

---

## CARACTERIZAÇÃO DO MATERIAL PARTICULADO EM SUSPENSÃO NA BAÍA DA RIBEIRA, EM ANGRA DOS REIS

Samuel do Carmo Lima

Professor do Departamento de Geografia da UFU  
Mestre em Geoquímica pela UFF

### RESUMO

*Este trabalho tem como objetivo o entendimento da dispersão dos materiais sedimentares e seus metais associados na Baía da Ribeira. O material em suspensão, o carbono orgânico particulado e os argilominerais foram quantificados. Levamos em consideração na coleta de amostras os principais processos hidrodinâmicos responsáveis pela movimentação das massas de água na região e as situações meteorológicas que podem aumentar a velocidade das correntes marinhas.*

---

### INTRODUÇÃO

A exploração da energia nuclear no Brasil está longe de suprir deficiências energéticas, visto que nosso potencial hidrelétrico é imensurável. A capacidade hidrelétrica da Usina de Itaipu, depois de totalmente instalada será de 12.600 mw. Será a maior usina hidrelétrica do mundo. A Usina de Tucuruí terá uma capacidade instalada de 3.600 mw, também uma das maiores do mundo. Paulo Afonso, Ilha Solteira, Jupia, . . ., sem contar com as pequenas quedas d'água que não aproveitamos e que na Europa seriam dádivas do céu, constituem-se um potencial hidrelétrico invejável. É certo que há necessidade de se afirmar o Brasil como potência no cenário mundial, para acompanhar o desenvolvimento tecnológico da energia nuclear das grandes potências, mesmo que à distância.

O acordo nuclear Brasil-Alemanha, em 1975, foi fruto da idéia desenvolvimentista que proclamava que, acelerando o crescimento do Produto Nacional Bruto (PNB) do país, o Brasil aproximar-se-ia em grau de industrialização aos países desenvolvidos. Dentro dessa concepção de desenvolvimento, o índice capaz de inferir o crescimento é o consumo de energia. No início da década de 70, em pleno milagre brasileiro, se se mantivesse o ritmo de crescimento industrial, previa-se uma crise energética para o início da década de 80. A crise não se concretizou. Também, todo o crescimento industrial não tirou o país da condição de sub-desenvolvimento. É preciso rever este conceito de desenvolvimento.

A utilização da energia nuclear, inevitavelmente, implica em alguma forma de contaminação do meio ambiente, e a dispersão dos radionuclídeos as-

sume um papel de máxima importância no que se refere aos efluentes de instalações de dispositivos nucleares.

Tendo em vista que as centrais nucleares que contêm reatores do tipo PVR e BVR são constituídas com um sistema de refrigeração à água, elas são construídas próximo a cursos d'água, rio ou mar, sendo que esses ambientes aquáticos correm sérios riscos de contaminação, com prejuízos lastimáveis. A Central Nuclear Almirante Álvaro Alberto (CNAEA), unidade I, contém um reator do tipo PVR, com uma potência elétrica total de 683 mw. A água de refrigeração é mantida sobre pressão, chegando a atingir 308°C sem entrar em ebulição. O reator é de procedência norte-americana (Westinghouse) e opera com combustível de urânio enriquecido.

Por isso, uma atenção acurada merecem os processos envolvendo as reações entre as fases sólidas e dissolvida no ambiente aquoso. Essas reações são dependentes das propriedades físico-químicas dos radionuclídeos e da composição química das partículas, envolvendo fenômenos gerais de sorção e dessorção, coagulação e precipitação, e dissolução que podem modificar o padrão de dispersão dos radionuclídeos, no tempo e no espaço.

Não existe um modelo único e definitivo para o comportamento da dispersão dos poluentes nos ambientes naturais (EDGINTON, 1980). Os ambientes naturais são sistemas dinâmicos, nos quais ocorrem processos geológicos, químicos, físicos, hidrodinâmicos, climáticos, etc., que precisam ser descritos e compreendidos, segundo as interações e influências que eles podem submeter às dispersões dos poluentes, para que em cada caso se possa estabelecer um programa de controle racional para as emissões des-

ses poluentes no meio ambiente. Portanto, o comportamento dos radionuclídeos e dos metais estáveis só pode ser apreendido se inserido na compreensão da dinâmica ambiental, para o que a abordagem geológica, no caso geoquímica, mineralógica e sedimentológica é fundamental. A Geoquímica, parte da ciência que nos propõe como objeto de estudo a dispersão dos elementos químicos nos ambientes naturais, pode contribuir muito para o avanço do conhecimento desses ambientes, a fim de preservar a natureza.

