



## **DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL E ACUMULAÇÃO DE METAIS EM SEDI- MENTOS DA LAGOA DO BANANA, CAUCAIA, CEARÁ**

L.D. Lacerda<sup>1\*</sup>, L.G. Lima Jr.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Biogeoquímica Costeira, Instituto de Ciências do Mar, Universidade Federal do Ceará  
Av. Abolição 3207, 60.165-081, Fortaleza, CE  
E-mail: \*pgcmt@labomar.ufc.br

Recebido em agosto de 2006, aprovado para publicação em janeiro de 2008

### **RESUMO**

O presente estudo apresenta a distribuição dos metais (Hg, Zn, Pb, Fe, e Cu) em sedimentos de fundo da Lagoa do Banana, CE, relacionando-a com a geologia local e fontes antrópicas. É também apresentado seu padrão de acumulação através da análise de testemunhos de sedimentos (2,4 m) coletados na região mais profunda da lagoa. A hidroquímica da Lagoa do Banana mostrou-se similar a dos demais lagos naturais costeiros no Brasil e as concentrações dos metais estudados mostram-se semelhantes àquelas relatadas para áreas isentas de contribuição antrópica significativa, embora todos os elementos tenham mostrado aumentos significativos de concentração nas camadas mais superficiais do sedimento. A distribuição espacial da concentração dos metais mostrou a influência da geologia regional. As maiores concentrações de Cu ocorreram na região sob influência dos aportes fluviais que drenam o Complexo Gnáissico-Migmatítico enquanto que as maiores concentrações de Pb, Fe e Zn ocorreram na região sob influência de coberturas sedimentares cenozóicas (Formação Barreiras e paleodunas). A distribuição de Hg, entretanto sugere a influência de fontes antrópicas.

### **ABSTRACT**

This study presents the distribution of metals (Hg, Zn, Pb, Fe and Cu) in bottom sediments of the Banana Lake, Ceará state, northeastern Brazil. Accumulation patterns in bottom sediments were also discussed based on the analysis of long (2.4 m) sediment cores collected at the deeper area of the lake. Lake hydrochemistry was similar to other natural coastal lakes in Brazil and the metal concentrations in sediments were in the range reported for non-contaminated areas, although all metals presented higher concentrations in the first 50 cm layer of sediments. The spatial distribution of concentrations suggests a strong influence of the local geology. Highest Cu concentrations were associated with the inflow of tributaries draining the gnaissic-migmatitic complex, whereas the highest concentrations of Fe, Zn and Pb were associated with the Cenozoic sedimentary cover (Formação Barreiras and paleodunes). The distribution of Hg concentrations suggests some influence of anthropogenic sources.

### **INTRODUÇÃO**

A compreensão da influência da poluição em áreas costeiras somente é possível quando

se faz uma avaliação do comportamento de poluentes potenciais, particularmente aqueles também originados em processos naturais como os metais, em áreas não-contaminadas.

Este tipo de estudo fornece valores de concentrações, os quais serão considerados como medidas de “background” local e que servirão como linha de referência no estudo comparativo em relação às outras regiões que apresentem significativa influência antrópica (Bidone & Silva Filho, 1988).

Lagos e lagunas costeiras são regiões de interface que atuam como retentores de substâncias, incluindo metais, em seu transporte do continente para o oceano. Sedimentos destes ambientes lênticos são acumuladores naturais de metais devido às suas características geoquímicas e elevadas taxas de sedimentação que rapidamente incorporam os metais na coluna sedimentar. Metais são incorporados aos sedimentos lacustres por deposição atmosférica, pelo aporte de formas particuladas e dissolvidas em águas fluviais e pelo aporte direto de efluentes urbanos e industriais (Salomons & Forstner, 1984; Barcellos *et al.*, 1997). Em lagos pequenos e sem influência antrópica os metais ocorrem como constituintes em minerais estáveis e geralmente são transportados e acumulados em associação com as partículas em suspensão oriundas de solos e rochas presentes na bacia de drenagem. Para alguns metais como o Hg, por exemplo, a contribuição atmosférica direta ou indireta (depositada sobre solos da bacia de drenagem) possa ser significativa (Lacerda *et al.*, 2000).

A distribuição espacial de metais em sedimentos destes corpos d’água deverá ser influenciada principalmente pelas características geológicas e pedológicas locais. Por outro lado, a variação das concentrações de metais em perfis de sedimentos de lagos será devida à variação temporal da contribuição alóctone. Assim, ao estudar as variações superficiais e em profundidade na coluna do sedimento, é possível construir um cenário mostrando a evolução das contribuições alóctones na distribuição de metais em sedimentos de lagos.

