

Fontes e transporte de metais pesados para a Enseada de Jurujuba (Baía de Guanabara) SE– Brasil

**José Antônio Baptista Neto*;
Bernard J. Smith**;
John J. McAllister** e
Maria Augusta Martins da Silva*****

Resumo

As fontes de sedimentos e metais pesados para um estuário urbanizado são complexas e difusas. Esta pesquisa tem como objetivo acessar as principais fontes de metais pesados para a enseada de Jurujuba (RJ). Analisaram-se as concentrações dos elementos Cr, Cu, Ni, Pb, Zn e Fe, em amostras de solo, rios e escoamento superficial urbano, bem como sedimentos de marinas. Apesar de se poderem distinguir as fontes naturais das antrópicas de metais pesados para a Enseada de Jurujuba, é evidente que os processos de urbanização são os principais responsáveis pelas maiores concentrações de metais pesados para a enseada, através de rios e escoamento superficial urbano. No entanto, não se podem desprezar a deposição atmosférica e as atividades náuticas como importantes fontes de poluição.

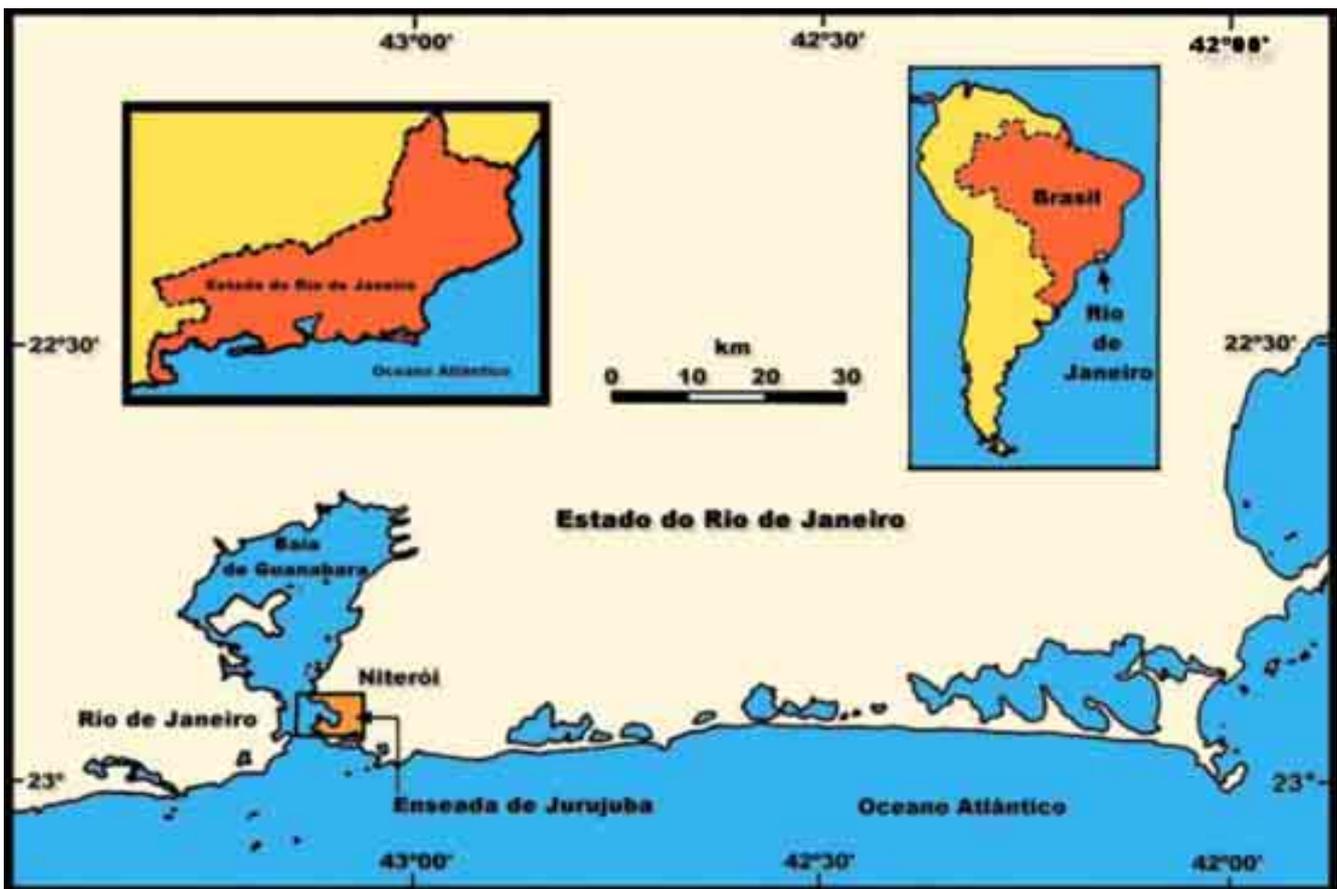
Palavras-chave: fontes de sedimentos, poluição de metais pesados, Enseada de Jurujuba, processo de urbanização.

Introdução

Define-se poluição marinha como a introdução direta ou indireta, pelo homem, de substâncias ou energia dentro do ambiente marinho, que cause efeitos negativos aos recursos vivos, as atividades marinhas, como pesca, a qualidade da água do mar e as atividades de recreação (GESAMP, 1989).

Um dos mais importantes tipos de poluição encontrados no litoral é o dos metais pesados, que podem concentrar-se nos sedimentos marinhos. Estes elementos, na tabela periódica, apresentam densidades superiores a 6g/cm^{-3} (Davies, 1980), embora normalmente se utilizem densidades menores e outras propriedades como parâmetros para distinguir metais pesados de outros elementos da tabela periódica (ex. Förstner & Wittmann, 1983; Jarvis, 1983; Fergusson, 1990). Os metais pesados podem ser introduzidos no ambiente estuarino como resultado de intemperismo natural, processos de erosão e transporte, assim como por uma grande variedade de atividades antropogênicas (Foster & Charlesworth, 1996).

Figura 1 -Mapa de localização da área de estudo.



Os elementos podem ser divididos em dois grupos: Fe, Mn, K, Ca, Mg – que ocorrem naturalmente com concentrações modestas em muitos ambientes – e Zn, Cu, Ni, Pb e Cr, normalmente elementos-traço na natureza, mas que também são um subproduto de atividades antropogênicas (Bricker, 1993). O enriquecimento de elementos como Zn, Cr, Cu, Pb e Ni é geralmente indicativo de desenvolvimento urbano.