Em um reator nuclear usado para produzir energia, o urânio-235 é o combustível usual. Nesse processo, um átomo de urânio é fissionado produzindo em média três neutrons, átomos produtos de fissão com massa próxima à metade do átomo original, e muita energia.



Em adição aos produtos de fissão, podem ser incluídos na lista de novos elementos produzidos em um reator nuclear para produção de energia os produtos de neutroativação, elementos originários da corrosão das tubulações do reator, que capturaram neutrons. Tanto os produtos de fissão, quanto os produtos de neutroativação, são elementos instáveis nuclearmente e emitem partículas e radioatividade. O comportamento dos radionuclídeos é igual ao comportamento do seu semelhante estável, por isso, o estudo das dispersões dos metais estáveis pode constituir-se num indicador para a dispersão dos radionuclídeos e da radioatividade liberada por um dispositivo nuclear, num acidente ocasional, em grandes quantidades, ou em pequenas concentrações ao longo do tempo.

O comportamento físico-químico dos metais no meio ambiente está intimamente ligado à dinâmica do meio natural em que eles se inserem. Portanto, os objetivos que motivaram esse trabalho de pesquisa foram:

- definir a caracterização ambiental dos níveis de base na Baía da Ribeira, tomando-se como parâmetros a composição textural e mineralógica dos materiais sedimentares;
- verificar possíveis transferências de materiais sedimentares entre os compartimentos do litoral nessa região, através da utilização dos parâmetros texturais sedimentológicos e mineralógicos.

Para atingir os objetivos gerais se estabeleceu um programa-piloto de observações e amostragens na região com o intuito de, num primeiro momento, responder algumas questões ligadas à dispersão dos materiais sedimentares e metais associados à luz dos principais processos hidrodinâmicos responsáveis pela circulação das massas de água na região. Desenvolveu-se, então, o seguinte critério na amostragem:

- 1) Uma amostragem espacial, em função das diferentes zonas do litoral na Baía da Ribeira, do movimento das correntes e do efeito de maré;
- 2) Uma amostragem temporal, em função das variações no regime hidrodinâmico, com as mudanças das condições meteorológicas.

Levando-se em consideração as passagens de frentes-frias sobre a região, fizemos uma coleta de amostras no regime hidrodinâmico em situação meteorológica de tempo bom e uma coleta de amostras no regime hidrodinâmico em situação meteorológica de pós-frontal, já que a velocidade das correntes marinhas aumenta nesta situação e, conseqüentemente, há uma maior possibilidade de remobilização do sedimento de fundo, com ressuspensões.

Algumas questões são fundamentais:

- a – Em quanto aumenta a velocidade das correntes em situação meteorológica de pós-frontal?
- b – Em quanto aumenta o material em suspensão em situação meteorológica de pós-frontal, em relação à situação meteorológica de tempo bom?
- c – Qual é o papel desempenhado pelas correntes de maré e pelas correntes de vento no transporte de materiais sedimentares? Quais as épocas e movimentos mais propícios?
- d – Qual é a relação entre a quantidade de material em suspensão, a competência das correntes e a distância de transporte?
- e – Qual é a relação entre a composição mineralógica do material em suspensão e a composição mineralógica dos aportes continentais e dos sedimentos de fundo superficiais?

## LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICA DA ÁREA

A área de estudo dessa pesquisa está localizada na Baía da Ribeira, que é limitada pelas seguintes coordenadas: 22° 55' 15" e 23° 02' 25" de latitude sul

Há uma população flutuante na região, principalmente nos finais de semana do verão. A magnitude da variação de população nessas épocas não pode ser avaliada por falta de dados.

