

**TATIANA SANTOS DA CUNHA**

**CRONOLOGIA DA DEPOSIÇÃO DE ELEMENTOS-TRAÇO NAS BAÍAS DE  
SEPETIBA E ILHA GRANDE (RJ)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Geoquímica Ambiental.

Orientador: **Prof. Dr. Renato Campello Cordeiro**

Co-Orientadores: **Prof. Dr. Alphonse Kelecom**

**Prof. Dr. Sambasiva Rao Patchineelam**

NITERÓI

2005

**TATIANA SANTOS DA CUNHA**

**CRONOLOGIA DA DEPOSIÇÃO DE ELEMENTOS-TRAÇO NAS BAÍAS DE  
SEPETIBA E ILHA GRANDE (RJ)**

Dissertação apresentada ao Curso de Pós-Graduação em Geociências da Universidade Federal Fluminense, como requisito parcial para a obtenção do Grau de Mestre. Área de Concentração: Geoquímica Ambiental.

Aprovada em junho de 2005

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Dr. Renato Campello Cordeiro

Orientador/UFF

---

Prof. Dr. . Sambasiva Rao Patchineelam

Co-Orientador/UFF

---

Prof. Dr. José Marcus de Oliveira Godoy

IRD-CNEN

---

Prof. Dr. Emmanoel Vieira da Silva Filho

UFF

---

Prof. Dr. Wilson Thadeu Valle Machado

UFF

## **DEDICATÓRIA**

Em especial aos meus filhos, Ítalo e Sophia por cada sorriso estimulante; ao meu esposo por todo carinho, amor e compreensão e por proporcionar que eu realizasse meu sonho, aos meus pais pelo amor e dedicação que têm comigo desde minha existência, aos meus sogros por todo apoio e por acreditarem em mim, as minhas irmãs que sempre estiveram ao meu lado e por fim, a toda minha família por jamais me abandonar em momento algum.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço à Deus por jamais permitir que eu desista mesmo nos momentos mais difíceis. Por guiar meus passos e permitir que este sonho se tornasse realidade.

Ao professor Dr. Renato Campello Cordeiro pela orientação, por acreditar em mim, pelo incentivo e pelo estímulo.

Ao professor Dr. Fernando Maniee por ter confiado em mim, abrindo meus caminhos para que eu pudesse alcançar meus objetivos, e pelos bons conselhos.

Ao professor Dr. Sambasiva Rao Patchinnelam por estar presente em todos os momentos do desenvolvimento deste trabalho, pelo suporte, pela confiança e por ser mostrar sempre disposto a ajudar.

Ao professor Dr. Marcelo Correa Bernardes, pois apesar de ser importunado diversas vezes sempre se mostrou um verdadeiro amigo, e pelos conselhos que foram de grande valia em diversos momentos de dúvida.

Ao professor Dr. Alphonse Kelecom e seu grupo de trabalho pela ajuda na análise de datação.

A professora Dr<sup>a</sup>. Ana Luíza Spadano Albuquerque pela amizade, pelo carinho e pelos conselhos.

Ao professor Dr. Abdelfettah Sifeddine pelas críticas construtivas e pela confiança que sempre depositou em mim.

Ao professor Dr. Emmanoel Vieira da Silva, pelas suas sugestões muito proveitosas, pelos diversos trabalhos emprestados e pelas palavras de incentivo nas horas difíceis.

Ao professor Dr. Ricardo Erthal Santelli, pelas inúmeras análises realizadas em seu laboratório e por ter me dado a oportunidade de ingressar na pesquisa.

Ao grande amigo Wilson Machado, pela sua valiosa colaboração, dedicação e paciência, sem as quais não seriam possíveis a concretização deste trabalho e pela participação na banca examinadora.

À minha amiga de faculdade Renata Oliveira Zocatelli por estar sempre disposta a me ouvir e por ter proporcionado momentos de alegria no decorrer do desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos Christian e Luciana pelo apoio e por serem sempre prestativos.

A todas as funcionárias da biblioteca em especial a Claudinha e a Rejane por estarem sempre dispostas a resolverem as minhas confusões.

Aos funcionários da secretaria pelo empenho em fornecer condições para o desenvolvimento deste trabalho, em especial ao Nivaldo e a Teresa.

A todo departamento de Geoquímica, e a todos aqueles que de uma maneira ou de outra contribuíram de alguma forma na minha formação.

A minha família, pelo amor inacabável, pelo apoio, e por se fazerem sempre presentes.

Ao meu tio Gustavo por ter sido tão atencioso, e pelo seu carinho em todos os momentos de sufoco.

Aos meus filhos que souberam ser compreensivos nas longas horas de ausência.

Ao meu esposo que permitiu que eu realizasse meu sonho, me apoiando em todos os momentos, e sendo sempre presente para que o desenvolvimento desse trabalho se concretizasse.

Aos meus sogros que sempre me incentivaram e nunca mediram esforços para que eu alcançasse meus ideais.

Aos meus amigos Carla, Andréa, Cezar, e Júlio por me ajudarem em tantos momentos, por torcerem por mim e por trazerem sempre muita alegria.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo suporte financeiro.

A todos os amigos que no decorrer dos anos tiveram algum tipo de participação e colaboraram para que este sonho se tornasse real.

**Quando nada parece dar certo, vou ver o cortador de pedras martelando sua rocha talvez 100 vezes, sem que uma única rachadura apareça. Mas na centésima primeira martelada a pedra se abre em duas, e eu sei que não foi aquela que conseguiu isso, mas todas que vieram antes.”**

**(Jacob Riss)**

## RESUMO

Com o desenvolvimento industrial de regiões costeiras, tornou-se necessário o estudo de metais em áreas não impactadas, como a baía da Ilha Grande, devido à carência de estudos nestes sistemas para serem comparados com estudos em áreas impactadas. No presente estudo, dois testemunhos sedimentares foram coletados; um na Enseada de Abrão na baía da Ilha Grande e outro na porção Leste da baía de Sepetiba, Rio de Janeiro; onde através da comparação dos testemunhos coletados e partindo do princípio da ausência de fontes pontuais de contaminação na baía da Ilha Grande é possível avaliar a ocorrência de transporte de material da baía de Sepetiba para os sedimentos da baía da Ilha Grande nos últimos 50 anos, quando teve início o processo de industrialização em Sepetiba. As concentrações de Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn foram determinadas utilizando ICP/AES. Os dados obtidos foram normalizados utilizando-se o Al como elemento de referência, e para os fatores de enriquecimento utilizou-se o folhelho médio como valor de base. Através da cronologia do  $^{210}\text{Pb}$  foi possível estimar as taxas de sedimentação e os fluxos de metais. Os perfis verticais no testemunho da SEP01/5 na baía de Sepetiba apresentaram um aumento das concentrações e dos fluxos a partir da década de 60, quando teve início a industrialização, onde os valores encontrados se assemelham aos valores da literatura. A correlação com o Al demonstrou que os metais estão ligados aos argilo-minerais, justificando a diminuição do fator de enriquecimento em direção ao topo do testemunho, uma vez que o Al encontra-se em altas concentrações nas camadas acima da década de 60. O testemunho da baía da Ilha Grande não apresentou aumento das concentrações dos metais a partir da década de 60. O Al não apresentou correlações com os metais e o fator de enriquecimento não apresentou incrementos a partir da década de 60 no testemunho BIG02 na baía da Ilha Grande. Os fluxos de metais também não apresentaram aumento a partir desta década, indicando a ausência de contaminação no local estudado.

Palavras chaves: metais, baía de Sepetiba, baía da Ilha Grande,  $^{210}\text{Pb}$ , testemunhos sedimentares, estuários, fluxos, fator de enriquecimento.

## ABSTRACT

Because of industrial development in costal regions, areas not impacted, such as Ilha Grande, became important for studding metals. Due to the lack of studies in this type of area, comparing them with impacted areas is invaluable. In this study, two sediment cores were collected, one in Enseada de Abrão in Ilha Grande Bay and the other in east portion of Sepetiba Bay, Rio de Janeiro. By comparing the cores and without a known point sources of contamination in Ilha Grande Bay, it is possible to evaluate the transportation of material from Sepetiba Bay to sediment in Ilha Grande Bay. The concentrations of Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V and Zn were determined by ICP/AES analyses. Figures were normalized by Al as an element of reference and for enrichment factors, average values were used as a base. Through  $^{210}\text{Pb}$  geochronology, sedimentation rates and metal fluxes were estimated. Vertical profiles of cores SEP01/5 in the Sepetiba Bay showed increasing concentration and flux values starting in the 60's, when industrialization began, agreeing with values in literature. A correlation withy Al showed that metals are associated with fine grained minerals, justifying the lowering the enrichment factor towards the top of the core, since Al was found in high concentrations in samples after the 60's. The core in Ilha Grande Bay didn't show increases in metal concentrations beginning in the 60's. In core BIG02 in Ilha Grande Bay the Al concentrations didn't show any correlation with metals and the enrichment factor did not show increases beginning from the 60's. Metal fluxes also did not show increases from this decade, indicating the absence of contamination in this area.

Key word: Heavy metals, Sepetiba bay, Ilha Grande Bay,  $^{210}\text{Pb}$ , cores sediment, flux, enrichment factores.



## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Pág

<b>Figura 1</b> Série do decaimento do $^{238}\text{U}$ .....	<b>22</b>
<b>Figura 2</b> Esquema de decaimento do $^{210}\text{Pb}$ .....	<b>23</b>
<b>Figura 3</b> Mapa de localização das áreas de estudos: Baías de Sepetiba e Ilha Grande, Rio de Janeiro – Brasil.....	<b>34</b>
<b>Figura 4</b> Imagem satélite da baía de Sepetiba e da baía da Ilha grande.....	<b>35</b>
<b>Figura 5</b> Local de coleta do testemunho da baía de Sepetiba sep01/5.....	<b>37</b>
<b>Figura 6</b> Local de coleta do testemunho da baía da Ilha Grande BIG02.....	<b>37</b>
<b>Figura 7</b> Principais parâmetros utilizados nos modelos de datação com $^{210}\text{Pb}$ .....	<b>42</b>
<b>Figura 8</b> Distribuição do conteúdo de carbono, nitrogênio, relação C/N e densidade no testemunho SEP 01/5, na baía de Sepetiba.....	<b>48</b>
<b>Figura 9</b> Distribuição dos metais alumínio, bário, cádmio, cromo e cobre e ferro no perfil sedimentar SEP 01/5.....	<b>50</b>
<b>Figura 10</b> Distribuição dos metais manganês, níquel, chumbo, vanádio e zinco no perfil sedimentar SEP 01/5.....	<b>51</b>
<b>Figura 11</b> Gráfico dos metais normalizados pelo Al em função da profundidade do testemunho SEP 01/5.....	<b>53</b>
<b>Figura 12</b> Gráficos dos fatores de enriquecimento em função da profundidade no testemunho sedimentar SEP 01/5.....	<b>54</b>
<b>Figura 13</b> Distribuição dos fluxos de Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, no perfil sedimentar SEP 01/5.....	<b>56</b>
<b>Figura 14</b> Distribuição dos fluxos Mn, Ni, Pb, V e Zn no perfil sedimentar SEP 01/5.....	<b>57</b>
<b>Figura 15</b> Gráfico do decaimento do $^{210}\text{Pb}$ em função da profundidade BIG02.....	<b>58</b>
<b>Figura 16</b> Distribuição do conteúdo de carbono, nitrogênio, relação C/N e densidade no testemunho BIG02, na baía da Ilha Grande.....	<b>60</b>
<b>Figura 17</b> Distribuição dos metais alumínio, bário, cádmio, cromo e cobre no perfil sedimentar BIG02.....	<b>62</b>

<b>Figura 18</b> Distribuição dos metais Mn, Ni, Pb, V e Zn no perfil sedimentar BIG 02.....	<b>63</b>
<b>Figura 19</b> Gráficos dos metais normalizados pelo Al em função da profundidade do testemunho BIG02.....	<b>65</b>
<b>Figura 20</b> Gráficos dos fatores de enriquecimento dos metais Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, V e Zn em função da profundidade.....	<b>66</b>
<b>Figura 21</b> Fluxos dos metais alumínio, bário, cromo, cobre e ferro no perfil sedimentar.....	<b>68</b>
<b>Figura 22</b> Fluxos dos metais ferro, manganês, níquel, chumbo, vanádio e zinco no perfil sedimentar BIG02.....	<b>69</b>

## LISTA DE TABELAS

PÁG

<b>Tabela 1</b> Valores máximos, mínimos e médias de COT, NOT, C/N e ? com suas respectivas profundidades .....	47
<b>Tabela 2</b> valores médios, máximos, mínimos e seus desvios padrões para os metais analisados no testemunho SEP 01/5 na baía de Sepetiba.....	49
<b>Tabela 3</b> Matriz de correlação entre a profundidade, carbono, nitrogênio, relação C/N, densidade e os metais analisados da coluna sedimentar.....	52
<b>Tabela 4</b> Profundidades, idades e fator de enriquecimento dos metais no testemunho SEP 01/5.....	54
<b>Tabela 5</b> Valores máximos, mínimos e médias de COT, NOT, C/N e ? com suas respectivas profundidades NO BIG02.....	59
<b>Tabela 6</b> Valores médios, máximos, mínimos e seus desvios padrões para os metais analisados no testemunho sedimentar BIG02 na baía da Ilha Grande.....	61
<b>Tabela 7</b> Matriz de correlação entre a profundidade, carbono, nitrogênio, relação C/N, densidade e os metais analisados da coluna sedimentar no BIG02.....	64
<b>Tabela 8</b> Profundidades, idades e fatores de enriquecimento dos metais no testemunho BIG02.....	66
<b>Tabela 9</b> Taxas de sedimentação estimadas para diferentes áreas na baía de sepetiba.....	70
<b>Tabela 10</b> Comparação dos valores de concentração de metais referenciados para sedimentos de áreas impactadas e não impactadas.....	72
<b>Tabela 11</b> Razão Zn/Cd em função das profundidades e das idades estimadas no BIG 02.....	74
<b>Tabela 12</b> Valores médios, máximos e mínimos de concentração e fluxos durante o período pré-industrial (antes da década de 60) e pós-industrial, nas baías de Sepetiba e Ilha Grande.....	78

## SUMÁRIO

PÁG

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
1.1 METAIS EM AMBIENTES COSTEIROS.....	16
1.2 HISTÓRICO DE CONTAMINAÇÃO NAS BAÍAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO.....	18
1.3 DATAÇÃO COM <sup>210</sup> PB.....	20
<b>2 HIPÓTESES E OBJETIVOS.....</b>	<b>25</b>
2.1 HIPÓTESE.....	25
2.2.OBJETIVO GERAL.....	25
2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
<b>3 ÁREA DE ESTUDO.....</b>	<b>27</b>
3.1 BAÍA DE SEPETIBA.....	27
3.1.1 <b>Caracterização geral.....</b>	<b>27</b>
3.1.2 <b>Clima.....</b>	<b>28</b>
3.1.3 <b>Hidrologia.....</b>	<b>29</b>
3.1.4 <b>Geologia.....</b>	<b>29</b>
3.1.5 <b>Granulometria.....</b>	<b>30</b>
3.2. BAÍA DA ILHA GRANDE.....	31
3.2.1 <b>Caracterização geral.....</b>	<b>31</b>
3.2.2 <b>Clima.....</b>	<b>32</b>
3.2.3 <b>Hidrologia.....</b>	<b>32</b>
3.2.4 <b>Geologia.....</b>	<b>33</b>
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>36</b>
4.1 AMOSTRAGEM.....	36
4.2 TEOR DE ÁGUA.....	38

4.3 DENSIDADE APARENTE.....	38
4.4 DETERMINAÇÃO DO CARBONO ORGÂNICO TOTAL E NITROGÊNIO ORGÂNICO TOTAL, RAZÃO C/N E FLUXO DE CARBONO.....	38
4.5 DETERMINAÇÃO DOS METAIS .....	39
4.6 DETERMINAÇÃO DE $^{210}\text{Pb}$ EM SEDIMENTOS.....	40
4.7 NORMALIZAÇÃO COM ALUMÍNIO.....	44
4.8 FATOR DE ENRIQUECIMENTO.....	45
4.9 CÁLCULO DE FLUXOS.....	45
<b>5 RESULTADOS.....</b>	<b>46</b>
5.1 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO NO SEP01/5 NA BAÍA DE SEPETIBA.....	46
5.2 CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO ORGÂNICO, RAZÃO C/N E DENSIDADE NO PERFIL SEDIMENTAR SEP 01/5.....	46
5.3 CONCENTRAÇÃO TOTAL DE METAIS NO TESTEMUNHO SEP 01/5.....	48
5.4 NORMALIZAÇÃO PELO ALUMÍNIO NO TESTEMUNHO SEP 01/5.....	52
5.5 FATOR DE ENRIQUECIMENTO NO TESTEMUNHO SEP 01/5.....	53
5.6 CÁLCULO DOS FLUXOS DE METAIS TOTAIS EM FUNÇÃO DAS IDADES ESTIMADAS NO PERFIL SEDIMENTAR SEP 01/5.....	55
5.7 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO NO TESTEMUNHO BIG02 NA BAÍA DA ILHA GRANDE.....	57
5.8 CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO ORGÂNICO, RAZÃO C/N E DENSIDADE NO PERFIL SEDIMENTAR BIG 02.....	58

5.9 CONCENTRAÇÃO TOTAL DE METAIS NO TESTEMUNHO BIG 02.....	60
5.10 NORMALIZAÇÃO PELO ALUMÍNIO NO TESTEMUNHO BIG 02.....	64
5.11 FATOR DE ENRIQUECIMENTO NO TESTEMUNHO BIG 02.....	65
5.12 CÁLCULO DOS FLUXOS DE METAIS TOTAIS EM FUNÇÃO DAS IDADES ESTIMADAS NO PERFIL SEDIMENTAR BIG02.....	67
<b>6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>70</b>
6.1 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO E DATAÇÃO.....	70
6.2 DESCRIÇÃO DOS TESTEMUNHOS DAS BAÍAS DE SEPETIBA E ILHA GRANDE.....	71
6.3 DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS NOS TESTEMUNHOS DAS BAÍAS DE SEPETIBA E ILHA GRANDE.....	71
6.4 NORMALIZAÇÃO PELO ALUMÍNIO E FATOR DE ENRIQUECIMENTO PARA CONCENTRAÇÃO DOS METAIS.....	76
6.5 FLUXOS DE METAIS.....	76
<b>7 CONCLUSÃO .....</b>	<b>79</b>
<b>8 REFERÊNCIAS .....</b>	<b>81</b>

## 1 INTRODUÇÃO

### 1.1 METAIS EM AMBIENTES COSTEIROS

Estuários caracterizam-se como sítios de desenvolvimento de portos, indústrias, urbanismo e recreação. Eles foram o berço de muitas civilizações importantes que se estabeleceram onde havia uma considerável disponibilidade de recursos naturais, favorecendo as atividades marítimas e pesqueiras. O conseqüente crescimento populacional levou à necessidade de implantação de sistemas de esgotos, visando o afastamento de resíduos, iniciando-se assim a degradação generalizada dos recursos hídricos, principalmente por poluentes orgânicos. Essa poluição foi agravada durante a revolução industrial que iniciou-se na Europa em meados do século XVIII, pois houve intensa introdução de poluentes inorgânicos, como por exemplo os metais pesados, aos sistemas hídricos. Apesar disso, a maioria dos estuários ainda se mantêm altamente produtivos, permitindo que a pesca perdure ao longo dos séculos, ainda sendo muito importantes para várias formas de vida animal. Estuários também são importantes zonas de transferência de sedimentos entre sistemas fluviais e marinhos, caracterizando-se como sumidouros para os mesmos, como também para contaminantes dissolvidos ou particulados (RIDGWAY; SHIMMIELD, 2002).

O crescimento urbano e industrial tem tido nas últimas décadas um importante papel na contaminação dessas regiões costeiras á nível mundial. Atualmente em termos de poluição marinha, a região que mais vem sendo afetada é a zona costeira, sobretudo os estuários, que são gradativamente afetados por atividades antropogênicas, sendo que alguns dos efluentes mais críticos são metais pesados lançados por efluentes industriais (AGUIAR, 1994). Dessa maneira, os ecossistemas costeiros tropicais encontram-se entre os mais ameaçados por impactos ambientais causados pelas atividades antropogênicas (LACERDA, 1993).

Um exemplo típico deste processo pode ser observado na Baía de Sepetiba no Estado do Rio de Janeiro que até a década de 60, caracterizava-se pela pesca e pelo turismo, sofrendo nas últimas três décadas as conseqüências da expansão da região metropolitana do Rio de Janeiro, resultando em uma série de modificações nas estruturas espaciais, sócio-econômicas e ecológicas. A melhora dos meios de transporte representados por rodovias e ferrovias, aliados à terra disponível a baixo preço e um grande suprimento de água doce contribuíram para a geração de ciclos migracionais e riscos potenciais de poluição (WASSERMAN *et al.*, 2001).

Segundo Forstner e Wittman (1983), a contaminação de regiões costeiras e mares marginais pode ser atribuída a diversos fatores como: Descarga direta de efluentes de indústrias; efluentes de comunidades por descarga de esgoto; despejo de resíduos de navios; carga solúvel e em suspensão dos rios; precipitação atmosférica; resíduos derivados da extração de matérias-primas do mar e poluição por indústrias navais.

Os metais pesados estão entre os principais contaminantes que degradam os estuários, provenientes principalmente de efluentes industriais e domésticos, sendo o material particulado em suspensão o principal meio de transporte nas águas. Quando esses poluentes se depositam no fundo, os sedimentos passam a representar importantes reservatórios desses elementos com potencial de contaminar a coluna d'água e a biota. Sem condições de ressuspensão, os metais estão imobilizados no sedimento em uma condição anóxica. (AMADO FILHO *et al.*, 1999).

Uma vez introduzidos no ambiente, os metais pesados estão sujeitos a processos que promoverão sua dispersão ou acumulação, de acordo com as condições ambientais e as características destes metais, onde para ser feita uma avaliação do impacto ambiental por metais pesados em ambientes costeiros e estuarinos também deve se considerar os sedimentos acumulados e a entrada de metais pesados dissolvidos e em suspensão nesses sistemas. Sendo assim, deve-se ter um maior conhecimento em relação á disponibilidade dos metais pesados, como também a mobilidade dos mesmos nos sedimentos. (SALOMONS *et al.*, 1988).



Os metais pesados estão sujeitos a diversos processos no decorrer do seu transporte. Os sedimentos podem atuar como reservatório de metais pesados e mudanças nas condições do meio ambiente podem causar remobilização dos metais até então acumulados (SALOMONS; FOSTNER, 1984). Sedimentos estuarinos são complexos, devido ao forte gradiente físico-químico, mudança na composição da água, variações das concentrações de material particulado em suspensão, e complexos processos hidrodinâmicos (ARAGON, 1987).

Desta forma os estuários são de grande importância na ciclagem de metais, já que influenciam a quantidade de metais provenientes dos rios que entrarão no ambiente costeiro, e posteriormente nos oceanos profundos. (ARAGON, 1987) A contínua introdução de materiais provenientes dessas atividades antropogênicas pode vir a causar desequilíbrios no ecossistema, acarretando condições problemáticas à vida, tornando-se praticamente impossível um retorno as suas condições naturais.