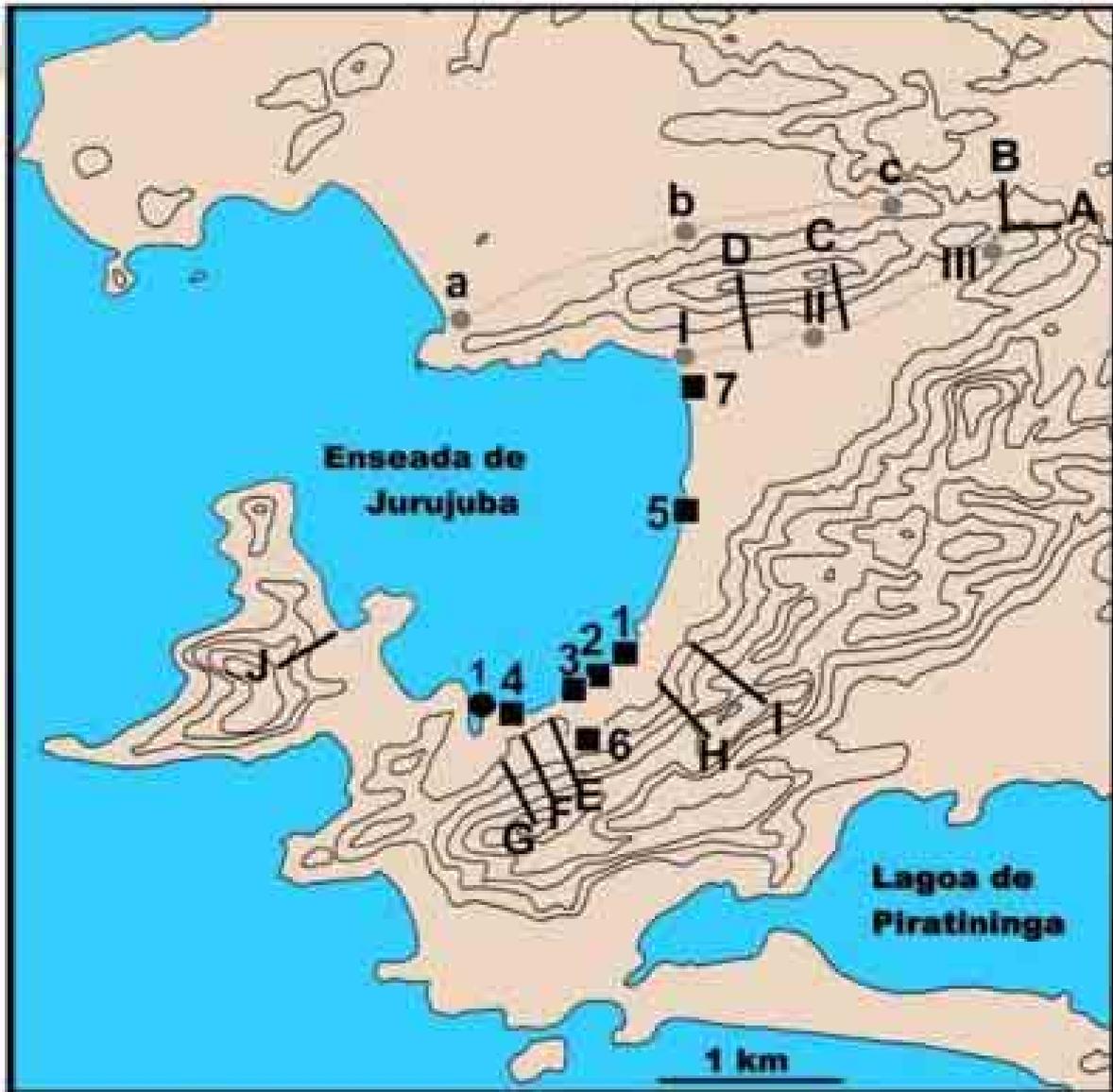
Recentes análises de metais pesados em sedimentos modernos da Enseada de Jurujuba (Figura 1) mostraram concentrações similares às encontradas em estuários bem urbanizados e industrializados em todo o mundo (Baptista Neto et al., 2000). Contudo, para se entender os níveis de poluição de uma área é importante identificar as principais fontes que contribuem para a poluição da enseada. Desta forma, o objetivo deste artigo é examinar geoquimicamente as principais fontes de metais pesados, como solos, sedimentos do escoamento superficial urbano, sedimentos dos rios da bacia de drenagem da Enseada de Jurujuba.

Metodologia

Com o objetivo de se entender a dinâmica de suplemento e transporte de sedimentos e metais pesados para a Enseada de Jurujuba, foram coletados sedimentos nas principais áreas-fonte (Figura 2), tais como solos das en-

costas, rios, esgotos, sedimentos de escoamento superficial urbano e nas áreas das marinas.

Figura 2 – Mapa de localização das áreas de amostragens.



- Amostra de sedimentos coletados na área da Marina
- ↘ Perfis de solo onde foram coletadas amostras
- Pontos de coleta de amostras de sedimentos fluviais
- Locais de amostragens de sedimentos de escoamentos superficial urbano

2.1- Análise de laboratório

2.1.1 - Granulometria

A granulometria fornece dados complementares para interpretação dos resultados da geoquímica e da mineralogia.

O peso inicial das amostras para análise granulométrica será de cerca de 20g. A eventual matéria orgânica existente nos sedimentos será eliminada com água oxigenada (30%). Após esta etapa, as amostras passarão por lavagens sucessivas para eliminação de eventuais sais solúveis.

A análise granulométrica propriamente dita envolve peneiramento por meio de vibrador mecânico, pesagem

em balança de precisão e, finalmente, cálculo estatístico dos dados analíticos.

2.1.2 - Geoquímica

A geoquímica tem por finalidade quantificar metais pesados eventualmente contidos nos sedimentos.

As frações usadas foram as inferiores a 0,062mm de diâmetro. Aproximadamente 0,1g de amostra foi colocado em bomba de teflon, adicionando-se 1cm³ de água-régia e 6cm³ de ácido fluorídrico. A bomba de teflon, depois de vedada, é aquecida durante 2 h a temperatura de 110 °C.

Após o aquecimento, foram adicionados 3ml de ácido bórico e 1 ml de ácido nítrico. A solução foi submetida a evaporação, e o resíduo foi lavado em um frasco graduado de polietileno de 50cm³, com água deionizada, sendo transferido para outro recipiente de polietileno, para análise de Pb, Zn, Ni, Cr, Cu, Fe e Mn pelo método de espectrofotometria de absorção e emissão atômica, em aparelho Perkin Elmer, modelo AAS 3100.

