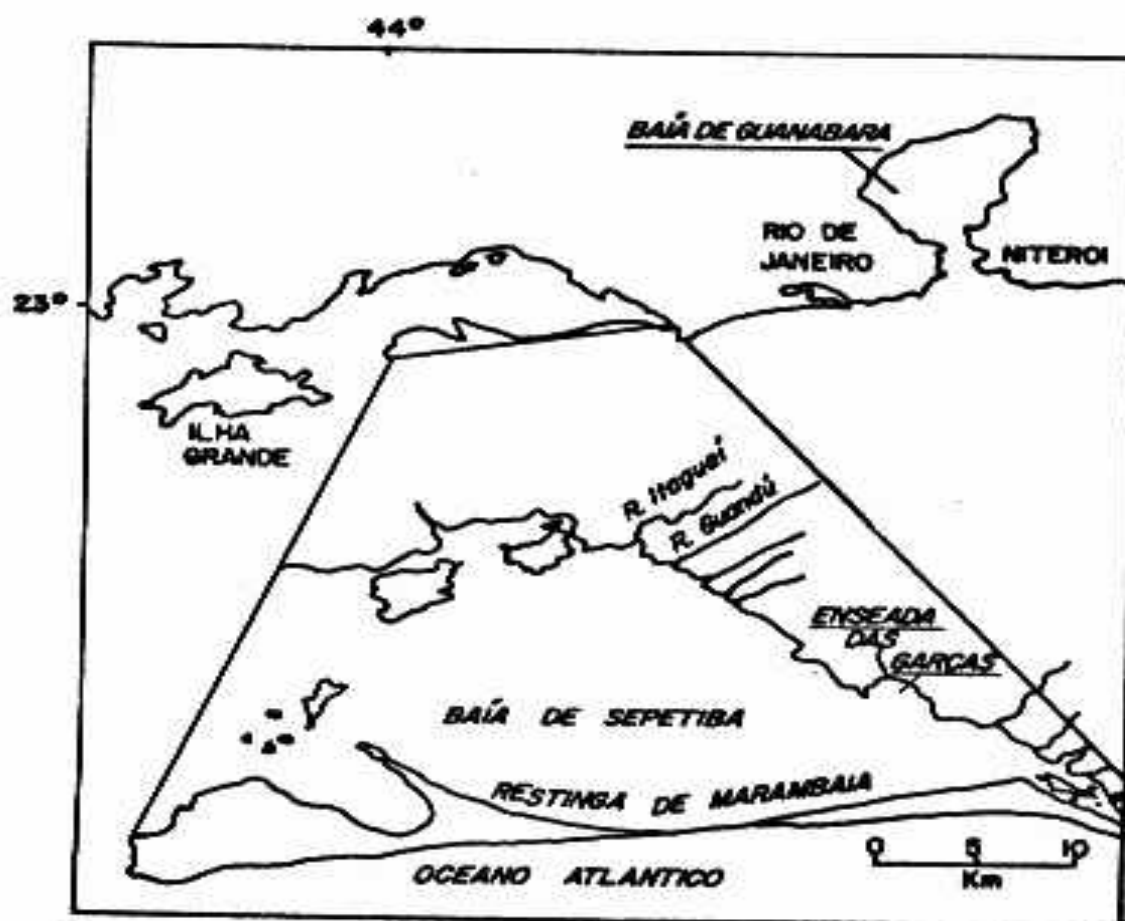


Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo.

Uma vez retidos nos sedimentos os metais poderão ser novamente mobilizados por plantas e animais, tornando-se disponíveis para as cadeias alimentares costeiras, podendo, even

tualmente, ser incorporados na dieta de populações humanas (HARBISON, 1981; LACERDA, 1983).

O presente estudo compara as concentrações de nutrientes e metais pesados em sedimentos e águas superficiais no manguezal de Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ, ao longo de uma transecção perpendicular ao mar.

São discutidas as variações morfológicas deste ecossistema, bem como as variações nas condições físico-químicas (pH e condutividade), nas concentrações de O_2 , SO_4 , Ca, Mg e Cl nas águas de superfície, além de pH, condutividade, teor de matéria orgânica, P total, Na, Ca e Fe lixiviáveis e metais pesados disponíveis para a biota nos sedimentos superficiais.

ÁREA DE ESTUDO

A planície de maré de Enseada das Garças situa-se na parte leste da Baía de Sepetiba (Fig. 1). Esta feição já foi estudada anteriormente no extremo leste da Baía (DIAS BRITO et al., 1982), onde foi subdividida, com base em critérios geomorfológicos e geobotânicos, em: Planície de Maré Superior (Facies Alga e Caranguejo) e Planície de Maré Superior (Facies Mangue, Sub-facies Spartina e Sub-facies Salicornia). Na área de estudo ocorre a variação de facies apresentada no perfil da Fig. 2.

A planície de maré inferior é constituída pela Facies Mangue e pela Sub-facies Spartina (Fig. 2). Esta área está compreendida entre os níveis de maré alta e baixa, com sedimentos predominantemente argilosos (Sub-facies Spartina) e argilo-arenosos (Facies Mangue), como mostra a Tabela 1.

A Sub-facies Spartina, com cerca de 30 metros de largura, forma um cordão na barra de maré, e indica um processo de sedimentação ativo, resultado de uma retomada na sedimentação em área anteriormente submetida a processos erosivos (DIAS BRITO et al., 1982).

