



UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA
ÁREA DE GEOLOGIA AMBIENTAL, HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS

TESE DE DOUTORADO

METAIS NOS SEDIMENTOS SUPERFICIAIS DA
PLATAFORMA CONTINENTAL ENTRE ITACARÉ E
OLIVENÇA,
SUL DA BAHIA, BRASIL

JOSEINA MOUTINHO TAVARES

Salvador
Setembro/2008

Não é o desafio com que nos deparamos que determina quem somos e o que estamos nos tornando, mas a maneira com que respondemos ao desafio.

Somos combatentes, idealistas, mas plenamente conscientes.

Porque o ter consciência não nos obriga a ter teoria sobre as coisas
só nos obriga a sermos conscientes.

Problemas para vencer, liberdade para provar.

E, enquanto acreditamos no nosso sonho, nada é por acaso.

(Henfil)

Aos meus pais,
Euclides de Souza Tavares (*in memoriam*)
e Josélia Alves Moutinho Tavares
e aos meus filhos Bruno e Paulo Moutinho Andrade de Souza
pelo afeto, carinho, palavras de otimismo, paciência, estímulo e apoio
nos momentos cruciais da minha vida

AGRADECIMENTOS

Gostaria de expressar aqui os meus agradecimentos a Deus e a todas as pessoas e instituições que direta ou indiretamente contribuíram para a concretização desta pesquisa.

Ao Prof. Dr. Johildo Salomão Figueiredo Barbosa por ter aceitado me orientar durante esta pesquisa de doutorado e por acreditar no meu trabalho.

Ao Prof. Dr. José Maria Dominguez Landim, por ter me recebido nesta Instituição como co-orientador e pela contribuição nas discussões acadêmicas dos dados obtidos neste período e também pelo apoio e atenção.

Aos Profs. Drs. Geraldo da Silva Villas Boas e Antonio Fernando de Souza Queiroz pelas discussões científicas que tivemos. O meu carinho e a minha gratidão a estes pesquisadores.

Aos Profs. Luís Rogério Bastos Leal, Sérgio Nascimento, Vilton Fernandes, Maria Auxiliadora da Silva e Hailton Mello deste Instituto de Geociências, pelas sugestões e resultados obtidos durante esta Tese. Um agradecimento especial a Bruno Moitinho pela confecção do *Abstract*.

A CBPM, Companhia Baiana de Pesquisa Mineral pelos recursos financeiros para a realização deste trabalho.

Ao CPGG, Centro de Pesquisas de Geofísica e Geologia e á Geosol pela realizações das análises químicas.

A Profa Maria José Marinho do Rego e a Sergio Roberto Lemos de Carvalho, expresso aqui, de coração, a minha gratidão pelas suas contribuições efetivas nesta pesquisa, através das discussões acadêmicas, pelo apoio e sugestões no decorrer deste trabalho que me ajudaram a compreender melhor a pedologia.

Aos meus colegas e amigos Ivana Nascimento, Eron Macedo e Jailma Souza pelo ensinamento, paciência e ajuda na compreensão da geologia, confecções das tabelas, correções, sugestões e impressões.

Aos meus amigos Andréia Borges, Antonio Fernando Freire, Lucas Nascimento pelos esclarecimentos e a todos do CPGG – Centro de Pesquisa em Geofísica e Geologia que me apoiaram e colaboram para a concretização deste trabalho.

A Elinaldo Sales e Raulina Barbosa pela ajuda e apoio durante a preparação química e física das amostras.

A Nilton Almeida, Nilton Silva, Gilzélío Nascimento e Maria Conceição Azevedo pela presteza no atendimento às solicitações dos serviços de secretaria no decorrer deste trabalho. A Joaquim Melo pela constante ajuda com a informática. A Joseane Santos, Aldacy Nascimento, Gilberto Jesus, José Neves, Josefa dos Santos e Helenita Jesus pelo atendimento na biblioteca. Aos demais colegas do Instituto de Geociências da UFBA, pelas discussões e pelos momentos agradáveis que desfrutamos durante o nosso convívio.

RESUMO

A zona costeira é a região mais pesadamente atingida pelas modificações induzidas pelo homem e, devido à sua intensa atividade por serem locais próximos de um grande contingente populacional e de atividades agrícolas, o estudo da contaminação de metais nos sedimentos marinhos é de grande interesse público. Para quantificar os metais Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn foram determinados por meio da técnica de ICP-OES, após extração parcial com água régia. Os resultados foram avaliados por meio de mapas, tabelas, gráficos e Índice de Geoacumulação (IGEO). Foi verificado que os elementos metálicos se encontram dispersos na plataforma continental entre Itacaré e Olivença, sobretudo nos sedimentos lamosos, sendo que nas proximidades das desembocaduras dos rios de Almada, Santana, Cachoeira e de Contas, a profundidade e as concentrações metálicas foram mais altas. Os percentuais dos metais obtidos nos sedimentos marinhos da foz do Rio de Contas foram maiores do que aqueles observados nas desembocaduras dos rios Almada, Cachoeira e Santana. Isto pode estar relacionado à grande extensão da bacia do Rio de Contas, à maior concentração de lama nos sedimentos da foz desse rio, quantidade elevada de compostos orgânicos nos sedimentos provenientes dos solos existentes ao longo do curso dos rios Almada, Cachoeira e Santana e pelo manguezal da foz do rio Almada. A presença acentuada da planta aquática Aguapé nos rios pode também justificar os teores baixos na desembocadura do rio Almada, já que essa planta atua como verdadeiro filtro natural, pois apresenta a capacidade de absorver e concentrar em seus tecidos rejeitos industriais, tais como metais tóxicos. Outra realidade que pode ter refletido nos resultados baixos de metais é que, quando ocorre a mistura das águas fluviais e marinhas no manguezal, há redução da velocidade da água observando-se assim uma redução da capacidade de transporte do material em suspensão e favorecimento de transferência de fase do metal, o que pode acarretar sua deposição no sedimento. Isto é ocasionado pelo fato do pH fluvial ser fracamente ácido e o do mar de aproximadamente 8, em consequência os elementos metálicos tendem a ser removidos do meio aquoso, através da coprecipitação dos óxidos-hidróxidos de Mn e Fe, os quais adsorvem íons metálicos, auxiliando na remoção desses metais da coluna d'água para o substrato subjacente. A progressiva neutralização da acidez durante o processo de calagem dos solos da região continental contígua à área em foco, pode ter reduzido os teores metálicos nos sedimentos marinhos da plataforma entre Itacaré e Olivença. Isto pode ter sido ocasionado pelo fato dos

metais Fe e Al apresentarem pH de hidrólise baixos e por isso formarem compostos mais rapidamente com a água do que os demais elementos metálicos. Desta forma, os sedimentos dos manguezais que são ricos em matéria orgânica e em compostos de ferro e de alumínio tendem a adsorver tanto ou mais metais do que os solos da parte continental. Com base nos valores limites para metais em sedimentos, estabelecidos pelo padrão internacional adotado pelo Programa de Sedimentos Costeiros da *National Oceanographic and Atmospheric Administration-NOAA* e, na ausência de valores padrões brasileiros, diante dos resultados médios obtidos neste trabalho pode-se concluir que, de modo geral, os impactos dos metais Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn nos sedimentos marinhos são baixos. Isto mostra que o nível de contaminação metálica nos sedimentos da plataforma entre Olivença e Itacaré muito provavelmente, não seja significativo e prejudicial. Essa afirmação pode ser mostrada pelos resultados obtidos através dos Índices de Geoacumulação (IGEO) calculados para servirem como uma medida quantitativa de poluição causada por metais pesados no sedimento marinho. Os valores obtidos de IGEO foram negativos, mostrando que os sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença se encontram na classe 0, o que indica uma quase completa isenção de contaminação. Assim, como os teores metálicos estão abaixo dos níveis de contaminação, os resultados poderão ser considerados como valores naturais (*background*) para a região da plataforma continental em foco.

Palavras-chave: Metais, Sedimentos, Plataforma Continental, Sul da Bahia, Brasil.

ABSTRACT

The coastal zone is the region more heavily reached by the induced modifications by the man, due to its intense activity for being local next to a great population contingent and agricultural activities, the study of the metallic contamination sedimentary navy is of great public interest. The metals Al, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb and Zn had been determined by ICP-OES, after partial extraction with regal water. The results had been evaluated by means of maps, tables, graphs e Index of Geo accumulation (IGEO). It was verified that the metallic elements if find dispersed over all in the continental platform between Itacaré and Olivença, in the muddy sediments, where near the mouths of rivers, the depth and metal concentrations were higher. The percentages of metals gotten in the marine sediments of the River of Contas had been bigger of what those observed in the mouths of the rivers Almada, Cachoeira and Santana. This can be related the great extension of the basin of the River of Contas, the biggest mud concentration in the sediments of the estuary of this river, for the high amount of organic composites proceeding from existing ground throughout the course of the rivers Almada, Cachoeira and Santana and for the mangrove of the estuary of the river Almada. The accented presence of the aquatic plant Aguapé in the rivers can also justify low texts in the mouth of the river Almada, since this plant acts as true natural filter, therefore presents the capacity to absorb and concentrate in its fabrics industrial refuses, such as metals heavy. Another fact that can have reflected in the low metal results is that, when occurs the mixture of fluvial and sea waters in the mangrove, it has reduction of the speed of the water and general decrease of the solubility of the metal. That is caused for the fact of pH fluvial to be weakly acid and of the sea of approximately 8, the metallic elements tend to be removed of the watery way, through the precipitation hydroxides them of Mn and Fe, which adsorptions ions metallic, co-precipitating them. The gradual neutralization of the acidity during the process of liming of ground of the contiguous continental region to the area in focus, can have reduced metallic texts in the marine sediments of the platform between Itacaré and Olivença. This can have been caused for the fact of metals Fe and Al, present pH of hydrolysis low and therefore more quickly to form composites with the water of what the too much metallic elements. In such a way, the sediments of mangroves that are rich in organic substance and of composites of iron and alumine tend in such a way to adsorptions or more metals of what the ground of the continental part. On the basis of the boundary-values for metals in sediments established for the international standards adopted by the Program of Coastal Sediments of the National Oceanographic and Atmospheric Administration-NOAA can be concluded that, in general way, the impacts of the Cr metals, Cu, Pb, Ni and Zn in the marine sediments are low. This sample that the level of contamination for metals in the sediments of the platform between Olivença and Itacaré is not significant and harmful, since the gotten values of IGEO had been negative, signaling sediment not contaminated. Thus, as the metallic texts of the sediments are below of the levels of contaminations, these concentrations can be considered as natural (background) of the marine sediments between Itacaré and Olivença.