3. Resultados

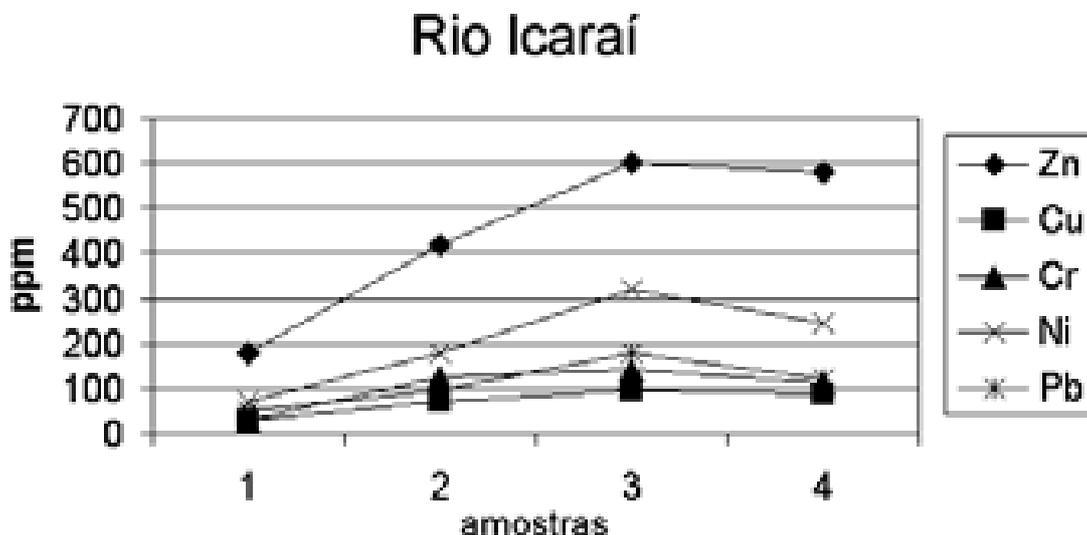
Os efluentes domésticos são conhecidos na literatura internacional como a forma mais degradante de poluição (Alloway & Ayres, 1993). Na área da Enseada de Jurujuba, somente parte dos efluentes domésticos sofre algum tipo de tratamento. Em Icaraí (Niterói, RJ), o esgoto recebe tratamento secundário, e, mais recentemente, está sendo despejado, através de um emissário submarino, no canal central da Baía de Guanabara, “fora” da Enseada de Jurujuba.

No entanto, nas outras áreas da Enseada, somente parte da população dispõe de sistema de esgoto. Com 32,3% da população municipal morando dentro das bacias de drenagem, estimou-se, no Diagnóstico Ambiental de Niterói (1992) que os habitantes desta área produzam cerca de 8,4 ton/dia de matéria orgânica – parte dela introduzida diretamente na Enseada.

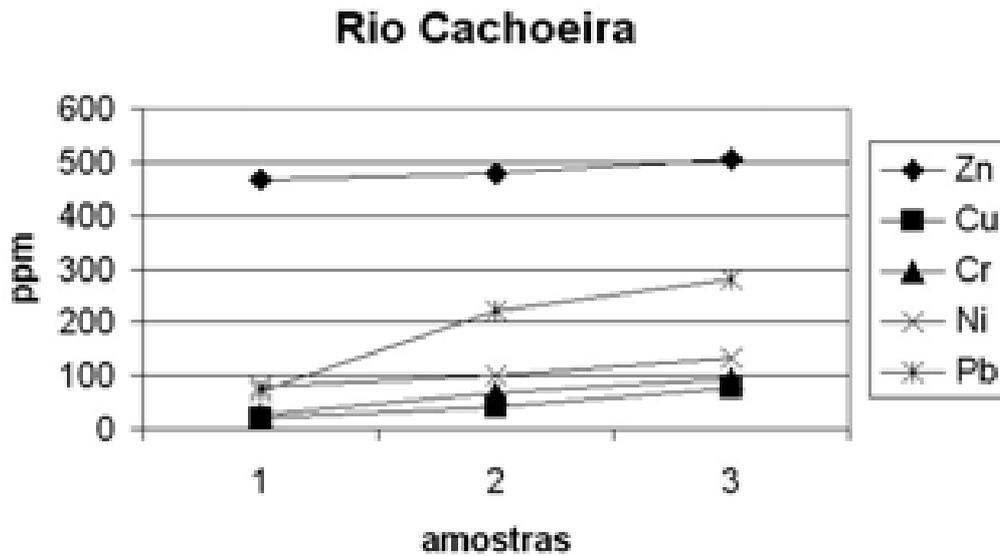
As principais fontes de esgoto para a Enseada de Jurujuba são os rios Cachoeira e Icaraí, bem como vários pequenos córregos ao longo do litoral da Enseada (ver Figura 2), ou diretamente através de uma favela localizada no litoral, que despeja todo o seu esgoto diretamente para a Enseada. Na realidade, de acordo com o Diagnóstico Ambiental de Niterói (1992), os rios e córregos que deságuam na Enseada de Jurujuba podem ser classificados como esgoto a céu aberto, pois a descarga líquida é mantida pelos efluentes domésticos e pela água da chuva. O fluxo natural dos rios é baixo, devido às condições ambientais de suas nascentes, e tanto o rio Icaraí quanto o Cachoeira são rios canalizados.

Os sedimentos dos rios foram analisados quanto à composição geoquímica, apresentando um padrão de poluição muito semelhante, mostrando um importante enriquecimento de Zn, Cu, Cr, Ni e Pb (figuras 3 e 4). É possível também observar um aumento significativo das concentrações da nascente até a foz (figuras 3 e 4). Os sedimentos também mostram um enriquecimento dos níveis de metais em relação aos solos das áreas próximas, assim como do gnaisse facoidal, que é a rocha predominante na área.

Figura — 3a.