## 1.2 HISTÓRICO DE CONTAMINAÇÃO NAS BAÍAS DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO

Um exemplo da problemática de contaminação por metais pesados em ambientes costeiros pode ser observado no litoral do Estado do Rio de Janeiro, nas baías de Guanabara e Sepetiba.

A baía de Sepetiba é um exemplo recente desta contaminação. Suas características estuarinas peculiares proporcionam o desenvolvimento de importantes atividades econômicas como pesca, turismo, recreação, indústrias e portuários, atividades estas que levam a sua degradação. Os metais pesados Cd, Zn e Pb, têm sido o foco de muitas preocupações nesse sentido, provenientes principalmente das atividades industriais na margem da baía (PESTANA, 1989, RODRIGUES, 1990, BARCELLOS NETO 1991, BARCELLOS, 1995, MADDOCK *et al.*, 1999) e do aporte de rios (MALM 1986, RODRIGUES 1990, AGUIAR, 1994) onde a Baía de Sepetiba é apontada por diversos levantamentos, como impactada por metais pesados devido a atividades industriais em sua bacia de drenagem (LACERDA 1983; LACERDA *et al.*, 1987;

PATCHINEELAM *et al.* 1989; MAGALHÃES *et al.*, 1993), uma vez que os estuários representam ambientes com grande risco ecológico em função justamente de concentrarem grande parte das atividades antropogênicas e também por apresentarem condições particulares para a retenção de metais.

A contaminação por metais pesados e outros elementos na Baía de Sepetiba vem sendo estudada por vários autores, principalmente no que diz respeito ao Cd e Zn (BARCELLOS, 1995; WASSERMAN *et al.*, 2002). Em um estudo recente, Wasserman *et al.*, (2001) mediram a concentração de alguns elementos entre metais, semi-metais, ametais e terras raras em quatro testemunhos de áreas de manguezal, coletados na Enseada das Garças e Coroa Grande (margem nordeste da baía de Sepetiba), onde este estudo indica forte contaminação por Zn, proveniente de indústrias presentes na região da baixada fluminense. Em função do desenvolvimento industrial e urbano a região tornou-se a segunda principal receptora de efluentes do estado. Sendo assim, as águas da Baía de Sepetiba recebem metais pesados oriundos principalmente das indústrias e de despejos urbanos.

Entre as indústrias destaca-se a Cia Mercantil INGÁ, localizada na Ilha da Madeira, que faliu em 1998 abandonando no local resíduos de minérios, contendo Cd e Zn acumulados há mais de 30 anos. Durante quatro décadas, a Ingá produziu lingotes de zinco para exportação. Na década de 80, era responsável por até 50% da produção nacional de Cd, gerado como subproduto no processo de obtenção de zinco (PESTANA, 1989). Os rejeitos da produção eram depositados sem nenhum tratamento num terreno junto aos manguezais da Baía de Sepetiba (TORRES, 2003).

Além dos rejeitos da Ingá, as principais fontes de poluição são: Uma siderúrgica de grande porte, diversas metalúrgicas de pequeno porte, uma usina termoelétrica, um aterro sanitário, esgoto urbano não tratado e atividades portuárias (AMADO FILHO; *et al.*, 1999) além das indústrias química, têxtil, de bebidas, gráficas que contribuem em menor escala como fonte de metais pesados.

O Porto de Sepetiba, localizado na costa norte da Baía de Sepetiba, no município de Itaguaí, ao sul e a leste da Ilha da Madeira também tem seu potencial poluidor, uma vez que as principais cargas movimentadas no cais são de carvão metalúrgico,

coque de hulha, alumina, enxofre, carga geral, veículos e minério de ferro. O Porto foi inaugurado em 1982, quando se iniciaram as atividades do terminal de carvão e alumina, sob a competência da Companhia Docas do Rio de Janeiro (PORTOSRIO, 2002).

Apesar do problema de contaminação por tais metais na Baía de Sepetiba ser de fato de conhecimento, até então estudos feitos na Baía da Ilha Grande (LACERDA *et al.*, 1982; CARDOSO *et al.*, 2001) mostraram que esta por sua vez é um ambiente bem preservado. Em estudo realizado nas enseadas da baía da Ilha Grande, foi avaliado que os níveis encontrados de metais traço para a região são naturais (DE PAULA *et al.*, 1993). Porém esta área pode estar sujeita a entrada de poluentes oriundos de ecossistemas adjacentes, como é o caso da baía de Sepetiba, que por ser um ecossistema impactado, pode vir a transferir metais pesados ao longo de uma escala evolutiva para a baía de Ilha Grande. Portanto deve se levar em consideração que existem possíveis fontes de contaminação pontuais de metais (NRIAGU; PACYNA, 1988) como o estaleiro Verolme que podem estar sendo lançadas para o ambiente, em função da proximidade entre a Baía de Sepetiba e a Baía de Ilha Grande, existindo uma relação hidrodinâmica entre ambas, o que justificaria uma possível contaminação na baía da Ilha Grande por metais provenientes da Baía de Sepetiba.

### 1.3 DATAÇÃO COM $^{210}\text{Pb}$

Através da análise de perfis de concentração de metais pesados é possível o levantamento histórico da poluição de uma determinada bacia hidrográfica. (EDGINGTON; ROBBINS, 1976). Para esta finalidade é necessário relacionar a profundidade da camada de sedimentos com a idade da mesma. Um dos métodos mais utilizados para a determinação da geocronologia da história recente da sedimentação em lagos e baías é a análise da distribuição vertical de perfis de  $^{210}\text{Pb}$ ,

a qual é baseada no decaimento deste radioisótopo natural presente nos sedimentos (SIMÕES FILHO, 1993), onde através da determinação das taxas de sedimentação pode-se avaliar o histórico dos processos geoquímicos e a evolução das atividades antropogênicas nas bacias hidrográficas. Desta forma vários métodos têm sido utilizados com a finalidade de determinar as taxas de sedimentação e a acumulação de sedimentos, onde a utilização da datação com  $^{210}\text{Pb}$  tem se mostrado bastante eficiente para mostrar o histórico dos últimos 100 anos.

O radioisótopo  $^{210}\text{Pb}$ , com meia vida de 22,26 anos, é um radionuclídeo natural originado do  $^{238}\text{U}$  (figura 1), que por uma série de decaimentos chega ao  $^{226}\text{Ra}$  (meia-vida 1622 anos), que por sua vez decai para produzir o gás inerte  $^{222}\text{Rn}$  (meia-vida 3.83 dias) seguindo uma série de nuclídeos com meias-vidas curtas, até produzir o  $^{210}\text{Pb}$ . Uma fração de átomos de  $^{222}\text{Rn}$  formado pelo decaimento do  $^{226}\text{Ra}$  no solo escapa para atmosfera onde decai para o  $^{210}\text{Pb}$ , o qual atinge a superfície dos solos, lagos, e oceanos pelo "fallout" atmosférico. O  $^{210}\text{Pb}$  que atinge a superfície dos lagos é rapidamente adsorvido pelo material particulado fino ( $> 0,45 \mu\text{m}$ ), indo depositar-se no fundo dos lagos ou oceanos (FORTE, 1996).

Existindo uma interação entre hidrosfera e atmosfera, a grande maioria dos elementos traço, tanto radioativos como estáveis, são introduzidos nos sedimentos, através de escoamento superficial e "fallout" atmosférico (SIMÕES FILHO, 1993), uma vez que os sedimentos desses corpos d'água constituem uma superfície de soterramento para particulados orgânicos e inorgânicos.

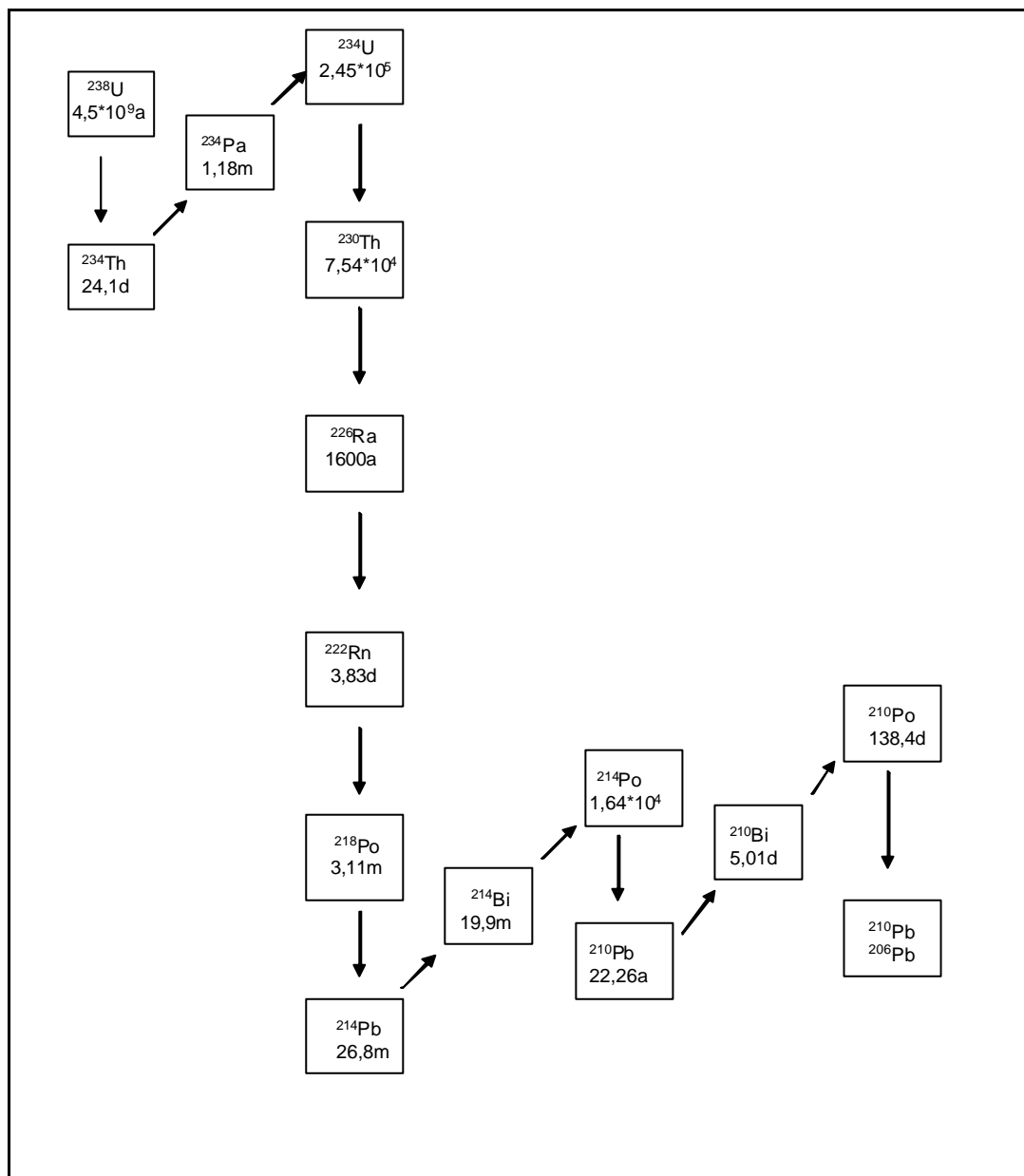


FIGURA 1- SÉRIE DO DECAIMENTO DO  $^{238}\text{U}$  (DECAIMENTO ALFA ↓ DECAIMENTO BETA ↗)

Deve-se entender que o  $^{210}\text{Pb}$  decai para o  $^{210}\text{Bi}$  através de emissão de partículas  $\beta$  com um máximo de energia (61KeV) em apenas 19% e com menor energia (15KeV) na sua maior parte de 81% da qual há um decaimento de 4% em emissão de raios gama com 46,5 KeV. O filho  $^{210}\text{Bi}$ , apresenta uma energia bem superior (1161 KeV) que o seu antecessor  $^{210}\text{Pb}$ , decaindo exclusivamente pela emissão de elétrons  $\beta$  para  $^{210}\text{Po}$ . Este que é o neto de  $^{210}\text{Pb}$ , decai por emissão de partículas  $\alpha$  (5305 KeV) para um isótopo estável do chumbo, o  $^{206}\text{Pb}$ .

Observa-se na figura 2 o esquema de decaimento do  $^{210}\text{Pb}$  (extraído de PACER, 1983).

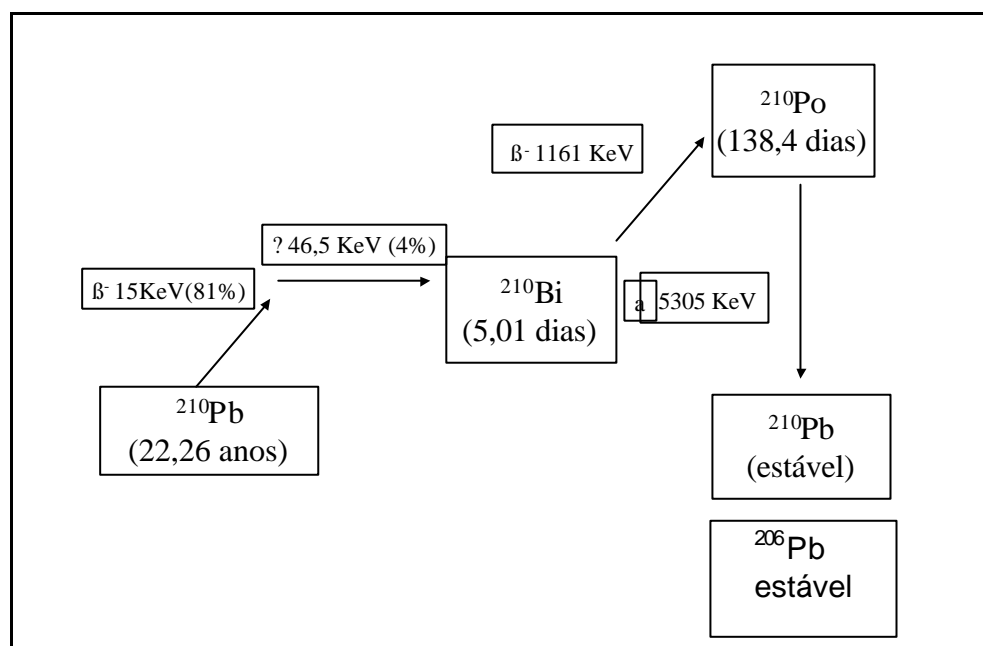


FIGURA 2- ESQUEMA DE DECAIMENTO DO  $^{210}\text{Pb}$ . SEGUNDO PACER, 1983

Ao separar o  $^{210}\text{Pb}$  em excesso dos sedimentos, estão presentes também quantidades de  $^{210}\text{Bi}$  e  $^{210}\text{Po}$  não necessariamente em equilíbrio radioativo secular com o chumbo. O equilíbrio radioativo secular representa o crescimento dos filhos ou netos de um radionuclídeo até um valor máximo constante, em função da taxa de

decaimento deste ser constante para o período de observação considerado (CHOPPIN, 1964).

## **2 HIPÓTESE E OBJETIVOS**

### **2.1 HIPÓTESE**

Considerando a expansão industrial na baía de Sepetiba nos últimos 50 anos, onde esta possui um histórico de contaminação por metais pesados e considerando a preservação da baía da Ilha Grande já que esta não possui fontes pontuais importantes, tem-se como hipótese que um possível transporte de material da baía de Sepetiba possa alcançar os sedimentos da baía da Ilha Grande.

### **2.2 OBJETIVO GERAL**

O presente trabalho tem como objetivo geral à comparação dos perfis sedimentares de dois pontos amostrais das baías de Sepetiba e Ilha Grande nos últimos 50 anos; comparando as concentrações, seus fatores de enriquecimento, bem como os fluxos de deposição de metais entre esses dois locais coletados (Porção Leste da baía de Sepetiba - SEP01/5 e Enseada de Abrão em Ilha Grande – BIG02) a fim de avaliar a dimensão comparativa da acumulação de metais traço após o período industrial.

### **2.3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para atingir o objetivo exposto à cima, faz-se necessário à realização dos seguintes objetivos específicos associados:



- 1- Comparar a deposição dos metais de interesse ambiental com possíveis fatores controladores da deposição destes nos pontos estudados (Al, Mn, Fe e matéria orgânica).
- 2- Determinar comparativamente através da cronologia do  $^{210}\text{Pb}$  a evolução da deposição da matéria orgânica e dos metais nos pontos amostrados.
- 3- Comparar o incremento dos valores normalizados pelo Al nos dois pontos amostrados.
- 4- Comparar o grau de enriquecimento dos metais em perfis datados com  $^{210}\text{Pb}$  nas duas áreas de estudo a partir do início da industrialização em relação à evolução dos fluxos dos metais estudados.

### 3 ÁREA DE ESTUDO

#### 3.1 BAÍA DE SEPETIBA

##### 3.1.1 Caracterização geral

A Baía de Sepetiba (figuras 3 e 4) compreende uma área de 300 km<sup>2</sup>. Em geral possui águas pouco profundas, apresentando em cerca de metade de sua área, profundidades inferiores a 6m. As menores profundidades se encontram no setor leste. Na porção central uma depressão alongada atinge profundidades de até 8 m. O contato com o oceano se faz principalmente, pelo setor oeste, através de dois canais, com profundidades máximas variando entre 24 e 31 m. A baía apresenta 3 canais no setor oeste, onde o primeiro se encontra na entrada da baía à sul da ilha Guaíba, com um máximo de 31 m de profundidade; o segundo e também o principal dentre eles, encontra-se entre a Ilha de Itacuruçá e a Ilha de Jaguanum, com profundidade máxima de 27m; e o terceiro encontra-se entre a ilha de Itacuruçá e o continente, que por sua vez atinge apenas 5 m de profundidade (STEVENSON *et al.*, 1998; BORGES 1990). Um dos canais entre as Ilhas de Itacuruçá e Jaguanum é utilizado como acesso ao porto de Sepetiba. Uma outra ligação mais restrita com o oceano é o canal de maré da Barra de Guaratiba, na extremidade leste da restinga, em cuja retaguarda se desenvolve amplo manguezal, parte da reserva biológica e arqueológica de Guaratiba (SEMA 1998).

A Baía de Sepetiba, com um formato elipsoidal, foi caracterizada como uma laguna separada do Oceano Atlântico Sul por uma ilha-barreira de aproximadamente 40 km de comprimento e 16 km de largura, a Restinga Marambaia, que à protege das altas energias oceânicas na sua parte sul. As conexões com o mar aberto se fazem à oeste com alguma dificuldade devido ao cordão de ilhas migmatíticas que barram parcialmente a abertura mais ampla da laguna. Do lado leste, a Barra de

Guaratiba representa o meio através do qual tal conexão é feita de forma restrita. Nas adjacências deste local instala-se uma ampla área de sedimentação intermaré, onde se desenvolvem planícies de inundação dominadas por manguezais (MOURA *et al.*, 1982). O volume d'água na baía varia entre 2,38 a  $3,06 \times 10^9$  m<sup>3</sup> com um tempo de residência em torno de 99 horas (WATTS, 1990).

### 3.1.2 Clima

O clima na área é do tipo tropical quente e úmido, tipo A de Koppen (MOURA *et al.*, 1982) com índice de pluviosidade variando entre 1500 mm a 2500 mm anuais, com valores máximos mensais durante o verão e mínimos durante o inverno (IEF/RJ, DCN, 1989). O aporte fluvial é da ordem de  $7,6 \times 10^6$  m<sup>3</sup>, com o canal de São Francisco sendo responsável por 86% do fluxo total. O vento predominante na área é o vento Sul que sopra durante todos os meses do ano, sendo mais freqüentes sua ocorrência nos meses de verão, sendo que sua velocidade varia de 6,8 – 8,2 km/h. Seguem-se, em ordem decrescente de freqüência por direção, os ventos de sudeste, noroeste, sudoeste, nordeste, leste, norte e oeste, os dois últimos inexpressivos, tanto em termos de freqüência de ocorrência quanto em termos de velocidade (SEMA, 1998). Quando ocorrem chegadas de frente frias verificam-se rajadas vindas ora do sudoeste ora de sudeste, atingindo velocidades superiores a 70 km/h, que alteram as correntes superficiais da Baía de Sepetiba revolvendo a água até 1,5 metro de profundidade. As rajadas vindas de sudeste pressionam as águas contra Sepetiba, espalhando os sedimentos trazidos pelo Rio Guandu e ajudando a assorear o canal principal; aquelas vindas de sudoeste pressionam as águas em direção ao canal que deságua em Barra de Guaratiba, elevando um pouco o nível das águas e inundando as áreas baixas do manguezal (BORGES, 1998; PEREIRA, 1998).

### 3.1.3 Hidrologia

Dentro da baía, as correntes são caracteristicamente ligadas à maré e apresentam velocidades elevadas em certos trechos como, por exemplo, no canal principal entre a Ilha de Itacuruçá e a Ilha de Jaguanum onde podem alcançar 1,5 nós. A circulação de água na baía é regida pelo fluxo e refluxo da maré. Como na maioria das baías e estuários, a onda de maré na baía de Sepetiba é do tipo estacionária, que não depende tanto da profundidade, mas sim da amplitude e de outros fatores físicos, como ventos, morfologia de fundo e configuração de canais. No caso da baía de Sepetiba, os fatores que determinam a circulação são a maré, a morfologia costeira a batimetria e o padrão dos ventos. O padrão de circulação na baía de Sepetiba resulta em um pequeno tempo de residência da água, 4 dias; uma grande mistura da coluna d'água, e a ausência de estratificação. O sistema de maré é do tipo semidiurno, com desigualdade diurna, apresentando-se assim com duas preamares e duas baixa-mares de diferentes alturas (SEMADS, 2001). As águas que penetram na baía são frias e densas, provenientes da plataforma continental que após sofrerem aquecimento no interior da baía, retornam pelo canal entre o Morro da Marambaia e a Ilha de Jaguanum.

### 3.1.4. Geologia

Segundo Ponçano *et al.* (1979), três unidades geológicas diferentes constituem a área na bacia da Baía de Sepetiba. A primeira constitui-se de rochas ígneas e metamórficas de idade Pré-Cambriana e de orientação geral NE; as direções do relevo Pré-Cambriana, que foram reativadas no Mesozóico, fornecem o arcabouço do relevo, abrigando as planícies costeiras que têm orientação NE bem como o padrão da escarpa principal da Serra do Mar e as ilhotas e morros isolados por sedimentos Cenozóicos. A segunda constitui-se de rochas intrusivas básicas e alcalinas de idade Meso-Cenozóica, dispostas na forma de diques orientados, de

preferência no sentido NE e, subordinadamente, noroeste; as intrusões ocorrem exclusivamente no Maciço do Tinguá, área não abordada neste trabalho e do Mendanha, permitindo a ocorrência de altitudes elevadas nestas áreas, visto serem resistentes à erosão por sua homogeneidade mineralógica e estrutural (PEREIRA, 1998). A terceira unidade constitui-se de sedimentos quaternários nas planícies costeiras, abrangendo sedimentos fluviais, de canais de maré e de mangue formando a Baixada de Sepetiba e a Restinga da Marambaia.