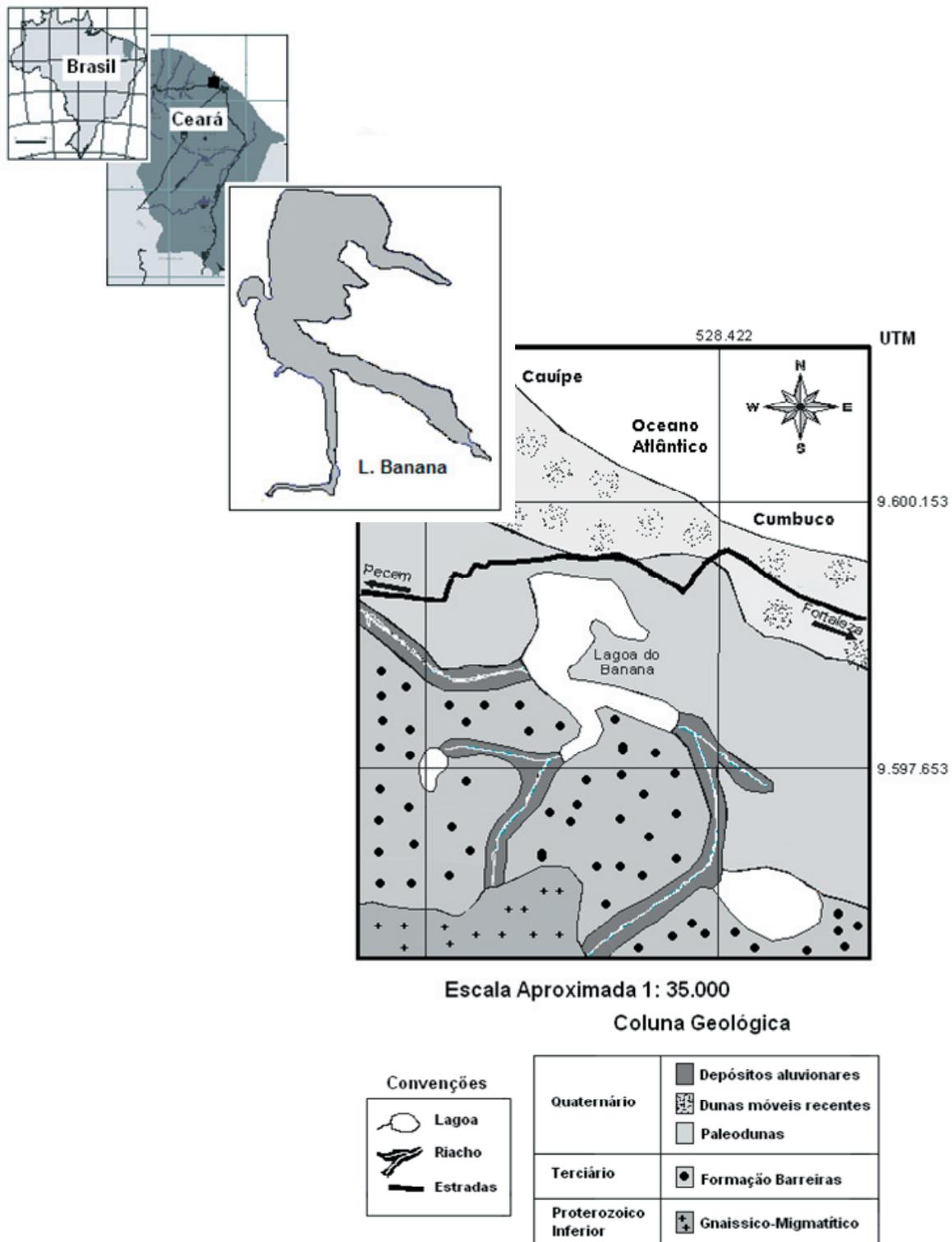
No presente estudo, essas duas vertentes controladoras da distribuição de metais em sedimentos lacustres são estudadas na Lagoa do Banana, um lago costeiro localizado no município de Caucaia, CE, característico da planície costeira do litoral nordeste oriental do Brasil e que apresenta características naturais com pouca influência antrópica.

## MATERIAL E MÉTODOS

A Lagoa do Banana é um reservatório natural de água de pequenas proporções localizado na faixa costeira do município de Caucaia, no estado do Ceará (Brasil), latitude 4° 44’ S e longitude 38° 40’ W. A fisiografia local apresenta uma altitude média de 22 m, clima quente e seco com temperatura média variando entre 24 °C e 32 °C e precipitação pluviométrica anual média de 850 mm. A região estudada é subordinada à dois conjuntos litológicos distintos: o Complexo Gnáissico-migmatítico que se ao conjunto de rochas ígneas e metamórficas do paleoproterozóico, em geral, biotita-gnaisses e migmatitos, muitas vezes intercalados por quartzitos e lentes de calcário; e as Coberturas sedimentares cenozóicas que se referem aos sedimentos Colúvio-eluviais, à Formação Barreiras, às paleodunas, às dunas recentes ou móveis, e aos depósitos flúvio-aluvionares. Embora a área específica da lagoa esteja inserida no contexto do conjunto das coberturas cenozóicas, seus dois únicos afluentes intermitentes tem suas cabeceiras no complexo gnáissico-migmatítico (Brandão, 1995) (Figura 1).

As atividades econômicas desenvolvidas na região são basicamente a agricultura (destacando a cultura da banana), a pecuária (carne e leite) e a indústria extrativa de cera da carnaúba. Os principais usos das águas são a recreação de contato primário e a irrigação de hortaliças e plantas frutíferas e a dessedentação animal.

Foram coletados dezoito (18) amostras de sedimentos de fundo na Lagoa do Banana utilizando-se em busca-fundo do tipo



**Figura 1:** Localização da Lagoa do Banana, Município de Caucaia, Ceará e principais características geológicas.

Van Veen. A localização das amostras e a granulometria do sedimento amostrado são apresentadas na Figura 2. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao Laboratório onde se procedeu a análise granulométrica. Em seguida, o restante do

material coletado foi seco em estufa até peso constante a 60° C para a determinação do conteúdo de matéria orgânica e da concentração dos metais Hg, Fe, Cu, Zn e Pb. Em uma segunda campanha foram coletados dois testemunhos de sondagem: o primeiro

com 4,5 m e outro com 6,5 m utilizando-se um vibra-corer acoplando a uma balsa flutuante. Posteriormente cada testemunho foi seccionado em camadas de 5 cm. Durante as coletas de sedimentos foram determinados os principais parâmetros hidroquímicos da lagoa (temperatura, condutividade elétrica e oxigênio dissolvido).