Word-key: Metals, Sediments, Continental Plataform, South of Bahia, Brazil.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	1
1.1-	APRESENTAÇÃO.....	1
1.2-	O PROBLEMA AMBIENTAL.....	1
1.3-	OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS.....	6
1.4-	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
1.5-	BREVE REVISÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS.....	10
1.6-	CARACTERISTICAS E COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS PESQUISADOS.....	13
1.6.1-	Comportamento dos elementos químicos pesquisados.....	14
1.6.2-	Importância dos óxidos, argilas e da matéria orgânica	16
2	CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DA ÁREA DE ESTUDO.....	20
2.1-	HIDROGRAFIA.....	20
2.1.1-	Bacia do Rio de Contas.....	20
2.1.2-	Bacia do Leste.....	21
2.2-	ASPECTOS CLIMÁTICOS.....	21
2.3-	GEOLOGIA.....	22
2.3.1-	Área Continental.....	22
2.3.2-	Área Marinha/Área da Pesquisa.....	25
2.4-	RECURSOS MINERAIS.....	28
2.5-	PEDOLOGIA.....	29
2.6-	OCUPAÇÃO E USO DOS SOLOS.....	32
2.7-	INDÚSTRIAS.....	33
2.8-	CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL.....	37
3	METDOLOGIA DE TRABALHO.....	40
3.1-	TRABALHOS DE CAMPO.....	40
3.1.1-	Amostragem.....	40
3.2-	TRABALHOS DE LABORATÓRIO.....	42

3.2.1- Tratamento físico das amostras.....	42
3.2.1.1-Análise granulométrica.....	42
3.2.1.2-Secagem e pulverização das amostras.....	42
3.2.2- Tratamento químico das amostras.....	43
3.2.2.1-Utilização de ácidos.....	43
3.2.2.2- Decomposição das amostras.....	45
3.2.2.3-Determinação Analítica.....	45
3.2.3- Determinação da Matéria Orgânica (M.O.).....	46
3.3- CONTROLE E GARANTIA DA QUALIDADE DOS RESULTADOS (CQ).....	46
3.4- TRATAMENTO DOS DADOS.....	46
3.5- INDICE DE GEOACUMULAÇÃO (IGEO) E OS VALORES DE REFERENCIA.....	47
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	51
4.1- ANÁLISE GERAL DOS SEDIMENTOS MARINHOS.....	51
4.1.1- Composição física dos sedimentos.....	51
4.1.2- Teores de Matéria Orgânica (M.O.).....	57
4.1.3- Composição química inorgânica dos sedimentos.....	57
4.1.3.1- Análise do Índice de Geoacumulação (IGEO).....	73
4.1.3.2- Padrões ambientais e concentração metálica dos sedimentos.....	75
4.1.4- Relação entre as composições físicas e metálicas dos sedimentos.....	81
4.2- COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DE OUTRAS REGIÕES.....	83
5 CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES.....	85
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
GLOSSÁRIO.....	103

LISTA DE FIGURAS

Figura I- 01	Localização da região litorânea do sul do Estado da Bahia e a área da pesquisa.....	08
Figura I- 02	Localização das estações de coleta de sedimentos na plataforma.....	09
Figura I- 03	Comportamento dos óxidos de ferro hidratados em relação ao pH do meio...	18
Figura II- 01	Mapa geológico simplificado e principais depósitos minerais da bacia do Rio de Contas (médio e baixo) da parte continental contígua a área de pesquisa...	23
Figura II- 02	Distribuição espacial das fácies sedimentares da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	27
Figura II- 03	Mapa pedológico da região entre Itacaré e Olivença.....	30
Figura II- 04	Distritos Industriais da região continental contígua à área de pesquisa.....	35
Figura III- 01	Localização dos pontos amostrais no fundo da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	41
Figura III- 02	Fluxograma de preparação das amostras.....	44
Figura III- 03	Fluxograma para determinação de metais nos sedimentos marinhos.....	44
Figura IV- 01	Percentagem de lama dos sedimentos marinhos entre Itacaré e Olivença.....	54
Figura IV- 02	Percentagem de areia dos sedimentos marinhos entre Itacaré e Olivença.....	55
Figura IV- 03	Percentagem de cascalho dos sedimentos marinhos entre Itacaré e Olivença.....	56
Figura IV- 04	Percentuais de matéria orgânica nos sedimentos lamosos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	59
Figura IV- 05	Distribuição de cromo (Cr) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	65
Figura IV- 06	Distribuição de alumínio (Al) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	66
Figura IV- 07	Distribuição de ferro (Fe) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	67
Figura IV- 08	Distribuição de manganês (Mn) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	68
Figura IV- 09	Distribuição de níquel (Ni) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	69

Figura IV- 10	Distribuição de chumbo (Pb) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	70
Figura IV- 11	Distribuição de cobre (Cu) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	71
Figura IV- 12	Distribuição de zinco (Zn) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	72
Figura IV- 13	Distribuição espacial dos Índices de Geoacumulação (IGEO) do metal cromo (Cr) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	73
Figura IV- 14	Concentração de ferro nos sedimentos da plataforma continental e o padrão de referencia.....	75
Figura IV- 15	Concentração de manganês nos sedimentos da plataforma continental e o padrão de referência.....	76
Figura IV- 16	Concentração de chumbo nos sedimentos da plataforma continental os padrões de referência.....	77
Figura IV- 17	Concentração de cobre nos sedimentos da plataforma continental e os padrões de referência.....	78
Figura IV- 18	Concentração de cromo nos sedimentos da plataforma continental e os padrões de referência.....	79
Figura IV- 19	Concentração de níquel nos sedimentos da plataforma continental e os padrões de referencia.....	80
Figura IV- 20	Concentração de zinco nos pontos amostrais e os padrões de referencia.....	80
Figura IV- 21	Relação entre a granulométrica dos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença e a concentração dos metais pesquisados.....	82

LISTA DE QUADROS

Quadro I-01	Principais fontes antrópicas de metais pesados para o ambiente marinho.....	04
Quadro I-02	Resumo dos elementos químicos que são utilizados na composição dos agroquímicos.....	05
Quadro I-03	Teores médios de metais encontrados em calcários utilizados como corretivos agrícolas que são introduzidos nos solos.....	05
Quadro I-04	Média dos teores de alguns metais em rochas ígneas e sedimentares.....	14
Quadro I-05	pH de hidrólise dos metais pesquisados.....	15
Quadro I-06	Mobilidade de metais em diferentes condições do meio ambiente.....	16
Quadro III-01	Concentrações dos padrões para sedimentos marinhos indicados pelo NOAA (<i>National Oceanic and Atmospheric Administration</i>).....	49
Quadro III-02	Classificação dos sedimentos através do Índice de Geoacumulação (IGEO).....	50

LISTA DE TABELAS

Tabela I-01	Tabela periódica e os efeitos biológicos dos elementos químicos.....	03
Tabela IV-01	Granulométrica (% m/m) dos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	53
Tabela IV-02	Percentuais de matéria orgânica (M.O.) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.....	58
Tabela IV-03	Concentrações químicas de metais nos sedimentos da plataforma entre Itacaré e Olivença.....	64
Tabela IV-04	Índice de Geoacumulação (IGEO) dos metais nos sedimentos da plataforma entre Itacaré e Olivença.....	74
Tabela IV-05	Concentrações médias dos metais nos sedimentos marinhos em diferentes regiões.....	84

ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

mgkg^{-1}	→	Miligramma por kilograma
mgL^{-1}	→	Miligramma por litro
mm	→	Milímetros
μm	→	Micrometro
K	→	Temperatura medida em graus Kelvin (K)
v/v	→	Percentagem volumétrica

1 INTRODUÇÃO

1.1- APRESENTAÇÃO

Este trabalho está ordenado em cinco capítulos. No primeiro, intitulado Introdução, ele mostra os aspectos gerais sobre a contaminação metálica nos sedimentos do meio aquático, características dos sedimentos e dos elementos metálicos e suas aplicações. Também na Introdução são apresentadas as justificativas para o trabalho, além dos objetivos e a localização geográfica da região em foco. No segundo capítulo, nomeado de Características Fisiográficas da Área de Estudo, são mostradas as feições principais da região, incluindo clima, hidrografia, uso do solo, plataforma continental, geologia, ocupação e os aspectos ambientais. No terceiro, intitulado Metodologia de Trabalho da Pesquisa, descreve-se a metodologia aplicada em campo e no laboratório. No quarto capítulo, nomeado Resultados e Discussões, são detalhados os valores obtidos na determinação da concentração dos metais no sedimento marinho compatibilizando-os com a metodologia utilizada, além da apresentação de mapas, tabelas e de gráficos. No quinto capítulo, intitulado de Conclusões Finais e Recomendações, coloca-se as considerações finais de forma integrada aos resultados e aos objetivos almejados, além de mostrar sugestão para futuros trabalhos.

1.2- O PROBLEMA AMBIENTAL

Uma das grandes preocupações ecológicas atuais refere-se ao impacto ambiental ocasionado pela liberação antrópica de metais tóxicos nos diversos ambientes naturais e, de maior importância, naqueles de maior interação com as populações humanas. Isto ocorre devido ao fato de o homem, utilizando o poder de transformar o meio ambiente, ter modificado rapidamente o equilíbrio da natureza. Como resultado, as espécies ficaram frequentemente expostas a perigos que podem ser irreversíveis. Conseqüentemente, estes materiais podem causar danos à saúde humana, entraves às atividades marítimas, deterioração da qualidade da água do mar e redução das possibilidades no domínio do lazer.

Assim, um dos problemas mais sérios que atinge o Brasil e o mundo inteiro é a poluição, ou seja, a introdução de substâncias capazes de produzir efeitos deletérios. A poluição marinha torna-se um obstáculo para qualquer atividade, sobretudo nas áreas estuarinas, por sinal as mais

sacrificadas pela liberação de efluentes industriais ou caseiros, locais onde preferencialmente se concentra um grande contingente populacional e atividades agrícolas. A alteração da biodiversidade desses ecossistemas representa assim, uma séria ameaça ao desenvolvimento mundial (Almeida, 1995; Dias, 1992).

No Brasil, aproximadamente 40% dos complexos industriais das zonas costeiras estão concentrados nos estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Espírito Santo e Bahia. As áreas com maior potencial de risco são os estuários e as baías, seguidos da linha de costa, que se constitui em um dos ambientes mais frágeis e mutáveis do planeta. Quando o homem entra em cena, invariavelmente acelera a degradação do ambiente (Dominguez, 1995).

A maioria dos grandes centros urbanos estão localizados em regiões costeiras (Soares, 1999) e, geralmente próximos às baías e estuários. E elas são, comparativamente aos oceanos, as mais vulneráveis ao impacto da poluição (Nascimento, 2006; Soares, 1999).

Os mares, os rios, os lagos e os lençóis d'água subterrâneos são o destino final de todo poluente solúvel lançado no ar ou no solo. Assim, o mar se constitui em um imenso repositório final dos resíduos, já que corresponde a 95% de toda massa da hidrosfera (Carvalho, 1995). Esta parte da Terra é uma das últimas fronteiras na busca de recursos naturais pelo homem. Situado em cota inferior aos continentes, o mar está destinado, através dos cursos de água e por imposição gravitacional, a receber todos os produtos da erosão contínua e milenar dos solos e das rochas, contendo toda sorte de materiais inorgânicos e orgânicos, sejam eles: geológicos ou agrícolas, tóxicos ou fertilizantes, procedentes dos relevos continentais (Branco & Rocha, 1984). A Baía de Todos os Santos, a maior do litoral brasileiro, é um exemplo disto. Atualmente nesta Baía que possui uma área de 1100 km², poucos trechos são viáveis para a aqüicultura por causa da poluição (Branco & Rocha, 1984).