Ao lado da Serra do Mar, com seus picos graníticos, estende-se a planície quaternária, onde as areias das praias primitivas se acham recobertas por uma camada de argila impermeável cuja espessura, variável, diminui a medida em que se aproxima do litoral. As serras que circundam a Baixada de Sepetiba constituem-se de rochas granito-gnáissicas intercaladas por veios de diabásio além de grande quantidade de pirita, em cubos isolados ou geminados, com suas estrias características. Vários picos de rochas nefelínicas podem ser encontrados nesta região. Pereira (1998) coloca que o maciço Gericinó -Marapicú, que limita a baixada leste, é constituído por uma rocha efusiva da família dos fenólitos.

### 3.1.5 Granulometria

Como decorrência do aporte de material fino, em suspensão, pelo sistema hidrográfico que drena a extensa planície de Sepetiba, a cobertura do fundo da baía, segundo Ponçano (1976), é predominantemente lamosa (silte com manchas de argila associados à desembocadura dos rios Guandu e São Francisco e a leste da Ilha de Itacuruçá) com areia na entrada da baía e ao longo da restinga da Marambaia.

## 3.2 BAÍA DA ILHA GRANDE

### 3.2.1 Caracterização geral

Unidade fisiográfica de expressão, a baía da Ilha Grande (figuras 3 e 4) foi dividida por Mahiques (1987) em três corpos distintos: A área leste, localizada à leste da Ilha Grande até a entrada da baía de Sepetiba, a área oeste, correspondendo ao embaiamento à oeste da Ilha Grande, e o canal central, depressão estreita, alongada e profunda, localizado entre a Ilha Grande e o continente.

Tanto o corpo leste quanto o oeste têm a batimetria controlada por canais, provavelmente remanescentes do período interglacial, quando o nível do mar se encontrava muito distante da costa atual, e o atual fundo marinho da baía se encontrava emerso. Na área oeste as menores profundidades, inferiores a 10m, ocorrem nas pronunciadas reentrâncias do litoral oeste (enseada de Parati) e norte (baía da Ribeira). As profundidades aumentam rapidamente em direção ao eixo do embaiamento, formando um canal cuja profundidade máxima, em torno de 40 m, é atingida nas proximidades de sua desembocadura. O mesmo canal inflete em direção ao Canal Central (MAHIQUES 1987). Este último apresenta duas profundas depressões isoladas, a primeira, cerca de 25m abaixo da topografia circundante, e a segunda com profundidade total de 55m cuja origem foi relacionada por Mahiques (1987) à ação de correntes de maré, por ocasião da transgressão holocênica, quando o nível do mar se encontrava a cerca de 25 m acima do nível atual e o escoamento se fazia de oeste para leste, aprofundando segundo Ponçano (1976), o canal previamente entalhado, durante o último período glacial, por escoamento fluvial ao longo de um alinhamento tectônico. Na área leste o fundo marinho apresenta topografia menos irregular, com profundidade variando entre 10 e 25m, e um canal com profundidade de até 31m, de direção nordeste-sudoeste, passando ao sul da ilha Guaíba em direção à Ilha Grande, para então infletir em direção ao canal central.

### 3.2.2 Clima

Possui um clima tropical quente e úmido e apresenta uma temperatura média anual de 22,5 °C com a máxima média 25,7 °C registrada em fevereiro e a mínima média de 19,6 °C registrada em julho.

A pluviosidade da região é elevada, de 1500 a 2000 mm anuais, com maior concentração das chuvas entre dezembro e março. É a região que possui o maior índice pluviométrico do Estado do Rio de Janeiro. Entre junho e agosto, os meses mais secos, a média é de 87 mm. A ocorrência de ventos frontais e convectivos costuma gerar tormentas tropicais de elevada precipitação, o que provoca a erosão das terras, ocasionando deslizamento de encostas e inundações nas zonas de baixadas (SEMA, 1997).

Os ventos que predominam na região da Baía de Ilha Grande são Sul, Sudeste, Sudoeste, Leste, Nordeste e Noroeste, com velocidades médias de 2 a 6 metros/s. Maio é considerado o mês de maior calma, devido ao abrigo dos ventos leste pela topografia da região.

### 3.2.3 Hidrologia

Segundo Lima (1985), as correntes geradas pelo vento são as responsáveis pela circulação interna nas enseadas, e pela transferência de material para o exterior das enseadas, sendo também as responsáveis pela ressuspensão do material de fundo. Na região da baía da Ilha Grande, onde predominam os ventos de Este pode haver variações devido ao relevo montanhoso, sendo possível também a ocorrência dos ventos NE.

### 3.2.4 Geologia

A baía de Ilha Grande encontra-se inserida no contexto geológico do Complexo Costeiro, de idade arqueana. Nesta região, predominam metamorfitos das fácies anfibolito e granulito que sofrem migmatização e granitização em vários graus, e que tem como tipos litológicos mais característicos, gnaiesses e migmatitos, com intercalações de xistos, quartzitos, mármore e calcossilicáticas, ocorrendo ainda faixas e bolsões de material granulítico (HASUI et al., 1982 *apud* MAHIQUES, 1987). Em conjunto com esses metamorfitos de alto grau, ocorrem corpos graníticos sin a pós-tectônicos. A oeste, ocorre granitóides grosseiros, com zircão e leucogranitos róseos com titanita.



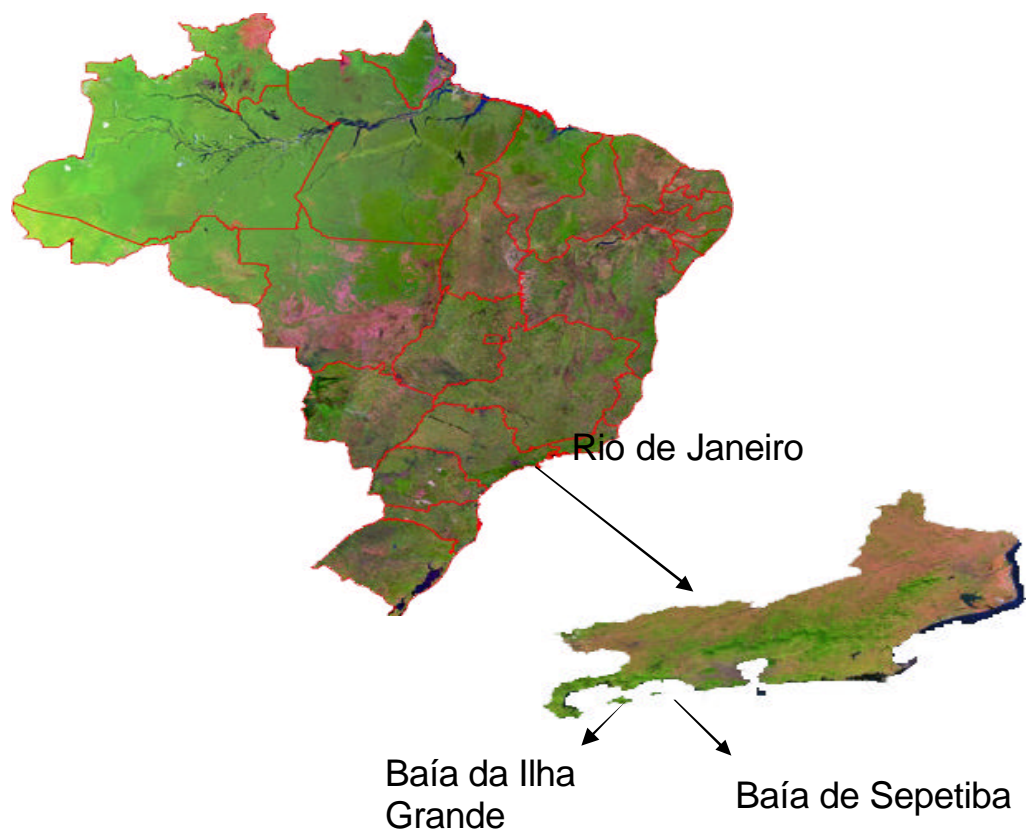


FIGURA 3- MAPA DE LOCALIZAÇÃO DAS ÁREAS DE ESTUDOS: BAÍAS DE SEPETIBA E ILHA GRANDE, Rio de Janeiro - Brasil



FIGURA 4- IMAGEM SATÉLITE DA BAÍA DE SEPETIBA E DA BAÍA DA ILHA GRANDE

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

### 4.1 Amostragem

Testemunhos sedimentares foram coletados em pontos previamente selecionados nos dois sistemas descritos anteriormente com tubos de acrílicos (70 cm x 7 cm) fatiados a cada 1cm até 10 cm de profundidade e a cada 2 cm a partir dos 10 cm de profundidade em seguida foram acondicionados em sacos plásticos e as amostras foram mantidas resfriadas para o transporte até o laboratório, onde então foram congeladas. O testemunho SEP 01/5 com aproximadamente 30 cm foi coletado em 23°01'08,0"S 43°40'36, 1"W na porção leste da baía de Sepetiba (figura 5) e o testemunho BIG 02 com aproximadamente 40 cm foi coletado na Enseada do Abraão (23°08'13.1"S 44°09'30.9" W) na baía da Ilha Grande (figura 6). Os pontos de amostragem foram georreferenciados com Sistema de Posicionamento Global (GPS).

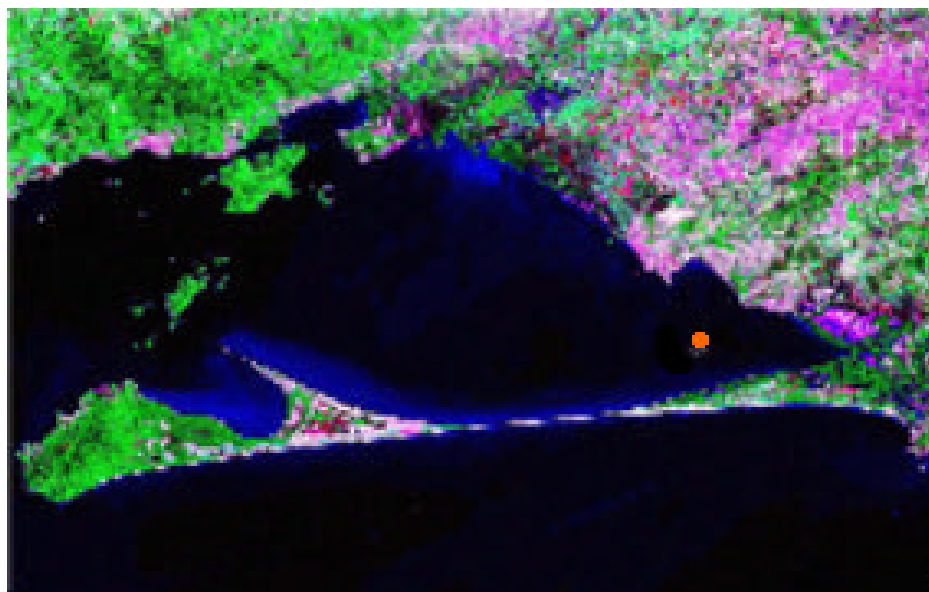


FIGURA 5- LOCAL DE COLETA DO TESTEMUNHO DA BAÍA DE SEPETIBA SEP01/5

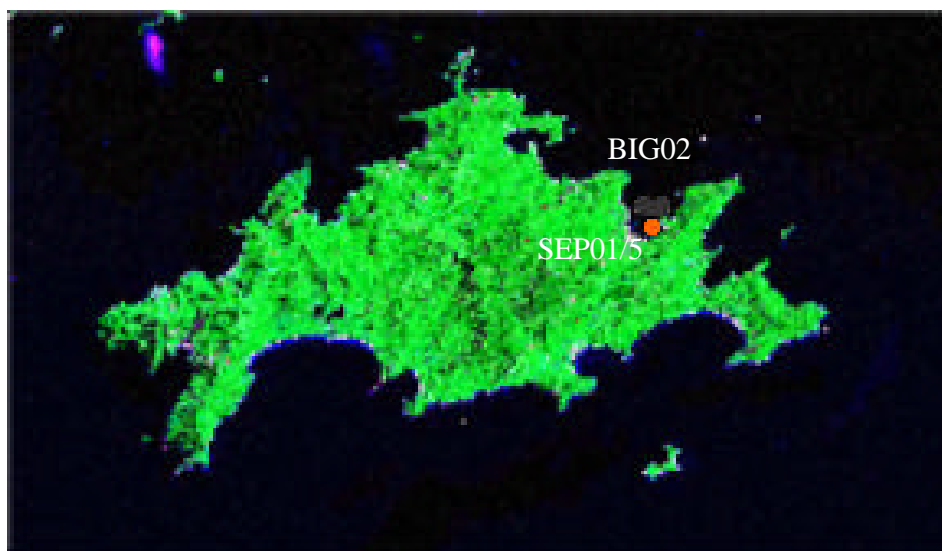


FIGURA 6- LOCAL DE COLETA DO TESTEMUNHO DA BAÍA DA ILHA GRANDE BIG02

## 4.2. TEOR DE ÁGUA

O sedimento foi pesado em balança analítica, e seco em estufa a 50°C por aproximadamente 48 horas até obter peso constante. Todas as amostras foram pesadas em balança analítica. O conteúdo de água foi determinado como a diferença entre os pesos úmido e seco do sedimento conforme descrito por Hakanson & Jansson (1983) na fórmula:

$$\%H_2O = ((m_u - m_s/m_u) \times 100)$$

Onde:

$m_u$  = massa do sedimento úmido;

$m_s$  = massa do sedimento seco.

## 4.3. DENSIDADE APARENTE

Para se estimar a densidade aparente utilizou-se cubos de polietileno de 8cm<sup>3</sup> de volume, sendo que estes foram previamente pesados em balança analítica (precisão de 0,0001g), limpos através de lavagem química por meio de banhos de detergente neutro a 5% (Extran) e de HCl a 2%, permanecendo imersos por um período de 24 horas em cada banho e secos em seguida em estufa à uma

temperatura de 50°C, pois as amostras serão utilizadas para futuras análises químicas. Para a obtenção do peso seco utilizou-se uma temperatura de 50°C, durante um período de 72h, até obter-se o peso constante.

A determinação da densidade aparente ( $D_a$ ) foi realizada como descrito em Cordeiro (1996), sendo então calculada através da seguinte fórmula:

$$D_a = P_s/V_t$$

$D_a$  = Densidade aparente ( $\text{g/cm}^3$ )

$P_s$  = Peso seco (g)

$V_t$  = Volume total da amostra úmida

#### 4.4. DETERMINAÇÕES DO CARBONO E NITROGÊNIO TOTAL, RAZÃO C/N

Para a caracterização da matéria orgânica foram analisadas as concentrações do carbono orgânico e nitrogênio orgânico em analisador automático CHN (Perkin Elmer) na amostra descarbonatada com HCl 1 molar. Com os resultados obtidos, foram calculadas as razões C/N para todo perfil sedimentar.

#### 4.5. DETERMINAÇÃO DOS METAIS Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn

O procedimento de decomposição das amostras de sedimentos utilizado no trabalho se refere à abertura total das amostras.

Após o sedimento ser seco conforme descrito para análises de teor de água, foi macerado e homogeneizado. Em seguida, pesou-se 0,5g deste sedimento em balança analítica, onde foram adicionados em seguida 5 mL de  $\text{H}_2\text{O}_2$  à quente até

secura com a finalidade de se eliminar a matéria orgânica. Após isto, foram adicionados 5 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado e novamente levado à secura. Em seguida, foram adicionados 5 mL de HF até a abertura total ser completa. Depois da abertura total da amostra, foi feita uma diluição, utilizando-se 20 mL de HNO<sub>3</sub> 2 molar. Em seguida foi feita a filtração e a amostra foi acondicionada em balão de 50 mL. Estes procedimentos foram realizados em banho de areia à 200°C (Cardoso *et al.*, 2001, modificado).

Para a determinação simultânea dos elementos Al, Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, V e Zn foi utilizada a Espectrometria de Emissão Atômica com Plasma Indutivamente Acoplado (ICP/AES), onde é possível obter exatidão e precisão das análises.

#### 4.6 DETERMINAÇÃO DE <sup>210</sup>Pb EM SEDIMENTOS

A medida indireta de <sup>210</sup>Pb pela espectrometria alfa ( $E_{\text{máx}} = 5,3 \text{ MeV}$ ) do <sup>210</sup>Po (meia vida 138 dias) tem sido o método mais utilizado para determinar a atividade do <sup>210</sup>Pb em sedimentos, função da deposição espontânea do polônio em prata ou cobre seguindo uma extração simples com ácido clorídrico (JOSHI, 1989). A partir das atividades do <sup>210</sup>Po, considera-se que as emissões alfa correspondem as emissões beta do <sup>210</sup>Pb, assumindo que ambos estejam em equilíbrio secular.

Porém, apesar de ser largamente utilizado; este método apresenta desvantagens tais como longo tempo de espera desde a separação até que seja alcançado o equilíbrio secular entre o <sup>210</sup>Po e o <sup>210</sup>Pb e interferências de oxidantes, matéria orgânica e elementos que também se depositam na prata (FORTE, 1996).

Para se interpretar os perfis <sup>210</sup>Pb, pode-se utilizar dois modelos básicos de datação apresentados na literatura (MATSUMOTO, 1975; APPLEBY; OLDFIELD, 1978; APPLEBY; OLDFIELD, 1983; SHUKLA; JOSHI, 1989; JOSHI; SHUKLA, 1991). O primeiro modelo CIC (Constant Initial Concentration) assume que a

concentração inicial de  $^{210}\text{Pb}$  em excesso para o sedimento é constante e o segundo modelo CRS (“Constant Rate Supply”) assume que a taxa de fornecimento de  $^{210}\text{Pb}$  em excesso para o sedimento é constante; os dados são considerados da atividade diferencial ( $C(t)$ ,  $\text{Bq.g}^{-1}$ ) e em termos da atividade integrada ( $A(t)$ ,  $\text{Bq.cm}^{-2}$  para os modelos CIC e CRS respectivamente). Ambos os modelos assumem que o fluxo de  $^{210}\text{Pb}$  ( $P$ ,  $\text{Bq.cm}^{-2}\text{.ano}^{-1}$ ) na interface sedimento/água é constante. É importante ressaltar que somente o modelo CRS considera as variações nas taxas de sedimentação ao longo do perfil, pois o modelo CIC assume as taxas constantes para todo o perfil (SHUKLA; JOSHI, 1989).

A figura 7, extraída de Forte (JOSHI; SHUKLA, 1991) descreve os principais parâmetros utilizados em ambos os modelos de datação para a determinação da taxa de sedimentação e da idade do sedimento. Os quais são:

$C(0)$  = atividade de  $^{210}\text{Pb}$  em excesso por grama de sedimento seco na interface sedimento-água

$C(x)$  = atividade de  $^{210}\text{Pb}$  por grama de sedimento seco da profundidade  $x$  (cm)

$A(0)$  = atividade integral de  $^{210}\text{Pb}$  em excesso abaixo da superfície do sedimento ( $\text{Bq/cm}^{-2}$ )

$A(x)$  = atividade residual de  $^{210}\text{Pb}$  em excesso até a profundidade  $x$  ( $\text{Bq/Kg}$ )



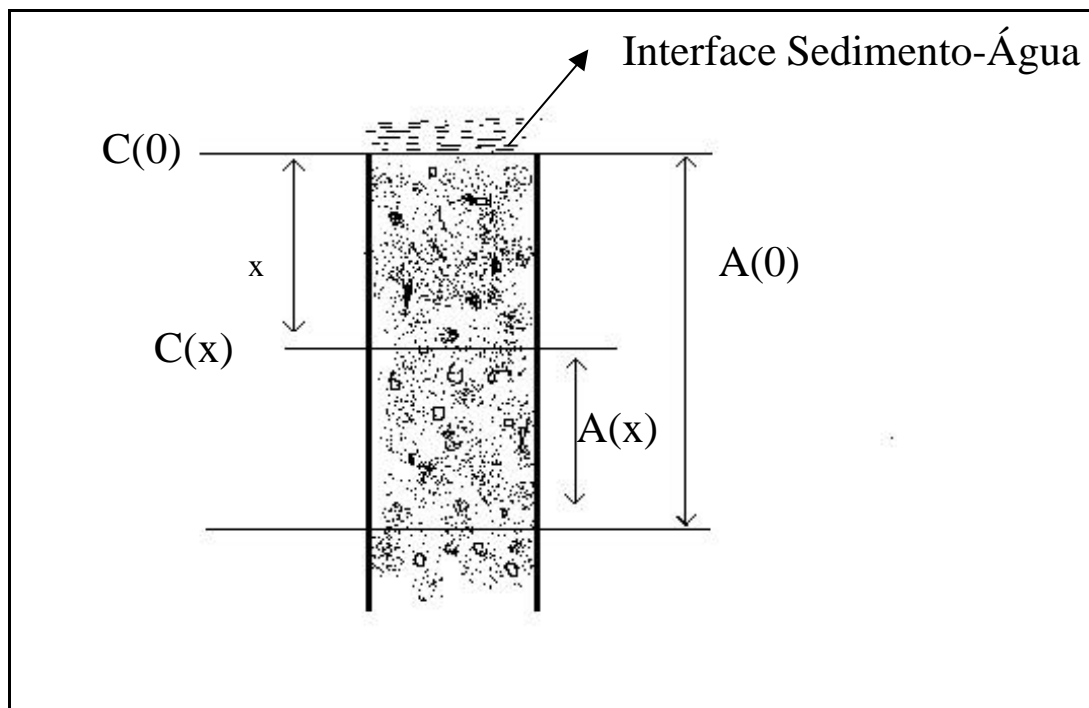


FIGURA 7- PRINCIPAIS PARÂMETROS UTILIZADOS NOS MODELOS DE DATAÇÃO COM  $^{210}\text{Pb}$

No presente estudo utilizou-se a medida indireta de  $^{210}\text{Pb}$  pela espectrometria alfa do  $^{210}\text{Po}$ , porém em função do longo tempo de espera, os cálculos das taxas de sedimentação foram baseados nas atividades do  $^{210}\text{Po}$ , que não é o mais adequado em função de sua meia vida ser curta (138 dias), acarretando incertezas na datação das camadas dos testemunhos, principalmente nas camadas mais antigas. Assim o modelo utilizado para o cálculo foi o CIC, que considera uma taxa de sedimentação constante, que seria o mais aceitável em função da precisão obtida neste trabalho.