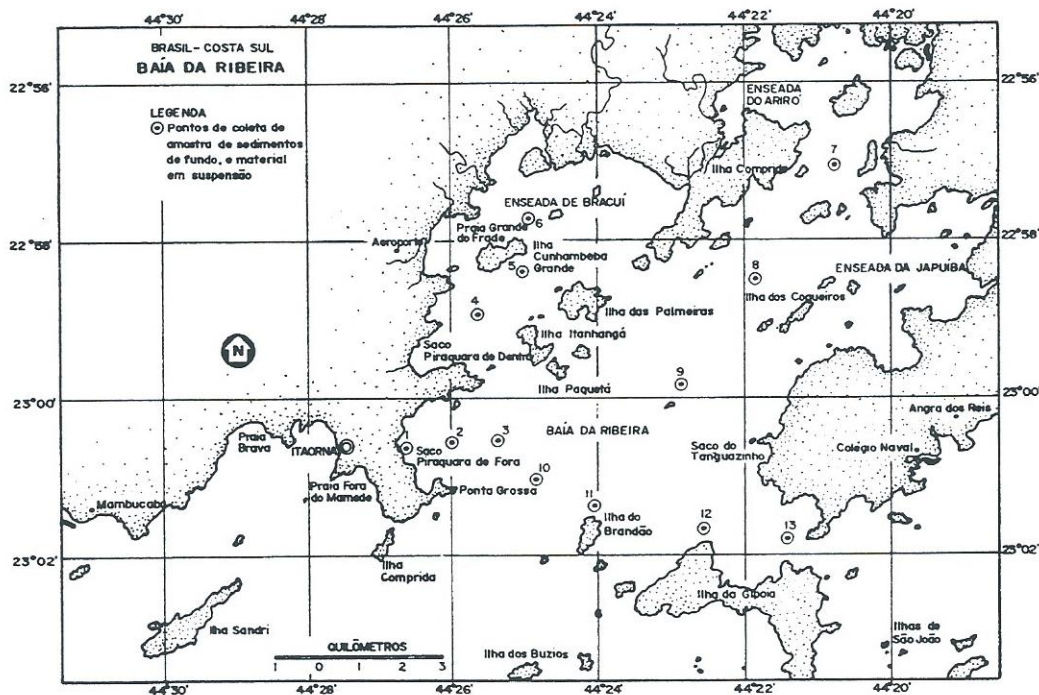


Figura 01 – Mapa de localização dos pontos de coleta de amostras.

e 44° 18' e 44° 31' de longitude oeste de Greenwich. Cobrindo uma área de aproximadamente 172 km<sup>2</sup>, a Baía da Ribeira possui profundidade de 21 m na entrada da baía, sendo a média em torno de 7 m, reduzindo em direção ao fundo da baía (LACOMBE, 1977). (Figura 01)

O município de Angra dos Reis, onde está instalada a central nuclear, possui uma área de 819 km<sup>2</sup>, com uma densidade demográfica de 70,40 hab./km<sup>2</sup>. A sede do município é a cidade mais próxima da central nuclear, distando cerca de 15 km, e conta com uma população de 24.894 habitantes, 43,18% da população total do município, que é de 57.658 habitantes (IBGE, 1980).

Dentro da área circunscrita por um raio de 16 km do reator, segundo o censo desenvolvido por Furnas Centrais Elétricas, em 1976, viviam cerca de 31.030 pessoas (Furnas Centrais Elétricas, 1980). Dentro de uma área circunscrita por um raio de 3,5 km do reator, havia instituições como: hospitais, escolas, hotéis e um pequeno aeroporto privativo de propriedade de Furnas Centrais Elétricas S.A.

## METODOLOGIA

Coletamos amostras de sedimentos superficiais e de M.E.S., a duas alturas (0,5m e 10,0m), em 13 pontos de coletas, segundo uma amostragem que pudesse ser representativa dos vários subambientes na Baía da Ribeira, a partir dos critérios: a circulação das águas, áreas de aportes continentais e proximidade da Central Nuclear. Porque a circulação das águas da Baía da Ribeira é extremamente dependente das condições atmosféricas, fizemos uma coleta de amostras em condições atmosféricas de tempo bom e uma coleta em situação atmosférica de pós-frontal.

As amostras de água, com o M.E.S., foram acondicionados em frascos de polietileno, com capacidade de 10ℓ, previamente lavados em solução ácida durante 3 dias e relavados em água destilada e após, foram transportadas para o laboratório.

As amostras de M.E.S. foram filtradas em membranas de filtro millipore, com abertura de malha

0,45  $\mu\text{m}$ , com auxílio de bomba de sucção à vácuo. Procedeu-se, então, análise da composição em argilo-minerais por Difractometria de Raio-X, e carbono orgânico particulado por oxidação com mistura sulfocrônica e titulação com sulfato ferroso amoniacal.

## APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O aporte continental de material particulado, de maneira geral, é tanto maior quanto maior for a descarga dos rios; e também, quanto maior for a bacia de drenagem, maior será o processo erosivo dos rios e o escoamento superficial de "run off" terrígeno para estes e destes para o mar. A produção primária de algas bentônicas e de plânctons também contribui, em parte, para o material particulado em suspensão. Há remobilizações do sedimento de fundo nos estuários e nas enseadas, com ressuspensões, por causa da pouca profundidade dessas áreas litorâneas. A influência das correntes induzidas de vento nas remobilizações do sedimento de fundo é sentida. Quanto menor profundidade tiver essas zonas costeiras, maior será a remobilização. Periodicamente, a velocidade dos ventos pode aumentar e induzir correntes de velocidades maiores. Nestas ocasiões, a concentração do material particu-

se esperar um aumento proporcional da quantidade de material particulado em suspensão, devido às remobilizações.