Estima-se que cerca de 77% da poluição do mar tenha origem no continente e que cada vez mais é necessário pensar em termos de sistemas, associando-os aos mares, bacias hidrográficas e aos continentes. Os contaminantes metálicos poderão atingir o ambiente costeiro também pela deposição atmosférica, lixo urbano, por entradas fluviais e por lançamento direto de esgotos domésticos e dos resíduos industriais (Bloom & Ayling, 1977; Forstner, 1980; Albaiges *et al.*, 1982; Ackermann *et al.*, 1983; Lacerda, 1983; Keith, 1988; Beckett, 1989; Mantei & Coonrod, 1989; Fowler, 1990; Clark, 1992; Gunther, 1998; Mól, 2000; Pereira & Gomes, 2002).

O termo metal pesado tem sido usado para designar os elementos químicos que têm densidade entre 5 e 6 g cm^{-3} e que são potencialmente nocivos à saúde humana (Araújo, 1998). Segundo Alloway (1990), esse termo engloba um grupo de metais, semimetais e até não metais (selênio) que, normalmente encontram-se associados à poluição, à contaminação e toxicidade, e inclui, também, alguns elementos essenciais aos seres vivos (Cu, Mn) e não essenciais (Cd, Pb). Os metais, ao atingirem o ambiente aquático sofrem o efeito de ampliação biológica, sendo armazenados nos organismos e, em consequência, sua concentração é extraordinariamente ampliada nos tecidos dos seres vivos que integram a cadeia alimentar de ecossistemas (Mayer & Fink, 1980; Forstner & Wittmann, 1983; Bryan, 1984; Angelidis & Grimanis, 1989; Hansen *et al.*, 1996; Azevedo & Chasin, 2003). Na Tabela I-01 e na sua legenda são mostrados os efeitos biológicos de alguns elementos químicos (Plant *et al.*, 1998; Bruland *et al.*, 1974).

Tabela I-01 – Tabela Periódica e os efeitos biológicos dos elementos químicos (Plant *et al.*, 1998)

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	B	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac															

La	Ce	Pr	Nb	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr

- Elementos essenciais para a maioria dos organismos, podendo ser tóxicos em excesso
- Elementos geralmente tóxicos para muitas espécies, mesmo em pequenas quantidades.
- Elementos essenciais para algumas espécies, entretanto podem ser tóxicos para outras.
- Elementos com função biológica sob suspeita.
- Elementos radioativos

Os casos mais críticos de poluição por metais têm sido registrados nas áreas costeiras, valendo ressaltar que determinadas atividades realizadas próximas destas regiões, podem contribuir com emissão de mais de um metal para o ambiente (Quadro I-01).

Quadro I-01 – Principais fontes antrópicas de metais pesados para o ambiente marinho (Lacerda & Abrão, 1984; Larini, 1997; Carvalho, 1999; Santos, L, 2002; Bahia, 2004; Portal, 2008)

METAL/FONTES	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Cobre	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Ausente	Presente
Cromo	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente
Cádmio	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente
Zinco	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente
Manganês	Presente	Presente	Ausente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Chumbo	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente
Níquel	Presente	Presente	Ausente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente	Presente

1- Indústrias metalúrgicas

2- Indústrias químicas

3- Agroindústrias

4- Indústrias de plásticos

5- Indústrias eletro- eletrônicas

6- Indústrias têxteis

7- Indústrias de papel e papelão

8- Indústrias gráficas

9- Curtumes

10- Indústrias de bebidas

11- Cerâmicas

12- Indústrias de mineração.

 Presente

 Ausente

A agricultura e a utilização de calcários agrícolas no solos tropicais podem aumentar a poluição, pois os agroquímicos contêm metais, conforme mostrado nos Quadro I-02 e I-03 (Follet & Lindsay, 1971; Araújo, 1998; Dores & Freire 2001; Licht, 2001; Michereff, 2001).

Quadro I- 02 – Resumo dos elementos químicos que são utilizados na composição dos agroquímicos (Dores & Freire 2001; Michereff, 2001)

Elementos	Agroquímicos
Cobre (Cu)	Calda bordalesa
Manganês (Mn)	Mancozeb
Zinco (Zn)	

Quadro I-03 – Teores médios de metais encontrados em calcários utilizados como corretivos agrícolas e que são introduzidos nos solos (Licht, 2001)

Constituinte	Teores
Fe	0.2%
Al	0.3%
Zn	157,9 mgKg ⁻¹
Pb	102,1 mgKg ⁻¹
Mn	1154,6 mgKg ⁻¹
Cu	66,3 mgKg ⁻¹
Ni	1,4 mgKg ⁻¹
Cd	33,8 mgKg ⁻¹

Os contaminantes metálicos podem ficar solubilizados na água do mar, serem absorvidos pelos organismos marinhos e pelas plantas aquáticas, como também podem ficar aprisionados nos sedimentos da plataforma continental, inclusive o sedimento tem sido considerado como um compartimento de acumulação de metal, devido às suas altas capacidades de sorção e acumulação (Forstner, 1980; Forstner & Wittmann, 1981; Ackermann *et al.*, 1983; Rule, 1986; Forstner, 1989; Dornelles, 1997; Lima & Kusel, 1997; Jesus *et al.*, 2004). Isto decorre, também, do fato dos elementos químicos metálicos serem considerados como poluentes conservativos, já que apresentam a característica da não biodegradabilidade (Dowdy & Larson, 1975; Branco & Rocha, 1984; Salomons & Forstner, 1984; Almeida, 1995; Mestrinho, 1998; Azevedo & Chasin, 2003).

Assim, repita-se, a zona costeira é uma região mais pesadamente atingida pelas modificações induzidas pelo homem, sendo o conhecimento, a pesquisa, as conseqüências e as formas de resoluções dos problemas da poluição marinha de grande interesse público.

1.3- OBJETIVOS E JUSTIFICATIVAS

O Estado da Bahia tem cerca de 1000 km de linha de costa, apresentando muitos estuários e baías. Diante desse fato e, considerando que os estuários e as baías constituem cerca 10% de toda a superfície do mar brasileiro, é necessário que se faça um controle ambiental contínuo, inclusive para aumentar o crescimento da produção marinha.

A maioria das pesquisas ambientais do meio marinho está direcionada principalmente, para a Baía de Todos os Santos, ficando o litoral sul da Bahia ainda carente de estudos. Por isso a área selecionada para esta Tese situa-se na plataforma continental entre a cidade de Itacaré e a localidade de Olivença, as quais, juntamente com os municípios de Ilhéus, Itabuna e Itacaré fazem parte da região denominada de “Costa do Cacau” (Nascimento, 2006). Esta região, contígua à área da pesquisa, apresenta extraordinária beleza cênica conservando ainda paisagens naturais pouco alteradas e uma variedade de ecossistemas de relevante importância ambiental, além de morros cobertos por uma vegetação florescente, rios piscosos, cachoeiras, trilhas e tesouros artísticos. O exotismo de suas terras e vigor de suas águas tornam essa região também o lugar certo para a prática de esportes radicais e para a implantação de projetos ecoturísticos de grande, médio ou de pequeno porte. Segundo Nascimento (2006), o turismo nesta região se expande a cada ano.

No entanto, apesar de sua beleza, a região sul da Bahia sofre agressões ambientais bastante relevantes tais como: (i) o uso indiscriminado de agroquímicos contendo elementos químicos metálicos, usados para combater diversas pragas e doenças nas culturas da região, principalmente a cacaueteira (Leão, 1997); (ii) a utilização excessiva de fertilizantes e de corretivos agrícolas contendo metais, usados para aumentar a produção agrícola e neutralizar o pH dos solos latossólicos, respectivamente; (iii) o comprometimento da qualidade das águas dos rios, pois o sistema de saneamento urbano não é adequado, favorecendo o lançamento contínuo de esgotos domésticos e de resíduos sólidos ao longo de suas extensões e, (iv) a inexistência de uma estrutura adequada para o tratamento de efluentes industriais. Todo este manancial de poluentes líquidos e sólidos pode estar sendo acumulado nos solos e contaminando os ecossistemas

aquáticos, pois são transportados pelos rios que deságuam diretamente na plataforma continental, poluindo o ambiente marinho (SEI, 1999; 1997).

Diante dos problemas ambientais da região litorânea do sul da Bahia, tornou-se necessário o estabelecimento de estudos para indicar onde e como pode-se combater a contaminação e preservar a zona litorânea. Sabe-se que o grau de poluição em ecossistemas aquáticos pode ser estimado através da análise do material sedimentar, sobretudo o argiloso que tem a capacidade de reter metais em sua estrutura com mais intensidade do que os organismos e a água. Por causa desta realidade, o sedimento serve como reservatório de contaminantes, pois as concentrações de metais tornam-se, em várias ordens de grandeza, maiores do que na água, possibilitando o uso dos mesmos como um bom indicador ambiental (Dominik *et al.*, 1984; Roy & Crawford, 1984; Armannsson *et al.*, 1985; Patchineelam *et al.*, 1987; Manahan, 1994; Bevilacqua, 1996; Hansen *et al.*, 1996). Assim, é imprescindível estudar a concentração dos metais nos sedimentos marinhos, visto que esse método tem sido considerado um dos melhores meios para fornecer um registro histórico da evolução ambiental de um ecossistema aquático.

Esta Tese enfoca os elementos metálicos alumínio, cádmio, chumbo, cobre, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença, já que eles são considerados importantes contaminantes químicos (Blumer & Snyder, 1965; Larine, 1997; Mól, 2000, Bahia, 2004) e, com este estudo pretende-se mostrar se é ou não significativa e prejudicial a contaminação desses metais nos sedimentos marinhos da região. Por sua vez, como objetivos mais específicos procurar-se-á: (i) analisar os dados geológicos, hidrológicos, climáticos, pedológicos e geoambientais da região; (ii) verificar a atuação dos sedimentos como acumulador de elementos químicos metálicos no ambiente marinho (iii) caracterizar a distribuição espacial da concentração dos metais e, (iv) definir valores naturais (*background*) de metais no sedimento marinho do litoral sul da Bahia.

1.4- LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de pesquisa localiza-se na plataforma continental da Bahia, nordeste do Brasil. No continente, a área limita-se ao norte pela cidade de Itacaré e ao sul pela localidade de Olivença (Figura I-01 e 02), estando situada entre os meridianos 38°00' e 39° 00' W e os paralelos 14°00' e 15°00' S.