Para esta finalidade pesou-se cerca de 2g de sedimento seco e macerado de cada fatia do testemunho, em erlenmeyer, onde foram adicionados 10 mL de  $\text{HNO}_3$  e  $\text{HClO}_4$  concentrados simultaneamente. Em seguida as amostras foram aquecidas em chapa à uma temperatura de  $80^\circ\text{C}$ , até quase a secura. Adicionou-se então 2mL de HCl concentrado e novamente levou-se quase a secura. O resíduo foi dissolvido em 100 mL de HCl 0,5 M, sendo adicionado 250 mg de ácido ascórbico, sendo este

agitado por 4 horas para que ocorra uma espontânea deposição do  $^{210}\text{Pb}$  em um disco de aço para que houvesse a eletrodeposição espontânea do  $^{209}\text{Po}$  e  $^{210}\text{Pb}$  na mesma. Acrescentou-se ácido ascórbico, à temperatura ambiente, para reduzir caso houvesse, algum ferro presente. A presença de ferro, neste caso, é percebida pela mudança da coloração amarela para branca. A solução resultante é guardada para uma posterior extração do  $^{210}\text{Po}$ , durante aproximadamente seis meses, com o objetivo de se atingir o equilíbrio secular entre o  $^{210}\text{Po}$  e o  $^{210}\text{Pb}$  (GOUVEA *et al.*, 1987). A leitura do disco foi realizada pelo aparelho Alpha Analyst da Camberra Ltda, que é equipado com quatro detectores de barreira de superfície tipo PIPS, calibrado com padrão de  $^{241}\text{Am}$ , para a determinação da atividade de  $^{210}\text{Pb}$ . Para ser medida a atividade do  $^{210}\text{Pb}$ , este método assume que o equilíbrio radioativo entre o  $^{210}\text{Po}$  e o  $^{210}\text{Pb}$  é estabelecido, por esta razão é que se espera em torno de seis meses para se fazer uma nova medida do  $^{210}\text{Po}$  no disco de aço. O rendimento radioquímico do método fica em torno de 98% e o radiométrico de 36,4% (máximo = 50%). Os cálculos das taxas de sedimentação foram feitos pelo modelo CIC, onde este assume que as taxas de sedimentação são aproximadamente constantes para os últimos 100 anos, período que representa a faixa de sensibilidade média de datação do  $^{210}\text{Pb}$  em sedimentos.

Os perfis para este modelo relacionam o logaritmo natural ( $\ln$ ) da atividade do  $^{210}\text{Pb}$  com a profundidade, obedecendo a equação do decaimento radioativo.

$$C(x) = C(0) \cdot e^{-\lambda t}$$

Onde:

$C(x)$  = atividade do  $^{210}\text{Pb}$  por grama de sedimento seco em função da profundidade  $x$  (cm);

$C(0)$  = a atividade na interface sedimento/água.

$\lambda$  = constante do decaimento radioativo do  $^{210}\text{Pb}$ .

Considerando que a taxa de sedimentação é uma constante, têm-se:

S = taxa de sedimentação em cm/ano

X = profundidade em cm.

T = tempo em anos.

Onde a partir das duas equações anteriores obtém-se:

$$C(x) = C(0) \cdot e^{-\lambda x/S}.$$

Quando a atividade do  $^{210}\text{Pb}$  é plotada em escala logarítmica contra a profundidade, o coeficiente angular da reta é  $-\lambda/S$ , calculando-se assim a taxa de sedimentação.

A taxa de sedimentação utilizada para o testemunho P 34 na baía de Sepetiba foi adquirida através de resultados obtidos por Borges (1998).

#### 4.7. NORMALIZAÇÃO COM ALUMÍNIO

Para dissociar a entrada de metais em função de aportes de argilo-minerais com grande capacidade de adsorção de metais, foi utilizada a normalização das concentrações dos metais com o Al, uma vez que é o elemento conservativo mais usado (KEMP, 1976) em função de suas altas concentrações em argilo-mineral e também devido geralmente haver ausência de fontes antrópicas significativas. Utilizamos então o Al como elemento de referência para normalizar os resultados obtidos para cada metal nos testemunhos, uma vez que este elemento é muito insolúvel e tem pouca mobilidade permanecendo preso na estrutura do mineral, sendo assim a variabilidade dele corresponde a variabilidade do mineral, sendo utilizado no presente estudo com a finalidade de retirar o efeito granulométrico.

A normalização foi feita através da relação da concentração do metal pela concentração do Al.

$([Me]/[Al])_{amostra}$  = relação entre as concentrações do metal e do Al na amostra.

#### 4.8. FATOR DE ENRIQUECIMENTO (FE)

Para estimarmos a entrada antropogênica no período industrial calculou-se o fator de enriquecimento para cada metal segundo Kemp et al (1976).

$$FE = [Me_{(a)}/Al_{(a)}] - [Me_{(f)}/Al_{(f)}] / [Me_{(f)}/Al_{(f)}]$$

Onde:

$Me_{(a)}$  = concentração do metal na amostra

$Al_{(a)}$  = concentração de Al na amostra

$Me_{(f)}$  = concentração do metal no folhelho médio

$Al_{(f)}$  = concentração de Al no folhelho médio

#### 4.9. CÁLCULO DE FLUXOS

Para o cálculo dos fluxos de massa que servirão de base para o cálculo dos fluxos de cada variável estudada foram determinadas as densidades aparentes do sedimento ( $g/cm^3$ ) dos testemunhos coletados conforme descrito anteriormente. (50°C/72h até peso constante).

$$TA = \rho_a \times TS \times C$$

Onde:

TA = Taxa de acumulação do constituinte

$\rho_a$  = densidade aparente (peso seco/volume úmido)

C = Concentração do constituinte

## 5 RESULTADOS

Os resultados serão apresentados separadamente nos dois sistemas estudados. Primeiramente serão apresentados os dados relativos ao testemunho coletado na Baía de Sepetiba (SEP 01/5). Em seguida serão apresentados os dados relativos ao testemunho coletado na Baía da Ilha Grande (BIG02).

### 5.1. TAXA DE SEDIMENTAÇÃO NA BAÍA DE SEPETIBA SEP01/5

A taxa de sedimentação para o testemunho SEP01/5 é 0,4 cm/ano, obtida através de estudos realizados por Borges (1998). Através desta taxa foram estimadas as idades.

### 5.2. CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO TOTAL, RAZÃO C/N E DENSIDADE APARENTE NO PERFIL SEDIMENTAR SEP 01/5

A tabela 1 apresenta as distribuições percentuais das concentrações do carbono orgânico total, nitrogênio total, a razão C/N e a densidade no testemunho SEP01/5, estão expressas graficamente na figura 8. Os valores máximos encontrados para este perfil sedimentar SEP 01/5 foram de 2,59% de COT, (referente à profundidade de 18-20 cm), de 0,73% de NOT (na profundidade de 16-18 cm) e de 14,3 para razão C/N (ocorrido na profundidade de 12 - 14 cm). Os valores mínimos encontrados foram de 1,35% de COT (entre 22 e 24 cm), de 0,1% para NOT entre

(12 e 14 cm) e de 2,4 para razão C/N também entre (12 e 14 cm). Os indicadores orgânicos carbono, e nitrogênio não mostraram nenhuma tendência de incremento ou diminuição em direção ao topo.

A densidade aparente depende da porosidade do sedimento relacionada ao tempo de deposição, ou seja, ao longo de um perfil sedimentar a densidade aparente esta condicionada basicamente à mineralogia. O processo de sedimentação pode resultar muitas vezes em aumento da compressão das camadas superpostas, ocasionando o aumento da densidade com a profundidade, mas também pode apresentar grandes alterações caso ocorram mudanças na qualidade do sedimento (CRUSIUS; ANDERSON, 1991). A densidade aparente é inversamente proporcional ao teor em água em uma determinada amostra e é necessária para o cálculo dos fluxos de metais e de carbono.

Os resultados de densidade estão expressos graficamente na figura 8, apresentando um valor médio de  $0,25 \text{ g/cm}^3$ . O valor máximo encontrado para o testemunho SEP 01/5 foi  $0,31 \text{ g/cm}^3$ , relativo a profundidade de 23 cm. O valor mínimo encontrado foi de  $0,15 \text{ g/cm}^3$  correspondente à profundidade de 25 cm (tabela 1).

A densidade aparente não apresentou tendência de variabilidade ao longo do perfil, havendo uma diminuição nas primeiras profundidades, onde provavelmente ocorre a zona de mistura; e um novo decréscimo na base do testemunho.

TABELA1- VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIAS DE COT, NOT (%), C/N E  $\rho$  ( $\text{g/cm}^3$ ) COM SUAS RESPECTIVAS PROFUNDIDADES (cm) NO SEP01/5 NA BAÍA DE SEPETIBA

	MÁXIMO	PROF	MÍNIMO	PROF	MÉDIA
COT	2,59	18-20	1,35	22-24	1,97
NOT	0,73	16-18	0,1	12-14	0,45
C/N	14,3	12-14	2,4	12-14	5,35
$\rho$	0,31	23	0,15	25	0,25

\* ? – densidade

Fonte: (Neste trabalho)

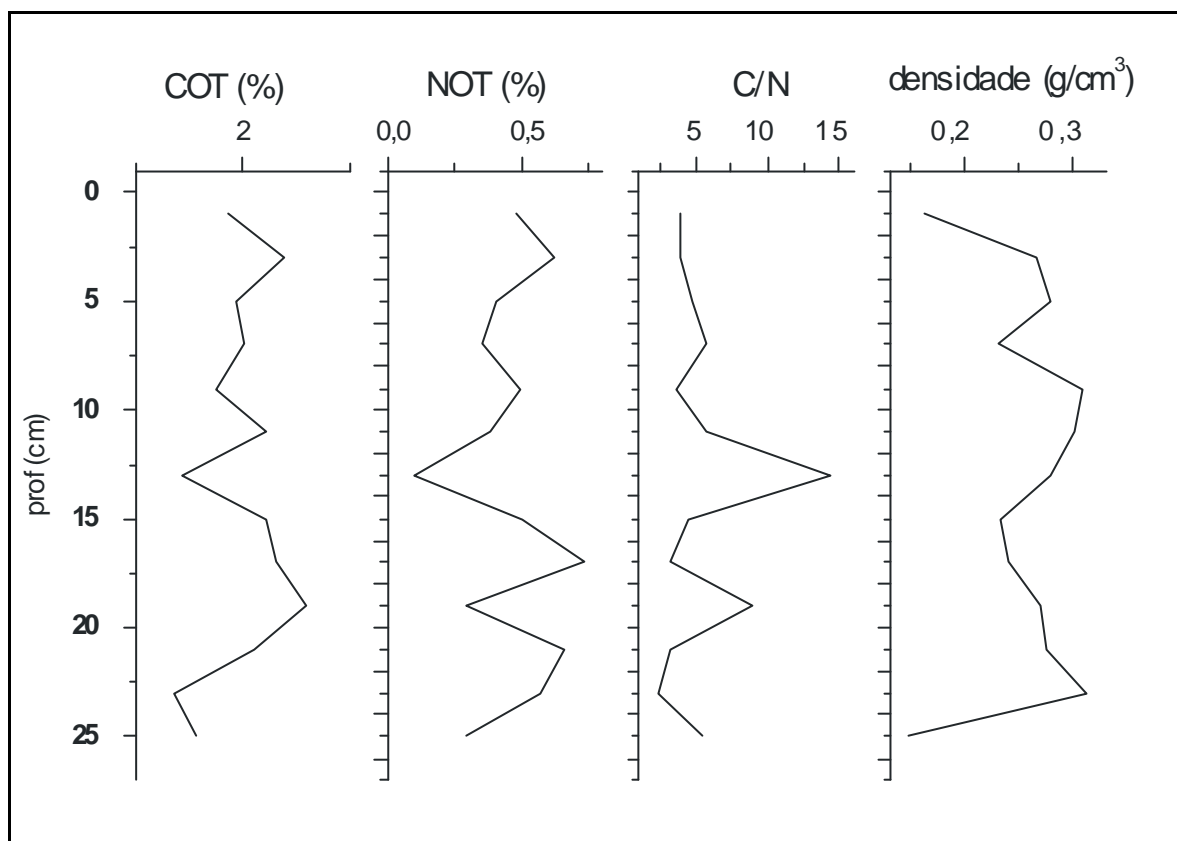


FIGURA 8- DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE CARBONO, NITROGÊNIO, RELAÇÃO C/N E DENSIDADE NO TESTEMUNHO SEP 01/5, NA BAÍA DE SEPETIBA

### 5.3. CONCENTRAÇÃO TOTAL DE METAIS NO TESTEMUNHO SEP01/5

Na tabela 2 estão apresentados os valores médios, assim como os valores máximos, mínimos e os desvios padrões das concentrações de metais determinados no testemunho da Baía de Sepetiba.

TABELA 2 VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS, MÍNIMOS E SEUS DESVIOS PADRÕES (EM  $\mu\text{g/g}$ ) PARA OS METAIS ANALISADOS NO TESTEMUNHO SEP 01/5 NA BAÍA DE SEPETIBA.

metais	média	mínimo	máximo	desv.pad
Al	27868	10537	63608	15530
Ba	65,8	54,0	616,7	90,7
Cd	1,6	0,6	2,8	0,6
Cr	22,2	10,2	44,0	9,2
Cu	10,9	6,7	18,0	3,1
Fe	19599	10022	31815	5976
Mn	117,4	69,0	201,8	38,6
Ni	10,9	6,0	18,6	3,7
Pb	1,79	0,14	4,52	1,50
V	39,9	18,1	64,6	13,5
Zn	307	152	488	90

Fonte: Neste trabalho

As concentrações dos metais no testemunho SEP 01/5 (figura 9 e figura 10) mostram uma tendência a um aumento em direção ao topo, sendo que este aumento começa a ser notável a partir dos 15 cm de profundidade. Entretanto nota-se um decréscimo das concentrações nos primeiros centímetros, provavelmente em função desta camada configurar a zona de mistura. Todos os metais apresentam correlações significativas ( $p < 0,05$ ) entre si conforme mostra a tabela 3.



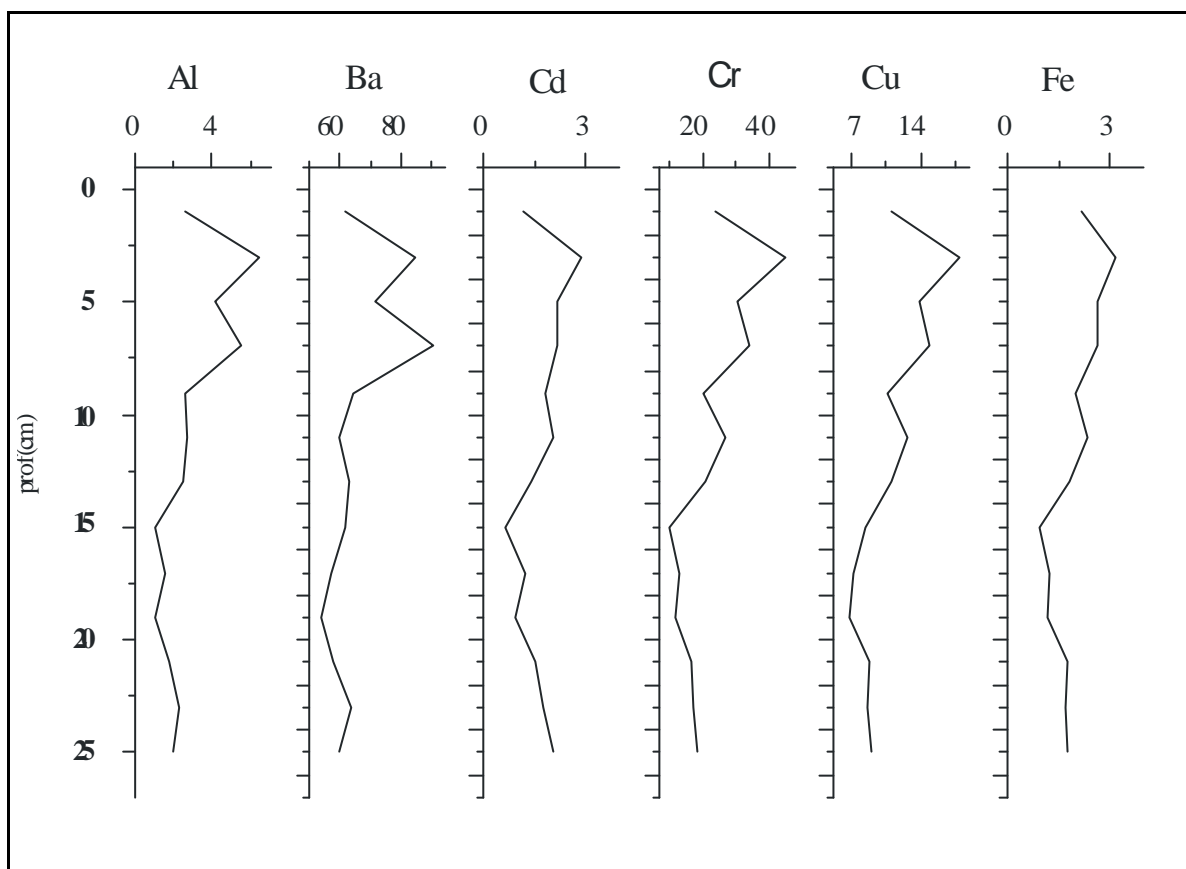


FIGURA 9- DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS ALUMÍNIO, BÁRIO, CÁDMIO, CROMO E COBRE E FERRO NO PERFIL SEDIMENTAR SEP 01/5 (Al E Fe %, Ba, Cd, Cr E Cu  $\mu\text{g/g}$ ).

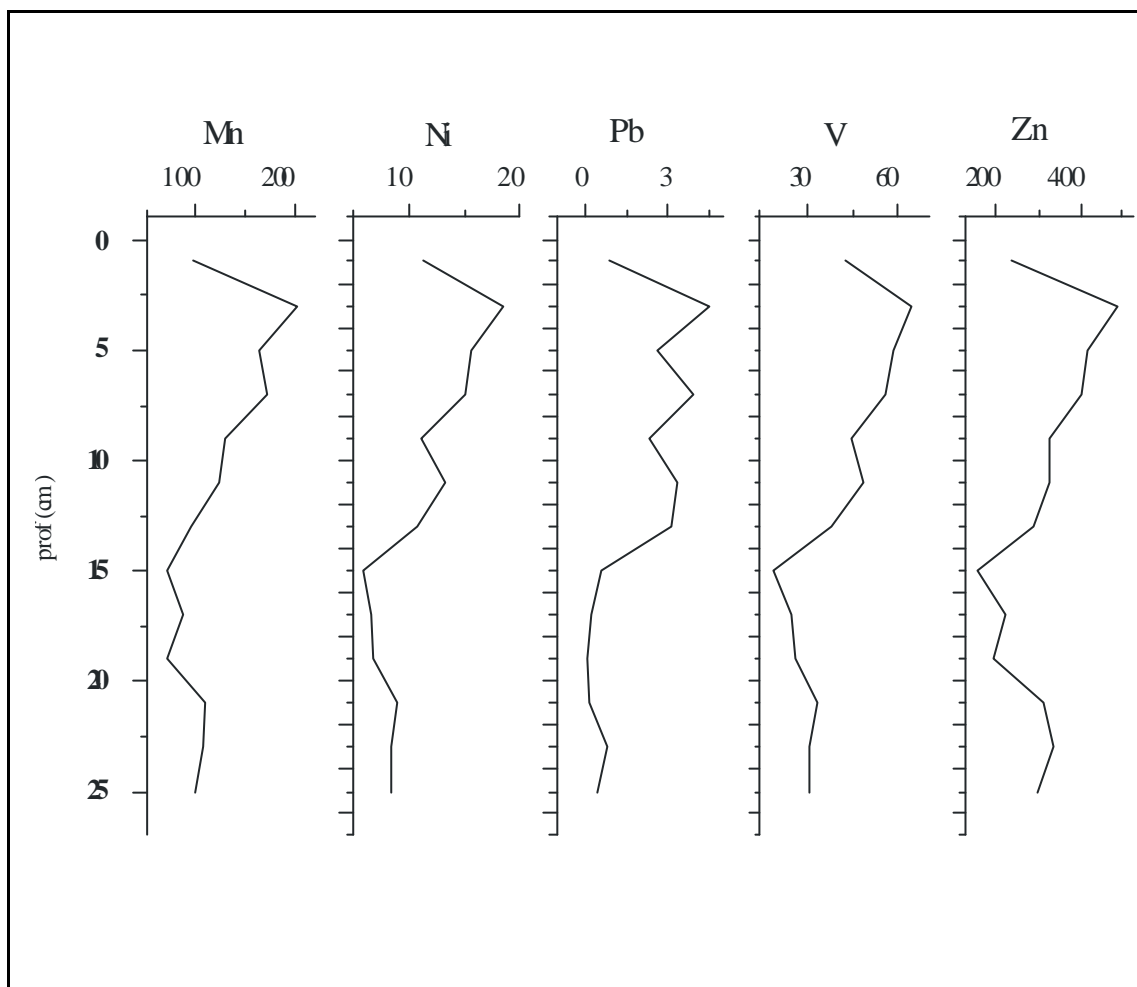


FIGURA 10- DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS MANGANÊS, NÍQUEL, CHUMBO, VANÁDIO E ZINCO NO PERFIL SEDIMENTAR SEP 01/5 ( $\mu\text{g/g}$ )

TABELA 3 MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PROFUNDIDADE, CARBONO, NITROGÊNIO, RELAÇÃO C/N, DENSIDADE E OS METAIS ANALISADOS DA COLUNA SEDIMENTAR (CORRELAÇÕES MARCADAS SÃO SIGNIFICANTES P <0,05) PARA O SEP01/5

	PROF	COT	NOT	C/N	$\rho$	Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V
COT	-0,19														
NOT	0,01	0,32													
C/N	0,02	-0,14	<b>-0,85</b>												
$\rho$	0,02	0,04	0,10	0,07											
Al	<b>-0,67</b>	0,05	0,02	-0,08	0,08										
Ba	<b>-0,58</b>	0,01	-0,0	-0,09	0,01	<b>0,94</b>									
Cd	-0,33	-0,12	0,04	-0,19	0,16	<b>0,84</b>	<b>0,69</b>								
Cr	<b>-0,71</b>	0,07	-0,02	-0,06	0,05	<b>0,97</b>	<b>0,84</b>	<b>0,86</b>							
Cu	<b>-0,76</b>	0,06	-0,07	-0,01	0,09	<b>0,95</b>	<b>0,85</b>	<b>0,80</b>	<b>0,98</b>						
Fe	<b>-0,71</b>	-0,01	-0,02	-0,10	0,08	<b>0,93</b>	<b>0,77</b>	<b>0,88</b>	<b>0,98</b>	<b>0,95</b>					
Mn	<b>-0,60</b>	0,05	0,13	-0,22	0,20	<b>0,96</b>	<b>0,87</b>	<b>0,91</b>	<b>0,94</b>	<b>0,92</b>	<b>0,93</b>				
Ni	<b>-0,75</b>	0,05	-0,07	-0,01	0,16	<b>0,94</b>	<b>0,79</b>	<b>0,84</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,98</b>	<b>0,94</b>			
Pb	<b>-0,67</b>	-0,01	-0,25	0,23	0,31	<b>0,86</b>	<b>0,78</b>	<b>0,74</b>	<b>0,87</b>	<b>0,92</b>	<b>0,83</b>	<b>0,82</b>	<b>0,89</b>		
V	<b>-0,76</b>	0,03	-0,07	-0,04	0,18	<b>0,92</b>	<b>0,77</b>	<b>0,84</b>	<b>0,96</b>	<b>0,95</b>	<b>0,98</b>	<b>0,93</b>	<b>0,99</b>	<b>0,87</b>	
Zn	-0,42	-0,13	0,07	-0,16	0,28	<b>0,90</b>	<b>0,77</b>	<b>0,96</b>	<b>0,89</b>	<b>0,85</b>	<b>0,91</b>	<b>0,96</b>	<b>0,89</b>	<b>0,77</b>	<b>0,89</b>

Fonte: Este trabalho

#### 5.4 NORMALIZAÇÃO PELO ALUMÍNIO NO TESTEMUNHO SEP01/5

Os resultados obtidos para cada metal foram normalizados pelo alumínio como elemento conservativo. Observa-se na figura 11, que as razões das concentrações dos metais pelas concentrações do alumínio não apresentam aumento nas camadas superficiais, com exceção da razão Pb/Al, que mostrou menores valores abaixo dos 15 cm de profundidade. O vanádio não apresentou muita variabilidade ao longo do perfil, mantendo-se praticamente constante.