### 1. Quantificação do Material em Suspensão

Para comparar as concentrações do material em suspensão na Baía da Ribeira levamos em consideração a profundidade do local no ponto em que a amostra foi coletada, a profundidade da amostra na coluna d'água, a natureza textural do sedimento de fundo no local do ponto de coleta da amostra e, também, a situação meteorológica do dia em que foi feita a coleta. Esses fatores são importantes porque, variando um deles, a quantidade de material em suspensão na coluna d'água pode aumentar ou diminuir (Tabela 01). Portanto, os agrupamentos das amostras utilizados a seguir são caracterizados por representarem amostras em que estes três fatores são semelhantes, para permitir as comparações.

#### a) O papel da profundidade da amostra na coluna d'água

- 1 – Em todos os pontos de coleta, as amostras de fundo apresentaram valores de concentração de material em suspensão superiores às amostras

Amostra nº	Superfície 0,50m mg/l	Fundo 10m mg/l	Profundidade Total (m)	Características Texturais S.F.	Situação meteorológica
01	0,16	—	03	Argila Siltica	Tempo Bom
02	0,19	—	10	Silte Arenoso	Pós-frontal
02	0,31	5,76	10	Silte Arenoso	Pós-frontal*
03	0,21	0,27	14	Silte Arenoso	Pós-frontal
04	0,31	0,64**	08	Argila Siltica	Pós-frontal
05	0,40	0,56**	06	Argila Siltica	Pós-frontal
06	0,86	—	05	Argila Siltica	Pós-frontal
07	0,62	—	09	Argila Siltica	Tempo Bom
08	0,52	—	10	Argila Siltica	Tempo Bom
09	0,43	—	13	Silte Argiloso	Pós-frontal
10	0,18	—	16	Silte Argiloso	Pós-frontal
11	0,27	0,53	15	Argila Siltica	Pós-frontal
12	0,26	0,48	13	Argila Siltica	Pós-frontal
13	0,23	0,59	15	Argila Siltica	Pós-frontal

Tabela 01 – Distribuição Total do M.E.S.

\* Amostras coletadas à 6m de profundidade

\*\* Amostra coletada no primeiro dia da instabilidade frontal à 5m de profundidade

lado em suspensão poderá ser acrescida várias vezes dependendo da profundidade da área, da textura do sedimento de fundo e da velocidade das correntes.

No caso da Baía da Ribeira, como a velocidade das correntes induzidas de vento aumenta até mais de cinco vezes, com a passagem de frentes-frias, é de

de superfície, o que equivale dizer que há uma gradação do material em suspensão na coluna d'água com valores crescentes em direção ao fundo. As amostras 04 e 05, para as quais a profundidade do local de coleta é menor que 10m, foram agrupadas para comparar as concentrações

do material em suspensão da superfície com as concentrações do material em suspensão do fundo. As amostras apresentaram maiores concentrações no fundo que na superfície, com uma diferença de 52% para a amostra 04 e de 40% para a amostra 05.

Agrupamos, também, as amostras 12 e 13, cujos locais de coleta possuem profundidades maiores que 10m. A diferença entre o fundo e a superfície para a amostra 12 foi de 46% e a diferença para a amostra 13 foi de 61%.

- 2 – Um fato importante que ressalta desses valores é que, quanto mais profundo é o local, maior é a diferença entre a concentração do material em suspensão do fundo e da superfície (cf. Tab. 01), o que equivale dizer que realmente há uma graduação do material em suspensão na coluna d'água, com valores crescentes em direção ao fundo. Porém, esta graduação é mais acentuada nos locais de maior profundidade, isto é, nos locais mais afastados da costa. A distribuição vertical do material em suspensão nos locais de menor profundidade é mais homogênea. Isso evidencia o papel da circulação vertical nas ressuspensões que, na coluna d'água dos lugares de menor profundidade envolve, praticamente, a coluna toda até a superfície, tornando-a mais homogênea. Portanto, a coluna d'água é mais homogênea nas zonas de menor profundidade, próximas à costa; é mais heterogênea nas zonas de maior profundidade, distante da costa.