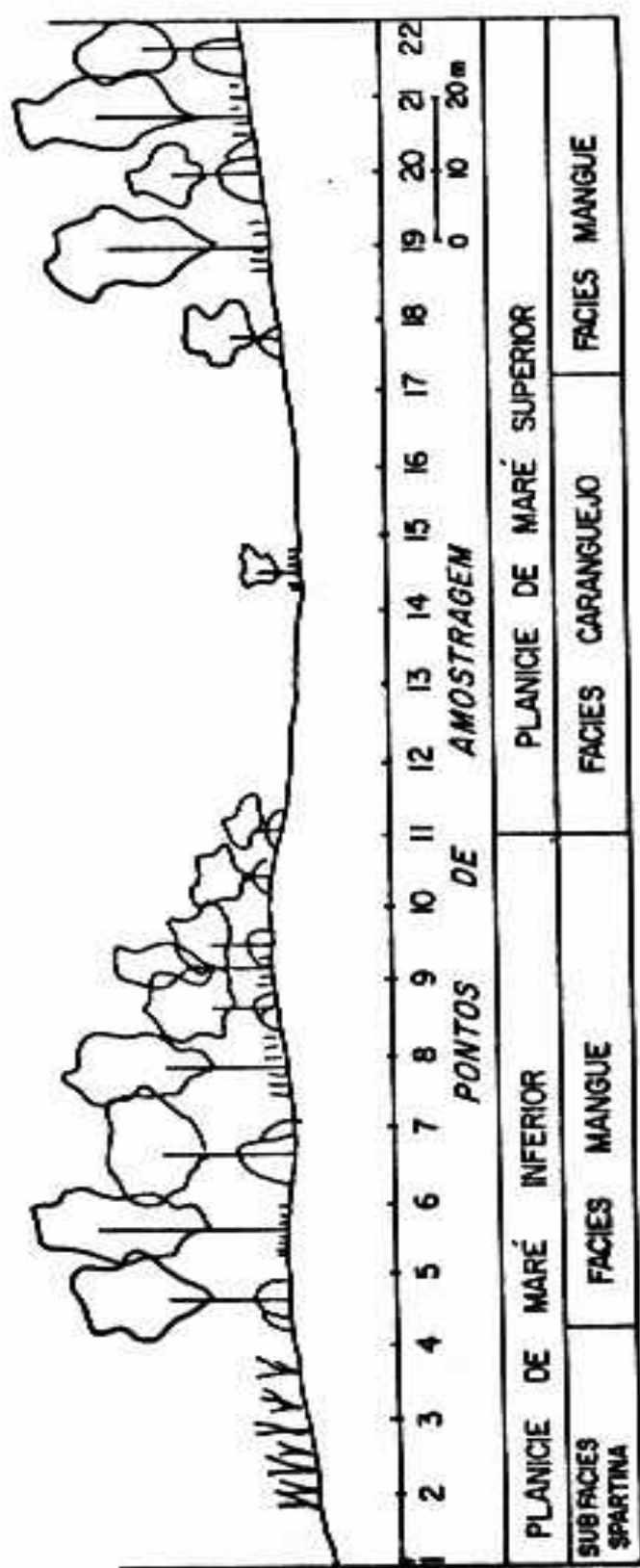


Figura 2 - Diagrama da transecção tipo na área de estudo, com a distribuição de Facies.

Tabela 1 - Porcentagem de areia nos sedimentos das unidades estudadas.

UNIDADE	PORCENTAGEM DE AREIA NO SEDIMENTO TOTAL	PORCENTAGEM DE AREIA MUITO FINA (0,125 mm) NO TOTAL DE AREIA
Sub-facies Spartina	15	88
Facies Mangue da Planície de Maré Inferior	21	87
Facies Caranguejo	5	86
Facies Mangue da Planície de Maré Superior	23	79

A Facies Mangue sucede a Sub-facies Spartina, com cerca de 50 metros de largura, nela ocorrendo as espécies *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf. et Leechman, e, em menor proporção, *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. As árvores cobrem densamente esta área e sua altura diminui gradativamente em direção a planície de maré superior.

Na planície de maré superior ocorre uma faixa com cerca de 70 metros de largura quase completamente sem cobertura vegetal, ocorrendo apenas campos isolados de *Salicornia gaudichaudiana* L., e raros espécimes de *Avicennia schaueriana*. Esta área é atingida apenas pelas marés de sizígia, ficando portanto exposta subaereamente por longos períodos. Seus sedimentos são de granulometria fina (Tab. 1), bastante impermeáveis, e conseqüentemente ocorre intensa evaporação, com a cristalização de sais na superfície de gretas de ressecamento. Corresponde à Facies Caranguejo, definida por RONCARRATI e BARROCAS apud DIAS BRITO et al., (1982), estando ausente a Facies Alga.

Atrás da Facies Caranguejo ocorre uma segunda faixa de mangue, de cobertura vegetal mais esparsa que a primeira, com cerca de 40 metros de largura, e com as mesmas espécies

identificadas anteriormente, aqui denominadas Facies Mangue da Planície de Maré Superior.

MATERIAIS E MÉTODOS

Foi definida uma transecção típica representada diagramaticamente no perfil da Fig. 2, na qual foram coletadas amostras de sedimentos superficiais a cada 10 metros. Alíquotas de cada amostra foram guardadas no freezer para posterior separação da fração menor que 0,063 mm em peneiras de teflon, utilizando água da própria Baía. A outra alíquota foi seca ao ar e utilizada para análises de pH, condutividade, Na, Ca e metais pesados lixiviáveis. Em todas as análises foram utilizadas duplicatas.