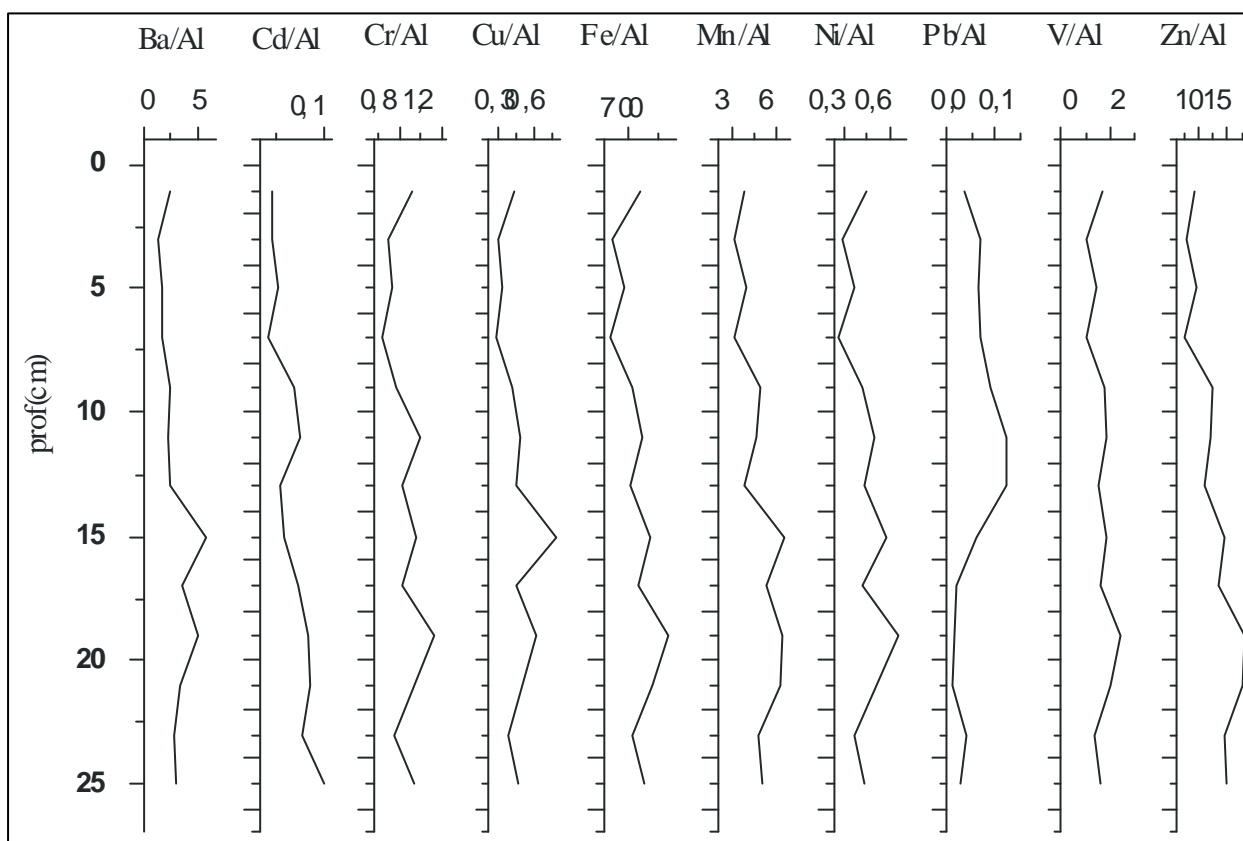


FIGURA 11- GRÁFICO DOS METAIS NORMALIZADOS PELO Al (\*1000) EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DO TESTEMUNHO SEP 01/5.

#### 5.5. FATOR DE ENRIQUECIMENTO (FE) NO SEP01/5 NA BAÍA DE SEPETIBA

A figura 12 apresenta os perfis de fatores de enriquecimento em função das idades estimadas. Observa-se que com exceção do Pb, os demais metais não apresentam incrementos em direção ao topo do testemunho. Na tabela 4 estão em negritos os valores máximos encontrados para cada metal. Cd e Zn são os metais que apresentam maiores valores no testemunho SEP01/5.

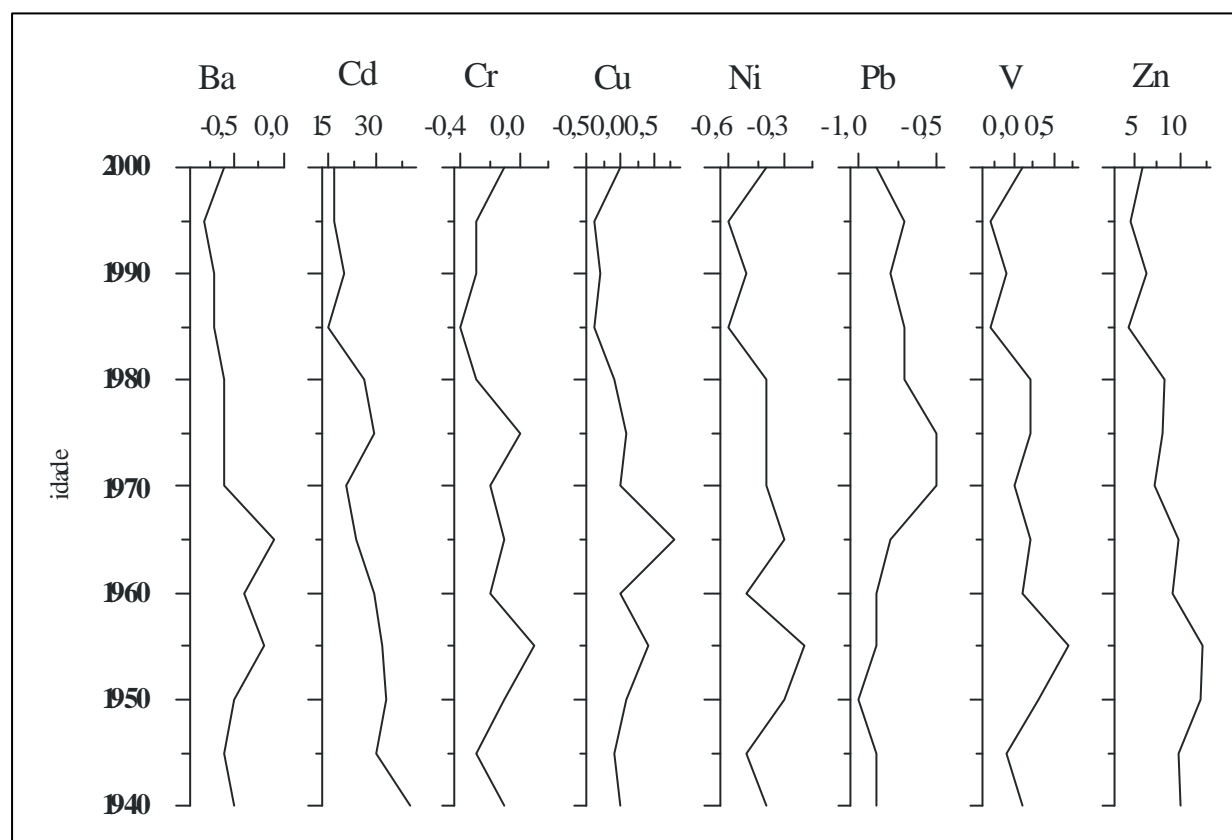


FIGURA 12- GRÁFICOS DOS FATORES DE ENRIQUECIMENTO EM FUNÇÃO DAS IDADES ESTIMADAS NO TESTEMUNHO SEDIMENTAR SEP 01/5

TABELA 4 PROFUNDIDADES, IDADES E FATOR DE ENRIQUECIMENTO DOS METAIS NO TESTEMUNHO SEP 01/5

prof.(cm)	idades	FE (Ba)	FE (Cd)	FE (Cr)	FE (Cu)	FE (Ni)	FE (Pb)	FE (V)	FE (Zn)
1	2000	-0,6	17	-0,1	0,0	-0,4	-0,9	0,1	5,8
3	1995	-0,8	17	-0,3	-0,4	-0,6	-0,7	-0,3	4,6
5	1990	-0,7	20	-0,3	-0,3	-0,5	-0,8	-0,1	6,3
7	1985	-0,7	15	-0,4	-0,4	-0,6	-0,7	-0,3	4,4
9	1980	-0,6	26	-0,3	-0,1	-0,4	-0,7	0,2	8,1
11	1975	-0,6	29	0,0	0,1	-0,4	<b>-0,5</b>	0,2	7,9
13	1970	-0,6	21	-0,2	0,0	-0,4	<b>-0,5</b>	0,0	7,2
15	1965	<b>-0,1</b>	23	-0,1	<b>0,8</b>	-0,3	-0,8	0,2	9,6
17	1960	-0,4	29	-0,2	0,0	-0,5	-0,9	0,1	9,0
19	1955	-0,2	32	<b>0,1</b>	0,4	<b>-0,2</b>	-0,9	<b>0,7</b>	<b>12,2</b>
21	1950	-0,5	33	-0,1	0,1	-0,3	-1,0	0,3	11,9
23	1945	-0,6	30	-0,3	-0,1	-0,5	-0,9	-0,1	9,8
25	1940	-0,5	<b>40</b>	-0,1	0,0	-0,4	-0,9	0,1	10,0

Fonte: Este estudo

#### 5.6. CÁLCULO DOS FLUXOS DE METAIS TOTAIS EM FUNÇÃO DAS IDADES ESTIMADAS NO PERFIL SEP 01/5

O fluxo espelha a massa de um determinado marcador depositada em uma área em um tempo específico, a característica textural do sedimento e a concentração do elemento, refletindo a variação na taxa de sedimentação.

No testemunho SEP 01/5 foi observado incremento dos fluxos de todos os metais analisados. Observa-se que a partir da década de 40 começa à ocorrer um aumento dos fluxos até aproximadamente a década de 50, provavelmente relacionados à eventos naturais, quando têm-se uma queda até a década de 60. A partir da década de 60 começa a haver um novo incremento dos fluxos em direção ao topo para todos os metais conforme mostram as figuras 13 e 14. Nos primeiros 2 cm de profundidade, ocorre um decréscimo desses fluxos, provavelmente indicando a zona de bioturbação.

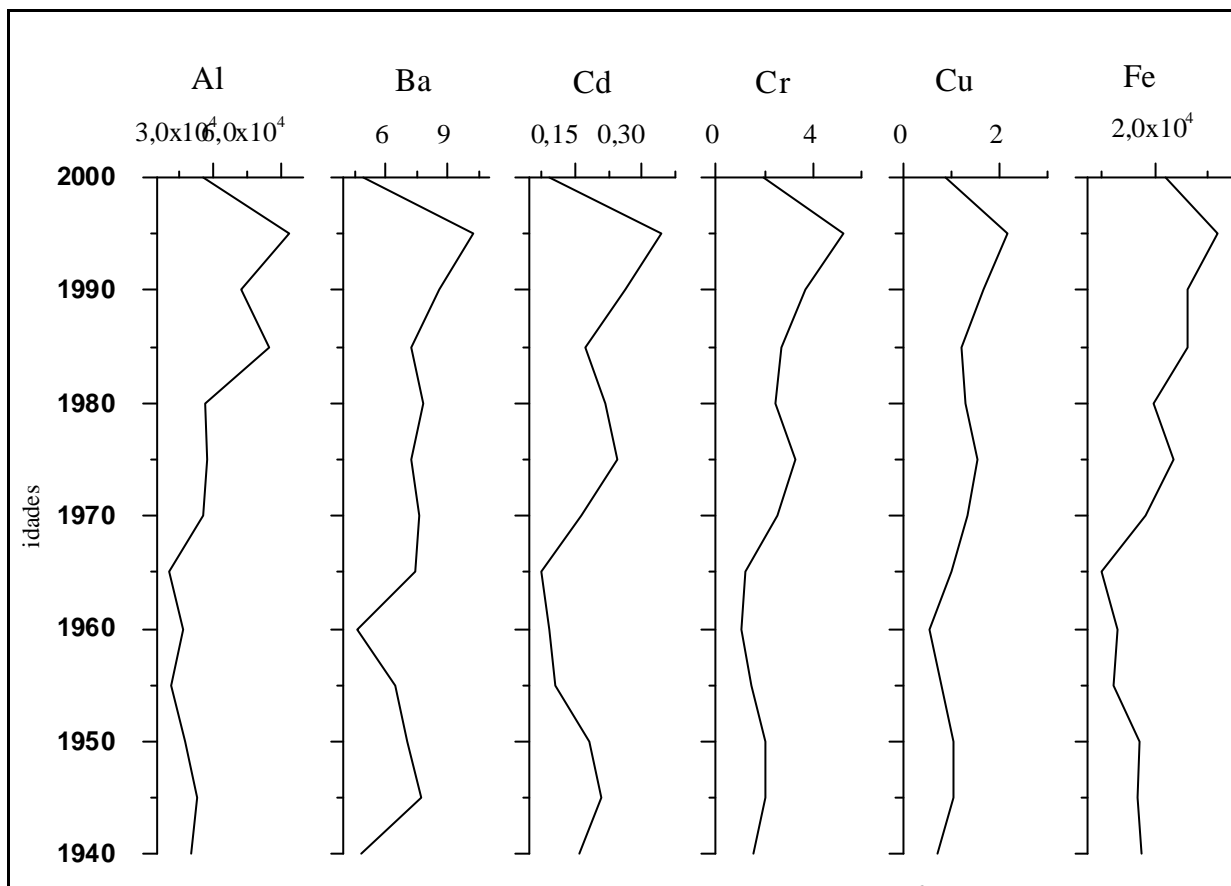


FIGURA 13- DISTRIBUIÇÃO DOS FLUXOS DE Al, Ba, Cd, Cr, Cu, FE ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{ano}$ ) NO PERFIL SEDIMENTAR SEP01/5

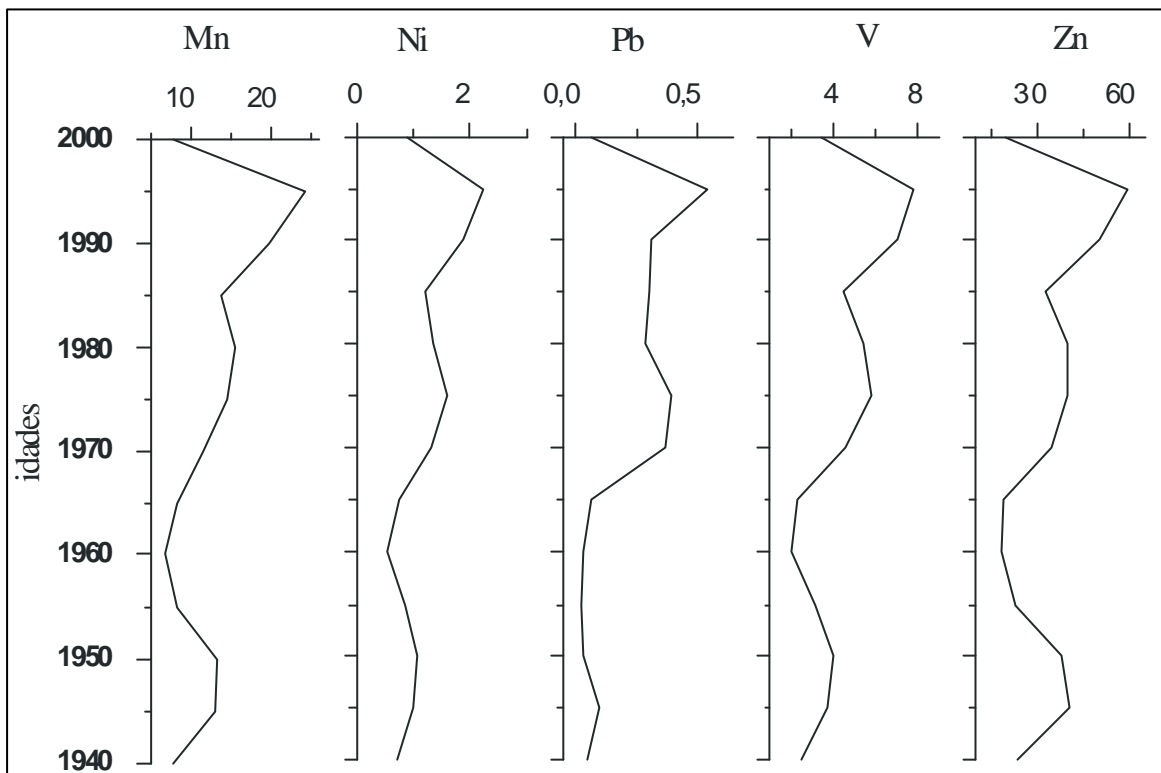


FIGURA 14- DISTRIBUIÇÃO DOS FLUXOS DE Mn, Ni, Pb, V, Zn ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2\cdot\text{ano}$ ) NO PERFIL SEDIMENTAR SEP 01/5

Baía da Ilha Grande – BIG 02

### 5.7 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO E DATAÇÃO COM $^{210}\text{Pb}$ NO TESTEMUNHO SEDIMENTAR BIG02 NA BAÍA DE ILHA GRANDE

A figura 15 mostra o gráfico do ln da atividade do perfil  $^{210}\text{Po}$  versus a profundidade do testemunho BIG 02. Observa-se que a correlação possui um  $r^2$  em torno de 0,8 resultando numa taxa de sedimentação de 0,40 cm/ano, mostrando a zona bioturbação nos primeiros 10 cm de profundidade.



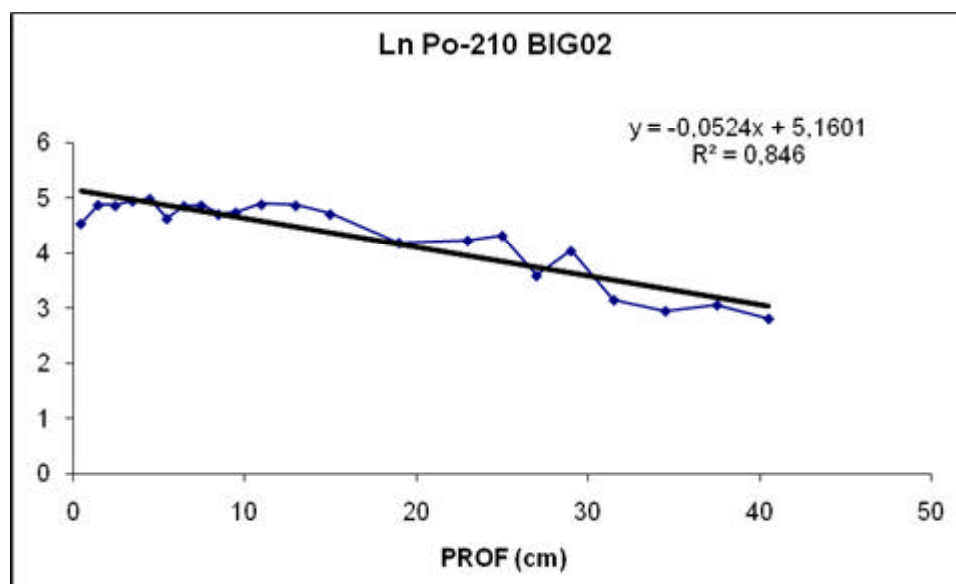


FIGURA 15- GRÁFICO DO DECAIMENTO DO  $^{210}\text{Pb}$  EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE

#### 5.8. CARBONO ORGÂNICO, NITROGÊNIO, RAZÃO C/N E DENSIDADE APARENTE NO PERFIL SEDIMENTAR BIG02

As distribuições das concentrações do carbono orgânico total, nitrogênio total, a razão C/N e a densidade estão apresentadas na tabela 5 e graficamente na figura 16, onde os valores máximos encontrados para o perfil sedimentar BIG02 foram 2,88% para COT, referente à profundidade de 0,5cm; de 0,44% para NOT para a profundidade de 11cm; de 12,5 para razão C/N, a 7,5cm de profundidade. Os valores mínimos encontrados foram de 2,24% para COT aos 17cm de profundidade; 0,18% para NOT também aos 17cm de profundidade e de 6,41 para razão C/N aos 11cm de profundidade.

Os indicadores orgânicos carbono e nitrogênio mostraram um incremento em direção ao topo a partir dos 17cm de profundidade, decrescendo entre 7 e 10 cm, aumentando novamente em direção ao topo do testemunho.

Este testemunho apresenta uma densidade variando entre o valor mínimo de  $0,093 \text{ g/cm}^3$  correspondente à uma profundidade de 0,5 cm e o valor máximo

de  $0,526 \text{ g/cm}^3$  correspondente à profundidade de 29 cm, sendo que um aumento da mesma ocorre entre 30 e 28 cm de profundidade (figura 16), ocorrendo um novo aumento entre 17 -11 cm, porém em menor proporção quando comparado ao anterior.

Observa-se ainda na figura 16, o aparecimento de um pico nos 30 cm de profundidade e densidades muito baixas na superfície do testemunho. Ocorre uma tendência de aumento da densidade com o aumento da profundidade, provavelmente devido ao efeito da compactação de sedimento em função da profundidade.