#### **b) O papel da situação meteorológica do dia da coleta**

- 1 – A amostra 02 foi coletada em situação meteorológica de pós-frontal, em dois dias seguidos: no primeiro dia da instabilização pós-frontal, com ventos de SW muito forte, e no dia seguinte, em que os ventos ainda eram fortes, mas não tanto quanto no dia anterior, e ainda chovia. Todas as amostras coletadas em situação meteorológica de pós-frontal foram coletadas neste segundo dia de instabilização (cf. Tab. 01). Na primeira coleta, da amostra 02, a concentração do material em suspensão na superfície foi de 0,31 mg/l e no fundo foi de 5,76 mg/l. Esta concentração de material em suspensão da amostra 02 no fundo se revelou muito alta em comparação às outras amostras coletadas no dia seguinte. Este fato indica que, de

um dia para o outro, em situação meteorológica de pós-frontal, as condições de remobilização do sedimento de fundo podem mudar, sendo maior a capacidade de ressuspensão das correntes no primeiro dia das instabilizações frontais e menor nos dias subsequentes.

- 2 – A mesma observação pode ser feita tomando-se as amostras 01, 05 e 06, que possuem profundidades do local de coleta semelhantes, mesma característica textural do sedimento de fundo superficial, mas coletadas em situação meteorológica diferente. A amostra 01 foi coletada em situação meteorológica de tempo bom. As amostras 05 e 06 foram coletadas em situação meteorológica de pós-frontal e apresentaram concentrações de material em suspensão bem superiores em relação àquela, com acréscimo de 150% para a amostra 05 e 437% para a amostra 06. Esses resultados refletem uma maior suspensão em dias de situação meteorológica de pós-frontal, com ventos fortes de componente S. Aliado a isso, deve-se considerar que, nesses dias de situação meteorológica de pós-frontal, ocorrem chuvas torrenciais, que é um fator responsável pelo "run off" nas encostas, aumentando consideravelmente o aporte continental, que torna-se importante contribuidor de M.E.S. para a baía.

#### **c) Papel das zonas de aporte continental**

Na Baía da Ribeira há duas principais zonas de aporte continental, a enseada de Bracuí e a enseada de Ariró. Os valores de material em suspensão nessas áreas apresentaram-se altos, mesmo em dia de situação meteorológica de tempo bom.

Com mar calmo, sol claro e correntes marinhas fracas, representadas pelo fluxo e refluxo das marés, incapazes de remobilizar o sedimento de fundo, a amostra 07, localizada na enseada de Ariró, apresentou uma concentração de material em suspensão de 0,62 mg/l; evidência clara de uma permanente suspensão, advinda principalmente do aporte continental. Na enseada de Ariró desembocam os rios Jurumirim e Imbú, entre outros. Na enseada de Bracuí desemboca o rio Bracuí.

Esta suspensão permanente é deslocada em direção à saída da baía, por correntes de maré, e pela corrente de fundo que entra e sai continuamente pelo canal da Gipóia. Isso é corroborado por valores de concentração de material em suspensão,

tanto em dias de situação meteorológica de pós-frontal, como em dias de situação meteorológica de tempo bom, em que há uma gradação das concentrações em direção ao meio da baía, em função da distância da costa, com os valores de M.E.S. diminuindo com a distância.

#### d) Papel da textura do sedimento do fundo

A influência da textura do sedimento de fundo é importante. Quanto mais finas são as partículas, mais sensível será o sedimento às ressuspensões periódicas, que por ocasião das instabilidades de pós-frontal, tomam corpo. Para sentir a influência da textura do sedimento nas ressuspensões, agrupamos algumas amostras coletadas em locais de profundidades semelhantes; um grupo de amostras de locais com menos de 10m e outro com mais de 10m de profundidade. Essas amostras, dentro de cada grupo foram coletadas em situação meteorológica de pós-frontal.

Os sedimentos de fundo classificados como argila silteica se mostraram mais susceptíveis de serem remobilizados que os sedimentos classificados como silte argiloso e silte arenoso. Por exemplo, é o que indicam os valores que foram comparados do grupo de amostras 03, 11, 12 e 13 de superfície e de fundo. A amostra 03 apresentou uma concentração de 0,27mg/l na amostra de fundo, ao passo que as amostras 11, 12 e 13 apresentaram 0,53mg/l, 0,48mg/l e 0,59mg/l, o que representa uma diferença de 92%, 78% e 119%, respectivamente. Nas amostras de superfície este fato não é tão caracterizado devido às profundidades relativamente grandes na coluna d'água.