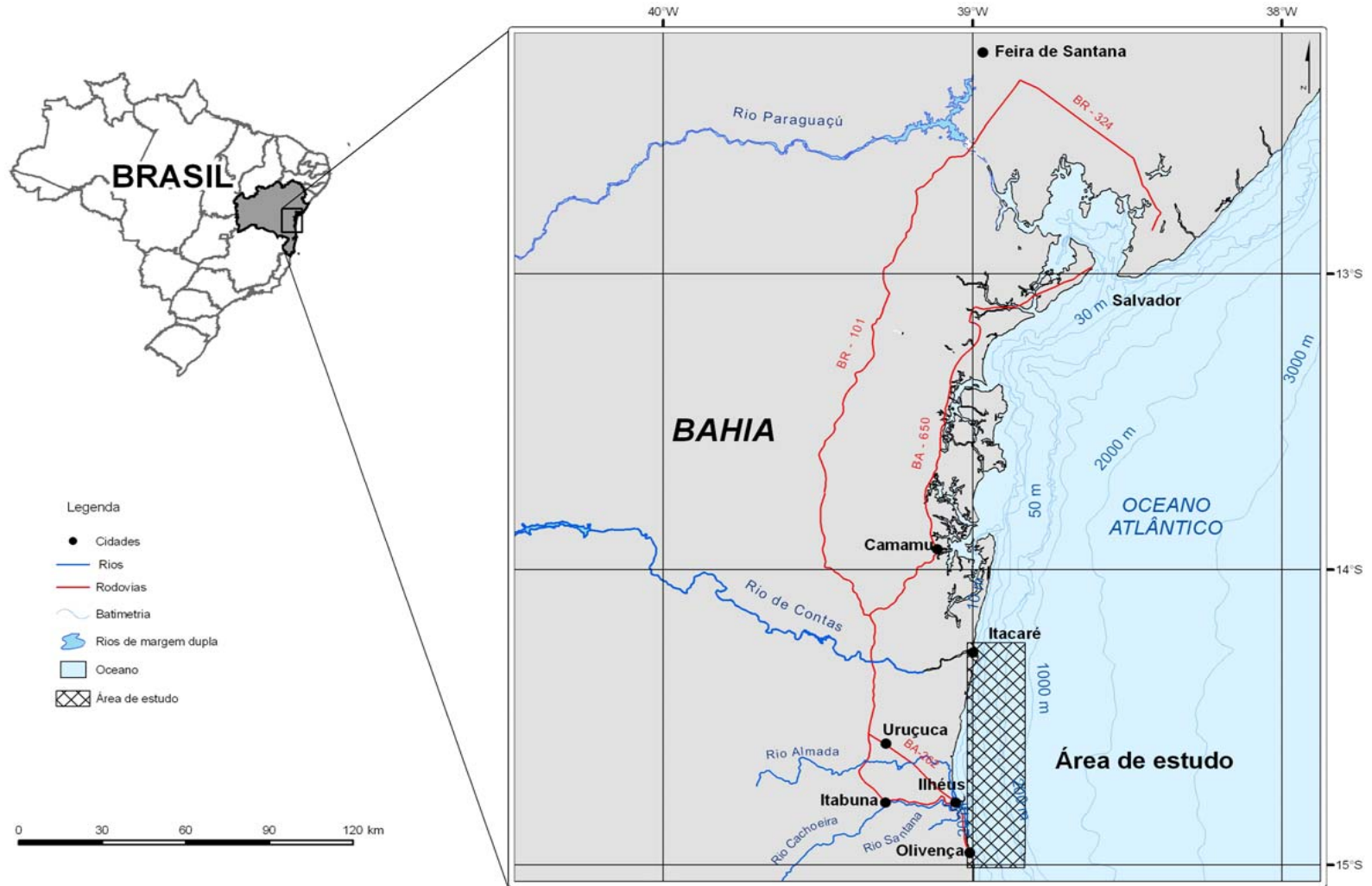


Figura 01 – Localização da região litorânea do sul do Estado da Bahia e a área da pesquisa (CPRM/SIG, 2002)

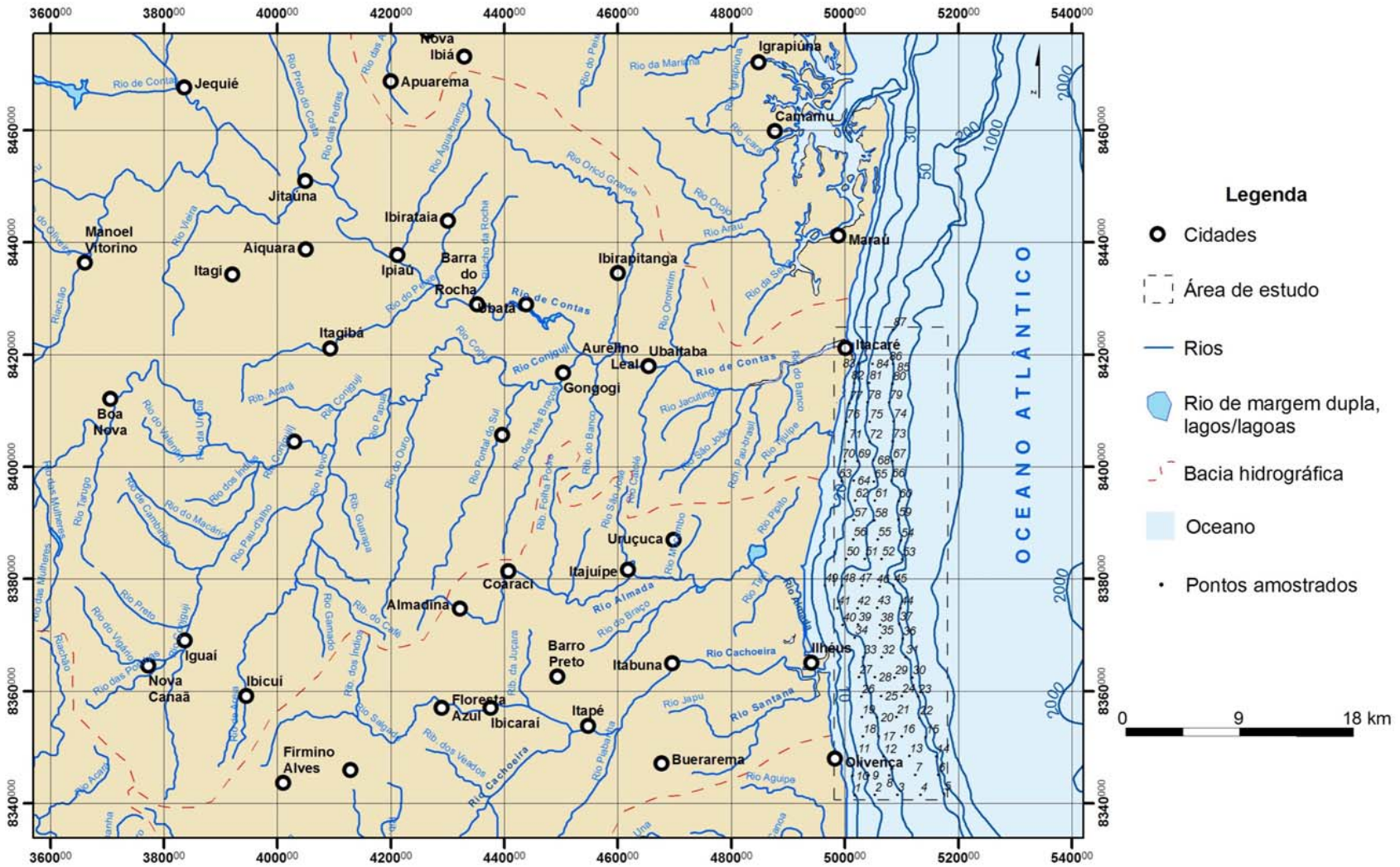


Figura I-02 – Localização das estações de coleta de sedimentos na plataforma (CPRM/ SIG, 2002)

1.5- BREVE REVISÃO SOBRE AS CARACTERÍSTICAS DOS SEDIMENTOS

Os sedimentos são definidos como depósitos naturais de substâncias sólidas deixadas na crosta terrestre pelas águas dos mares, rios e lagos ou acumulados pela ação dos ventos (Suguio, 1973; Friedman, 1978; Neto, 1980). Devido ao interesse científico e aplicação econômica, a reconstrução dos ambientes naturais do passado é uma das tarefas mais importantes da geologia, podendo ser conseguida mediante, por exemplo, o estudo dos sedimentos e da sedimentação (Suguio, 2003).

A grande maioria dos sedimentos chega ao ambiente marinho após a decomposição química e desintegração mecânica dos constituintes minerais provenientes de rochas, sendo transportados em solução, em suspensão ou por tração junto ao fundo dos rios (Schmiegelow, 2004). As duas últimas formas de transporte depositam rapidamente os sedimentos no assoalho marinho, enquanto que as substâncias dissolvidas entram em um complexo sistema bioquímico, podendo manter-se dissolvidas (potencialmente utilizáveis por organismos vivos, que por sua vez podem, também, formar sedimentos) ou precipitar-se, sendo então depositadas no assoalho marinho. Verifica-se, então que as partículas que compõem os sedimentos marinhos têm duas origens básicas. As que são provocadas pela transformação, *in situ*, dos compostos dissolvidos inorgânicos e orgânicos que dão origem aos sedimentos biogênicos e, aquelas depositadas como material particulado proveniente de rios, lagos, contribuições atmosféricas e outros que dão origem aos sedimentos litogênicos (Leebes, 1992).

A composição dos sedimentos marinhos varia com a proximidade da costa e a profundidade. Nas proximidades do litoral, o material sedimentado resulta principalmente da erosão terrestre, carregado pelos cursos d'água. Os sedimentos mais afastados do litoral, cobrindo a plataforma continental, são transportados pelas correntes costeiras e pela ação das ondas. Eles consistem de restos de calcários de origem biogênica, de sais precipitados da água, além de detritos de todo tipo (Paiva, 1986).

Os processos de alterações das rochas e sedimentação passam pelo intemperismo, erosão, transporte, deposição e litificação (Kirsch, 1972).

Intemperismo é o processo geral pelo qual as rochas são destruídas na superfície da Terra, produzindo sedimentos e posteriormente os solos através da alteração. As rochas poderão sofrer dois tipos de intemperismo (i) o químico que acontece quando os compostos de uma rocha são dissolvidos ou quimicamente alterados e, (ii) o físico que ocorre quando uma rocha sólida é fragmentada por processos mecânicos (Guerra *et al.*, 1999; Press *et al.*,

2006). A redução do tamanho das partículas aumenta a área de superfície acessível para o ataque químico. A água é o fator mais importante do intemperismo químico, pois, embora a água pura não seja reativa, uma pequena soma de material dissolvido é geralmente suficiente para promover reação. Sendo assim, fatores climáticos, particularmente temperatura e umidade, são de grande importância na taxa de intemperismo, já que o ambiente ideal para que este processo ocorra é a combinação de altas temperaturas e elevada umidade (Guerra *et al.*, 1999). A lixiviação ajuda no transporte dos elementos metálicos em direção aos oceanos (Siqueira & Saraiva, 1999). Anualmente, o total de sedimentos transferidos pelos rios em direção aos oceanos está em torno de 15 milhões de toneladas, ficando grande parte acumulado nas margens dos continentes, onde formam os depósitos de estuários e as zonas sedimentares costeiras (Fergunsson, 1989).

Por sua vez, o intemperismo são conjuntos de processos que transportam solos e pedaços de rochas (Press *et al.*, 2006). O material alterado na superfície é transportado de um local para depositar-se em outro. Como a erosão move o material sólido alterado, novas porções de rocha fresca e inalterada vão sendo novamente expostas à ação do intemperismo.