TABELA 5- VALORES MÁXIMOS, MÍNIMOS E MÉDIAS DE COT, NOT (%), C/N E ? ( $\text{g/cm}^3$ ) COM SUAS RESPECTIVAS PROFUNDIDADES (cm) NO BIG02

	MÁXIMO	PROF.	MÍNIMO	PROF.	MÉDIA
COT	2,88	0,5	2,24	17	2,62
NOT	0,44	11	0,18	17	0,27
C/N	12,5	7,5	6,4	11	10,10
?	0,53	28	0,09	30	0,32

Fonte: Este trabalho

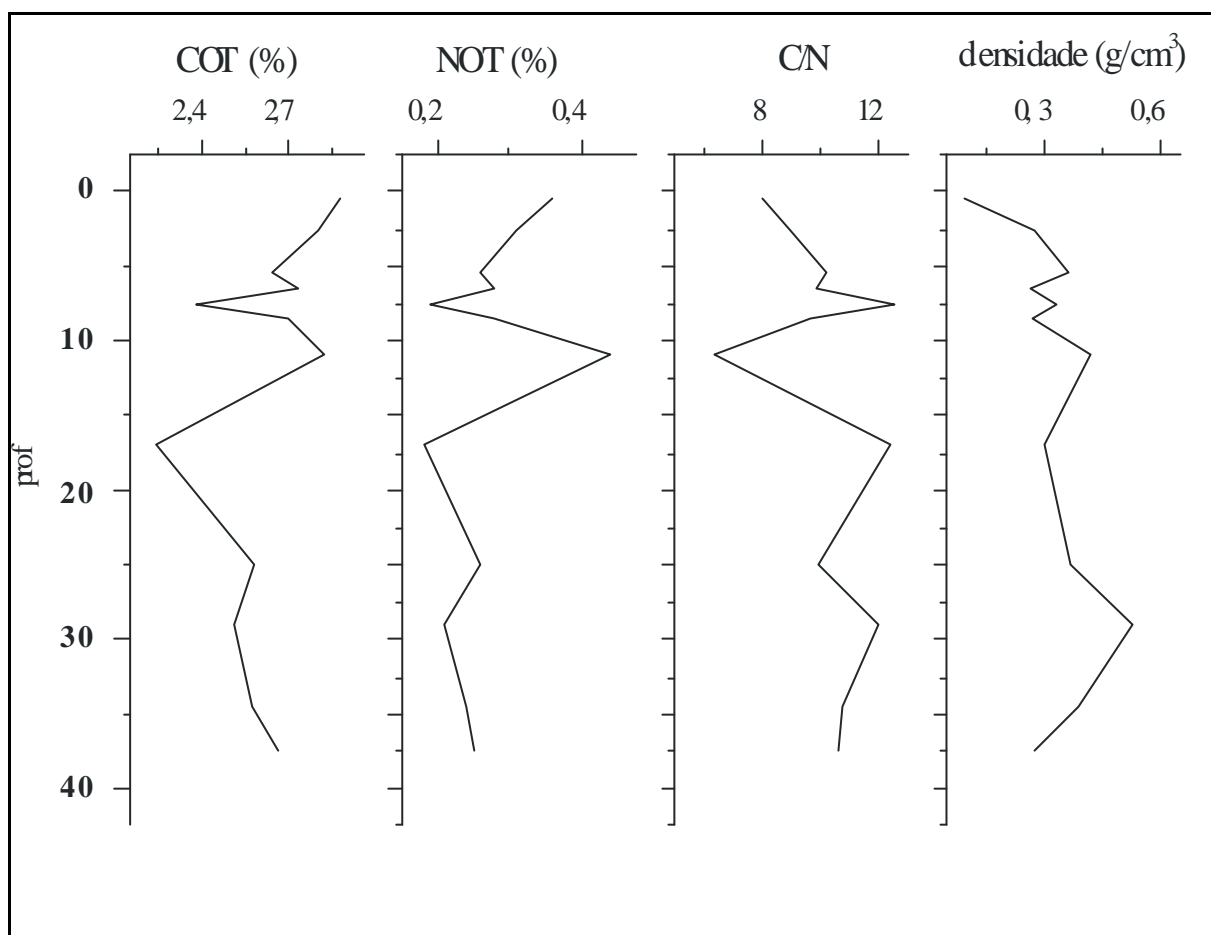


FIGURA 16- DISTRIBUIÇÃO DO CONTEÚDO DE CARBONO, NITROGÊNIO, RELAÇÃO C/N E DENSIDADE NO TESTEMUNHO BIG02, NA BAÍA DA ILHA GRANDE

### 5.9. CONCENTRAÇÃO TOTAL DE METAIS NO TESTEMUNHO BIG02

Na tabela 6 serão apresentados os valores médios, assim como seus valores máximos, mínimos e seus desvios padrões para cada metal determinado no testemunho da Baía de Ilha Grande. As concentrações de Cd não puderam ser apresentadas, por estarem abaixo do limite de detecção do método empregado.

TABELA 6 VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS, MÍNIMOS E SEUS DESVIOS PADRÕES (EM  $\mu\text{g/g}$ ) PARA OS METAIS ANALISADOS NO TESTEMUNHO SEDIMENTAR BIG02 NA BAÍA DA ILHA GRANDE

metais	média	mínimo	máximo	desv.pad
Al	29655	9944	56543	14237
Ba	225,50	62,62	297,70	118,67
Cr	33,8	4,24	41,4	28,5
Cu	9,96	0,96	11,13	7,75
Fe	29884	3812	37327	24111
Mn	214,28	57,82	278,45	107,07
Ni	14,07	2,20	17,68	10,88
Pb	14,65	5,42	21,75	2,95
V	56,66	8,54	70,15	41,04
Zn	80,09	10,89	101,2	66,92

Fonte: Este Trabalho

As distribuições das concentrações dos metais Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni Pb e V e Zn no testemunho BIG02 não mostram tendência a um aumento significativo em direção ao topo, onde as flutuações ocorridas nos primeiros 10 cm de profundidade provavelmente representam a zona de mistura. Ocorrem oscilações ao longo do perfil sedimentar, não sendo observado tendência de incremento e diminuição em direção ao topo do testemunho. A partir dos 25 cm de profundidade observa-se um aumento das concentrações dos metais ocorrendo um novo decréscimo nos 30 cm de profundidade (figura 17 e figura 18). O Al apresenta um pico entre 15 e 20 cm de profundidade. A tabela 7 apresenta a matriz de correlação entre os constituintes sedimentares. Esta parece indicar que o Ba está sendo controlado pela adsorção de óxidos e hidróxidos de manganês que ocorrem em condições oxidantes. Os óxidos e hidróxidos de ferro parecem estar controlando a deposição de Cr, Zn, Ni e V, o chumbo não encontra-se correlacionado com nenhum dos metais, o cobre está correlacionado com ferro, níquel, vanádio e zinco; o ferro encontra-se

correlacionado com o níquel, vanádio e zinco. O manganês encontra-se correlacionado com o vanádio e bário; o níquel por sua vez encontra-se correlacionado com o zinco, o vanádio apenas não se correlaciona com o chumbo e o zinco, encontra-se correlacionado com o cromo, cobre, ferro, e níquel.

Considerando a existência de correlações significativas positivas entre NOT e COT; e correlações significativas negativas entre a razão C/N e COT e C/N e NOT, as correlações sugerem que provavelmente a matéria orgânica não influencia sobre a distribuição dos metais, pois não foi observada correlações desses elementos com o COT. Mas as correlações indicam que os compostos de Fe e Mn parecem ser fatores de influência mais importantes.

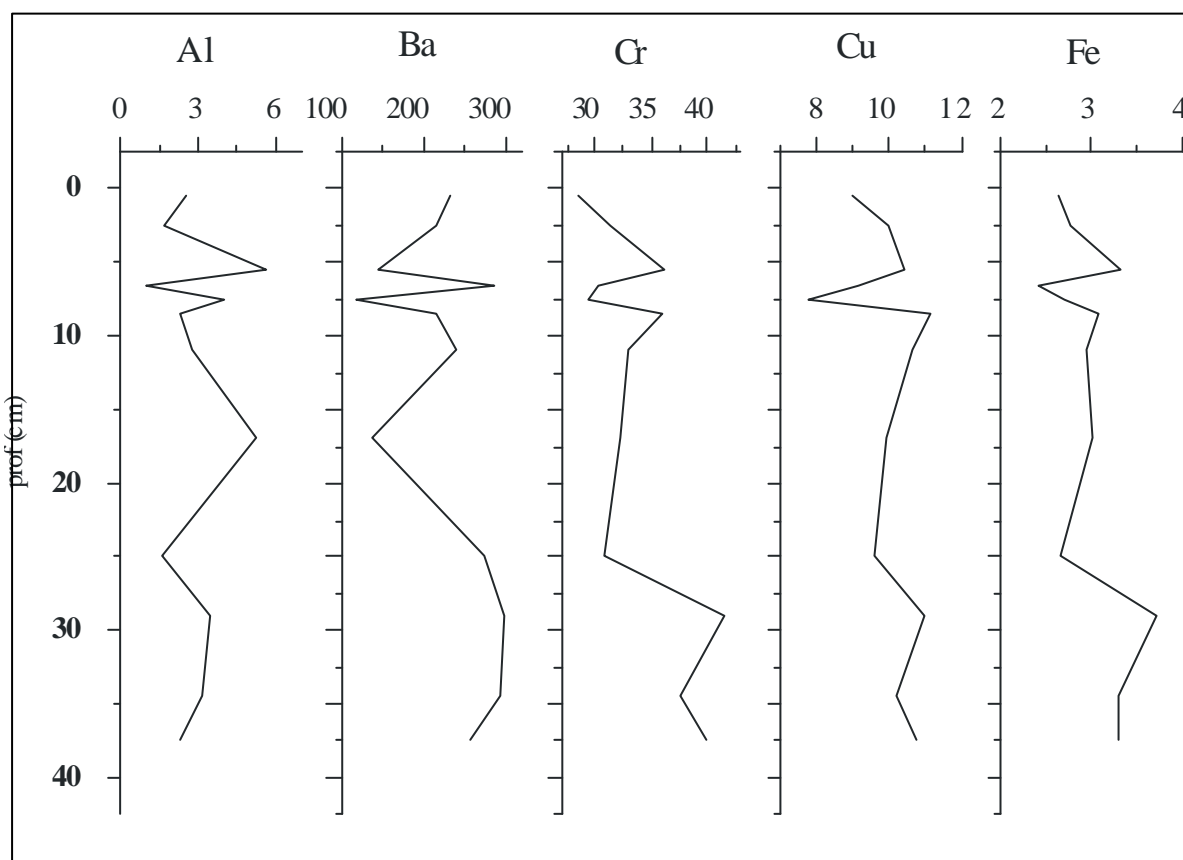


FIGURA 17- DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS ALUMÍNIO, BÁRIO, CROMO E COBRE NO PERFIL SEDIMENTAR BIG 02. Al E Fe (%); Ba, Cr e Cu (µg/g)

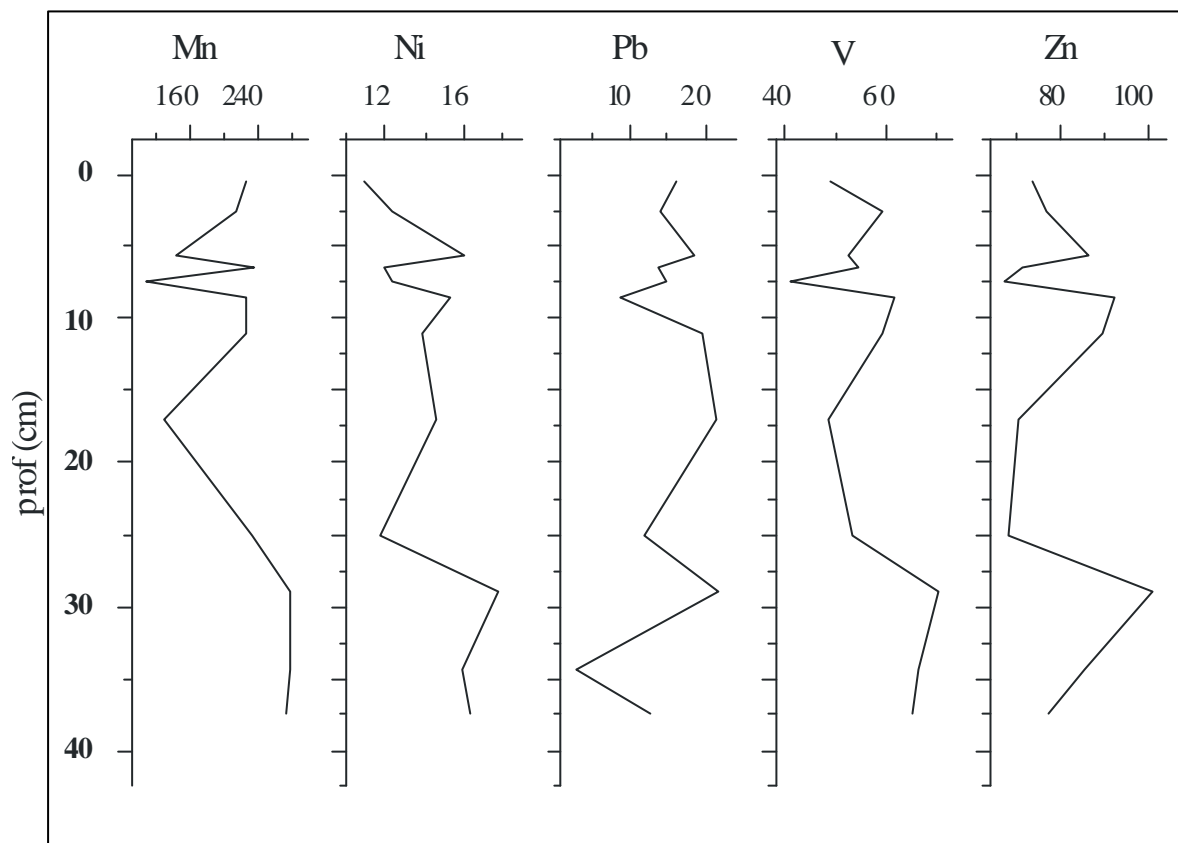


FIGURA 18- DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS Mn, Ni, Pb, V E Zn ( $\mu\text{g/g}$ ) NO PERFIL SEDIMENTAR BIG 02

TABELA 7- MATRIZ DE CORRELAÇÃO ENTRE A PROFUNDIDADE, CARBONO, NITROGÊNIO, RELAÇÃO C/N, DENSIDADE E OS METAIS ANALISADOS DA COLUNA SEDIMENTAR (CORRELAÇÕES EM NEGRITO SÃO SIGNIFICATIVAS P <0,05)

	prof	COT	NOT	C/N	$\rho$	Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V
COT	-0.36													
NOT	-0.40	<b>0.86</b>												
C/N	0.39	<b>-0.89</b>	<b>-0.99</b>											
$\rho$	0.50	-0.38	-0.24	0.28										
Al	-0.01	<b>-0.60</b>	-0.42	0.47	0.28									
Ba	0.50	0.43	0.26	-0.30	0.21	<b>-0.68</b>								
Cr	<b>0.69</b>	-0.13	-0.27	0.27	0.57	0.23	0.34							
Cu	0.40	0.18	0.16	-0.19	0.39	0.04	0.36	<b>0.78</b>						
Fe	<b>0.60</b>	-0.27	-0.31	0.34	<b>0.61</b>	0.50	0.13	<b>0.94</b>	<b>0.71</b>					
Mn	0.55	0.49	0.29	-0.32	0.16	<b>-0.62</b>	<b>0.95</b>	0.49	0.52	0.29				
Ni	<b>0.60</b>	-0.30	-0.34	0.36	<b>0.61</b>	0.46	0.12	<b>0.96</b>	<b>0.76</b>	<b>0.96</b>	0.27			
Pb	-0.26	-0.19	0.05	0.04	0.19	0.43	-0.35	-0.05	0.01	0.12	-0.38	0.07		
V	<b>0.61</b>	0.26	0.09	-0.11	0.45	-0.28	<b>0.74</b>	<b>0.82</b>	<b>0.81</b>	<b>0.66</b>	<b>0.85</b>	<b>0.68</b>	-0.26	
Zn	0.21	0.20	0.18	-0.15	0.55	0.17	0.33	<b>0.75</b>	<b>0.79</b>	<b>0.77</b>	0.45	<b>0.75</b>	0.09	<b>0.74</b>

Fonte: Este trabalho

## 5.10. NORMALIZAÇÃO PELO ALUMÍNIO NO PERFIL SEDIMENTAR BIG 02

Os resultados obtidos para cada metal foram normalizados pelo alumínio. Observa-se na figura 19, que as razões dos metais pelas concentrações de alumínio não apresentam enriquecimento nas primeiras camadas; todos os metais apresentam um comportamento muito semelhante quando corrigidos pelo alumínio. Observa-se o aparecimento de um pico entre 5,0 e 7,5 cm de profundidade, para todos os metais normalizados.

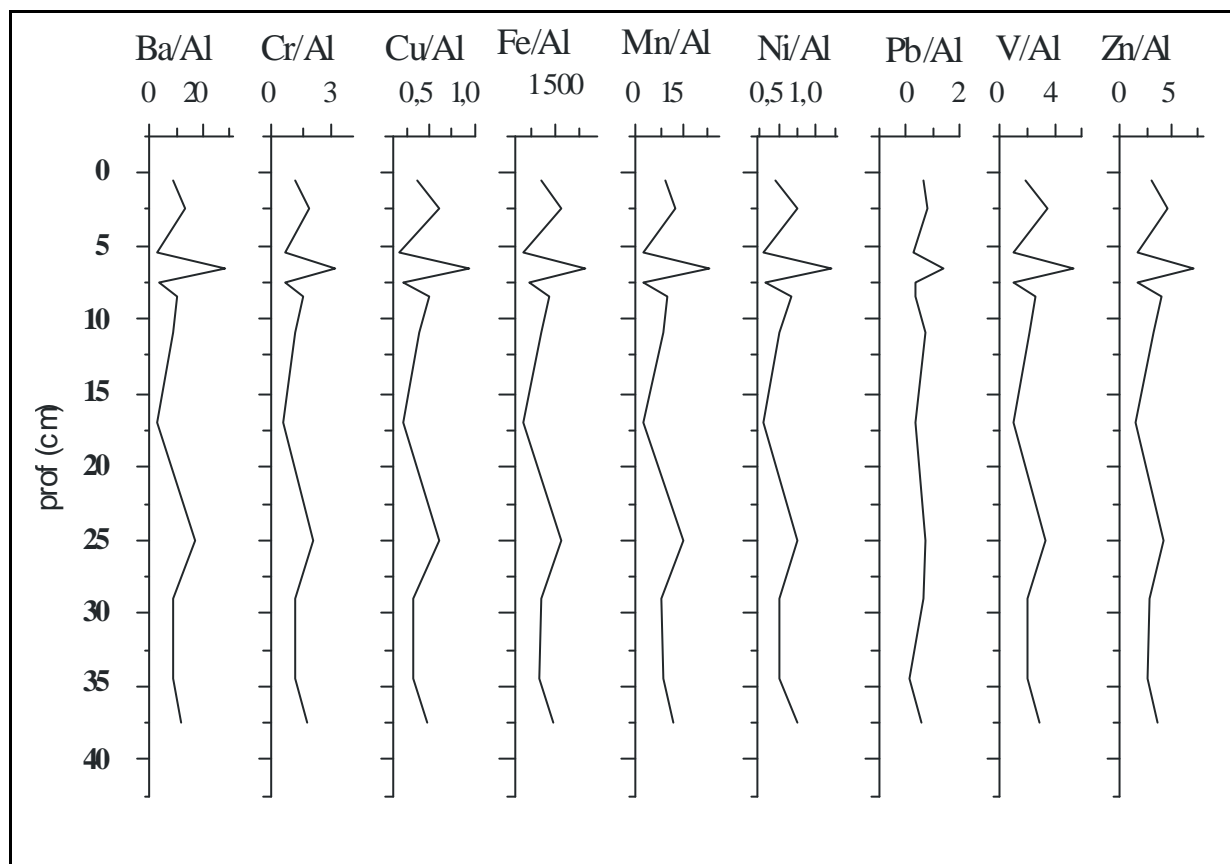


FIGURA 19- GRÁFICO DOS METAIS NORMALIZADOS PELO Al EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE DO TESTEMUNHO BIG02

### 5.11. FATOR DE ENRIQUECIMENTO (FE) NO BIG02 NA BAÍA DA ILHA GRANDE

Não observa-se enriquecimento dos metais nas camadas que se encontram a cima de 24 – 26 cm de profundidade, relativas a meados da década de 60 (tabela 8). Não foi observado incremento em direção ao topo do perfil sedimentar, ocorrendo oscilações nas profundidades entre 5 e 7,5cm. Todos os metais apresentam um comportamento semelhante com oscilações nos 10 primeiros cm de profundidade e valores máximos a baixo dos 25 cm de profundidade (figura 20).



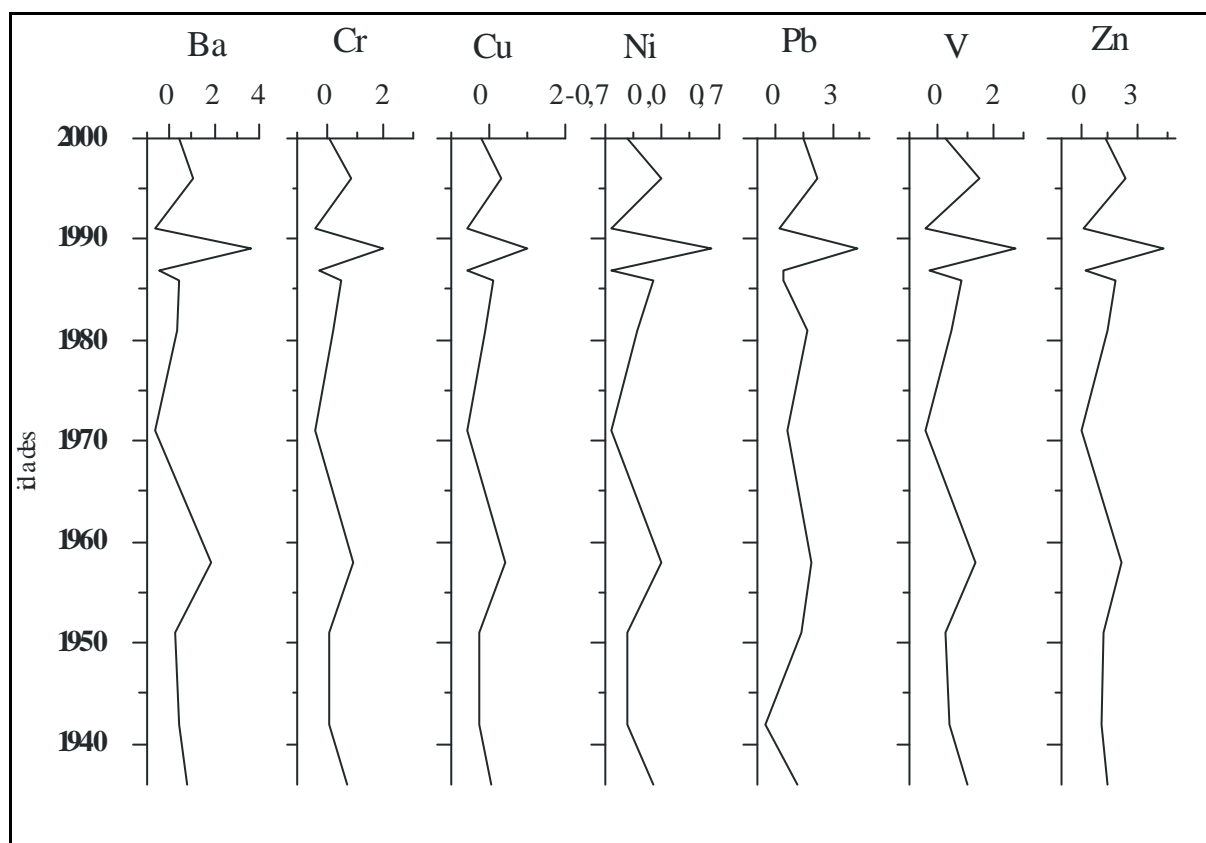


FIGURA 20- GRÁFICOS DOS FATORES DE ENRIQUECIMENTO DOS METAIS Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, V E Zn EM FUNÇÃO DA PROFUNDIDADE

TABELA 8- PROFUNDIDADES, IDADES E FATORES DE ENRIQUECIMENTO DOS METAIS NO TESTEMUNHO BIG02

prof.(cm)	idades	FE (Ba)	FE (Cr)	FE (Cu)	FE (Ni)	FE (Pb)	FE (V)	FE (Zn)
0,5	2000	0,5	0,1	-0,2	-0,4	1,5	0,3	1,2
2,5	1996	1,1	0,8	0,3	0,0	2,2	1,4	2,4
5,5	1991	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	0,2	-0,4	0,1
6,5	1989	3,6	2,0	1,1	0,6	4,3	2,7	4,3
7,5	1987	-0,5	-0,3	-0,6	-0,6	0,4	-0,3	0,2
8,5	1986	0,5	0,5	0,1	-0,1	0,4	0,8	1,9
11	1981	0,4	0,2	-0,1	-0,3	1,7	0,5	1,4
17	1971	-0,6	-0,4	-0,6	-0,6	0,6	-0,4	0,0
25	1958	1,8	0,9	0,4	0,0	1,9	1,3	2,2
29	1951	0,3	0,1	-0,3	-0,4	1,4	0,3	1,1
34,5	1942	0,5	0,1	-0,3	-0,4	-0,6	0,4	1,0
37,5	1936	0,8	0,7	0,1	-0,1	1,2	1,0	1,5

Fonte: Este trabalho

## 5.12. CÁLCULO DOS FLUXOS DE METAIS TOTAIS EM FUNÇÃO DAS IDADES ESTIMADAS NO PERFIL BIG 02

Observa-se nas figuras 21 e 22, que não ocorrem incrementos em direção ao topo do testemunho. Apenas o Al apresenta um aumento a partir da década de 90. Todos os perfis apresentam fluxos maiores antes da década de 60 (antes do período industrial).