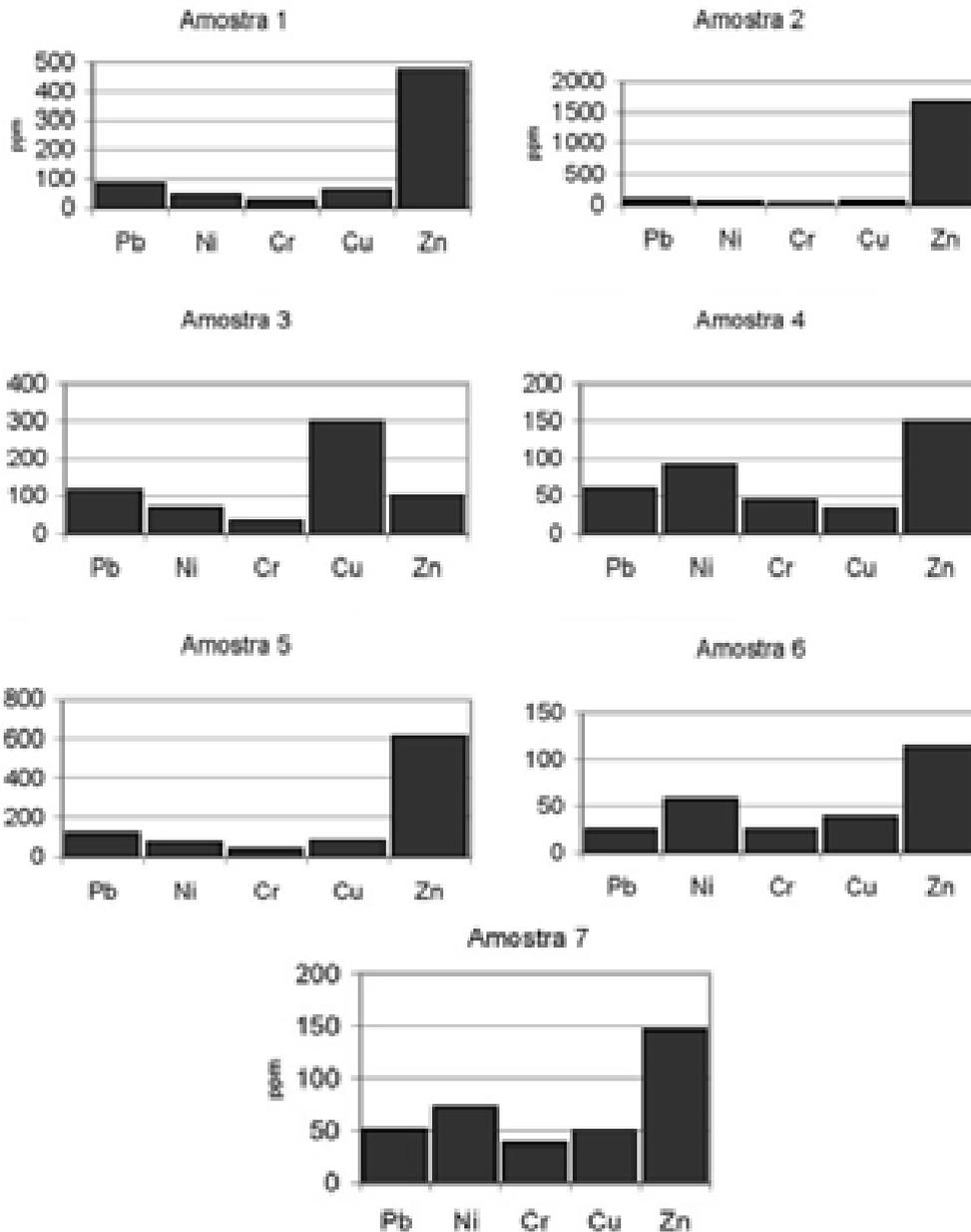


Figura— 3b.



Fonte: Trabalho de campo, 1999.

Figura 4—



De acordo com Smith & Orford (1989) altas concentrações de metais pesados, matéria orgânica e hidrocarbonetos tem sido reportada em sedimentos de escoamento superficial urbanos, de muitas cidades (ex. Ellis, 1979, 1986; Pope, 1980; Watt & Smith, 1994; Chon, Kim & Kim, 1995; Baptista Neto et al., 1999a; McAllister, Smith & Baptista Neto, 2000). Juntamente com o sistema de esgoto, o escoamento superficial de áreas urbanas tem sido apontado como uma das principais fontes de metais pesados para o sistema costeiro e estuarino (ex. Odun & Drifmeyer, 1978; Lacerda, Pfeiffer & Fiszman., 1982; Watt & Smith, 1994).

As avenidas e ruas de Niterói são repositórios de resíduos de automóveis – derrame de óleo, partículas de descarga dos motores, partículas de borracha dos pneus –, betume, resíduos minerais, poeiras, partículas derivadas do desgaste dos calçados, entre outros. Essas partículas associam-se com a matéria orgânica – como resíduos de alimentos, excremento de animais, folhas mortas, animais mortos, derrames de diversos tipos de substâncias. Com a água da chuva, esse material é transportado para os rios ou sistema de drenagem, comprometendo a qualidade da água do corpo receptor, em relação à Demanda Bioquímica de Oxigênio, Oxigênio dissolvido etc. (Baptista Neto, Smith & McAllister, 1999b). Como se pode observar na Figura 6 [falta menção à figura 5], os sedimentos de escoamento superficial urbano apresentam altas concentrações de metais pesados, principalmente nas áreas onde ocorrem transbordamento de esgoto e intenso tráfego.

Figura 5 – Concentrações de metais pesados (Pb, Zn, Cu, Ni e Cr) nas rochas, solo, sedimentos fluviais, sedimentos de escoamento superficial urbano, nos sedimentos de fundo da enseada de Jurujuba e nos níveis naturais de metais pesados encontrados em sedimentos lamosos de testemunhos da Enseada de Jurujuba.