#### e) O papel da hidrodinâmica

Destacamos quatro fatores que consideramos importantes e de participação decisiva para se compreender a distribuição do material em suspensão na Baía da Ribeira:

- A profundidade do local da amostra
- A situação meteorológica
- Distância da costa / zonas de aporte continentais
- Textura do sedimento de fundo

Porém, a distribuição do material em suspensão é orientada, acima de tudo, pela hidrodinâmica local que provoca ressuspensões, trocas de material em

suspensão entre vários compartimentos da baía e possivelmente com os compartimentos exteriores à baía.

## 2. A Composição em Argilominerais do Material em Suspensão

A formação dos argilominerais é resultado da instabilidade das rochas, que são formadas em condições de alta pressão e temperatura e, ao chegarem à superfície terrestre, instabilizam-se e alteram-se, sob a ação do intemperismo. Os fatores mais importantes na formação dos argilominerais são a drenagem, o pH da solução aquosa que perpassa as rochas, a topografia, a petrografia da rocha que se está alterando, a cobertura vegetal e o tempo geológico. Os produtos de alteração dos minerais primários comuns das rochas é o resultado de uma combinação desses fatores e, dependendo da combinação, haverá argilominerais diferentes.

As investigações mais recentes apontam para o fato de que, na alteração dos minerais primários, os íons são liberados em solução iônica e, mesmo os mais insolúveis,  $\text{Si}^{++}$  e  $\text{Al}^{3+}$ , estão, por algum tempo, em solução verdadeira (MASON, 1971). Os íons liberados em solução vão agrupar-se e formar agregados coloidais, dependendo da instabilidade destes íons na solução. Os mais estáveis são os metais alcalinos e alcalinos terrosos que são, em sua maior parte, transportados à longa distância em solução. O silício, o alumínio e o ferro precipitam-se logo, devido a sua instabilidade na água, e formam minerais, primeiramente amorfos, e com o tempo vão se cristalizando, pela orientação de retículo cristalino. Isso evidencia uma nova estabilidade, para as novas condições ambientais.

Uma outra hipótese aponta para a hidrólise parcial dos minerais primários, onde os cations e parte da sílica é solubilizada, enquanto o alumínio e o resto da sílica permanecem sob a forma de estruturas laminares de camadas octaédricas e tetraédricas. Dependendo da reassimilação dos cations, os produtos argilominerais são variados (KRAUSKOPF, 1972).

A dupla troca iônica entre os argilominerais e a solução dependem de muitos fatores, a concentração, na solução, de tais íons que serão cambiados, a sua carga e o seu raio iônico e, sobretudo, a força de ligação dos íons que serão substituídos no argilomineral. Esta força de ligação será maior ou menor, dependendo do lugar que esses íons estiverem ocupando no mineral, que pode ser nas superfícies planas, nas

arestas quebradas com cargas não compensadas, entre as camadas T-O-T, como cations livres, ou então, entre as camadas T-O-T em ligação iônica, como parte da estrutura do mineral.

Os fons trocados pelos argilominerais são sempre cations, porque os argilominerais comportam-se como colóides de carga negativa. A adsorção de uma substância coloidal é realizada através de dois processos: adsorção física ou de Van Der Waals, e adsorção química. A adsorção física é caracterizada por ligações fracas e, portanto, facilmente cambiáveis quando muda a composição química da solução. A adsorção química é caracterizada por ligações de valência (MASON, 1971).

A capacidade de troca catiônica (CTC) é variável para cada argilomineral, dependendo de sua estrutura. A caolinita possui pequena CTC porque as substituições isomórficas nas posições octaédricas são raras e as trocas efetivadas são somente através das cargas não compensadas das arestas quebradas. A montmorilonita possui uma alta CTC devido ao seu retículo expansivo, podendo adsorver água e cations livres. Possui, também, a possibilidade de substituições isomórficas nas posições tetraédricas, resultando cargas não compensadas entre as camadas (FORSTNER & WITTMAM, 1981). Ainda possui adsorção nas posições de rupturas de arestas.

As amostras do material em suspensão na Baía da Ribeira foram todas agrupadas em apenas uma amostra compósita, para a determinação mineralógica. O resultado apresentado mostra uma predominância de caolinita, ilita razoavelmente cristalizada e traços de serpentina. A origem dos argilominerais do material em suspensão está no aporte continental, que traz até ao mar os produtos de alteração das rochas. No caso da região continental da Baía da Ribeira, onde a pluviosidade é intensa, acima de 2.000 mm/a, os processos de intemperismo favorecem a formação de caolinita. A origem dos argilominerais do material em suspensão pode estar ligada às ressuspensões do sedimento de fundo que, primeiramente, têm origem detrítica no continente. No sedimento de fundo a caolinita é o argilomineral mais abundante.