A partir dos resultados da granulometria foram configurados gráficos de frequência simples distribuindo os sedimentos em dois tipos: tipo L (sedimentos lamosos ricos em matéria orgânica) e os do tipo AF (sedimentos de areia fina), esta classificação operacional foi utilizada para interpretação das variações das concentrações dos metais estudados.

O conteúdo de matéria orgânica (MO) foi determinado por gravimetria após combustão a 450° C por 24 horas. Alíquotas de 2 g de sedimento seco foram utilizadas para determinação dos metais de interesse, após digestão ácida com 20 ml de água régia diluída (50%) em banho-maria à temperatura de 80°C os extratos foram retomados a 100 ml em água deionizada e as concentrações de metais medidas por espectrofotometria de absorção atômica de chama convencional. (Aguiar *et al.*, 2007). Nas digestões para análise de Hg utilizou-se um sistema de refluxo por condensação (Lacerda & Gonçalves, 2001). As concentrações de Hg foram analisadas por espectrofotometria de absorção atômica por geração de vapor a frio, após redução em solução de SnCl<sub>2</sub> em um aparelho BACHARAH 2500.

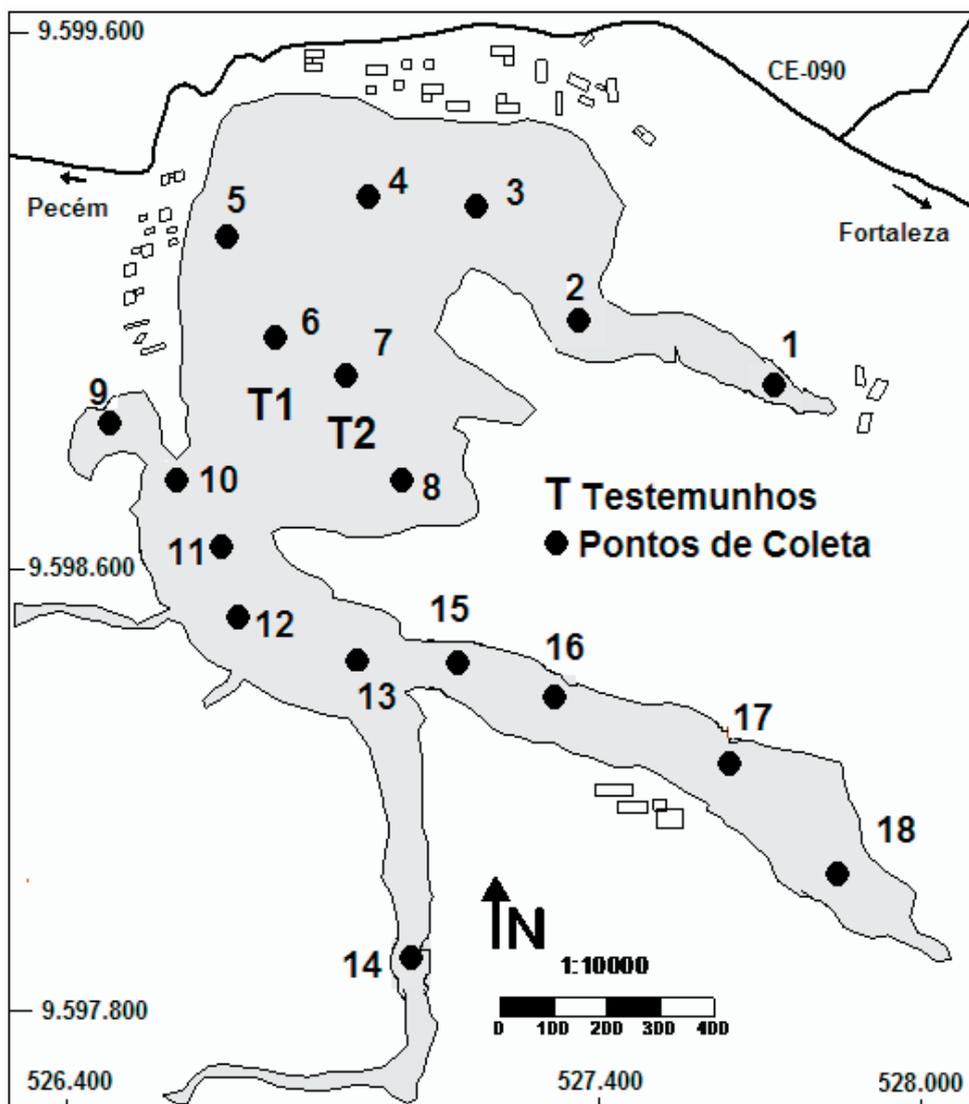
Todas as amostras foram tratadas em duplicatas a fim de que se pudessem detectar diferenças analíticas significativas entre dois exemplares de uma mesma sub-amostra. Via de regra as diferenças entre duplicatas permaneceram menores que 10%. Simultaneamente foram medidas as concentrações de metais em padrões certificados NIST 1649 “Estuarine Sediments”. Via de regra as diferenças entre as concentrações medidas e certificadas foram sempre inferiores a 10%.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A hidroquímica da lagoa do Banana mostrou-se similar a lagoas de planícies arenosas cujo principal suprimento de água é a percolação das águas da chuva através de dunas. A coluna d’água apresentou-se homogênea até 5,5 m de profundidade com temperatura média de 30,3 ± 0,09 °C; oxigênio dissolvido de 6,5 ± 0,4 mg.L<sup>-1</sup> e condutividade elétrica de 3,8 ± 0,01 μS.cm<sup>-1</sup>. Abaixo desta profundidade, na região mais profunda da lagoa, camadas entre 5,5 e 6,5 m de profundidade apresentaram menores temperaturas (29,8 °C) e oxigênio dissolvido (4,8 mg.L<sup>-1</sup>) e maiores valores de condutividade elétrica (4,2 μS.cm<sup>-1</sup>), sugerindo pequena solubilização de componentes do sedimento, embora a estratificação verificada mantenha estas condições hidroquímicas restritas a camada mais profunda da lagoa.