O pH foi medido por potenciometria em mistura (1g: 25 ml) sedimento: água destilada (EMBRAPA, 1979). A condutividade foi medida em mistura (1 g: 100 ml) sedimento : água destilada, após 90 minutos de contato, seguido de filtração, utilizando-se condutivímetro convencional. O filtrado foi guardado em geladeira para posterior análise de Na, Ca e metais pesados lixiviáveis, por espectrofotometria de absorção atômica convencional.

Na fração menor que 0,063 mm foram determinados: P por colorimetria, pelo método do molibdato azul (U.S. Geol. Survey, 1979) em extrato sulfúrico obtido por adaptação do método de Oliveira (1981); porcentagem de matéria orgânica por gravimetria após combustão a 450 °C por 16 horas (LACERDA, 1980) e metais pesados (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu, Cr e Cd) disponíveis para a biota por espectrofotometria de absorção atômica convencional em extrato obtido com HCl 0,1N (LACERDA, 1983).

Nas análises granulométricas adaptou-se o procedimento indicado por Ingran in Carver (1979).

Sempre que possível foram coletadas amostras de águas superficiais ao longo da mesma transecção, transportadas em frascos de polietileno para o laboratório, onde foram fil-

tradas e guardadas em freezer para posterior análise química.

No campo foram medidos: profundidade, temperatura, pH, condutividade e O_2 , sendo os quatro últimos através de multisonda portátil.

Em laboratório foram repetidas as medidas de pH e condutividade, sem variações significativas, e determinadas as concentrações de Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica convencional, adicionando-se, a padrão e amostra, cerca de 1.000 $\mu\text{g}/\text{ml}$ de La a fim de evitar a formação de compostos refratários. Os resultados são apresentados em mg/ℓ .

Foram analisados ainda SO_4 por turbidimetria (Am. Pub. Health Ass., 1980) e cloretos por colorimetria, pelo método do tiocianato férrico (U.S. Geol. Survey, 1979).

O tratamento estatístico dos dados foi feito pelo método não paramétrico de Spearman (SIEGEL, 1975), atribuindo-se o sinal (**) para correlações significativas no nível $P < 0,01$ e (*) para o nível $P < 0,05$.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

• Águas Superficiais

Os resultados sobre a composição química das águas superficiais são apresentados na Fig. 3. Devido à influência das águas de maré, a condutividade se mantém constante ao longo da transecção, sendo bem correlacionada com o pH ($r_s = 0,780^{**}$) e com a concentração de SO_4 ($r_s = 0,518^{**}$), apresentando uma queda na Facies Mangue da Planície de Maré superior provavelmente devido à influência do lençol freático. As concentrações de Ca e Cl são bem correlacionadas entre si ($r_s = 0,546^{**}$) aumentando da Sub-facies Spartina para a Facies Mangue da planície de maré inferior, e mantendo-se aproximadamente constantes até o início da Facies Mangue da planície de maré superior, quando ocorre uma queda. O Mg mostrou um comportamento anômalo, não se correlacionando com os