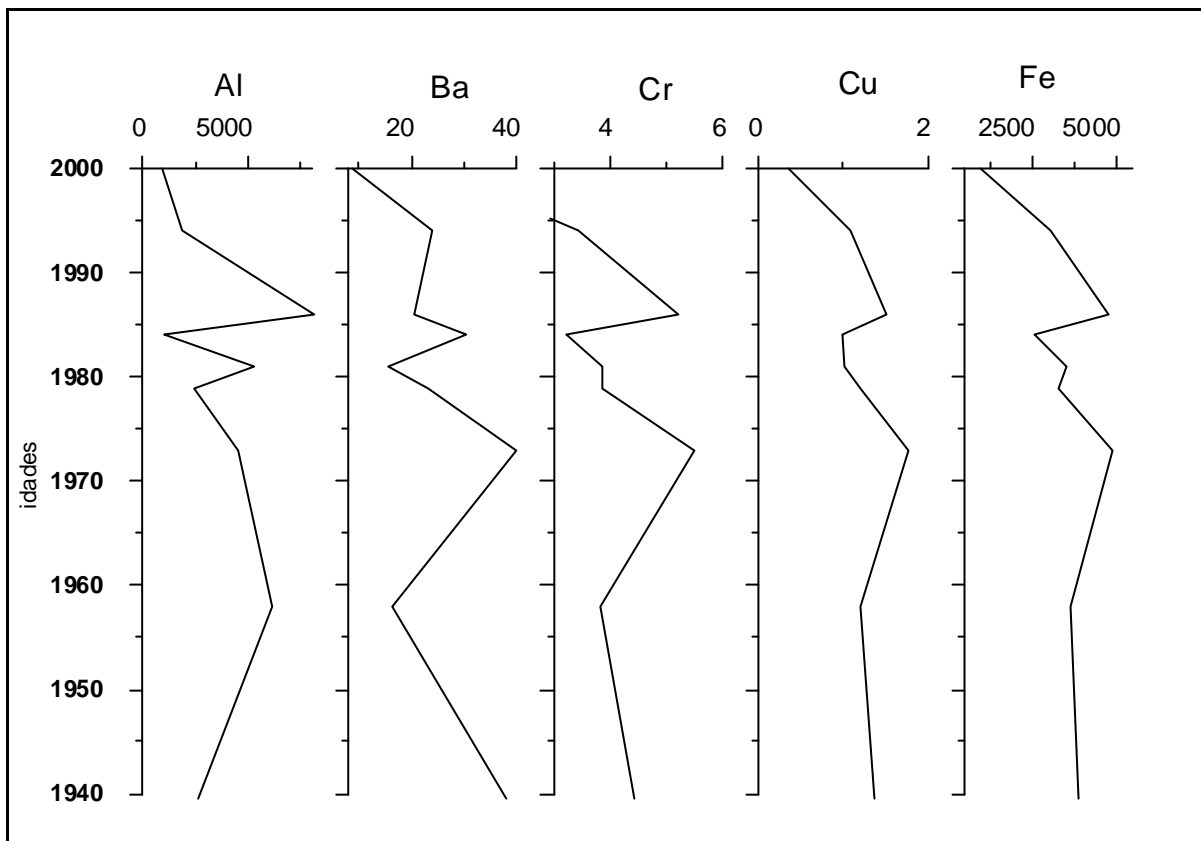


FIGURA 21- FLUXOS DOS METAIS ALUMÍNIO, BÁRIO, CROMO, COBRE E FERRO ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{ano}$ ) NO PERFIL SEDIMENTAR BIG02

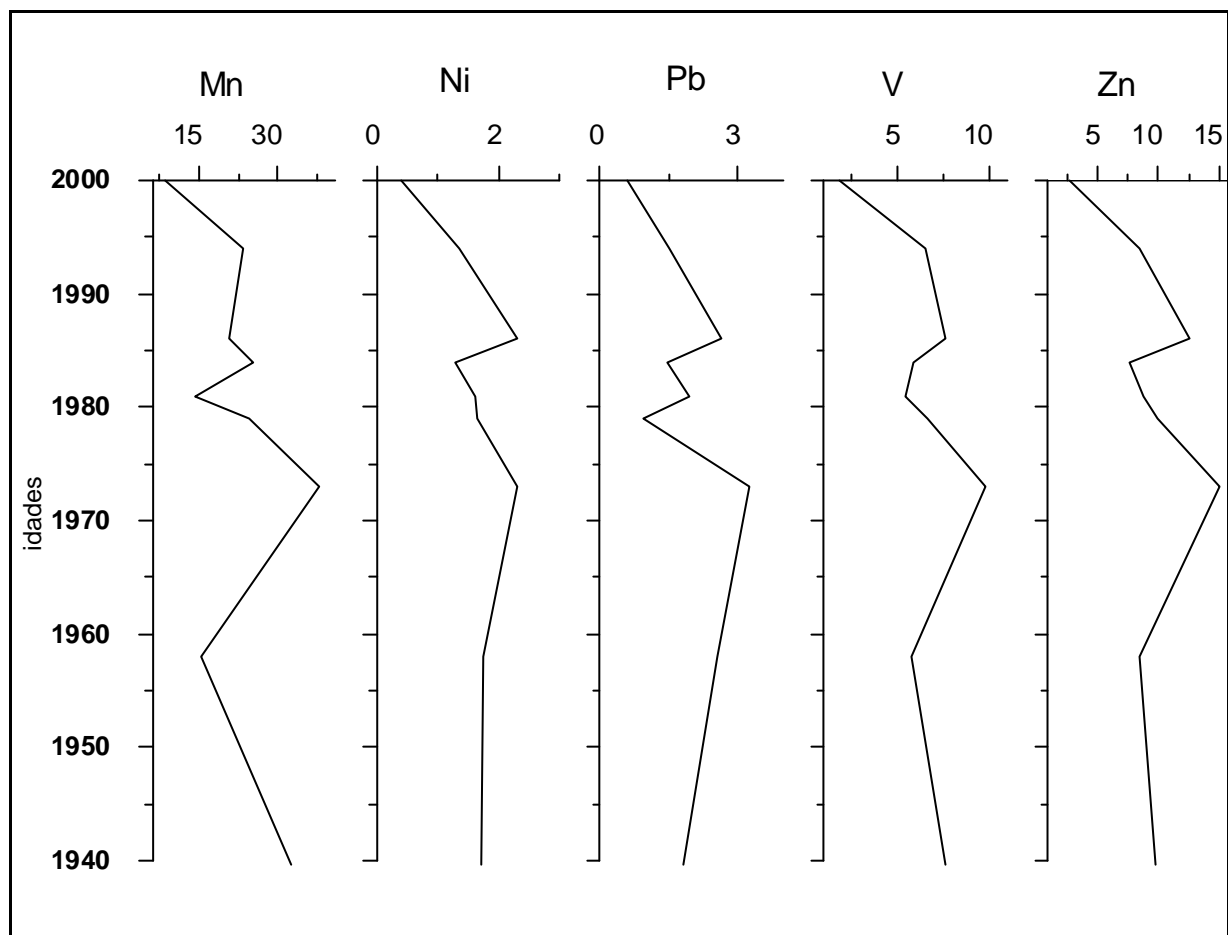


FIGURA 22- FLUXOS DOS METAIS MANGANES, NIQUEL, CHUMBO, VANADIO E ZINCO ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{ano}$ ) NO PERFIL SEDIMENTAR BIG02

## 6 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

### 6.1 TAXA DE SEDIMENTAÇÃO E DATAÇÃO

A tabela 9 mostra taxas de sedimentação estimadas para diferentes áreas na baía de Sepetiba, de acordo com diferentes métodos, onde se observa que a taxa de sedimentação obtida no testemunho SEP01/5 (0,4 cm/ano), utilizada é semelhante a taxa de sedimentação utilizada por Forte (1996) e por Leitão Filho (1995) e menor que as taxas de sedimentação encontradas por Borges (1990) e por Barcellos (1995); segundo Forte (1996), provavelmente em função do transporte horizontal de sedimentos causados pelas correntes de marés predominante naquela região. A taxa de sedimentação no BIG 02, na baía da Ilha Grande é 0,40 cm/ano. Provavelmente são iguais, pois o testemunho BIG 02 foi coletado próximo ao continente onde em função do relevo ser mais erodido ocorre uma maior deposição de sedimento.

TABELA 9 - TAXAS DE SEDIMENTAÇÃO ESTIMADAS PARA DIFERENTES ÁREAS NA BAÍA DE SEPETIBA

localização	método	Taxas de sedimentação	autor
Delta do canal de São Francisco	Cartas batmétricas	3-5	Borges, 1990
Costa Leste, e Canal de São Francisco	Cartas batmétricas	0,5	Leitão Filho (1995)
Costa Leste, incluindo Canal de São Francisco	<sup>210</sup> Pb	0,2-0,8	Forte (1996)
Saco do Engenho	Armadilha de sedimento	1,3	Barcellos (1995)
Baía de Sepetiba	<sup>210</sup> Pb	0,4	Borges, 1998

## 6.2 DESCRIÇÃO DOS TESTEMUNHOS DAS BAÍAS DE SEPETIBA E ILHA GRANDE

A concentração de carbono orgânico total é o proxy fundamental para descrever a abundância de matéria orgânica no sedimento. A matéria orgânica típica contém aproximadamente 50% de carbono, assim a concentração de matéria orgânica é equivalente ao dobro do valor da COT (MEYERS 2003). Meyers (1994) utilizou-se das concentrações de carbono orgânico total e razões atômicas C/N para se definir a origem da matéria orgânica, uma vez que pela razão C/N pode-se distinguir se a matéria é oriunda de plantas vasculares ou algas. A matéria orgânica tipicamente algal possui razões atômicas C/N entre 4 e 10, enquanto que plantas vasculares terrestres retornam valores superiores a 20.

O carbono orgânico total e a razão C/N no testemunho SEP 01/5 apresentaram seus valores máximos (2,59% e 14,3 respectivamente) semelhantes aos valores encontrados no testemunho BIG 02 (2,88% e 12,53). O valor médio de COT (1,97%) no testemunho SEP 01/5 também se assemelha ao valor médio de COT no testemunho BIG 02 (2,63%), mas a média do C/N para o testemunho SEP 01/5 (5,35) não se aproxima do valor médio encontrado no testemunho BIG 02 (10,10) sugerindo que a composição da matéria orgânica sedimentar no testemunho SEP 01/5 apresenta uma influência algal, enquanto que no testemunho BIG 02 na baía de Ilha Grande a razão C/N encontra-se duas vezes acima do valor encontrado no testemunho SEP 01/5 na baía de Sepetiba, provavelmente por apresentar uma contribuição de plantas terrestres. Isto provavelmente se deve ao sistema estuarino de Sepetiba se apresentar mais fechado que o sistema estuarino da Ilha Grande.

## 6.3 DISTRIBUIÇÃO DOS METAIS NOS TESTEMUNHOS DAS BAÍAS DE SEPETIBA E ILHA GRANDE

Na tabela 10 é apresentada uma comparação entre os valores médios, mínimos e máximos obtidos neste estudo e dados obtidos na literatura. O trabalho de Irwin (1988) foi incluído nesta comparação, pois representa uma revisão de estudos sobre a poluição por metais, com a indicação de valores de referência para níveis de poluição no hemisfério Norte. Comparando as concentrações de Cd, Zn, Cr e Cu no testemunho SEP 01/5 na baía de Sepetiba com valores encontrados por Irwin (1988) para áreas temperadas (Canadá e EUA), observa-se que Zn e Cd possuem valores acima do nível considerado como elevado. Cr e Cu encontram-se abaixo do nível considerado como poluído (<23 µg/g), porém com valores próximos aos valores encontrados em Sepetiba por Lacerda (1986), e abaixo do valor encontrado por Leitão Filho (1995).

TABELA 10 - COMPARAÇÃO DOS VALORES DE CONCENTRAÇÃO DE METAIS REFERENCIADOS PARA SEDIMENTOS DE ÁREAS IMPACTADAS E NÃO IMPACTADAS

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	V	Zn	autores
Níveis não poluídos (µg.g <sup>-1</sup> ) Áreas temperadas	<0,6	<23	5	<25	<40	<76	<90	Irwin, 1988
Níveis elevados (µg.g <sup>-1</sup> ) Áreas temperadas	1,2	23,0	25 a 50	25-32	40-60	>76	90-200	Irwin, 1988
Níveis de poluição forte (µg.g <sup>-1</sup> ) Áreas temperadas	> 6,0	75,0	>50	>32	>60	-	>200	Irwin, 1988
B.da Ribeira, RJ	n.a	24-110	2,5-32	27-73	n.a	n.a	29-189	Cardoso, 2001
B.da Ribeira, RJ	n.a	31	7,7	n.a	n.a	n.a	83	Lacerda <i>et al.</i> , 1982
B. de Sepetiba, RJ	n.a	57	73	92	n.a	n.a	588	Leitão Filho, 1995
Manguezais no RJ	n.a	n.a	18-80	6-12	20-130		26-610	Machado <i>et al.</i> , 2002
B. de Sepetiba, RJ	0,05-8,7	23,7-121	2,1-166	n.a	6,5-83	n.a	18,1-795	Lacerda., <i>et al.</i> , 1986
B. de Sepetiba, RJ	1,6 0,6-2,8 n.d	22,2 10,2-44 33,8	10,9 6,7-18 9,96	10,9 6-18,6 14,07	1,79 0,14-4,52 14,65	39,9 18,1-64,6 56,66	307 152-488 80,09	esse estudo
B. de Ilha Grande, RJ		4,24-41,4	0,96-11,13	2,20-17,68	5,42-21,75	8,54-70,15	10,89-101,2	esse estudo

Foi observado através do testemunho SEP 01/5, que o aumento das concentrações dos metais se deu a partir de meados da década de 60 na baía de Sepetiba, quando se iniciou o processo de industrialização e urbanização na região. A Companhia Mercantil Industrial Ingá tem sido apontada como a principal fonte de Cd e Zn para a baía de Sepetiba, que começou seu processo de produção de Zn em 1966 e Cd em 1974 (FORTE, 1996). De acordo com Wasserman et al (2001), a baía de Sepetiba possui índices elevados de concentração de metais pesados como Cd, Zn, Cr, Pb e Hg. Dentre estes metais, Zn e Cd constituem sérios contaminantes para a baía onde encontrou-se concentrações no sedimento entre 1,6 e 307 µg/g respectivamente no presente estudo.

Barcellos (1995) estudou as razões de Zn/Cd no material em suspensão e no sedimento de fundo, onde pode-se observar que as concentrações de Zn no material em suspensão são significativamente superiores àquelas verificadas para o sedimento de fundo, e para o Cd não são observadas diferenças significativas entre as concentrações. O material em suspensão conserva uma razão Zn:Cd de  $265 \pm 6$ , significativamente superior aos valores encontrados para amostras de sedimento de fundo ( $190 \pm 16$ ). Para outras regiões costeiras brasileiras esta relação é maior e apresenta uma grande dispersão em torno de 400:1. A tabela 10 apresenta os valores da razão Zn/Cd em função das idades, onde comparando-se a média da razão Zn:Cd obtida neste trabalho ( $191 \pm 25$ ) com o estudo de Barcellos (1995), observa-se uma grande semelhança entre estes, provavelmente indicando uma maior proporção da acumulação de Cd em relação a acumulação de Zn nos sedimentos estudados do que foi visto no material em suspensão. A razão Zn:Cd na camada de 1 a 10 cm que corresponde ao período posterior a década de 60 é de  $193 \pm 26$  e na camada de 10 a 25 cm, que corresponde ao período anterior a década de 60 é de  $189 \pm 26$ . Embora os valores médios entre os dois períodos sejam próximos, quando se comparam os dados ao longo do perfil, percebe-se a existência de valores mais altos numa profundidade de 15 cm, que corresponde a meados da década de 60



(tabela 11), quando se deu início o processo de industrialização na região, concordando com o estudo realizado por Barcellos (1995) que podem indicar a influência de rejeitos da Ingá. Esta idade corrobora a afirmação de Wasserman *et al* (2001), de que a atividade industrial da região da baía de Sepetiba, começou na década de 60.

TABELA 11- RAZÃO Zn/Cd EM FUNÇÃO DAS PROFUNDIDADES E DAS IDADES ESTIMADAS NO SEP-01/5

prof. (cm)	Zn/Cd	idades
1	206	2000
3	172	1995
5	190	1990
7	186	1985
9	181	1980
11	161	1975
13	206	1970
15	244	1965
17	186	1960
19	215	1955
21	204	1950
23	192	1945
25	147	1940

Fonte: Este trabalho

Cr, Cu, Ni, Pb e V possuem valores considerados como níveis não poluídos (IRWIN, 1988). O Pb apresenta uma correlação significativa com os demais metais, o que sugere que os rejeitos abandonados pela Ingá também sejam uma fonte em comum para o Pb, além da contribuição do Porto de Sepetiba, situado no Sul da Ilha da Madeira, que é especializado em carvão metalúrgico, alumina, sucata, contêineres e minérios de ferro (CPRJ, 2004).

Os elementos estudados no testemunho SEP01/5 apresentam um comportamento semelhante ao do zinco, concentrações mais elevadas nas camadas superiores do que nas camadas mais profundas. As altas concentrações de Al provavelmente estão associadas à presença de argilo-minerais, uma vez que o Al faz parte da estrutura das argilas.

Para Fe e Mn foram encontrados neste estudo valores médios de 2,0 % e 117 µg/g respectivamente. Leitão Filho (1995) encontrou valores médios de 4 % e 326 µg/g respectivamente. Isto pode ser justificado em função do local onde foi coletado o testemunho SEP 01/5, uma vez que este se encontra no fundo da baía e não recebe o mesmo aporte de sedimentos.

No testemunho BIG 02, na baía de Ilha Grande, o Cd não foi detectado, o valor encontrado para Cr assemelha-se ou foram inferiores aos obtidos por Cardoso *et al* (2001) e Lacerda *et al.* (1982), nos sedimentos de superfície da baía da Ribeira, onde estes valores foram considerados não contaminados (tabela 9). O valor encontrado para Cu neste estudo aproxima-se do valor encontrado por Lacerda *et al.*(1982) o que segundo Irwin (1988) é considerado como não poluído. Ni, Pb, V e Zn também estão abaixo dos níveis considerados como não poluídos. Os picos de metais apresentados neste testemunho, principalmente de Al, indicam provavelmente um evento histórico erosivo na bacia de drenagem, podendo estar associado, por exemplo, as atividades agrícolas na área (OLIVEIRA *et al.*, 1994). Na tabela 9, encontram-se resultados obtidos por Cardoso *et al* (2001), onde foram determinadas as concentrações de Fe, Al, Ni, V, Cu, Cr, Mn e Zn entre outros, em amostras de sedimento de superfície. Para todos os metais, os valores obtidos por Cardoso foram maiores que os valores obtidos neste estudo.

Por outro lado, existe a possibilidade de haver contaminação de Zn por deposição atmosférica para a baía da Ilha Grande, (SILVA FILHO, 1998), porém isso não foi observado no presente estudo.

#### 6.4 NORMALIZAÇÃO PELO ALUMÍNIO E FATOR DE ENRIQUECIMENTO PARA CONCENTRAÇÃO DOS METAIS

O alumínio é um elemento muito utilizado para distinguir entre o enriquecimento natural e o antropogênico de metais em sedimentos, devido a ter uma alta concentração em argilo-minerais, e também devido à ausência significativa de fontes antropogênicas deste elemento. Com a normalização pelo alumínio pode-se definir a concentração antrópica de metais na região. Na figura 14, observa-se no testemunho SEP 01/5 que após a normalização com o Al, os valores das razões diminuem em direção ao topo, em função da concentração de Al ser maior nas camadas superiores; com exceção do perfil do vanádio que se manteve praticamente constante e do Pb que aumentou em direção topo do testemunho. Na figura 15 é observado um enriquecimento de Pb entre as décadas de 60 e 80, que provavelmente está associado ao fato da adição de compostos organo-metálicos a base de chumbo na gasolina, havendo uma redução nos dias atuais (MACHADO, 2002). Este enriquecimento não foi observado para os demais metais estudados (figura 15), o que provavelmente significa que houve um grande aporte de argilo-minerais para dentro da baía nas camadas mais recentes e pelo fato dos metais estarem fortemente associados com o alumínio como mostram as correlações acima, (tabela 3). Isto inclui os metais que provavelmente têm origem de contaminação, não significando a ausência de contaminação no local estudado.

O testemunho BIG02 na baía da Ilha Grande não apresentou enriquecimento ao longo do perfil, apresentando apenas um pico entre as décadas de 80 e 90, provavelmente em decorrência, por exemplo, de algum evento erosivo nesta época.

#### 6.5.FLUXO DE METAIS

Os fluxos de metais no testemunho da baía de Sepetiba SEP 01/5 mostram correlações negativas com a profundidade, indicando que a deposição

destes metais sofreu um aumento com o tempo. Um incremento nos fluxos para todos os metais foi observado a partir da década de 60 (figura 13 e 14), onde estes incrementos provavelmente devem estar relacionados com o início da industrialização na região.