A análise granulométrica das amostras caracterizou dois grupos de sedimentos: sedimentos lamosos (fração < 0,062 mm superior a 50% em peso) ricos em matéria orgânica (estações 1, 3, 4, 8, 11, 14, 17 e 18) e sedimentos arenosos com teor de finos inferior a 20% (estações 2, 5, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15 e 16) (Figura 2).

A Tabela 1 mostra as concentrações de fração fina, matéria orgânica e metais nas duas classes granulométricas englobando as 18 amostras de sedimentos superficiais coletados na Lagoa do Banana. Todas as variáveis medidas apresentaram maiores concentrações nos sedimentos argilo-arenosos, como esperado, dado a sua maior área relativa de adsorção devido ao maior percentual de finos e maiores teores de matéria orgânica. As concentrações dos metais estudados não mostraram influência de contribuição antrópica sendo similares aquelas relatadas para ambientes lacustres costeiros de áreas remotas ou sem contribuição antrópica significativa (Villa, 1988; Lacerda *et al.*, 1988; Heyvaert *et al.*, 2000; Moraes *et al.*, 2000) e encontram-se dentro da faixa de valores do “background” regional (Marins *et al.*, 2004; Aguiar *et al.*, 2007).



**Figura 2:** Distribuição dos pontos de amostragem de sedimentos superficiais e localização dos perfis de testemunho de sedimentos coletados na Lagoa do Banana, Município de Caucaia, Ceará.

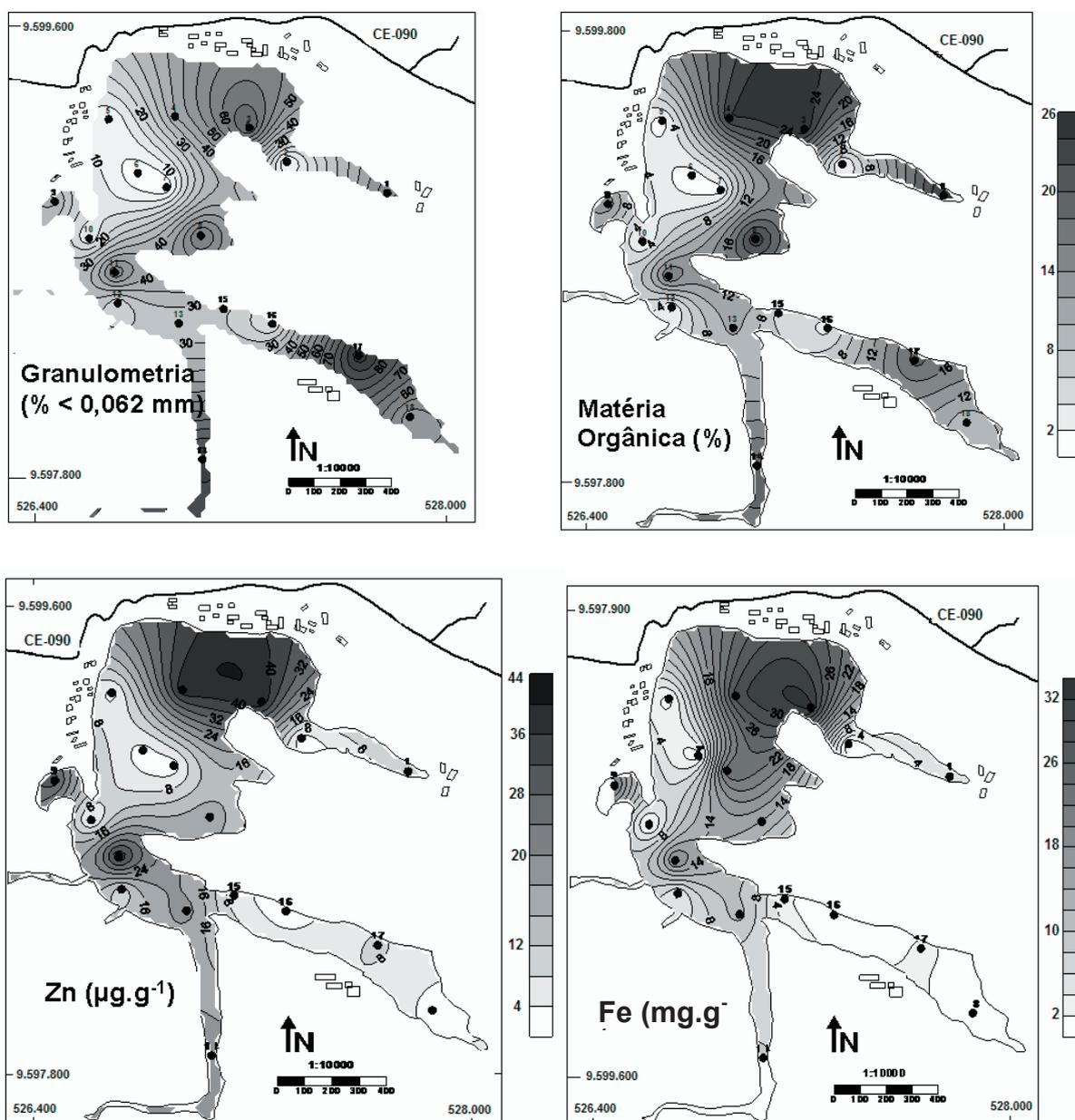
**Figura 3:** Distribuição da granulometria, conteúdo de matéria orgânica e concentrações de Fe e Zn em sedimentos superficiais coletados na Lagoa do Banana, Município de Caucaia, Ceará.