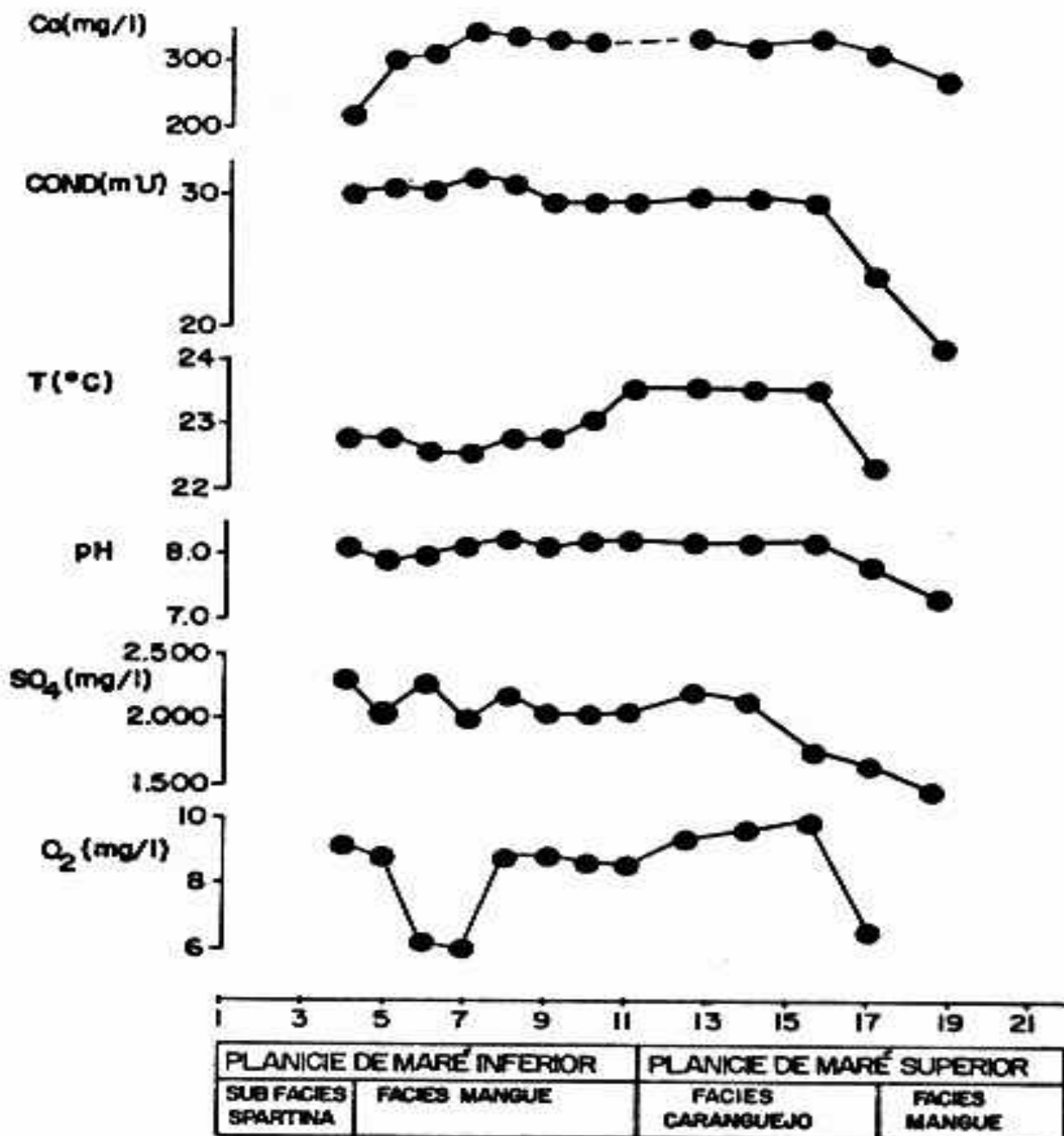


Figura 3 - Teor de O₂, pH, condutividade, temperatura e concentrações de Ca e SO₄ em águas superficiais ao longo da transecção estudada.

demais elementos e não apresentando um padrão definido de variação. A temperatura mantém-se estável ao longo da transecção, aumentando apenas na Facies Caranguejo, em consequên

cia da freqüente exposição subaérea e da ausência de cobertura vegetal. O teor de O_2 se reduz nas Facies Mangue, provavelmente em função da decomposição microbiana da matéria orgânica.

• Condutividade, pH, Na e Ca nos sedimentos

A condutividade, usada para indicar variações de salinidade nos sedimentos, é bem correlacionada com o Na lixiviável ($r_s = 0,868^{**}$), sendo alta na Sub-facies Spartina devido à proximidade do mar, decrescendo nas Facies Mangue e aumentando na Facies Caranguejo, evidenciando a concentração de sais sobre a superfície pouco permeável (Figs. 4 e 5).

O pH acompanha esta tendência, com excessão da Facies Mangue da planície de maré superior, onde atinge seus valores mais altos, sendo bem correlacionado com o Ca lixiviável ($r_s = 0,732^{**}$). Este comportamento está provavelmente relacionado com a grande concentração de conchas que ocorre neste local (Figs. 4 e 5).

• P nos sedimentos

As concentrações de P nos sedimentos são mais elevadas nas Facies Mangue (Fig. 6), estando os valores encontrados dentro da faixa relatada na literatura para este ambiente (Tab. 2). Este comportamento provavelmente se deve ao fato do P analisado representar principalmente o P orgânico, uma vez que é esperado que o PO_4 solúvel reativo e o P adsorvido em argilas somem uma fração negligenciável do total (BOWDEN, 1984; SIKORA e KEENEY, 1983). A boa correlação entre P e o teor de matéria orgânica ($r_s = 0,607^*$) parece corroborar esta hipótese, sendo que esta última apresenta um pico na Facies Spartina que não é acompanhado pelo P. O comportamento de P e matéria orgânica nos sedimentos evidencia a intensa atividade biológica da Facies Mangue, responsável