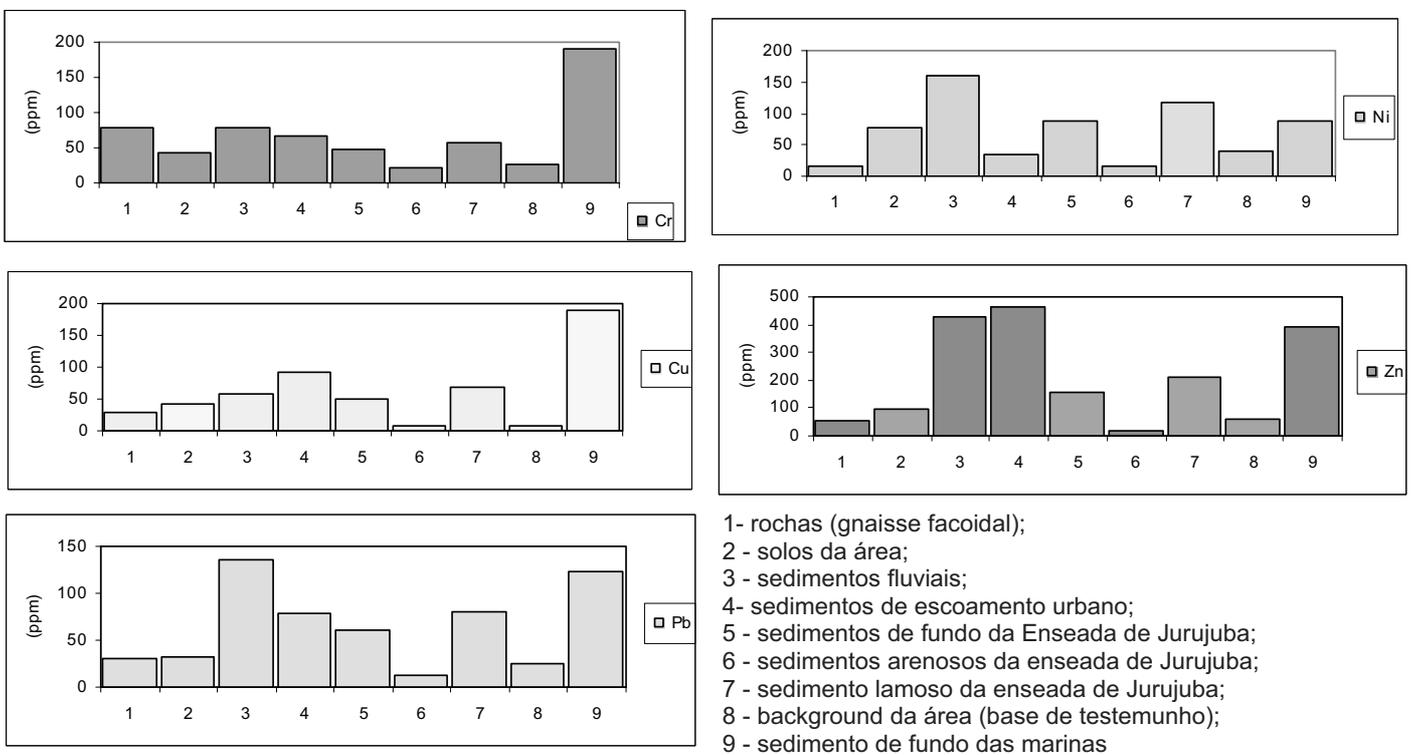


Figura 6a – Amostras pesquisadas nas avenidas e ruas de Niterói-RJ.

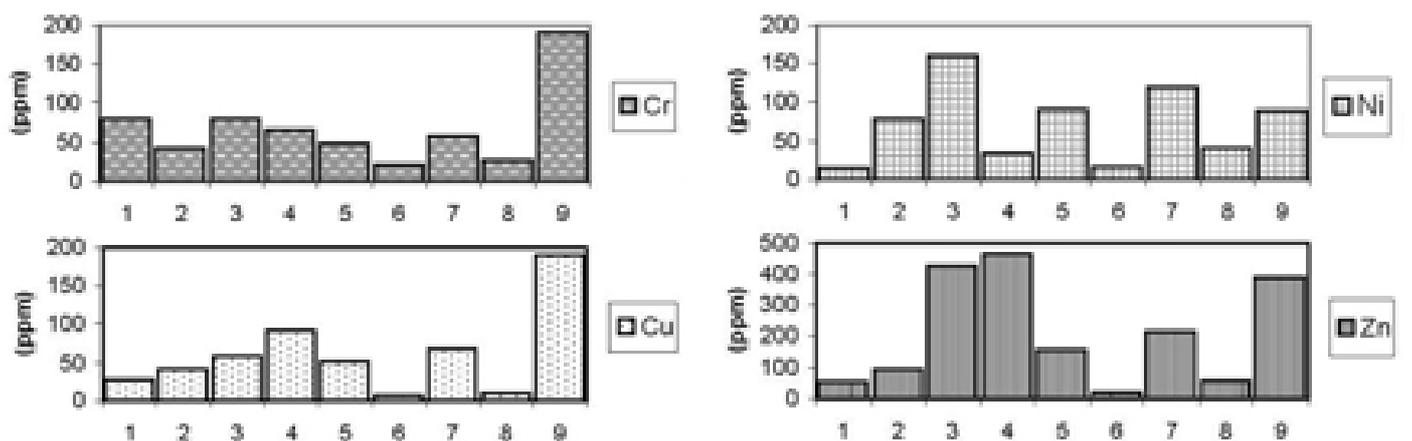
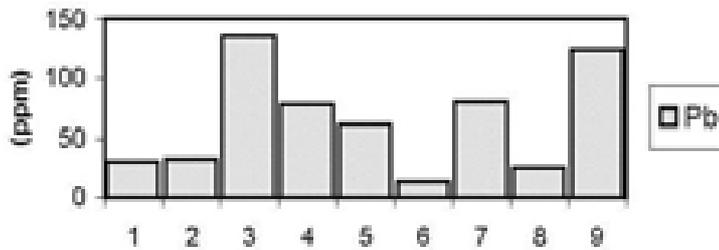


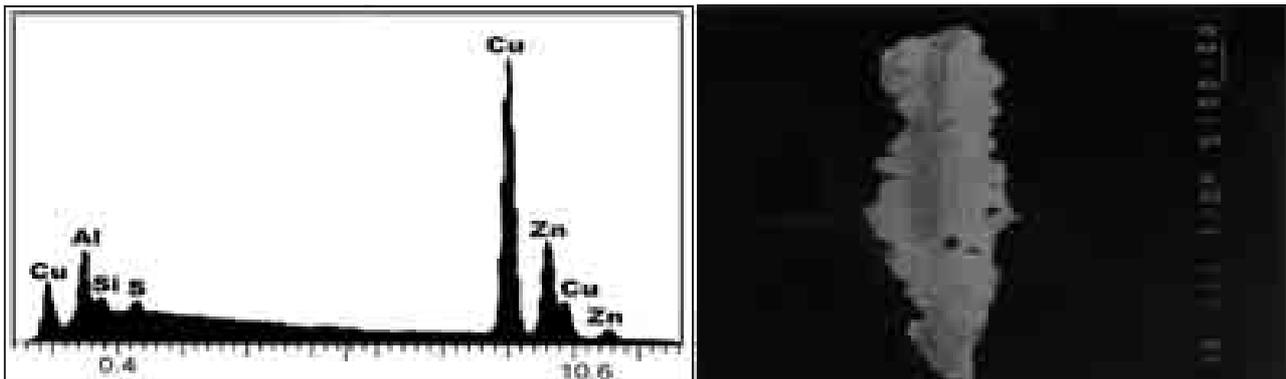
Figura 6b—Amostras pesquisadas nas avenidas e ruas de Niterói



Fonte: Trabalho de campo, 1999.

do M.E.V., que indicou que estes fragmentos são formados principalmente de Cu e Zn (Figura 7).