Tipo de sedimento		f-fina	Hg	Pb	Zn	Cu	Fe	MO
		(%)			( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )			(%)
Argilo-arenosos	Média	64	26	11,8	24,1	11,8	14,0	20,2
	Desvio	19	17	7,3	16,5	6,9	12,0	5,8
	Máximo	87	65	20,6	43,2	10,2	32,5	25,7
	Mínimo	40	13	9,2	19,3	6,0	5,3	16,7
Arenosos	Média	14	17	4,0	8,2	2,9	6,5	3,9
	Desvio	61	17	8,5	19,5	13,2	9,5	14,9
	Máximo	37	33	11,5	34,5	6,6	23,7	13,6
	Mínimo	1	9	2,2	1,6	0,7	0,5	0,9

A distribuição espacial do teor de matéria orgânica e das concentrações dos metais estudados em sedimentos de fundo da Lagoa do Banana pode ser avaliada através de curvas de isotores (Figuras 3 e 4). As curvas de isotores mostram pelo menos três comportamentos distintos entre os metais estudados representadas pelo pelos metais Fe, Zn e Pb, pelo Cu e pelo Hg.

As distribuições espaciais de Pb, Zn e Fe (Figuras 3, 4) mostram as maiores

concentrações na porção norte da lagoa, sobrepostos aos sedimentos com maiores teores de matéria orgânica. A distribuição das maiores concentrações de Cu encontram-se na porção sudeste da lagoa (Figura 4), sobrepondo-se aos sedimentos com granulometria mais fina (Figura 2), embora na porção norte verifique-se alguns teores similares àqueles verificados na porção SE, enquanto que as menores concentrações foram notadamente observadas na porção central e oeste da Lagoa. O Hg apresenta



**Figura 4:** Distribuição das concentrações de Pb, Hg e Cu em sedimentos superficiais coletados na Lagoa do Banana, Município de Caucaia, Ceará.