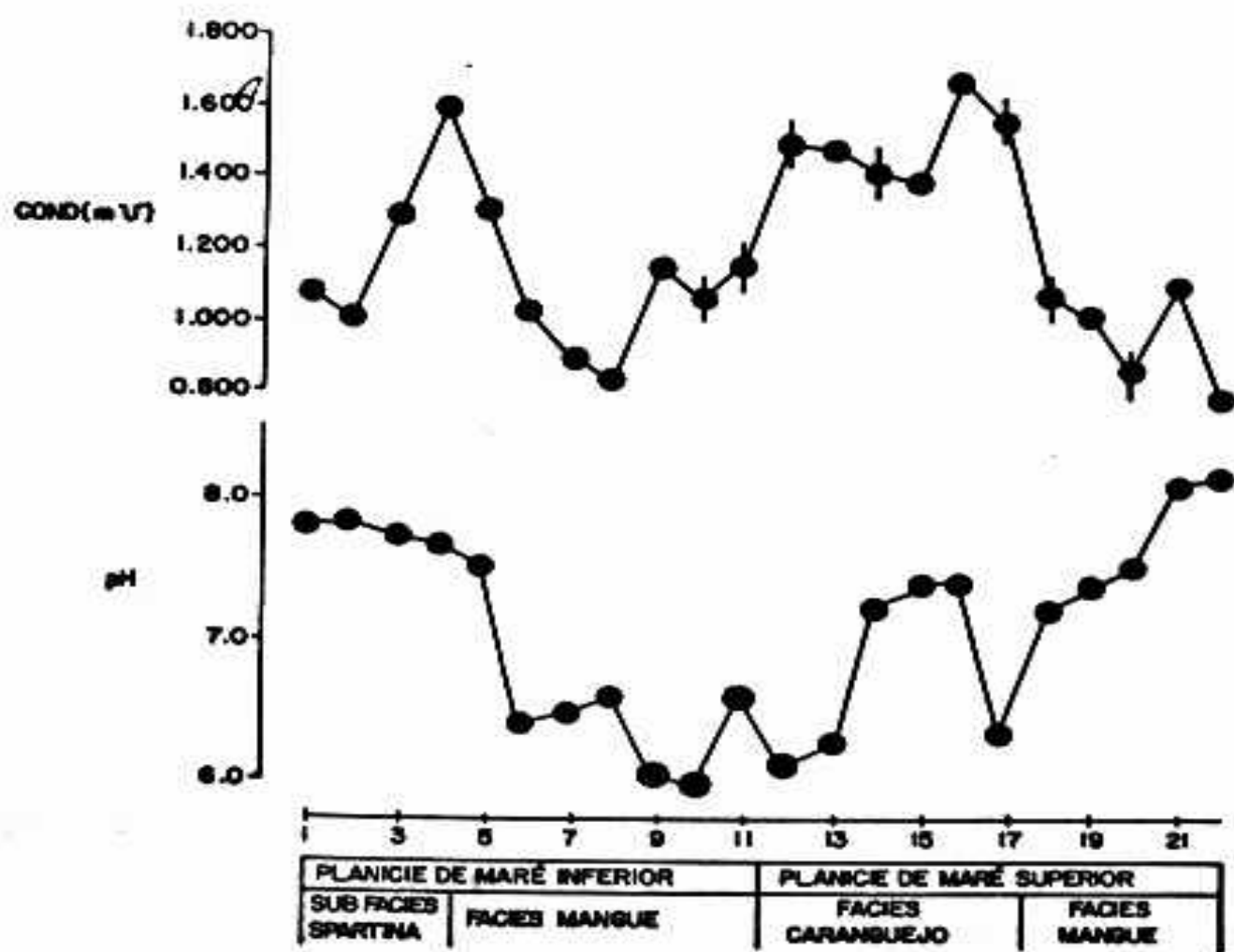


Figura 4 - pH e condutividade nos sedimentos superficiais ao longo da transecção estudada.

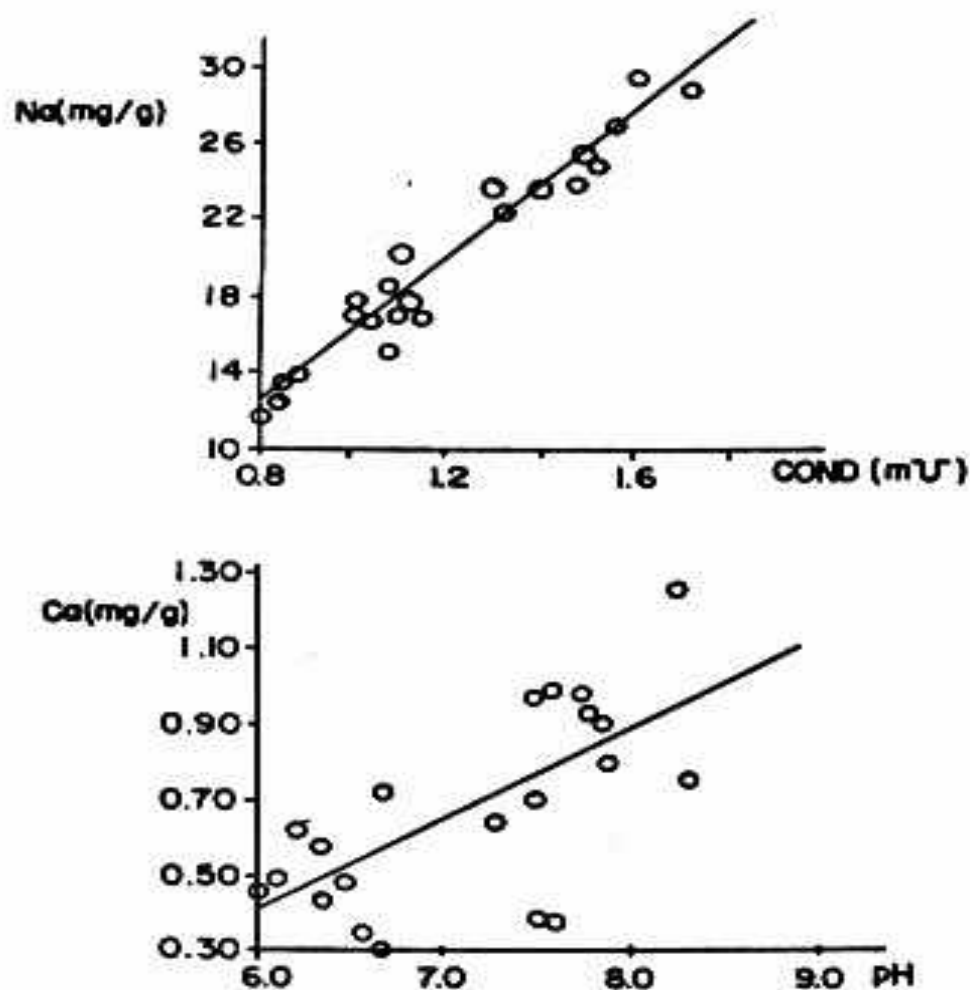


Figura 5 - Correlação entre a condutividade e a concentração de Na lixiviável e entre pH e concentração de Ca lixiviável nos sedimentos de superfície.

por uma alta produtividade primária e por intensa decomposição de matéria orgânica, o que por sua vez induz a formação de um ambiente anaeróbico, que se reflete nas concentrações de O_2 nas águas de superfície (Figs. 3 e 6).