### 3. A Composição em Carbono Orgânico Particulado do Material em Suspensão

O comportamento geoquímico dos metais pesados é grandemente influenciado por substâncias orgânicas. Essa influência foi avaliada por SINGER

(1977) e FORSTNER & WITTMAM (1981) e mostra que as substâncias orgânicas são capazes de:

- Complexar os metais e aumentar sua solubilidade.
- Alterar a distribuição das formas reduzidas e oxidadas dos metais.
- Alterar a disponibilidade dos metais para a vida aquática, reduzindo a sua toxidez.
- Influenciar, em grande parte, a adsorção dos metais em partículas suspensas.
- Afetar a estabilidade de colóides contendo metais.

As ligações dos metais com substâncias orgânicas podem se realizar em três possíveis posições: o metal pode substituir o íon hidrogênio do grupo funcional orgânico carboxila formando um sal, pode ligar-se diretamente ao átomo de carbono de um radical orgânico, formando um composto chamado organometálico e, ainda, pode estar no centro de uma complexa estrutura anelar, ligando-se aos átomos de carbono através de elementos intermediários N, O ou S, formando quelatos.

Os metais nos quelatos estão mais fortemente ligados, enquanto que os metais ligados ao grupo carboxila formando um sal estão fracamente ligados. Colóides orgânicos de carga negativa são capazes de adsorver metais. Esta ligação é ainda mais fraca que as três ligações descritas anteriormente, porém é de grande importância no estudo das reações entre as fases sólidas e a fase dissolvida nos ambientes aquáticos.

A matéria orgânica pode chegar aos ambientes marinhos costeiros como complexos orgânicos solúveis. Estes podem sofrer coagulação ao contacto com a solução eletrolítica que é a água do mar. Os compostos orgânicos dos grupos funcionais hidroxila e carboxila submetem-se a uma reação iônica de dupla troca, na qual recebem o cátion de eletrólito e cedem o hidrogênio para a solução. Isto promove um notável decréscimo na repulsão intramolecular, possibilitando a ligação das moléculas em cadeia polímera. Desta forma, precipitam e tornam-se parte do sedimento de fundo.

A matéria orgânica, ainda, pode chegar aos ambientes marinhos costeiros em forma particulada, como restos de animais e vegetais mortos, que podem precipitar. A matéria orgânica no sedimento de fundo pode sofrer reações microbiológicas, onde bactérias quebram as suas ligações moleculares e voltam a solubilizar-se.

A matéria orgânica foi analisada pelo seu conteúdo em carbono. A matéria orgânica que passa por uma membrana de filtro de  $0,45\mu\text{m}$  é considerada carbono orgânico dissolvido (COD) e a matéria orgânica que fica retida por uma membrana de filtro de  $0,45\mu\text{m}$  é considerada carbono orgânico particulado (COP).

As zonas de aporte continental da Baía da Ribeira apresentaram maiores valores de concentração em carbono orgânico particulado, como era esperado, porque essas enseadas, Bracuí e Ariró, recebem uma drenagem que transporta da área continental uma grande quantidade de suspensão. (Figura 01).

Por ser a quantidade de material em suspensão muito pequena para a determinação do carbono orgânico particulado (COP), trabalhou-se com amostras compósitas.

- Na enseada de Bracuí, a amostra compósita A apresentou uma concentração em COP de 13,42% no material em suspensão.
- Na enseada de Ariró, a amostra compósita B apresentou uma concentração em COP de 12,04% no material em suspensão.
- Na enseada de Piraquara de Fora, a amostra compósita C apresentou uma concentração em COP de 7,30% (Tabela 02 e Figura 01).

Amostra	COP (%)	M.E.S. (mg/l)
A	13,42	0,52
B	12,04	0,57
C	07,30	0,23
D	09,03	0,20

Tabela 02 - Concentração em COP no material em Suspensão da Baía da Ribeira

- Nas proximidades do canal da Gipóia, a amostra compósita D apresentou uma concentração em COP de 9,03%.

Chamamos amostra compósita A ao grupo de amostras 04, 05 e 06, de amostra compósita B ao grupo de amostras 07 e 08, de amostra compósita C ao grupo de amostras 11, 12 e 13 e de amostra compósita D ao grupo de amostras 01, 02, 03, 09 e 10.