No processo de deposição, os mesmos fatores que determinam o transporte agem em sentido oposto, pois controlam a deposição da carga de sedimentos quando o fluído perde ou diminui o movimento. Esses depósitos podem ocorrer em ambiente continental, marinho ou intermediário (Brito, 1979).

A litificação, consiste na transformação de sedimentos em rocha sólida, enquanto que o intemperismo químico e a fragmentação mecânica das rochas na superfície produzem produtos dissolvidos e sólidos, respectivamente (Loring, 1982). A erosão carrega esses materiais adiante. Este fato está relacionado com a capacidade dos rios de levar de volta para o mar, grande parte do volume de água da chuva que se precipita nos continentes, como também grande parte dos sedimentos produzidos pela erosão da superfície (Press *et al.*, 2006).

Os sedimentos denominados de clásticos são derivados de fragmentos de rochas fisicamente transportados, sendo gerados dentro ou fora do ambiente de deposição. Eles podem conter quartzo, feldspatos, minerais de argila, carbonatos e fragmentos de restos de vegetais ou de animais (Press *et al.*, 2006). Estes sedimentos podem também ser chamados de siliciclásticos porque são produzidos pelo intemperismo de rochas compostas predominantemente por silicatos.

Os sedimentos e rochas sedimentares podem ser classificados em função da granulometria, onde o tamanho dos fragmentos é uma ferramenta que conduz a sua

porosidade. Em função disso, várias escalas granulométricas têm sido propostas, permitindo estabelecer os limites dos tamanhos das partículas constituintes dos sedimentos e rochas clásticas. Segundo Wentworth (1922) e Press *et al.* (2006), os critérios que devem ser seguidos para descrever os sedimentos, compatibilizam a granulometria e sua classificação, sendo que, nesta pesquisa, utilizou-se a classificação simplificada que engloba o cascalho, a areia e a lama.

O cascalho é o sedimento mais grosso (diâmetro da partícula maior do que 2,0 mm) e consiste de uma acumulação inconsolidada de fragmentos arredondados de minerais e/ou rochas de granulação maior que areia. O depósito de cascalho quando endurecido é normalmente conhecido por conglomerado.

A areia (diâmetro da partícula situado entre 0,062 e 2,0 mm) é um sedimento sem coesão em que os grãos são constituídos predominantemente de quartzo, que é formado por sílica (SiO₂) em estado cristalino (Suguio, 1980). O quartzo, ao contrário de outros minerais, praticamente não se decompõe (não se altera quimicamente), apenas se fragmenta (Vieira, 1988). Esses sedimentos são movidos até mesmo por correntes moderadas, como aquelas dos rios ou aquelas que constituem ondas suaves nos litorais e correntes de ventos que sopram as areias das dunas (Press *et al.*, 2006). A rocha composta de sedimentos arenosos é denominada de arenito que é rica em quartzo. Certas areias são bioclásticas, pois foram formadas quando materiais como o íon carbonato, originalmente depositado como conchas, são quebrados e transportados por correntes.

As partículas mais finas, denominadas de lama (diâmetro da partícula menor do que 0,062 mm), engloba os siltes e as argilas. O folhelho é o nome empregado para uma rocha argilosa com foliação, enquanto lamito, refere-se à lama consolidada (Suguio, 1980).

O silício (Si) é o constituinte das argilas e folhelhos e apresenta-se como componente essencial na forma de silicatos e como sílica livre. O alumínio (Al) é um outro constituinte essencial dos minerais de argila e de silicatos, enquanto que o ferro aparece como pigmento de hidróxido de ferro. Acredita-se que mais de 50% dos minerais em rochas sedimentares são constituídos por minerais de argila que são bons captadores de metais.

No ambiente aquático, as espécies metálicas podem se concentrar na água, nos sedimentos e na biota (fauna e flora) (Elder, 1988). Como os sedimentos constituem uma mistura heterogênea de partículas (quartzo, minerais argilosos, carbonatos e sólidos orgânicos), que interagem entre si, é nos sólidos orgânicos onde se concentram os maiores teores de poluentes (Greig & McGrath, 1977; Forstner & Wittmann, 1983; Bettinelli *et al.*,

1986). Isto ocorre, pois as partículas orgânicas apresentam elevada área superficial que favorecem a retenção dos metais (Olivier, 1973; Mayer & Fink, 1980;. Moore *et al.*, 1989).

1.6- CARACTERÍSTICAS E COMPORTAMENTO DOS ELEMENTOS QUÍMICOS PESQUISADOS

Da massa das rochas crustais, 95% são ígneas e metamórficas e 5% são sedimentares; das últimas, 80% são folhelhos, 15% arenitos e 5% calcários (Krauskopf, 1972). Evidentemente, a abundância dos elementos em cada litotipo variará conforme sua composição mineralógica, da mesma forma que a disponibilidade dos elementos químicos no ambiente afetado pelo intemperismo depende do tipo e das características de resistência dos minerais constituintes (Quadro I-04).

De uma maneira geral, os elementos químicos ocorrem nas rochas: como constituintes principais e em concentrações elevadas. Quando isso ocorre, eles são denominados de elementos maiores. Já os elementos menores ou traço são aqueles que estão presentes em concentrações muito baixas (Licht, 1998; Amazarray, 1992). Elementos maiores, como alumínio (Al) e ferro (Fe), apresentam um percentual nos materiais rochosos que excede a 1%. Estes elementos são expressos em uma proporção percentual entre a massa do elemento e a massa da amostra. Manganês (Mn), por exemplo, é considerado como elemento menor, pois sua abundância nas rochas se encontra na faixa entre 0,01 e 1,0%. Elementos traços como cádmio, chumbo, cobre, cromo, níquel e zinco têm uma abundância nas rochas inferior a $0,1 \text{ gKg}^{-1}$ e na ordem de 1 parte por milhão (ppm). Assim, 2 ppm de zinco indicam que, em 1.000.000 de gramas da amostra analisada, existem 2 gramas de zinco.

Quadro I- 04– Média dos teores de alguns metais em rochas ígneas e sedimentares
(Thornton, 1983)

Elemento	Rocha Ígnea Basáltica	Rocha Ígnea Granítica	Rocha Sedimentar
Cd mgKg ⁻¹	2,0	0,15	1,4
Cr mgKg ⁻¹	220	20	120
Cu mgKg ⁻¹	90	15	50
Pb mgKg ⁻¹	6,0	18	20
Zn mgKg ⁻¹	110	40	90

1.6.1- Comportamento dos elementos químicos pesquisados

A Terra, sob o ponto de vista geológico e geoquímico, é um sistema dinâmico, pelo qual os materiais são movimentados de um local para outro, mudando de forma e composição. Tudo isso é feito envolvendo uma grande quantidade de processos tais como: fusão, cristalização, erosão, solução, precipitação, vaporização, intemperismo, sedimentação, dentre outro. Uma dada massa de material na Terra, normalmente, não mantém sua identidade à medida que passa pelas transformações acima, e muitas vezes tende a ser distribuída e fracionada e ainda misturada com outros materiais (Licht, 1998). Os processos, pelos quais íons e partículas se movem para novos locais e ambientes são chamados de dispersão geoquímica. Toda a dispersão ocorre em sistema aberto e dinâmico, onde os materiais geológicos são submetidos a mudanças de quimismo devido às modificações no ambiente, ligadas às temperaturas, pressões, tensões mecânicas e outras condições físicas. Os minerais e os íons neles contidos, estáveis em um determinado ambiente, são liberados e dispersados, tanto pela ação de processos químicos e físicos, quanto biológicos. Estes processos comumente criam frações de composições bastante diversas. As frações mais móveis tendem a abandonar o seu hospedeiro original, quando as condições físico-químicas são modificadas. Quando uma fase móvel entra em um novo ambiente, uma parte do material introduzido pode

se depositar, em virtude das novas condições de equilíbrio do sistema (Loring, 1982; Licht, 1998).

A facilidade com que um elemento se move em um certo ambiente é denominada de mobilidade que pode ocorrer na forma de íons livres, em solução, e íons complexos, adsorvidos em sólidos finos (Brummer *et al.*, 1986; Licht, 1998; Chen & Jiao, 2007).

As condições ambientais são afetadas pelo intemperismo, formando produtos que estejam mais próximos do equilíbrio com a atmosfera, hidrosfera e biosfera (Levison, 1974). É um processo dominado pelas modificações físicas e químicas que surgem, em resposta às necessidades de equilíbrio nas condições do ambiente superficial. A drenagem e as condições mais oxidantes favorecem, assim o intemperismo.

Muitos elementos metálicos são solúveis apenas sob condições ácidas e, com o aumento do pH, tendem a se precipitar como hidróxidos ou como sais básicos, como mostrado nos Quadro I-05 e I-06. O valor específico do pH que produz a precipitação de um elemento, sob a forma de hidróxidos ou sais, é denominado de pH de hidrólise. Já em ambientes ricos em matéria orgânica, nos pântanos e em solos mal drenados, as condições são redutoras e a adsorção de íons de sulfetos passa a ser mais importante.

Quadro I- 05- pH de hidrólise dos metais pesquisados (Rose *et al.*, 1979)

Elemento	pH	Elemento	pH
Fe ⁺³	2.0	Pb ⁺²	6.0
Al ⁺³	4.1	Cd ⁺²	6.7
Cr ⁺³	5.3	Ni ⁺²	6.7
Cu ⁺²	5.3	Zn ⁺²	7.0
Fe ⁺²	5.5	Mn ⁺²	8.5/8.8

Quadro I- 06- Mobilidade de metais, não-metais e semimetais em diferentes condições do meio ambiente (Rose *et al.*, 1979)

Mobilidade	pH 5-8	pH <4	Redutoras
Altamente Móveis	S		I
Moderadamente Móveis	Zn, Mg, Ag	Cu,Zn, Cd, Ni, Mn	Ba
Pouco móveis	Pb, Cu	Ge, Rb	Fe
Muito pouco móveis	Al, Sn, Au, Cr	Zr, As	Ti, Co, Cr, In,Ga

1.6.2- Importância dos óxidos, argilas e da matéria orgânica

Os metais encontram-se associados às partículas dos sedimentos sob diversos mecanismos de ligação: (i) adsorvidos em sítios de trocas catiônicas; (ii) co-precipitados com oxi-hidróxidos de ferro-manganês, carbonatos e sulfetos; (iii) complexados com matéria orgânica e (iv) incorporados à rede cristalina de minerais detríticos, sendo esta última considerada de menor importância (Tessier *et al.*, 1979; Angelidis & Grimanis, 1989; McBride & Blasiac, 1989, 1991). Os metais se depositam em função da tendência que o material sedimentar particulado tem de adsorvê-los. Esta tendência ocorre em função da predisposição na adsorção e modificação de espécies metálicas, pelos organismos e principalmente pela baixa solubilidade destes na água (Drever, 1997; Steven *et al.*, 1990). O tempo de residência dos metais nos sedimentos dependerá de vários processos no meio aquático, além da adsorção, coprecipitação/floculação e complexação, verifica-se que modificação de pH e a salinidade poderão promover a fixação ou a dessorção parcial ou liberação total das frações metálicas, associadas aos substratos sedimentares (Fortner & Wittmann, 1981; Forster, 1982; Moore & Ramamoorthy, 1984; Nair *et al.*, 1993).