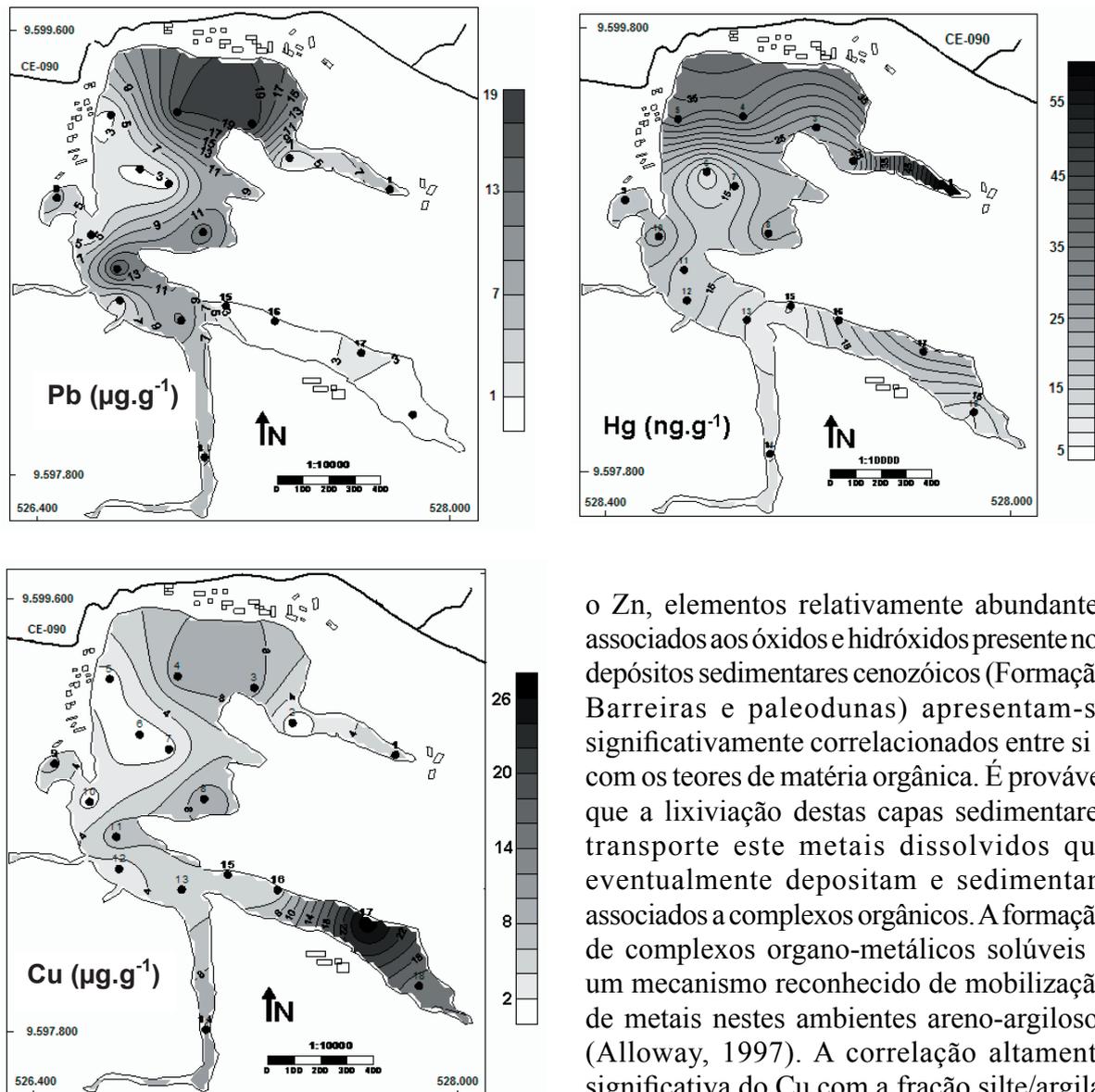


Figura 5: Distribuição vertical do conteúdo de matéria orgânica e concentrações de Fe, Zn, Pb, Hg e Cu em perfis de sedimento coletados na Lagoa do Banana, Município de Caucaia, Ceará. Valores médios obtidos nos dois testemunhos coletados.

distribuição espacial (Figura 4) diferente dos outros metais analisados com as maiores concentrações ocorrendo justamente no pequeno braço nordeste da lagoa, onde se concentram as atividades urbanas, incluindo pequenos depósitos de lixo.

As correlações apresentadas entre os metais (Tabela 2) e as características do embasamento geológico sugerem as diferentes origens dos metais estudados. O Fe, o Pb e

o Zn, elementos relativamente abundantes associados aos óxidos e hidróxidos presente nos depósitos sedimentares cenozóicos (Formação Barreiras e paleodunas) apresentam-se significativamente correlacionados entre si e com os teores de matéria orgânica. É provável que a lixiviação destas capas sedimentares transporte este metais dissolvidos que eventualmente depositam e sedimentam associados a complexos orgânicos. A formação de complexos organo-metálicos solúveis é um mecanismo reconhecido de mobilização de metais nestes ambientes areno-argilosos (Alloway, 1997). A correlação altamente significativa do Cu com a fração silte/argila, sua distribuição preferencial na porção sul da lagoa, que recebe a drenagem originada no arcabouço gnáisico-migmatítico e a não significância das correlações com os demais metais, sugerem como sua principal fonte o intemperismo e transporte de sedimentos finos a partir dos maciços residuais existentes na porção sul do relevo da bacia. Finalmente, o Hg apresenta uma distribuição singular, provavelmente afetada pela presença de atividades antrópicas no setor nordeste da lagoa.

Os perfis de distribuição vertical (Figura 5) apresentaram-se diferentes para os diferentes metais mostrando padrões típicos representados por um grupo composto pelo Fe, Zn e matéria orgânica, um segundo grupo

**Tabela 1:** Concentração da fração granulométrica menor que 0,062 mm (f-fina); teor de matéria orgânica e concentração de metais em sedimentos superficiais argilo-arenosos e arenosos na Lagoa do Banana, CE.

	MO	F-Fina	Hg	Fe	Pb	Zn	Cu
MO	1,000						
f-fina	0,902*	1,000					
Hg	0,401	0,150	1,000				
Fe	0,578*	0,281	0,070	1,000			
Pb	0,793**	0,522	0,201	0,794**	1,000		
Zn	0,742**	0,531	0,082	0,825**	0,934**	1,000	
Cu	0,590*	0,834**	0,002	0,082	0,201	0,251	1,000