Figura 7 –



4. Discussão

Os metais pesados em ambiente estuarino são derivados de várias fontes, como emissões industriais e queima de combustíveis fósseis via deposição atmosférica, poluição de derrames, efluentes domésticos e industriais, aterros sanitários, através do sistema de escoamento superficial do continente, onde a acumulação ocorreu através da deposição atmosférica – e através de outras atividades antrópicas no continente (Förstner & Wittmann, 1981). Concentrações de Zn, Cu, Ni, Cr, e Pb nos sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba indicam que esses metais podem ser considerados em termos de três fontes gerais: pré-industrial, fontes naturais de intemperismo; contaminação difusa recente, ao longo do estuário – como deposição atmosférica e marinas; e os efluentes de esgoto e o escoamento superficial urbano, que atingem a enseada através de diferentes rotas.

Na Enseada de Jurujuba, as principais fontes antropogênicas de metais pesados, conforme pode ser observado na Figura 8, são associadas a sedimentos fluviais, sedimentos de escoamento superficial urbano, esgotos, deposição atmosférica e marinas.

O principal caminho pelo qual os metais pesados entram na Enseada de Jurujuba são canais fluviais, que também parecem ser os mais eficientes meio de transporte de poluição para a Enseada. Ambos os canais, Icaraí e Cachoeira, recebem descarga de efluentes domésticos, industriais (principalmente padarias), bem como escoamento superficial urbano.

Os efluentes domésticos provavelmente constituem a maior fonte pontual de elevadas concentrações de metais pesados para rios e estuários. Na cidade de Nova York, por exemplo, Klein et al. (1974) demonstraram que os efluentes domésticos são as principais fontes de Cu, Zn e Cd. A presença de detergente nos efluentes domésticos é também uma importante fonte de metais pesados. Angino et al. (1970) encontraram traços de alguns elementos, Fe, Mn, Cr, Cd, Zn, Sr e B, nas enzimas dos detergentes. Förstner & Wittmann (1983) chamam atenção para os excrementos humanos e dos animais – que, segundo estes autores, contêm metais pesados. Na bacia de drenagem da Enseada de Jurujuba, os efluentes domésticos são descarregado diretamente no rio ou mesmo na Enseada. Todos os metais pesados analisados mostraram um enriquecimento significativo nos sedimentos dos rios Icaraí e Cachoeira, os principais caminhos pelos quais os efluentes domésticos entram na enseada, e também metais, particularmente Pb, Cu e Zn.

Nos sedimentos dos rios Icaraí e Cachoeira, os metais pesados apresentam um grande enriquecimento nos seguintes elementos Pb, Ni, Cr, Cu e Zn da nascente para a foz dos rios. Este enriquecimento é associado com um

aumento na concentração de matéria orgânica e na percentagem de sedimentos finos (argila + silte).

O escoamento superficial urbano tem sido reconhecido há bastante tempo como uma das principais fontes de poluentes para os rios e estuários urbanos (Bradford, 1977; Ellis, 1979; Ellis & Revitt, 1982; Ellis, Harrop & Revitt, 1986). Ellis (1986) sugere que a quantidade e os tipos de poluentes encontrados nos sedimentos de escoamento superficial urbano são função de uma complexa combinação de uma série de fatores, tais como: qualidade atmosférica, intensidade e atividades do uso da terra urbana, da composição e condição do pavimento, densidade e tipo de tráfego, práticas de limpeza urbana e controle da água da chuva, assim como das características específicas de cada evento de chuva.

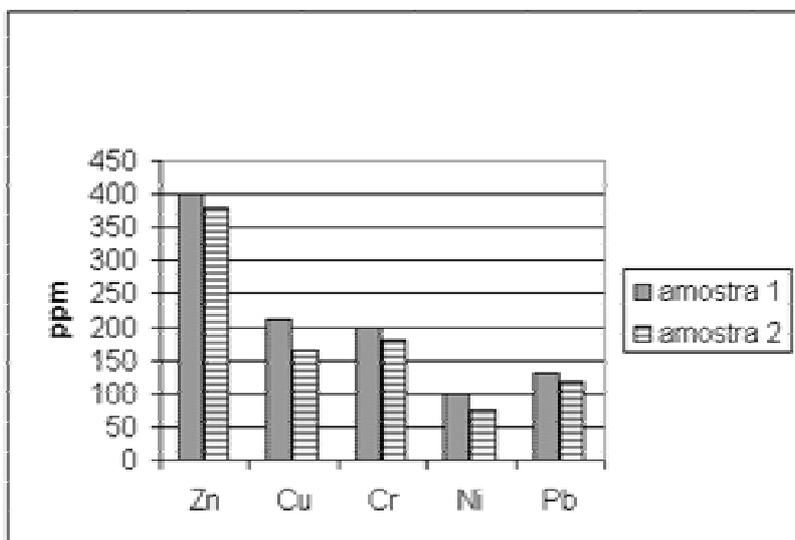
De acordo com Smith & Orford (1989), o problema relacionado à contribuição do escoamento superficial urbano que entra no estuário é que são fontes numerosas e dispersas, o que as torna virtualmente impossíveis de serem monitoradas. A água da chuva do escoamento superficial das ruas transporta uma grande quantidade de sólidos e metais pesados por toda a bacia de drenagem urbana para os ambientes receptores, rios e estuários.

A maioria dos sólidos em suspensão do escoamento superficial apresenta granulometria em torno de 3000µm (Foster & Charlesworth, 1996). A maior concentração de metais pesados são associados à granulometria em torno de 300 µm (Ellis & Revitt, 1982; Harrop, 1983; Ellis & Harrop, 1984; Beckwith et al., 1986 e Baptista Neto, Smith & Mcalister, 1999).