Segundo Elder (1988), a adsorção é usualmente o processo que predomina no sedimento do meio aquático porque os metais têm forte afinidade com o material orgânico e, em menor extensão, com os minerais argilosos. A adsorção é definida como atração de íons ou moléculas às superfícies de corpos sólidos com os quais entrem em contato, significando que íons em solução podem, então, ser atraídos por cargas elétricas em desequilíbrio, existentes na superfície das partículas sólidas (McBride & Blasiac, 1979; 1989; Sposito, 1989; Steven *et al.*, 1990; McBride & Blasiac, 1991; Drever, 1997; Araújo, 1998; Guerra *et al.*, 1999). A capacidade de troca ou habilidade de adsorver íons, varia amplamente de acordo com o tamanho do grão e a natureza das partículas envolvidas. Guerra *et al.* (1999) mostraram

que a adsorção é importante na fração de tamanho reduzido, pois o grão fino apresenta elevada área específica.

Os principais tipos de adsorção nas partículas são a adsorção específica e a adsorção não específica, as quais apresentam características próprias. Na adsorção não específica ou fisissorção, as interações dos metais são de caráter eletrostático, formando predominantemente compostos pouco estáveis. No caso da adsorção específica ou quimissorção ela: (i) envolve ligações iônicas/covalentes; (ii) depende da configuração eletrônica do grupo funcional e do íon complexado e (iii), determina aos íons complexados maior retenção, menor biodisponibilidade e menor mobilidade (Sposito, 1989). Os metais de transição que possuem orbitais incompletos oferecem uma melhor acomodação de elétrons nas ligações covalentes formadas. Desta forma, os metais adsorvidos apresentam uma menor mobilidade e biodisponibilidade no meio ambiente (Araújo, 1998).

A argila nos sedimentos marinhos têm origem continental, sendo que a illita é a mais abundante em diversas regiões do continente, como também a mais comum nas amostras sedimentares do meio marinho, cuja formação é favorecida pela quantidade elevada de K^+ existente na água do mar (Gomes, 1986; Garlipp, 2006).

As argilas que fazem parte da composição dos sedimentos lamosos apresentam a tendência de associar-se à matéria orgânica, óxidos e hidróxidos de ferro e manganês e possuem uma capacidade de troca catiônica (CTC) que é definida como a quantidade de cátions adsorvidos reversivelmente por unidade de massa de material seco (Brito, 2003). Esta capacidade está vinculada à facilidade dos argilominerais em receber cátions metálicos entre as lâminas que constituem suas estruturas, como também, estarem envolvidas por uma camada de elétrons que possibilitam a fixação de cátions (Boyer, 1971). Os valores encontrados de CTC para minerais argilosos variam de 1 a 150, sendo que, para a illita, situa-se na faixa entre 10 a 40 cmol de carga por cada 100 g de amostra sólida (Burdige, 2006).

Os óxidos de ferro, manganês e alumínio podem ser derivados de atividades antrópicas e do intemperismo de minerais formadores da rocha. Para o estudo dos sedimentos marinhos é importante a investigação dos elementos Al, Mn e Fe, pois eles são correlacionáveis com a remoção ou agregação dos metais às partículas em suspensão no meio aquático (Badarudeen *et al.*, 1996; Carvalho, 1999; Fadigas, 2002; Santos, 2002; Brito, 2003; Guerra *et al.*, 2005). Desta forma, os compostos destes metais atuam como verdadeiros filtros para todos os materiais carregados do continente para o mar e vice-versa. Isto ocorre porque durante sua precipitação, eles podem incorporar outros íons que não seriam normalmente afetados por

modificações de pH, ocasionando a contaminação por adsorção na superfície do precipitado, fenômeno denominado de coprecipitação.

Investigações cristalóquímicas dos óxidos hidratados de ferro tem demonstrado que as superfícies dos óxidos destes minerais, em contato com a água, se comportam em ambiente de pH neutro na forma indicada na Figura I- 03 (Vieira, 1988). Se a fase aquosa é acidificada, os íons H^+ são adsorvidos sobre a superfície do óxido, a qual lhe comunica uma carga nitidamente positiva. Isto significa que sob condições fortemente ácidas, os óxidos convertem-se em adsorvedores de ânions. Ao contrário, se o sistema é básico ou se alcaliniza adicionando OH^- , como na Figura I- 03 C, haverá subtração de prótons da superfície do óxido, quando, então, este adquire uma carga nitidamente negativa. Em tais situações, os óxidos se convertem em adsorvedores de cátions. Assim, estes óxidos possuem carga superficial proveniente da adsorção ou dessorção de prótons. Nela, o sinal depende principalmente do pH do sistema. Este comportamento confere a esses minerais, o poder de adsorverem e fixarem tanto ânions como cátions (Vieira, 1988).

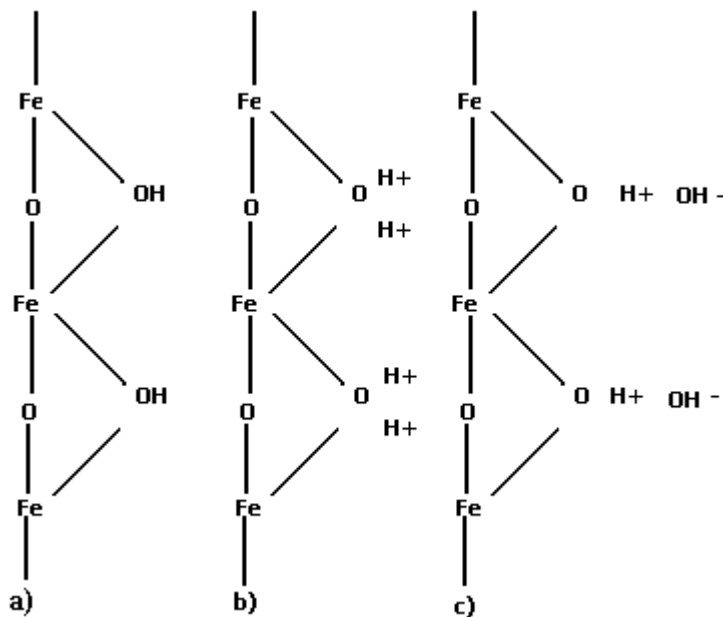


Figura I-03 – Comportamento dos óxidos de ferro hidratados em relação ao pH do meio (Vieira, 1988)

A matéria orgânica (MO) compreende todos os compostos que contêm carbono orgânico, incluindo os microorganismos vivos e mortos, os resíduos de plantas e animais parcialmente decompostos, além dos produtos de sua decomposição e substâncias orgânicas, microbiologicamente e/ou quimicamente alteradas (Meurer, 2006). As substâncias húmicas são os maiores constituintes da matéria orgânica dos sedimentos, ocorrendo em praticamente

todos os sítios aquáticos e terrestres (Neto *et al.*, 1996). Essas substâncias possuem complexa estrutura química e elevada área específica, devido aos espaços vazios de diferentes tamanhos existentes nas suas estruturas moleculares, os quais podem alojar argilas, óxidos e hidróxidos metálicos, agrotóxicos e outros poluentes (Ferreira, 2006; Burdige, 2006).

A reatividade da matéria orgânica nos sedimentos é causada largamente pelo seu alto teor de grupos funcionais contendo oxigênio, principalmente os ácidos carboxílicos e as hidroxilas fenólicas. Esses grupos são os maiores responsáveis pela troca iônica e formação de complexos com os íons metálicos e outros constituintes inorgânicos como óxidos metálicos e argilas (Ferreira, 2006). Assim, o metal ao se combinar com o material orgânico forma complexo metalorgânico de modo que o metal seqüestrado não fica disponível para o meio aquático, devido à formação de uma ligação estável (adsorção específica) com os metais (Neto *et al.* 1996; Licht, 1998; Mccarthy & Perdue, 1991; Meurer, 2006).

Elder (1988) mostrou que, em ambiente com salinidade elevada, a concentração de metais dissolvidos diminui, devido à retenção de elementos metálicos pelos flocos do complexo formado pela argila com a matéria orgânica (argilo-húmico) no meio aquático. Este autor também salientou que a adsorção de metais nos sedimentos é facilitada em meio alcalino contendo quantidade elevada de matéria orgânica, pois a formação do complexo organometálico é favorecida.

Assim, pelo fato da matéria orgânica apresentar uma grande área específica, elevada capacidade de troca catiônica (CTC) que pode atingir 400 cmol de carga por cada 100 g de amostra sólida e ser capaz de complexar os íons metálicos, Kerndorff & Schnitzer (1979) sugeriram que a matéria orgânica pode ser utilizada como indicadora do grau de poluição em diferentes ambientes.

2 CARACTERÍSTICAS FISIOGRAFICAS DA ÁREA DE ESTUDO

2-1- HIDROGRAFIA

Duas bacias hidrográficas situam-se no continente, nas proximidades da área de pesquisa. Elas são denominadas de bacia do Rio de Contas e bacia do Leste (rios principais: Colônia /Cachoeira, Almada e Santana) (Figura I-02).

2.1.1- Bacia do Rio de Contas

A bacia do Rio de Contas está inserida totalmente no Estado da Bahia, banhando grande número de municípios baianos (Figura I-02). Ela apresenta uma forma alongada, com escoamento no sentido geral oeste-leste, possuindo um comprimento de cerca de 400 Km e largura média de 185 Km. Está limitada ao norte pela bacia do Paraguaçu, ao sul com a bacia do Rio Pardo e com a bacia do Leste, a leste com o oceano Atlântico e a oeste com a bacia do Rio São Francisco.

O Rio das Contas, principal rio da bacia homônima, tem suas nascentes na região da Chapada Diamantina, com aproximadamente 1.500 m de altitude, percorrendo cerca de 620 Km até a sua foz, situada nas proximidades da cidade de Itacaré (Figura I-02). A bacia do Rio de Contas é a maior bacia hidrográfica da Bahia, ocupando uma área de 60.315 Km², equivalente a 10,2 % do território baiano, englobando um total de 63 municípios.

Essa bacia apresenta três regiões: (i) o Alto Contas que é a parte da bacia compreendida do divisor de águas do Rio São Francisco até aproximadamente as cidades de Tanhaçu e Anagé; (ii) o Médio Contas que se encontra entre as cidades de Contendas do Sincorá e Jequié e (iii) o Baixo Contas que é parte da bacia compreendida desde Jequié até a foz no Oceano Atlântico.

O seu curso superior está encaixado numa paisagem montanhosa correspondente às zonas úmidas e de altimetria elevada. Ao penetrar na região semi-árida dos planaltos rebaixados, passa a receber contribuições dos seus principais afluentes, a exemplo dos rios Brumado e Gavião pela margem direita, e Ourives e Sincorá pela margem esquerda. A jusante da cidade de Jequié, há transição da região semi-úmida para a úmida, registrada nas encostas de planaltos e planícies litorâneas, onde passa a receber contribuições de vários rios perenes de pequeno e médio porte, com destaque para o Rio Gongogi, de acordo com os dados fornecidos pelo Plano Diretor da Bacia do Rio de Contas (Bahia, 1993). Deve-se colocar ainda que o trecho superior do Rio das Contas apresenta uma forte rede de drenagem, em

região de altas precipitações pluviométricas, com uma vazão média anual da ordem de 13,00 m³/s.