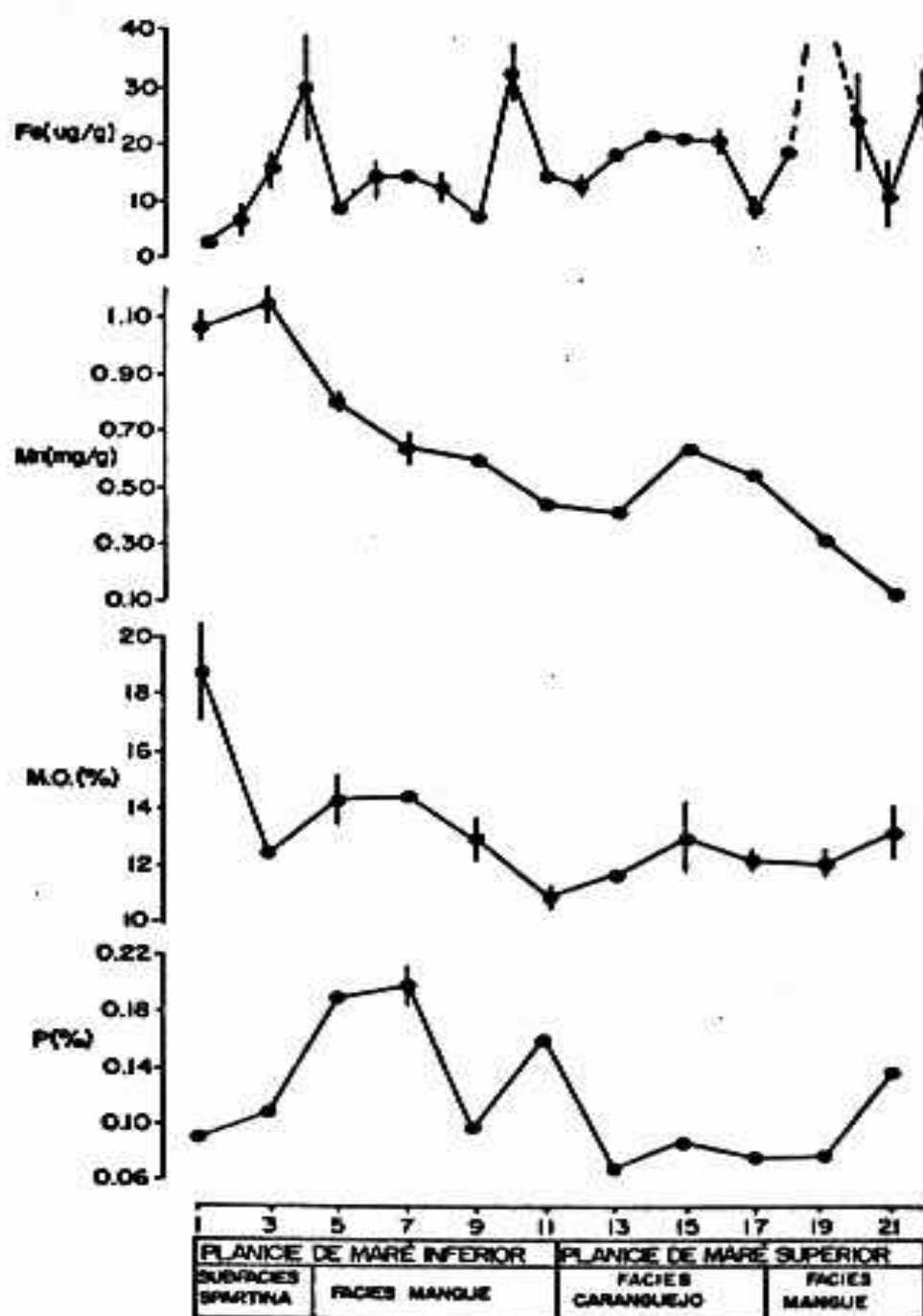


Figura 6 - Variação nas concentrações de P, Mn disponível, Fe lixiviável e teor de matéria orgânica em sedimentos de superfície, ao longo da transecção estudada.

Tabela 2 - Teor de P em alguns sedimentos de Planície de Maré.

LOCAL	% P	REFERÊNCIA
Missionary Bay, Hinchinbrook, Australia	0,05	Boto e Wellington, 1984
Sierra Leone	0,15	Hesse apud Boto e Wellington, 1984
Rhode Island: Providence River	0,005	Nixon e Oviatt apud Bowden, 1984
Block Island Sound	0,002	
Narragansett Bay	0,003	
Bayou Ferblank, Louisiana	0,05	DeLaune et alii, 1981
Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ	0,12	Este estudo

• Metais pesados nos sedimentos

A concentração de metais pesados disponíveis nos sedimentos é mais elevada na Sub-facies *Spartina*, diminuindo em direção a terra firme, por ser o mar a principal fonte dos mesmos. Esta tendência de queda é quebrada, no entanto, na Facies Caranguejo, onde apesar da baixa frequência de inundação pelas marés, ocorre uma concentração relativamente alta destes metais na fase disponível. Esta tendência pode ser observada na Fig. 6, onde o Mn foi tomado como exemplo por apresentar uma boa correlação com os demais metais, exceto o Fe e o Cu (Tab. 3). Este comportamento é resultado, provavelmente, das variações nas condições físico-químicas (Eh e pH) ao longo da transecção. Os metais chegam à Sub-facies *Spartina* principalmente na forma de material particulado (LACERDA, 1983), que é imobilizado na forma de compostos reduzidos ao atingir a Facies Mangue da planície de maré inferior, com a redução do Mn^{4+} a Mn^{2+} e do Fe^{3+} a Fe^{2+} . A re

dução destes compostos tem como conseqüência o deslocamento de cátions de sítios de troca, reduzindo portanto a concentração de metais traço disponíveis. Pela ação da água de marê, estes compostos reduzidos atingem a Facies Caranguejo, onde são expostos subaëreamente por longos períodos. Em conseqüência da maior disponibilidade de O_2 ocorrerá a oxidação de Mn^{2+} a Mn^{4+} e de Fe^{2+} a Fe^{3+} , com a formação de compostos oxidados (muitos dos quais amorfos, sendo parcialmente atacados pelo método de extração utilizado) e o carreamento de metais na precipitação dos óxidos e hidróxidos de Mn e Fe.