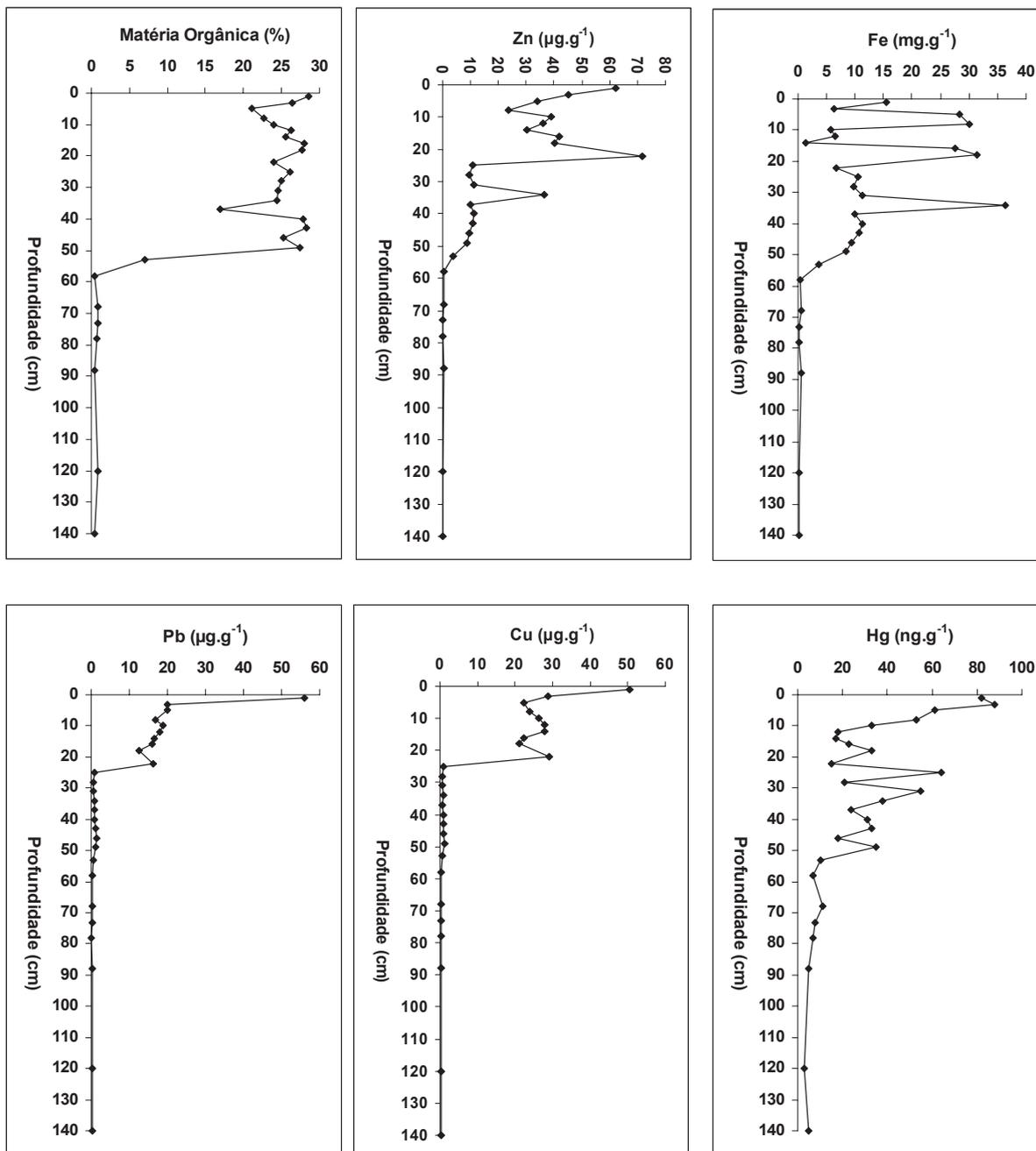
representado pelo Cu e Pb, e um terceiro grupo representado pelo Hg. A matéria orgânica apresenta suas maiores concentrações nas camadas mais superficiais até 50 cm de profundidade, variando ao longo do perfil entre 16,9 e 28,3%. Até a profundidade de 50 cm a densidade dos sedimentos se mantém relativamente constante variando de 0,20 e 0,25 g.cm<sup>-2</sup>. Abaixo desta profundidade o sedimento mostra-se eminentemente arenoso com densidade variando de 0,70 e 1,50 g.cm<sup>-2</sup>. A distribuição da matéria orgânica sugere o início de sedimentação lacustre típica após a formação do lago sobre as dunas originais.

As distribuições verticais do Fe e do Zn são similares mostrando o início do aumento das concentrações a partir de 50 cm, simultânea ao aumento do teor de matéria orgânica. Ambos apresentam variações significativas de concentração entre a superfície do sedimento e a profundidade de 50 cm. Em camadas mais profundas as concentrações são muito baixas, menores que 1,0 mg.g<sup>-1</sup> para o Fe e menores que 1,0 µg.g<sup>-1</sup> para o Zn. A variabilidade das concentrações na camada superior do sedimento sugere aportes variáveis destes metais para os sedimentos da lagoa, provavelmente devido a entradas variáveis de materiais originados nas formações arenosas adjacentes, como sugerido pela distribuição espacial das concentrações observada em sedimentos superficiais.

A distribuição do Cu e do Pb mostra que as concentrações destes metais aumentam apenas a partir de 25 cm de profundidade em direção a superfície, e ao contrário do Fe

e do Zn, são relativamente constantes até a camada superficial (5,0 cm) do sedimento. No caso do Cu, esta distribuição esta de acordo com a origem sugerida para o Cu nestes sedimentos, representada pelo transporte de materiais originados no intemperismo das rochas da bacia, cuja entrada na lagoa depende da rede de drenagem. A distribuição vertical, portanto, sugere que a ligação da rede de drenagem com a lagoa iniciou-se depois da formação do ambiente lacustre. A distribuição vertical do Pb, entretanto, não concorda com suas distribuição espacial em sedimentos superficiais, que sugere uma fonte similar a do Fe e do Zn nos sedimentos cenozóicos. É possível que no caso do Pb uma contribuição das rochas do complexo gnaissico-migmatítico também tenha importância em seu aporte para a lagoa.

A distribuição vertical do Hg foi singular e bastante diferente dos demais metais. As concentrações de Hg apresentam aumentos notáveis a partir de 70-80 cm de profundidade, isto é antes do início da sedimentação orgânica. É provável que a contribuição atmosférica, importante no caso do Hg seja significativa na região, como demonstrado em outras regiões semelhantes (Moraes *et al.*, 2000). Entretanto, da mesma forma que para os demais metais as concentrações atingem seus maiores valores apenas após o início da sedimentação orgânica. Na porção mais superior do perfil, entretanto, novamente a distribuição do Hg mostra-se singular, com aumentos significativos e constantes a partir de 15 cm de profundidade até a superfície. Este comportamento, já descrito para



**Tabela 2:** Correlações entre a concentração dos metais estudados, o conteúdo de matéria orgânica (MO) e de fração granulométrica menor que 0,062 mm (f-fina) obtidas para as amostras de sedimento de superfície coletadas na Lagoa do Banana, CE. A significância da correlação varia entre  $p < 0,01$  (\*\*) e  $p < 0,05$  (\*).

outros lagos no Brasil esta associado ao aumento da deposição atmosférica de Hg originado em fontes antrópicas (Lacerda & Ribeiro, 2004).