De acordo com os dados obtidos junto ao portal da Agência Nacional de Águas (www.ana.gov.br) a descarga líquida na desembocadura do Rio de Contas, em Itacaré, apresenta um valor de 103 m³/s.

2.1.2- Bacia do Leste

A bacia Leste possui rios de pequena extensão e correm em direção oeste-leste, indo desembocar no oceano Atlântico, tendo como principais representantes, os rios Colônia/Cachoeira, Almada e Santana. Esses cursos d'água próximos à região litorânea, possuem suas vazões bastante influenciadas pelas chuvas, principalmente as chuvas frontais, que vêm diretamente do Oceano Atlântico. Devido a ocorrência desse grande volume de chuvas na bacia do Leste, a rede de drenagem é sempre perene, formando várias sub-bacias de pequeno porte e conferindo à região um elevado potencial de uso dos recursos hídricos superficiais (Bahia, 1997). De acordo com os dados obtidos no portal da Agência Nacional de Águas (www.ana.gov.br), a descarga líquida na desembocadura do Rio Almada e do Rio Cachoeira em Ilhéus oscila entre 40 a 30 m³/s.

2.2- ASPECTOS CLIMÁTICOS

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos (Bahia, 1993; 1997), as bacias do Rio de Contas e do Leste caracterizam-se por apresentar clima tropical com elevadas temperaturas. No entanto, observa-se a influência do oceano como fator regulador da temperatura, nos municípios localizados na região costeira. Assim, quanto mais se penetra para o interior se afastando do Oceano Atlântico percebe-se o efeito do fator continentalidade, aliado ao aumento de altitude, proporcionando amplitudes térmicas maiores. Desta forma, a área continental contígua com a área da pesquisa no Oceano, está inserida em faixas climáticas diferenciadas apresentando climas úmidos no litoral e mais secos à medida que se avança para o interior.

Os meses mais úmidos são março, abril, maio, junho e julho, enquanto o menos úmido é setembro.

A velocidade dos ventos na faixa litorânea é praticamente constante durante todos os meses do ano, notando-se um suave crescimento de seus valores no período de novembro a março.

A insolação média anual é de 5,82 h/dia, sendo junho o mês de menor insolação (5,59 h/dia) e, agosto, o de maior insolação (6,08 h/dia).

A evaporação média anual é de 1.529 mm e a máxima mensal é de 166,2 mm, referente ao mês de outubro. Os meses de maior evaporação são agosto, setembro e outubro e os de menor evaporação são abril, maio e junho.

2.3- GEOLOGIA

Com relação à geologia foram analisada e pesquisada tanto a parte continental como a parte marinha entre Itacaré e Olivença.

2.3.1- Área Continental

De acordo com Barbosa, J.S.F. e Sabaté, P. (2002; 2004), a área continental está inserida no Cráton do São Francisco e na parte sul do Bloco Itabuna-Salvador-Curaçá (Figura II-01). Neste Bloco as rochas de idade arqueana/paleoproterozoicas são constituídas por três unidades litológicas: rochas supracrustais granulizadas, granulitos tonalíticos/ trondhjemíticos e ortognaisses graníticos-granodioríticos.

As rochas supracrustais granulizadas são de menor expressão e encontram-se contidas nos granulitos tonalíticos/trondhjemíticos, ocorrendo na forma de faixas orientadas na direção N20°E. Elas encontram-se verticalizadas pelas deformações e em geral estão bastante alteradas. Em raros afloramentos, nas proximidades das cidades de Itapitanga (Figura II-01), pode-se verificar a existência de bandas de quartzitos granadíferos intercaladas com gnaisses alumino-magnesianos, formações ferríferas, rochas cálcio-silicáticas, níveis filitosos, kinzigitos, bandas quartzo-feldspáticas, além de metabásicas e meta-ultrabásicas.

Os granulitos tonalíticos/trondhjemíticos representam a maior parte do Bloco Itabuna-Salvador-Curaçá (Parte Sul). Exibem coloração verde acinzentada e, em geral, possuem granulação média.

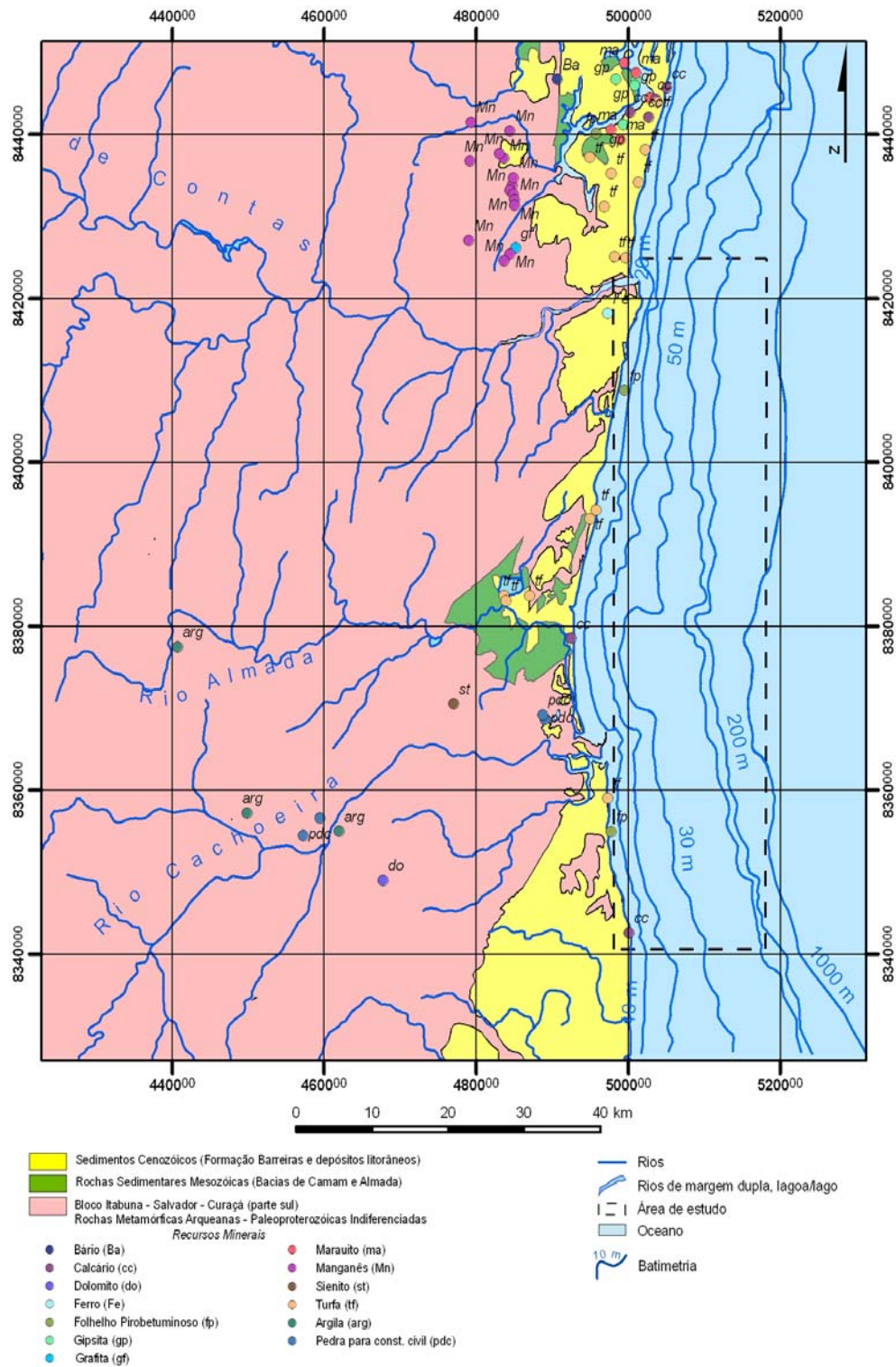


Figura II- 01- Mapa geológico simplificado e principais depósitos minerais das bacia do Rio de Contas (médio e baixo) e da parte continental contígua a área de pesquisa (Fonte:CBPM/CPRM, 2002)

Mineralogicamente, esses granulitos são constituídos de quartzo, plagioclásio, ortopiroxênio, clinopiroxênio, biotita e minerais opacos. Os minerais acessórios são zircão e apatita. Algumas vezes, níveis enriquecidos em granada são também encontrados.

Os ortognaisses graníticos-granodioríticos ocorrem em duas pequenas áreas próximas à Olivença, aflorando sob os depósitos areno-argilosos Cenozóicos (Formação Barreiras) e na região de Dário Meira e Itagibá (Figura II-01). Os ortognaisses graníticos-granodioríticos exibem coloração cinza, granulação média, apresentando uma mineralogia formada de quartzo, microclina, plagioclásio, hornblenda e biotita. Os minerais acessórios são os opacos, a apatita e o zircão. Os níveis de anfibolitos associados a esses ortognaisses apresentam coloração preta, granulação fina a média, sendo constituídos de plagioclásio, ortopiroxênio, clinopiroxênio, hornblenda, biotita, quartzo e mais raramente granada. Os minerais opacos e a apatita ocorrem como traços.

Vale colocar que na parte sul do Bloco Itabuna-Salvador-Curaçá, nos municípios de Santa Cruz da Vitória, Floresta Azul e Itabuna, ocorrem também rochas sieníticas, dioríticas e monzodioríticas, incluindo nefelina-sienitos, todas consideradas de idade neoproterozóica. Elas são intrusivas nas rochas arqueanas/paleoproterozóicas antes descritas. Os sienitos são o tipo dominante e perfazem aproximadamente 85% destes corpos intrusivos, sendo que o centro da intrusão consiste de nefelina-sienitos com sodalita (< 2 % em volume). De maneira geral, os sienitos apresentam uma coloração cinza azulada e textura fanerítica média. Com exceção do quartzo, a mineralogia destes sienitos é composta de ortoclásio, hornblenda, biotita, diopsídio, titanita, apatita, zircão, minerais opacos e ocasionalmente alanita, titanita e fluorita (Rosa *et al.*, 2005). Os dioritos e monzodioritos neoproterozóicos que ocorrem próximos e à norte da cidade de Itabuna são homogêneos, de cor cinza esverdeada e com textura porfiroblástica, variando de média a grossa. Destaca-se na maioria dos afloramentos fenoclastos de plagioclásio bem desenvolvidos, centimétricos. Petrograficamente estas rochas são constituídas principalmente de plagioclásio, mesopertitas, clinopiroxênio, quartzo e minerais opacos.