Tabela 3 - Matriz de correlação entre as concentrações de metais na fase disponível e o teor de matéria orgânica. Valores de r_s de Spearman, $n = 12$, significativos para (**) $P < 0,01$ e (*) $P < 0,05$.

	Mn	Pb	Cu	Zn	Cr	Cd	Fe	% Mo
Mn	1,000							
Pb	0,895**	1,000						
Cu	0,468	0,645*	1,000					
Zn	0,818**	0,941**	0,786**	1,000				
Cr	0,786**	0,891**	0,773**	0,932**	1,000			
Cd	0,627*	0,886**	0,768**	0,900**	0,832**	1,000		
Fe	0,327	0,459	0,241	0,536*	0,595*	0,336	1,000	
%Mo	0,564*	0,623*	0,568*	0,655*	0,723**	0,607*	0,345	1,000

A não correlação entre o Fe e o Mn se deve provavelmente ao fato do Mn ser mobilizado mais rapidamente que o Fe com a redução do E_h (TAKAY e KAMURA apud SIKORA e KEENEY, 1983). Esta hipótese é corroborada pelos dados apresentados

por Lacerda e Rezende (1984), que analisaram as fases geoquímicas de metais pesados em sedimentos superficiais da Facies Mangue da planície de marê inferior através de extrações sequenciais. O Mn ocorre principalmente na fase oxidável (60,2%) com apenas 2% na fase redutível, enquanto que o Fe se mostra menos sensível às condições fisico-químicas, com 46,4% na fase oxidável e 27,8% na fase redutível.

A falta de correlação entre Mn e Cu é provavelmente devida à ocorrência de Cu em compostos orgânicos de difícil dissolução, que podem não ter sido solubilizados pelo método de extração utilizado (FISZMAN, comunicação pessoal). Diversos autores têm destacado a tendência do Cu se associar à matéria orgânica mais fortemente que os demais metais (VESTERGAARD, 1979; RAPIN et alii, 1983), o que parece corroborar esta hipótese. Para todos os metais, exceto o Fe, é boa a correlação com a matéria orgânica.

Dentre os metais analisados na fase lixiviável, só o Fe aparece em concentrações detectáveis, e sua distribuição ao longo da transecção revela anomalias nas zonas de transição entre as diversas Facies (Fig. 6), o que pode estar refletindo a ocorrência de compostos metaestáveis, intermediários entre as formas finais reduzida e oxidada. Estes compostos, devido a sua menor estabilidade, seriam mais prontamente solúveis em água. Na fase disponível estas anomalias não foram detectadas, com as concentrações se mantendo constantes ao longo da transecção. A concentração aparentemente mais alta do Fe lixiviável na Facies Caranguejo do que na Facies Mangue da Planície de Marê Inferior pode ser explicada como devido à granulometria, uma vez que estas análises foram feitas no sedimento total não peneirado e o peso da areia (Tab. 1) reduz aparentemente as concentrações na Facies Mangue. A concentração disponível dos metais em cada ponto de amostragem é dada na Tab. 4.

Tabela 4 - Concentrações de metais ao longo do perfil estudado (médias de duplicatas), em $\mu\text{g/g}$ de peso seco.

PONTO DE AMOSTRAGEM	Fe	Mn	Zn	Pb	Cu	Cr	Cd
1	3900	1070	290	25	7	5	5
3	3200	1200	320	24	8	5	5
5	3400	810	240	22	6	6	3
7	3600	650	110	17	5	4	1
9	3700	610	140	20	5	4	2
11	3700	450	100	15	5	4	2
13	3900	430	130	17	4	4	3
15	3300	640	130	20	4	4	3
17	3500	550	110	18	4	4	2
19	2600	320	60	15	4	3	2
21	1700	130	70	14	4	3	2

CONCLUSÕES

Os resultados apresentados evidenciam a influência das condições físico-químicas do ambiente e do teor de matéria orgânica sobre a distribuição dos elementos estudados.

Pode ser observada ainda uma forte correlação entre a distribuição de Facies definidas morfológicamente e a variação nas concentrações de nutrientes e metais pesados.

Na Sub-facies Spartina, são elevados nos sedimentos superficiais: o pH (fortemente controlado pela água do mar), a condutividade, o teor de matéria orgânica, as concentrações de metais pesados disponíveis (por ser o mar a sua principal fonte) e as concentrações de Na e Ca lixiviáveis. Somente as concentrações de Fe lixiviável e de P são baixas com relação ao restante da transecção. Nas águas superficiais

é forte o controle da água do mar, e as concentrações de Ca são baixas com relação ao restante do perfil.