### CONCLUSÃO

A Lagoa do Banana apresenta uma hidroquímica similar a outros lagos naturais

costeiros, sugerindo uma área de pouca ou nenhuma influência antrópica. Entretanto, ao nível dos sedimentos de fundo, principalmente na porção norte da Lagoa onde ocorrem restaurantes, pequenos comércios de subsistência e outras atividades de veraneio, não é possível descartar totalmente esta influência. As concentrações dos metais estudados nos sedimentos mostram-se

dentro da faixa de variação típica encontrada em outras regiões similares com pouca ou nenhuma influência antrópica. A distribuição espacial das concentrações sugere um controle dominante da geologia local para todos os metais com exceção do Hg, que apresenta uma distribuição distinta dos outros metais analisados. A distribuição vertical ao longo da coluna sedimentar demonstra a importância de sedimentação orgânica na distribuição dos metais. Novamente, no caso do Hg, além das prováveis fontes associadas aos outros metais,

a deposição atmosférica de Hg associada a emissões antrópicas fora da bacia da lagoa também se mostrou importante na definição de seu padrão de acumulação ao longo da coluna sedimentar. Embora a acumulação de metais nos sedimentos da lagoa esteja preponderantemente associada à acumulação de matéria orgânica, a distribuição vertical do Cu e, provavelmente do Pb, sugere a contribuição da drenagem dos maciços rochosos presentes na bacia de drenagem.

## REFERÊNCIAS

- AGUIAR, J.E.; MARINS, R.V; ALMEIDA, M.D. (2007) Comparação de metodologias de digestão de sedimentos marinhos para caracterização da geoquímica de metais-traço na plataforma continental nordeste oriental brasileira. *Geochimica Brasiliensis*, 21: 304-323.
- ALLOWAY, B.J. (1997) The mobilization of trace elements in soils. In: PROST, R. (ed.). *Contaminated Soils*. INRA Ed., Paris, p: 133-145.
- BIDONE, E.D. & SILVA FILHO, E.V. (1988) Mineralogical control of heavy metal behaviour in coastal environments: Copper in Ribeira Bay, Rio de Janeiro, Brazil. In: SEELIGER U.; LACERDA, L.D.; PATCHINEELAM, S.R. (eds.), *Metals in Coastal Environments of Latin America*. Springer Verlag, Berlin, p. 215-236.
- BARCELLOS, C.; LACERDA L.D. & CERADINI, S. (1997) Sediment origin and budget in Sepetiba Bay – an approach based on multielement analysis. *Environmental Geology*, 32: 203-209.
- BRANDÃO, R.L. (1995) Mapa geológico da região metropolitana de Fortaleza. Texto Explicativo. Escala 1:100.000. Projeto SINFOR. CPRM, Fortaleza, 32 p.
- HEYVAERT, A.C.; REUTER, J.E.; SLOTTON, D.G.; GOLDMAN, C.R. (2000) Paleolimnological and historical atmospheric lead and mercury deposition in Lake Tahoe, California. *Environmental Science & Technology*, 34: 3588-3597.
- LACERDA, L.D. & GONÇALVES, G.O. (2001) Mercury distribution and speciation in waters of the coastal lagoons of Rio de Janeiro, SE Brazil. *Marine Chemistry*, 76: 47-58.
- LACERDA, L.D. & RIBEIRO, M.G. (2004) Changes in lead and mercury loads to southeastern Brazil due to industrial emissions during the 20th century. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 15: 931-937.
- LACERDA, L.D.; SOUSA, C.M.M.; PESTANA, M.H.D. (1988) Geochemical distribution of Cd, Cu, Cr and Pb in sediments along the Southeastern Brazilian Coast. In: SEELIGER, U.; LACERDA, L.D.; PATCHINEELAM, S.R. *Metals in coastal environments of Latin America*. Springer Verlag, Berlin, p: 86-89.
- LACERDA, L.D.; ABRÃO, J.J.; BERNAT, M.; FERNEX, F. (2000) Heavy metals biogeochemistry in coastal lagoons of Rio de Janeiro, SE, Brazil. In: ESTEVES, F.A. &

- LACERDA, L.D. (eds.), *Ecologia de Restingas e Lagoas Costeiras*. NUPEM/UFRJ, Rio de Janeiro, p: 295-337.
- MARINS, R.V.; PAULA FILHO, F.J.; LACERDA, L.D.; RODRIGUES, S.R.; MARQUES, W.S. (2004) Distribuição de mercúrio total como indicador de poluição urbana e industrial na costa brasileira. *Química Nova* 27: 763-770.
- MORAES M.L.; SIFEDDINE A.; LACERDA L.D. (2000) Estudo da deposição de Hg a partir da variação da razão Hg/Ti em testemunho de sedimentos em ambiente lacustre remoto, lagoa do Caçó-MA. In: *Anais da 23ª Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, Poços de Caldas*, Abstract 1864, 2 p.
- SALOMONS, W. & FORNSTER, U. – 1984 – *Metals in the Hydrocycle*. Springer Verlag, Berlin, 332 p.
- VILLA, N. (1988) Spatial distribution of heavy metals in seawater and sediments from coastal areas of the Southeastern Buenos Aires Province, Argentina In: SEELIGER, U.; LACERDA, L.D.; PATCHINEELAM, S.R. *Metals in coastal environments of Latin America*. Springer Verlag, Berlin, p: 30-44.

(Footnotes)

<sup>1</sup>To whom the correspondence should be sent: [pgcmt@labomar.ufc.br](mailto:pgcmt@labomar.ufc.br)