As amostras A e B situam-se em zonas de aporte continental, por isso apresentaram concentrações em COP maiores que as amostras C e D, situadas distante das zonas de aporte continental. Como M.E.S. é resultado também de ressuspensões do se-

dimento de fundo, a composição em COP é geralmente proporcional à composição em COT, no sedimento superficial de fundo.

## CONCLUSÕES

A presente pesquisa nos permitiu algumas conclusões no que se refere à compreensão da dinâmica ambiental da Baía da Ribeira, que nos possibilitam prever o comportamento dos processos geoquímicos dos materiais sedimentares e a influência que eles podem submeter às dispersões de metais e radionuclídeos, o que certamente será de grande valia na monitoração ambiental que já é feita pelo laboratório de Radioecologia de Furnas Centrais Elétricas S.A.

A fim de definir a caracterização ambiental dos níveis de base no que se refere aos materiais sedimentares na Baía da Ribeira, passamos a considerar os seguintes pontos que servem de conclusão a esta pesquisa:

- Há uma gradação vertical do M.E.S. na coluna d'água, com uma maior homogeneidade nas zonas próximas da costa e uma maior heterogeneidade nas zonas afastadas da costa;
- Há uma distribuição diferenciada nas concentrações do M.E.S. em diferentes situações meteorológicas, com maiores concentrações nos dias de situação meteorológica de pós-frontal, sendo que, no primeiro dia da instabilidade frontal, as concentrações são ainda maiores;
- As enseadas de Ariró e Bracuí possuem uma permanente suspensão, advinda principalmente do aporte continental e também das ressuspensões, visto que são áreas de pequenas profundidades. A evidência mais clara deste fato é que, mesmo em situação meteorológica de tempo bom a amostra 07, localizada na saída da enseada de Ariró, apresentou uma concentração em M.E.S. de 0,62 mg/l, inferior, somente à concentração de amostra 06, localizada na enseada de Bracuí, coletada em situação meteorológica de pós-frontal;
- As concentrações de M.E.S. são sempre maiores nas regiões próximas à costa, diminuindo em direção à saída da baía, deslocada que é pelo refluxo de maré e pela corrente secundária da Baía da Ilha Grande, que entra e sai da Baía da Ribeira. As regiões que possuem sedimento de fundo mais argiloso e de menor profundidade na coluna d'água, são mais susceptíveis às ressuspensões;



– A caolinita foi o argilomineral mais abundante no M.E.S. da Baía da Ribeira e a illita, razoavelmente cristalizada, também foi encontrada. Esta mineralogia tem origem nos aportes continentais e nas ressuspensões que, em última análise, vieram do continente. O fato de só aparecer caolinita e illita no M.E.S. e nos sedimentos de fundo superficiais aparecerem, além destes, montmorilonita e clorita, se atém basicamente à questão de probabilidade, relacionada diretamente com a abundância destes minerais argilosos nos sedimentos de fundo que estão sendo ressuspensos.

As zonas de aportes continentais apresentaram maiores concentrações em COP que as zonas

distantes da costa. A diminuição do COP em direção à saída da baía, num gradiente bem definido, corrobora a compreensão de que o refluxo de maré, até agora negligenciado como capaz de transportar materiais sedimentares e com eles metais associados para fora da baía, e a corrente secundária da Baía da Ilha Grande, são realmente vetores hidrodinâmicos importantes nas trocas de materiais entre a Baía da Ribeira e os compartimentos externos do litoral. Há uma correlação positiva entre as concentrações de COP no M.E.S. e as concentrações de COT nos sedimentos de fundo superficiais.

---

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- EDGINTON, D.N. Characterization of transuranic elements at environment levels. **Technical Committee Meeting on the Behaviour of Transuranic Metals in Aquatic Environment of Sediment Water Changes**. Italy, ISPRA, 1980.
- FORSTNER, V. & WITTMAN, G.T.W. **Metal pollution in the aquatic environment**. Berlin, Springer Verlag, 1981.
- FURNAS CENTRAIS ELÉTRICAS S.A. **Final Safety Report**. Rio de Janeiro, 1980.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Sinopse preliminar do censo demográfico**. Rio de Janeiro, 1980.
- KRAUSKOPE, K.B. **Introdução à geoquímica**. São Paulo, Polígono, 1972. v.1.
- LACOMBE, D. **Cirripédios na Baía da Ribeira em Angra dos Reis**. Rio de Janeiro, Instituto de Pesquisa da Marinha, 1977. (Boletim de IPqM, 109).
- MASON, B. **Princípios de geoquímica**. São Paulo, Polígono, 1971.