Nos sedimentos da Facies Mangue da planície de maré inferior, o pH, a condutividade, as concentrações de Na e Ca lixiviáveis e metais pesados disponíveis diminuem, enquanto se mantem alto o teor de matéria orgânica e aumenta o teor de P. Este comportamento é conseqüência do consumo de oxigênio durante a decomposição microbiana da matéria orgânica depositada nos sedimentos, o que favorece a formação de um ambiente anóxico. Neste contexto, são formados compostos reduzidos de Fe e Mn, com o conseqüente deslocamento de metais de sítios de troca e a redução na concentração de metais traço disponíveis.

Na Facies Caranguejo, a fina granulometria, a maior exposição subaérea e a ausência de cobertura vegetal, são responsáveis por intensa evaporação com a cristalização de sais na superfície dos sedimentos, que conseqüentemente apresentam maior condutividade e concentração de Na e Ca lixiviáveis. Nas águas superficiais aumentam a temperatura e o teor de O_2 . Estas mudanças nas condições físico-químicas do ambiente são responsáveis pela oxidação dos compostos reduzidos de Fe e Mn, com o carreamento de metais na precipitação de óxidos e hidróxidos de Fe e Mn.

Na Facies Mangue da Planície de maré superior, devido à influência do lençol freático, diminui a condutividade, o pH, a concentração de SO_4 e Ca e o teor de O_2 nas águas de superfície. Nos sedimentos diminuem: a condutividade, a concentração de Na lixiviável e de metais pesados disponíveis (devido às condições redutoras do ambiente e à baixa freqüência de inundação pela maré). O pH e o Ca lixiviável aumentam em conseqüência da grande quantidade de conchas que ocorrem nesta área e o teor de P e matéria orgânica também aumentam em função da cobertura vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of waste and wastewater. 15^a ed. Washington, DC. 1981. 1134p.
- ARAUJO, D.S.D. & MACIEL, N.C. Os manguezais do Recôncavo da Baía de Guanabara. Cad. FEEMA, DECAN/DEPOL/FEEMA, (10): n.p., 1979 (Série Técnica).
- BOTO, K.G. & WELLINGTON, J.T. - Soil characteristics and nutrient status in a Northern Australian Mangrove Forest. Estuaries, 7(1): 61-9, 1984.
- BOWDEN, W.V. Nitrogen and phosphorus in the sediments of a tidal, freshwater marsh in Massachusetts. Estuaries, 7(2): 108-18, 1984.
- CARVER, R.E. Procedures in sedimentary petrology. New York, Wiley - Interscience, 1979. 653p.
- DELAUNE, R.D.; REDDY, C.N.; PATRICK Jr., W.H. Accumulation of plants nutrients and heavy metals through sedimentation processes and accretion in a Louisiana salt marsh. Estuaries, 4(4): 328-44, 1981.
- DIAS-BRITO, D.; MOURA, J.A.; BRONNIMANN, P. Aspectos ecológicos, geomorfológicos e geobotânicos da Planície de Marê de Guaratiba, RJ. In: SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO DO BRASIL, 4, Rio de Janeiro, 1982. Atas ... Rio de Janeiro, Sociedade Brasileira de Geologia, 1982. pp. 153-74.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de Métodos de análise de solo. Brasília, EMBRAPA/SNLCS, 1979.
- HALBERG, R.O. Metal distribution along a profile of an inter-tidal area. Estuar. Coast. Mar. Sci. 2: 153-70, 1974.

- HARBINSON, P. The case for protection of mangrove swamps: geochemical considerations. Search, 12(8): 273-76, 1981.
- LACERDA, L.D. Ciclagem mineral em uma comunidade de halófitas da Baía de Guanabara. Rio de Janeiro, UFRJ, Instituto de Biofísica, 1980. n.p. Tese Mestrado.
- _____. Aplicação da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos no estudo da poluição por metais pesados na Baía de Sepetiba. Rio de Janeiro, UFRJ, Instituto de Biofísica, 1983. n.p. Tese Doutorado.
- LACERDA, L.D. & REZENDE, C.E. Dinâmica de metais pesados em manguezais. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE RECURSOS DO MAR, Rio de Janeiro, 1984. (no prelo)
- OLIVEIRA, S.A. Método colorimétrico para determinação de nitrogênio em plantas. Pesq. Agrop. Bras., 16(5): 645-49, 1981.
- RAPIN, F.; MEMBRINI, G.T.; FORSTNER, U.; GARCIA, J.I. Heavy metals in marine sediments phases determined by sequential chemical extraction and their interaction with interstitial water. Env. Tech. Lett., 4: 387-96, 1983.
- SIEGEL, S. Estatística não paramétrica. São Paulo, McGraw Hill do Brasil, 1975. 350p.
- SIKORA, L.J. & KEENEY, D.R. Mires: swamp, bog, fen, and moor. In: GORE, A.J.P. A general studies. New York, Elsevier Science, 1983. n.p.
- U.S. GEOL. SURVEY. Techniques of water-resources investigations: methods for determination of inorganic substances in water and fluvial sediments. Washington DC, 1979. n.p.

VESTERGAARD, P. A study of indication of the trace metal pollution of marine areas by analysis of salt marsh soils. Mar. Env. Res., 2: 19-31, 1979.

AGRADECIMENTO

Agradecemos à Gisele Antunes Ayres pela colaboração nas análises de fósforo das amostras de sedimento.

ENDEREÇO DOS AUTORES:

ARAGON, G.T.; PIRES, V.S.; LACERDA, L.D. e PATCHINEELAN, S.R.
Departamento de Geoquímica
Universidade Federal Fluminense
24210 NITERÓI - RJ