Contudo, na área da bacia de drenagem da Enseada de Jurujuba, onde os sedimentos de escoamento superficial são ricos em partículas derivadas da erosão de solo, as maiores concentrações de metais pesados são associadas a áreas onde o tráfego é mais intenso, e também em áreas onde ocorrem transbordamento de esgoto. As médias das concentrações de Pb, Ni e Cr nos sedimentos de escoamento são similares ou menores do que os valores encontrados nos sedimentos dos rios ou dos sedimentos lamosos da Enseada (Figura 8). Contudo, a concentração média dos elementos Zn e Cu são maiores do que as encontradas em outros ambientes, como rios, solos e sedimentos marinhos. O enriquecimento dos níveis de Zn e Cu nos sedimentos de escoamento pode ser explicado pela afinidade destes metais com a matéria orgânica (Calvert et al., 1985). Os sedimentos de escoamento urbanos da bacia de drenagem da Enseada de Jurujuba são normalmente associados com transbordamento de esgoto, tornando-os ricos em matéria orgânica.

Marinas:	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb
1	400	213	200	100	130
2	380	166	180	75	118

Figura 8 – Amostras da na área da bacia de drenagem da Enseada de Jurujuba.



- 1 – rochas (gnaisse facoidal);
- 2 – solos da área;
- 3 – sedimentos fluviais;
- 4 – sedimentos de escoamento urbano;
- 5 – sedimentos de fundo da Enseada de Jurujuba;
- 6 – sedimentos arenosos da Enseada de Jurujuba;
- 7 – sedimento lamoso da Enseada de Jurujuba;
- 8 – *background* da área (base de testemunho);
- 9 – sedimento de fundo das marinas.

Fonte: Trabalho de Campo, 1999.

Partículas ricas em metais decorrentes da deposição atmosférica são formadas por processos naturais e antropogênicos. As fontes de deposição atmosférica incluem emissões industriais e de veículos como poeiras (partículas finas) transportadas pelo vento e fragmentos de vegetais. Ellis (1986) chama a atenção que quantidades significativas de enxofre, amônia, metais pesados assim como pesticida são derivados de deposição atmosférica.

A precipitação atmosférica tem sido apontada como o principal caminho, pelo qual o Pb entra no ambiente marinho, sendo a exaustão dos automóveis a principal fonte de Pb. Até mesmo os sedimentos superficiais do mar profundo podem apresentar altos valores de enriquecimento de Pb (Fowler, 1990). Em um estudo sobre metais pesados na Enseada de Nova York, Duce, Hoffmann & Zoller (1975) estimaram que aproximadamente 13% do *input* de Pb em uma área de 10.000 km² foram decorrentes da deposição atmosférica – o restante foi originado do escoamento

mento superficial, do *input* de esgoto e rios e de outras atividades antrópicas (Winchester & Duce, 1977). A deposição atmosférica aparentemente é uma importante fonte de poluição da área de estudo, localizada “dentro” da metrópole do Rio de Janeiro, e é comum ser encontrado partículas de cinzas decorrentes da combustão de combustíveis fósseis nos sedimentos de escoamento superficial urbanos.

Como descrito previamente, existem quatro marinas dentro da Enseada de Jurujuba. Estas áreas foram descritas por Shea (1988) e Förstner (1989) como regiões típicas onde os sedimentos associados com poluentes podem se acumular. Em um estudo realizado por Bellinger & Benham (1978) sobre os níveis de metais pesados em sedimentos e água da área de docas, particularmente próximas à áreas de pintura de navios, altas concentrações de Cu e Zn foram encontradas, provavelmente provenientes de tintas antiincrustantes. O Pb também pode ser introduzido nas áreas portuárias e de docas através de tintas anticorrosivas. Na Enseada de Jurujuba, há uma grande atividade náutica, associada a marinas, bem como uma atividade pesqueira, o que pode causar o acúmulo de Pb e outros metais na área, através de derrames de óleo, o esgoto das embarcações, graxa e betume. Infelizmente, somente duas amostras foram coletadas nos sedimentos de fundo da área de uma das marinas, na área de doca, e não existem dados sobre as concentrações de metais pesados nas tintas usadas nas embarcações ou de outras prováveis substâncias das marinas, potenciais fontes de poluição. Porém, nas duas amostras coletadas nas marinas, os níveis de metais pesados são bastante altos (Figura 8), indicando que as atividades náuticas são importantes fontes de poluição para este ambiente costeiro.

5. Conclusões

As fontes de poluição para um ambiente estuarino “urbanizado” podem ser bastante complexas, incluindo fontes tanto pontuais como difusas, o que as torna extremamente difíceis de serem monitoradas.

Pelo que se pode ser observar com os dados obtidos neste trabalho, o esgoto e o escoamento superficial urbano são as principais fontes de poluição para a enseada de Jurujuba. Estas fontes são o principal caminho pelo qual os metais pesados entram na enseada. No entanto, a deposição atmosférica e as atividades náuticas podem também ser consideradas importantes fontes de poluição.

As análises de sedimentos coletadas em diferentes áreas fontes e redes de transporte, associadas a resultados de outros estudos, possibilitaram a identificação das principais fontes de metais pesados. Em particular, demonstrou-se a introdução de certos tipos de metais pesados ou de um grupo de metais, durante certas atividades antrópicas. Notavelmente ocorrem os maiores níveis de Pb associados com a exaustão de veículos e um incremento nos níveis de Cu e Zn, como resultado dos elevados índices de matéria orgânica nos esgotos domésticos. A presença destes e de outros elementos prova a forte influência antrópica no transporte de metais pesados para um ambiente estuarino.

Dentro de um projeto de despoluição da Baía de Guanabara, ou de qualquer outro ambiente costeiro, próximo a centros urbanos, é preciso entender todas as principais fontes de sedimentos e poluentes, para que o projeto seja eficiente.

Agradecimentos

Esse trabalho contou com o apóio financeiro do CNPq, FAPERJ e Queen’s University of Belfast. Gostaríamos de agradecer ainda a leitura crítica dos professores Cleverson G. Silva e Vera R. A. Ponzi, bem como o apoio do Departamento de Geologia da Universidade Federal Fluminense.