Na tabela 12 encontram-se os valores de concentração e fluxos de metais obtidos antes do período industrial e após o início da industrialização. O aumento dos valores médios dos fluxos também pode ser observado no SEP01/5. Observa-se também que o Al praticamente dobra de valor no período pós-industrial, isto provavelmente está associado ao processo de intensificação do uso do solo, acarretando um maior aporte de argilo-minerais para o fundo da baía.

No testemunho da baía da Ilha Grande, não foram observados aumentos consideráveis nas concentrações dos metais entre os períodos pré e pós-industrial, observando-se uma diminuição dos valores médios dos fluxos dos metais. Os perfis verticais de fluxos de metais (figura 21 e 22) mostram que, não ocorreu incremento em direção ao topo do testemunho BIG02. Com exceção de Zn e Cd, todos os valores médios de fluxos são maiores na baía da Ilha Grande, provavelmente pelo fato dos metais estarem associados aos argilo-minerais como é mostrado pelos valores mais elevados das concentrações de Al.

TABELA 12- VALORES MÉDIOS, MÁXIMOS E MÍNIMOS DE CONCENTRAÇÃO (EM  $\mu\text{g/g}$ , Fe e Al EM %) E FLUXOS ( $\mu\text{g/cm}^2/\text{ano}$ ) DURANTE O PERÍODO PRÉ-INDUSTRIAL (ANTES DA DÉCADA DE 60) E PÓS-INDUSTRIAL, NAS BAÍAS DE SEPETIBA E ILHA GRANDE

		Al	Ba	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
Pré-industrial Sepetiba SEP01/5	Conc.	1,7	59,25	1,54	16,15	8,30	1,6	96,53	8,24	0,43	30,42	283,52
		2,2	64,20	2,01	18,63	8,98	1,7	110,19	9,04	0,86	34,04	335,54
		1,0	53,93	0,90	12,24	6,74	1,2	68,97	6,96	0,14	26,32	193,50
	Fluxo	1776	5,95	0,15	1,59	0,83	1592	9,70	0,82	0,04	3,05	28,53
		2845	7,99	0,22	2,13	1,07	2106	13,37	1,05	0,11	3,83	41,75
		1151	3,53	0,10	1,09	0,53	1020	5,82	0,50	0,02	1,79	17,25
Pós-industrial Sepetiba SEP01/5	Conc.	3,2	68,68	1,71	24,85	12,03	2,1	126,69	12,09	2,40	44,13	317,64
		6,3	90,71	2,85	44,05	18,01	3,1	201,83	18,60	4,52	64,56	488,57
		1,0	57,57	0,62	10,22	7,17	1,0	68,98	6,02	0,30	18,99	152,44
	Fluxo	3303	6,91	0,18	2,53	1,22	2157	12,97	1,24	0,26	4,52	32,69
		6724	8,98	0,30	4,66	1,90	3363	21,34	1,97	0,48	6,82	51,65
		976	4,01	0,06	0,95	0,57	928	6,30	0,54	0,02	1,76	14,13
Pré-industrial Ilha Grande BIG02	Conc.	3,1	198,33	nd	32,09	9,75	2,8	188,61	13,40	15,80	53,09	78,59
		5,6	285,28	nd	36,18	11,13	3,3	234,95	16,04	21,38	61,74	92,35
		1,0	118,67	nd	28,55	7,75	2,4	107,07	10,88	8,60	41,04	66,92
	Fluxo	4292	44,0	nd	5,8	1,6	5124	41,4	2,4	2,0	10,0	13,3
		7422	62,6	nd	8,7	2,3	7848	58,5	3,7	4,6	14,7	21,3
		2294	28,2	nd	4,4	1,2	3628	30,0	1,7	0,5	7,2	8,5
Pós-industrial Ilha Grande BIG02	Conc.	2,6	279,84	nd	37,34	10,37	3,2	265,61	15,40	12,34	63,79	83,08
		3,5	297,70	nd	41,37	10,97	3,7	278,45	17,68	21,75	70,15	101,25
		1,6	256,55	nd	30,67	9,55	2,6	232,97	11,73	2,95	53,21	67,98
	Fluxo	3809	22,3	nd	3,8	1,1	3344	21,2	1,6	1,9	6,2	9,2
		8164	39,9	nd	5,5	1,8	4903	37,9	2,3	3,3	9,8	15,0
		922	8,6	nd	1,1	0,3	974	8,4	0,4	0,6	1,8	2,7

Fonte: Este trabalho

Quando comparados os dois locais estudados, observa-se que o SEP 01/5, localizado na porção leste da baía de Sepetiba, teve um forte aumento das concentrações dos metais e dos fluxos após o início da industrialização (década de 60), não sendo observado este aumento no testemunho BIG02 na Enseada de Abrão na baía da Ilha Grande.

## 7 CONCLUSÃO

No presente trabalho foi feita a comparação das concentrações, dos fatores de enriquecimento e dos fluxos de deposição de metais nos testemunhos coletados nas baías de Sepetiba e Ilha Grande, onde se fez uso da cronologia do  $^{210}\text{Pb}$  para se estimar as taxas de sedimentação e as idades das seções sedimentares analisadas. Foi possível avaliar a dimensão da acumulação de metais traço nesses dois sistemas nos últimos cinquenta anos através da comparação dos fluxos de deposição destes metais nos ambientes estudados. As concentrações médias dos metais nos testemunhos estudados assemelham-se aos resultados obtidos anteriormente nas áreas de estudo.

A correlação com o Al demonstrou que, no testemunho SEP01/5 os metais encontram-se ligados a argilo-mineral, provavelmente em função de um aporte de material argiloso para a baía. Após a normalização observou-se que o Pb apresentou valores maiores no período pós-industrial do que no pré-industrial. No testemunho BIG02 em Ilha Grande não foi observada correlação significativa dos metais de interesse ambiental com o Alumínio e matéria orgânica não sendo possível pelos dados analisados determinar o fator controlador da deposição dos metais no testemunho BIG02.

Nas camadas correspondentes ao período pós-industrial, foi verificado um decréscimo do fator de enriquecimento no SEP01/5, provavelmente em função das maiores concentrações do Al verificadas neste período. No testemunho BIG02, excluindo picos dos fatores de enriquecimento para metais nas camadas equivalentes a década de 80, não se observou aumento dos fatores de enriquecimento.

Observou-se um aumento das concentrações e fluxos dos metais estudados no testemunho SEP 01/5 na baía de Sepetiba a partir da década de 60, quando se deu início o processo de industrialização, apesar desses valores serem inferiores aos encontrados na literatura, uma vez que o testemunho foi coletado na porção leste da Baía. Este aumento foi observado principalmente

para os metais de origem antropogênica, indicando a entrada de metais na porção leste da Baía de Sepetiba. Em contra posição não foi observado incrementos das concentrações e fluxos dos elementos estudados no testemunho BIG02 na baía da Ilha Grande o que indica que os metais apresentam níveis naturais no local estudado nesta baía. Quando comparados os fluxos dos metais entre os dois pontos estudados observa-se valores mais elevados no testemunho BIG02 para todos os metais analisados com exceção do Cádmio e Zinco sugerindo um controle geológico para esta diferença.

## 8 REFERÊNCIAS

AGUIAR, M.A.S. *Determinação de zinco total lábil e não lábil na água de superfície da Baía de Sepetiba – RJ. Niterói*, 1994. 93f. Dissertação (mestrado em Geoquímica Ambiental). Universidade Federal Fluminense.

AMADO FILHO, G.M.; REZENDE, C.E; LACERDA,L.D., Poluição da baía de Sepetiba já ameaça outras áreas. *Ciência hoje*, v.25, n.149, p-46-48,1999.

APPLEBY, P. G; OLDFIELD, F. (1978); The calculation of lead-210 dates assuming a constant rate of supply of unsupported  $^{210}\text{Pb}$  to the sediments from Finland. *Nature*, v.280, p.53-55,1978.

APPLEBY, P. G; OLDFIELD, F. The assessment of Pb-210 data from sites with varying sediment accumulation rates. *Hidrobiologia*, v. 103, p. 29-35, 1983.

ARAGON, G.T. *Estudo Geoquímico de Metais Pesados em Sedimentos de Planície de Maré da Enseada das Garças, Baía de Sepetiba, RJ, Niterói*: S.M., 1987, 135f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) Programa de Pós-graduação em Geoquímica. Departamento de Geoquímica. Universidade Federal Fluminense.

BARCELLOS NETO, C.C. *Distribuição e comportamento de metais pesados em uma área de lançamento de uma indústria de zinco e cádmio – Baía de Sepetiba*. Rio de Janeiro: S.M., 1991. 101f. Dissertação (Mestrado em Biofísica) Instituto Biofísica Carlos Chagas Filho. Universidade Federal do Rio de Janeiro,.

BARCELLOS,C. *Geodinâmica do Cd e Zn na baía de Sepetiba*, Rio de Janeiro. Niterói 1995. Tese (Doutorado em Geociências). Programa de Pós-Graduação em Geoquímica. Departamento de Geoquímica. Universidade Federal Fluminense.

BITTENCOURT, E. B. *Ecologia de ectoparasitismo na comunidade de pequenos mamíferos na mata atlântica da Ilha Grande*. Rio de Janeiro, 1998. Monografia (Bacharelado em biologia), UERJ. Graduação em 1998.

BORGES, H.V., *Dinâmica sedimentar da Marambaia e baía de Sepetiba, Rio de Janeiro*: S.M., 1990, 100f. Dissertação (Mestrado geoquímica ambiental). Faculdade de Geologia.Universidade Federal do Rio de Janeiro.



BORGES, H.V., *Holocene geological evolution of Sepetiba bay and Marambaia barrier island, Brazil*. 1998. 145f. Doctorate Thesis, State University of New York, Marine Science Research Center.

CARDOSO, A. G. A; BOAVENTURA, G. R.; SILVA FILHO, E. V.; BROD, J. <sup>a</sup>  
Metal distribution in sediments from Ribeira bay, Rio de Janeiro – Brazil. *Journal of the –Brazilian Chemical Society*, v.12, n.6,p. 767 - 774, 2001.

CHOPPIN, CC. *Nuclei and Radioactivity*. New York : W.<sup>a</sup> Benjamin, Inc. 1964, 150p.

COELHO, L.G., - *Seis mil anos de variações climáticas e do nível do mar na região da baía de Sepetiba: um registro palinológico*. Rio de Janeiro, 1999. 84f. Dissertação (Mestrado em Geologia) Faculdade de Geologia. Universidade do Estado do Rio de Janeiro,.

CORDEIRO, R.C. *Mudanças Paleoambientais e ocorrência de incêndios nos últimos 7400 anos, na região de Carajás, Pará*. Niterói: S.M., 1996. 144f. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica). Programa de Pós-graduação em Geoquímica. Departamento de Geoquímica. Universidade Federal Fluminense.

CPRJ. Capitania dos Portos do RJ. Disposições gerais. Seção I. Organização, jurisdição e limites. Disponível em <<http://www.cprj.mar.mil.br/capitulo1a.htm>.> Acesso em 10, junho, 2004.

CRUSIUS, J; ANDERSON, R.F. Core compression and surficial loss of lake sediments of high porosity caused by gravity coring. *Limnology and Oceanography*, v.36, n.5, p. 1021-1031, 1991.

DE PAULA, F.C.F.; CARVALHO, C.E.V.; OVALLE,<sup>a</sup>R.C.; BARROSO,L.V.; OLIVEIRA,R.R.; REZENDE,C.E. Pesquisa geoquímica orientativa na Bacia do Rio Capivari, Ilha Grande, RJ. In: SIMPÓSIO DE ECOSSISTEMAS DA COSTA BRASILEIROS, 3. 1993. São Paulo: Academia Brasileira de Ciências do Estado de São Paulo, 1993, p.383-385.

EDGINTON, D.N; ROBBINS, J.A. Records of lead deposition in lake Michigan sediments 1800. *Environmental Science & Technology*, v. 10, n. 3, p. 266-273, 1976.

FORTE, C. M. S. *Determinação das taxas de sedimentação na porção nordeste da baía de Sepetiba utilizando datação com o radioisótopo <sup>210</sup>Pb em excesso*. Niterói: S.M. 1996. Dissertação (Mestrado em geociências) – Programa de Pós-Graduação em Geoquímica, Departamento de Geoquímica, Universidade Federal Fluminense.

GOUVEA, R. C. S. ; SANTOS, P.L. ; GOUVEA, V.A. Contribution to the study of the radioactivity in marine organisms: dosage of Po in *Perna perna*, Linneaus, 1758. *Science Total Environment*, v.61, p. 117-120, 1987.

HAKANSON, L; JANSSON, M. *Principles of lake sedimentology*. New York, Springer-Verlag, 1983, 363p.

IEF/RJ-DCN. *Reserva biológica e arqueológica de Guaratuba: estudos para operacionalização da área*, Instituto Estadual de Florestas- IEF, Rio de Janeiro: 1989, 36p. (Relatório técnico)

IRWIN, J.G; WILLIAMS, M.L. Acid Rain: Chemistry and Transport. *Environmental Pollution*, n.50, p.29-59, 1988.

JOSHI, S. R. Common analytical erros in the radioadating of recent sediments. *Environ. Geol. Water Sci.* V.14, n.3, p. 203-207, 1989.

JOSHI, S. R; SHUKLA B.S. AB initio derivation of formulations for Pb-210 dating of sediments. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. V. 148, n. 1, p.73-79, 1991.

KEMP, A. L. W. Cultural impacts on the geochemistry in Lake Erie. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, v.33, p. 440-462, 1976.

LACERDA, L.D., PFEIFFER, W.C; FISZMAN, M.. Heavy Metal distribution, availability and fate in Sepetiba bay, S.E. Brazil. *The Science of the Total Environment*, p.163-173 1986.

LACERDA, L.D., PFEIFFER, W.C. & FISZMAN, M. Níveis naturais de metais pesados em sedimentos marinhos da baía da Ribeira, Angra dos Reis. *Ciência e Cultura*. v. 37, n. 7, p921-924, 1982.

LACERDA, L.D. *Aplicação da Metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos no estudo da poluição por metais pesados na baía de Sepetiba, Rio de Janeiro*. Rio de Janeiro, 1983, 125f. 125p. Tese (Doutorado em Biofísica). Instituto de Biofísica Carlos Chagas Filho. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

LACERDA, LD. *Biogeoquímica de metais pesados em ecossistema de manguezais*. Niterói, 1993, 72f. Tese (Professor titular). Programa de Pós-graduação em Geoquímica. Universidade Federal Fluminense.

LACERDA, L.D., PFEIFFER, W.C; FISZMAN, M. Heavy metals Distribution, Availability and Fate in the Sepetiba Bay (SE- Brazil), *The Science of the total Environment*, v.65,p. 163-173, 1987.

LEITÃO FILHO, C. M. *Distribuição de Metais Pesados nos sedimentos superficiais da baía de Sepetiba*. Niterói: S.M., 1995, 102f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica). Instituto de Química. Universidade Federal Fluminense.

LIMA, S.C. Estudo sedimentológico, Textural, Minerológico e Geoquímico dos Sedimentos Superficiais e do Material em Suspensão na Baía da Ribeira, Angra dos Reis – RJ, Niterói, 1985. 150f. Dissertação (Mestrado em Geociências – Geoquímica). Programa de Pós-graduação em geoquímica. Universidade Federal Fluminense.

MACHADO, W. T. ; SILVA FILHO, E. V. ; OLIVEIRA, R. R. ; LACERDA, L. D. . Trace metal retention in mangrove ecosystem in Guanabara Bay, SE Brazil. *Marine Pollution Bulletin*, Holanda, v. 44, n. 11, p. 1275-1278, 2002.

MADDOCK, J. E. L., et al. Monitoramento de contaminação de sedimentos como medida de outro problema ambiental – Assoreamento (Baía de Sepetiba, RJ). In: CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, 5; congresso brasileiro de geoquímica, 7. 1999, Porto Seguro (BA), 1999, p. 124-126.

MAGALHÃES, V.F.; BASTOS,W.R.; PFEIFFER,W.C. Arsenic concentration in sediments near a metallurgical plant (Sepetiba bay, Brazil). In: HEAVY METALS IN THE ENVIROMENT, Edinburgh. Edinburgh; 1993, p.443-446 CEP Consultants. V.2.

MAHIQUES,M.M. *Considerações sobre os sedimentos de superfície de fundo da baía da Ilha Grande*. São Paulo, 1987, 2v. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Física). Universidade de São Paulo.

MALM, O. Estudo da poluição ambiental por metais pesados no sistema Rio Paraíba do Sul – Rio Guandu (RPS – RG) através da metodologia de abordagem pelos parâmetros críticos. Rio de Janeiro, 1986.102f. Dissertação (Mestrado em biofísica). Universidade Federal do Rio de Janeiro.

MARTIN, J.M.; MEYBECK, M. Elemental mass balance of material carried by major world rivers. *Marine chemistry*, v.7, n.3,p.173-206,1979.

MATSUMOTO, E.  $^{210}\text{Pb}$  geochronology of sediments from Lake Shinj. *Geochemical Journal*. v.9, p. 167-172, 1975.

MEYERS, P. A. Preservation of elemental and isotopic source identification of sedimentary organic matter. *Chemical Geology*, v.114, p. 289-302, 1994.

MEYERS, P. A. Applications of organic geochemistry to Paleolimnological Reconstructions:a summary of examples from the Laurentian Great Lakes. Department of Geological Sciences, Ann Arbor, USA: The University of Michigan, 2003.

MOURA, J.A.; DIAS-BRITO, D; BRONNIMANN, P. Modelo ambiental de laguna costeira clástica. IN SIMPÓSIO DO QUATERNÁRIO NO BRASIL, 4, Baía de Sepetiba, RJ. 1982, Rio de Janeiro, RJ. 1982, p. 135-152.

NRIAGU, J.O.; PACYNA, J. M. Quantitative assesment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature*, v.333, p. 134 – 139, 1988.

OLIVEIRA, R. R.; LIMA, D. F.; SAMPAIO, P. D.; SILVA, R. F.; TOFFOLI, D. D. G. Roça Caiçara: um sistema “primitivo” auto-sustentável. *Ciência Hoje*, v. 18, n. 104, p. 44 -51, 1994.

PACER, R. A. The role of Cherenkov and Liquid Scintillation counting in evaluating the anion-exchang separation of  $^{210}\text{Pb}$  –  $^{210}\text{Bi}$ -  $^{210}\text{Po}$ . *Journal of Radion. Chemistry*, v. 77, n.1,p. 19-21, 1983

PATCHINEELAM, S.R., LEITÃO-FILHO, C.M., AZEVEDO, F.V.; MONTEIRO, E.A. Variation in the distribution of heavy metals in surface sediments of Sepetiba bay; Rio de Janeiro, Brazil. In: HEAVY METALS IN THE ENVIRONMENT, 1989, Genebra. *Proceedings... Edinburgh: CEP Consultants*, 1989, p.424-427.

PEREIRA, S.D., - *Influência da variação relativa do nível do mar no manguezal de Guaratiba* - Baía de Sepetiba, RJ. 1998. 123f. Tese (Doutorado em geociências) Instituto de Geociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

PESTANA, H. Partição Geoquímica de metais pesados em sedimentos estuarinos nas bacias de Sepetiba e da Ribeira, RJ. Niterói: S.M., 1989. 211f. Dissertação (mestrado em Geoquímica) Universidade Federal Fluminense.

PONÇANO, W.L. *Sedimentação atual na baía de Sepetiba, estado do Rio de Janeiro*: contribuição à avaliação de viabilidade geotécnica da implantação de um porto. 1976. Dissertação (Mestrado em geoquímica ambiental Instituto de Geociências. Universidade de São Paulo.

PORTOSRIO, 2002. Disponível em <<http://www.portosrio.gov.br/sepetiba>> Acesso em: 10 de maio de 2005.

RIDGWAY, J.E; SHIMMIELD,G. Estuaries as repositories of historical contamination and their impact on shelf seas. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, v.55, p.903-928,2002.

RODRIGUES, P.P.G.W. *Aporte de metais pesados para a baía de Sepetiba e seu comportamento na região estuarina*. Niterói, 1990. 161f. Dissertação (Mestrado em ciências). Universidade Federal Fluminense.

SALOMONS, W; FORSTNER, U. *Metals in the Hydrocycle*. Berlin: Springer Verlag, 1984. 349p.

SALOMONS, W; SCHWEDHELM, E., SCHOER, J., ; KNAUTH, H. Natural Tracers to determine the Origin of Sediments and Suspended Matter from the Elbe Estuary. *Water Science Technology*, v.20, n. 6/7, p89-102, 1988.

SEMA. *Programa de Gestão para o Desenvolvimento Sustentável da Bacia contribuinte à Baía de Ilha Grande*. Rio de Janeiro: SEMA, 1997. v.2.p.2-55.

SEMADS (Secretaria Estadual do Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável). *Bacias Hidrográficas e Recursos Hídricos da Macrorregião Ambiental...* Rio de Janeiro, 2001, 79p. (Projeto PLANÁGUASEMADS/GTZ Cooperação Técnica Brasil-Alemanha).

SHUKLA, B.S.; JOSHI, S.R. An Evaluation of the CIC Model of  $^{210}\text{Pb}$  Dating of sediments. *Environ. Geol. Water Sci.*, v. 14, n.1, p. 73-76, 1989.

SIMÕES FILHO, F. F. L. *A hidrodinâmica de particulados em planícies de inundação*: um estudo sobre as taxas de sedimentação de lagoas marginais do Rio Mogi-Guaçu, Estação Ecológica de Jataí (Luiz Antônio, SP). São Carlos,

1993. 108 f. Dissertação (Mestrado em geociências). Universidade Federal de São Carlos.

STEVENSON, M.R.; DIAS-BRITO, D.; STECH, J.L.; KAMPEL, M. How do cold water biota arrive in a tropical bay near Rio de Janeiro, Brazil? *Continental Shelf Research*, v18, p 1595-1612, 1998.

TORRES, S. Barragem abandonada ameaça baía de Sepetiba. Folha de São Paulo, 06 abril. 2003. Cotidiano. Enviado especial da Folha de S. Paulo em Itaguaí (RJ). Acesso em 10 de maio de 2005: Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u72546.shtml>.

WASSERMAN, J. C.; FIGUEIREDO, A.M, PELLEGATTI, F.; SILVA-FILHO, E. V. Elemental composition of sediment cores from mangrove environment using nêutron activation analysis. *Journal Geochemical Exploration*, v.72, p.129-146, 2001.

WASSERMAN, J. C.; AMOUROUX, D.; WASSERMAN, M. A. M.; DONARD, O. F. X. Mercury speciation in sediments of a tropical coastal environment. *Environ. Technol.*, v. In press, 2002.

WATTS, P. P. G. *Aporte de metais pesados para baía de Sepetiba e seu comportamento na região estuarina*. Niterói: S.M., 1990. 90f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) Programa de pós-graduação em Geoquímica. Universidade Federal Fluminense.