Notas

*Departamento de Geografia/FFP – Universidade do Estado do Rio de Janeiro

**School of Geography - The Queen’s University of Belfast, Belfast BT7 1NN, United Kingdom.

*** Departamento de Geologia/Lagemar - Universidade Federal Fluminense

Referências Bibliográficas:

- ALLOWAY, B. J. & AYRES, D. C. Chemical principals of environmental pollution. Blackie Academic & Professional. 1993, 291pp.
- ANGINO, E. E.; MAGNUSON, L. M.; WAUGH, T. C.; GALLE, O. K. & BREDFELDT, J., Arsenic in detergents - possible danger and pollution hazard. *Science*, nº 168, p. 389-390, 1970.
- BAPTISTA NETO, J. A.; SMITH, B. J. & MCALLISTER, J. J. Sedimentological evidence of human impact on a near-shore environment: Jurujuba Sound, Rio de Janeiro State, Brazil. *Applied Geography*, Elsevier, nº 19(2), 153-177, 1999a.
- BAPTISTA NETO, J. A.; SMITH, B. J. & MCALISTER, J. J. Heavy metal concentrations in surface sediments in a nearshore environment, Jurujuba Sound, SE Brazil. *Environmental Pollution*. Elsevier, nº 109(1), p.1-9, 2000.
- BAPTISTA NETO, J. A.; SMITH, B. J. & MCALISTER, J. J. Concentrações de metais pesados em sedimentos de escoamento superficial urbano: implicações quanto à qualidade ambiental em Niterói/RJ - Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*. 71(4-II), 1999b, p. 981-995.
- BELLINGER, E. G. & BENHAM, B. R. The levels of metals in dockyard sediments with particular reference to the contributions from ship-bottom paints. *Environmental Pollution*, nº 15, p. 71-81, 1978.
- BRICKER, S. B. The history of Cu, Pb and Zn inputs of Narragansett Bay, Rhode Island as recorded by salt-marsh sediments. *Estuaries*, n. 16, p. 589-606, 1993.
- BECKWITH, P. R.; ELLIS, J. B.; REVITT, D. M. & OLDFIELD, F. Heavy metal and magnetic relationships for urban source sediments. *Phys. Earth Planet. Inter.*, nº 42, p. 67-75, 1986.
- BRADFORD, W. L. Urban stormwater pollutant loading: a statistical summary through *J.W.P.C.F.* nº 49, p. 613-622, 1972.
- CALVERT, S. E., MUKHERJEE, S. & MORRIS, R. J. Trace metals in fulvic and humic acids from modern organic-rich sediments. *Oceanol. Acta*, n. 8, 1985, p. 167-173.
- CHON, H.; KIM, K. & KIM, J. Metal contamination of soils and dusts in Seoul metropolitan city, Korea. *Environmental Geochemistry and Health*, n. 17, p. 139-146, 1995.
- DAVIES, B. E. Trace elements pollution. In Davies, B. (ed.), *Applied Soil trace elements*. Wiley, Chichester, 1980, p. 287-351.
- DUCE, R. A.; HOFFMANN, G. L. & ZOLLER, W. H. Atmospheric trace metals at remote northern and southern hemisphere sites – pollution or natural? *Science*, n. 187, p. 59-61, 1975.
- ELLIS, J. B. The nature and sources of urban sediments and their relations to water quality: a case study from north-west London. In: HOLLIS, G. E. (Ed.) *Man's impact on the hydrological cycle in the U.K.*, Norwich Geoabstracts, 1979, p.199-216.
- ELLIS, J.B. The management and control of urban runoff quality. *Journal of the Institute of Water and Environment Management*, n. 32(2, p.116-124), 1986.
- ELLIS, J.B.; HARROP, D. O. & REVITT, D. M. Hydrological control of pollutant removal from highway surfaces. *Water Research*, n. 20, 589-595, 1986.
- ELLIS, J.B. Sediment and water quality of urban storm water. *Water Services*, 1976, 730-734.
- ELLIS, J.B. & HARROP, D. O. Variations in solids loadings to roadside gullypots. *The Science of the Total Environment*, n. 33, p.203-211, 1984.
- ELLIS, J.B. & REVITT, D. M., Incidence of heavy metals in street surface sediments: solubility and grain size studies. *Water, Air and Soil Pollution*, nº 17, p. 87-100, 1982.
- FERGUSON, J. E. *The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects*. Pergamon Press, London: Oxford, 1990.

- FÖRSTNER, U., & WITTMANN, G.T.W. Metal pollution in *the aquatic Environment*. Springer, Heidelberg, 1983, 486 p.
- FÖRSTNER, U. Lecture notes in *Earth Sciences: contaminated sediments*. Springer - Verlag. 1989, 138 p.
- FOSTER, I. D. L. & CHARLESWORTH, S.M. Heavy metals in the hydrological cycle: trends and explanation. *Hydrological Processes*, nº 10, 1996, p. 227-261.
- Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Pollution (GESAMP). *Reports and studies*. The state of the marine environment. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1989, 132 p.
- HARROP, O. *Urban stormwater pollution research*. Report 6: stormwater pollution from highway surfaces: a review. Middlesex Polytechnic Research and Consultancy. 1983, 109p.
- JARVIS, P.J., Metal pollution – an annotated Bibliography 1976-80. GeoBook, Norwich, 120p., 1983.
- LACERDA, L. D.; PFEIFFER, W. C. & FISZMAN, M. Níveis de metais pesados em sedimentos marinhos da Baía da Ribeira, Angra dos Reis. *Ciência e Cultura*, nº 34 (7), 921-924, 1982.
- MCALISTER, J. J.; SMITH, B. J. & BAPTISTA NETO, J. A. The presence of calcium oxalate dihydrate (weddellite) in street dusts from Niterói, Brazil and its health implications. *Environmental Geochemistry and Health*. nº 23(99), 1-16, 2000.
- ODUN, W. E. & DRIFMEYER, J. E., Sorption of pollutants by plants detritus: a review. *Environmental Health Perspectives*, nº 27, p.133-137, 1978.
- POPE, W. Impact of man in catchments. In: GOWER, A.M. (Ed.). *Water quality in Catchment Ecosystems*. New York: Wiley, p. 73-112, 1980.
- SHEA, D. Developing national sediment quality criteria. *Environmental Science Technology*, n. 22, p.1256-1260, 1988.
- SMITH, B. J. & ORFORD, J. D., 1989. Scales of pollution in estuarine sediment around the North Irish Sea. In: ORFORD, J. D. *The Irish Sea, a resource at risk*. Ed. J.C. Sweeney. p. 107-116. *Geographical Society of Ireland Special Publications*, n. 3, 1989.
- WATT, S. & SMITH, B. J., 1994. The contribution of highway run-off to river sediments and implications for the impounding of urban estuaries: a case study of Belfast. *The Science of the Total Environment*, n. 146/147, p.507-514, 1994.
- WINCHESTER, J. W. & DUCE, R. A., 1977. The air-water interface. In: *Fater of pollutants in the air and water environments*. Part I. Suffet, I.H. (ed.). New York, London, Sydney, Toronto: Wiley. p. 22-47, 1977.