As rochas sedimentares de idades mesozóicas das Bacias de Camamu e Almada (Figura II-01) estão representadas por: (i) arenitos conglomeráticos com seixos subarredondados, seguidos de arenitos cinza-esbranquiçado finos a médios com impregnações argilosas e exibindo algumas estratificações cruzadas planares, sendo em geral finamente acamados e, (ii) por folhelhos vermelhos localmente manchados de verde e cinza-

esbranquiçado, micáceos, com intercalações esporádicas de calcário microcristalino e margas (Barbosa & Dominguez, 1996).

Com relação aos sedimentos cenozóicos, eles são separados na Formação Barreiras e nos depósitos litorâneos (Figura II-01). A Formação Barreiras apresenta sedimentos de idade pliocênica que ocorrem sob a forma de extensos tabuleiros ligeiramente inclinados em direção à costa. Eles repousam discordantemente sobre as rochas das bacias sedimentares mesozóicas e do embasamento cristalino arqueano, paleoproterozóicos e neoproterozóicos, antes descritos. Esta Formação é composta de areias finas a grossas, argilas cinza-avermelhadas, roxas e amareladas, além de arenitos grossos a conglomeráticos, pobremente selecionados, com matriz caulínica, pouco consolidada. As areias e os arenitos exibem, em geral, estratificação cruzada acanalada e planar além de laminação plano-paralela. Os níveis lamosos e argilosos são maciços ou finamente laminados (Bittencourt, 1996). Os depósitos litorâneos apresentam areias de coloração branca na superfície, passando para marrom a preto, logo abaixo. A dois metros de profundidade, geralmente, estas areias apresentam selecionamento bom a moderado, contendo, em alguns casos, tubos fósseis de *Ophiomorpha*. São também encontradas estratificações planares e cruzadas acanaladas na base desses terraços (Bittencourt, 1996).

2.3.2- Área Marinha/ Área de Pesquisa

Com relação a área marinha, Freire (2006) realizou uma compilação dos dados batimétricos de levantamentos sísmicos efetuados entre Itacaré e Olivença e obteve uma boa configuração regional da topografia do assoalho oceânico. Foi observado que a largura da plataforma continental aumenta progressivamente até o sul de Olivença chegando a cerca de 20 Km. Entre Ilhéus e Itacaré, ela atinge sua menor largura, da ordem de 5 Km. Na área de estudo, a interação das ondas de alto mar com a plataforma se dá bem próxima à linha de costa, resultando em ondas de maior altura. Freire (2006) observou também que a plataforma possui baixa declividade, estando a quebra do talude na profundidade de 60 m.

Os dados batimétricos evidenciaram a presença de vales submarinos, por onde pode ter ocorrido (ou ainda acontece), a movimentação de sedimentos. O vale submarino do rio Almada está preenchido por fácies de lama siliciclástica, onde uma feição importante observada, foi a existência de um canhão submarino em frente à bacia de Almada no continente. Esta feição seria um provável conduto de transporte de sedimentos para as zonas profundas.

A caracterização qualitativa da composição dos sedimentos da plataforma continental do sul da Bahia foi efetuada a partir de descrição macroscópica, sendo agrupados em cinco fácies sedimentares: (i) lama siliciclástica; (ii) areia siliciclástica; (iii) lama carbonática (margas); (iv) areia carbonática e, (v) cascalho bioclástico. Nas frações mais grossas dos sedimentos foi observada a presença de fragmentos de algas coralinas e rodolitos, além de fragmentos de moluscos, equinodermas, foraminíferos, gastrópodes, bivalves e de vértebras de peixes (Freire, 2006).

A figura II-02 localiza as fácies sedimentares referidas, mostrando que as areias siliciclásticas (ii) são encontradas ao longo da costa e entre Itacaré e Olivença. Este tipo de areia é composta de grãos de quartzo subarredondados a arredondados e biodetritos subordinados. Os cascalhos bioclásticos (v) formam bolsões entre os vales submarinos, circundados pelas areias bioclásticas e por margas (Figura II-02).

Observou-se também que as lamas siliciclásticas (i) estão concentradas, principalmente nas desembocaduras dos rios de Contas e do Almada e entre Itacaré e Olivença, mas à medida que aumenta a profundidade, elas vão graduando para margas (Figura II-02). Essas margas ocorrem em toda a plataforma externa (profundidade de 40 m) (Freire, 2006). No entanto, lamas carbonáticas (iii) se estendem tanto para o norte como para o sul das desembocaduras desses rios, evidenciando os diferentes sentidos de dispersão de sedimentos finos pelas correntes costeiras (Freire, 2006). Esse autor salientou também que o caráter da sedimentação da plataforma continental é essencialmente misto, já que ela é predominantemente siliciclástica na plataforma interna (profundidade de 10 m) e na face da costa, e carbonática, na plataforma média e externa, em profundidade da ordem de 20 a 40 m, respectivamente.

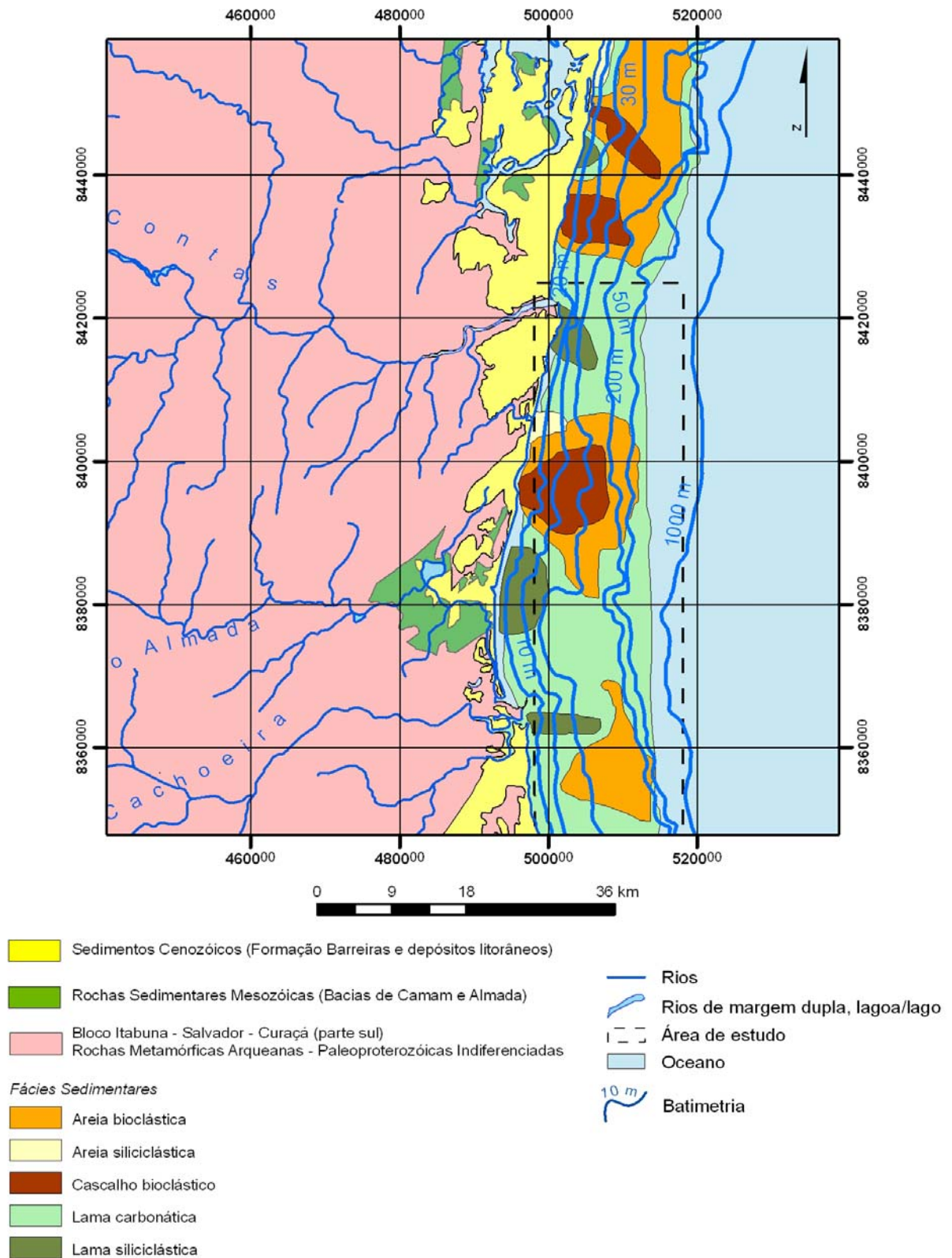


Figura II- 02- Distribuição espacial das fácies sedimentares da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (Simplificado de Freire, 2006).

2.4- RECURSOS MINERAIS

Os recursos minerais da área continental contígua à área de pesquisa foram também catalogados, sobretudo os metálicos, pois podem ter sido fornecedores de metais para a área estudada (Figura II-01).

Na área continental, o manganês é o mais importante recurso mineral da área. Seus jazimentos estão intercalados pela tectônica nos granulitos tonalíticos-trondjemíticos. Originam-se de rochas sedimentares ricas em manganês que foram deformadas e recristalizadas na fácies granulito (protominério) junto com suas encaixantes. O protominério, ao ser alterado, forma camadas lenticulares de minério *in situ*. Este, quando alterado e erodido, constitui minérios rolados e tombados, em geral no topo das elevações (Bahia, 1997).

No município de Jequié, (Figura II-01) as ocorrências de ferro, também são relativamente numerosas com modo de ocorrência similar àquelas de manganês, aparecendo em geral sob forma de rolados nos cumes dos morros. Ali destaca-se a presença de afloramentos de minério grosseiro associado à canga argilo-ferruginosa (limonítica), podendo agrupar blocos de ferro maciço ($\cong 1\text{m}$ de diâmetro). Nesse município, o setor mineral é igualmente contemplado com a exploração de jazidas de granito das variedades Kashmir Bahia e Verde Bahia (Bahia, 1997).

As ocorrências de turfa apresentam-se sob forma de estratos e relacionam-se aos sedimentos litorâneos Cenozóicos (Figura II-01), estes últimos formados por areias e argilas, fazendo parte da zona de influência das marés. Embora ocorram em grande quantidade, esses depósitos de turfa não têm perspectiva econômica, face às suas pequenas extensões e reduzidas espessuras. Excetuam-se os depósitos de marauíto (turfa litificada), cujas reservas são superiores a 800.000 m^3 , mas ainda assim consideradas pequenas (Bahia, 1997).

Os cordões litorâneos arenosos, também Cenozóicos, que se estendem desde Valença até o extremo sul do Estado, são considerados também de grande importância metalogenética por abrigarem depósitos de monazita, ilmenita, rutilo e zirconita em suas areias, conhecidas como areias monazíticas.

2.5 - PEDOLOGIA

A importância dos solos encontra-se atrelada ao processo do suporte que o mesmo representa para várias atividades do homem, como: agricultura, edificação de residências, construção de estradas e implantação de redes de saneamento (Moniz, 1978; Salviano, 1996). A classificação dos tipos de solos da região, baseou-se no Projeto RADAMBRASIL (1981) e no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos da EMBRAPA (1999), procurando-se caracterizar os tipos de solos das bacias de drenagem antes referidas que deságuam na plataforma continental entre Itacaré e Olivença (área da pesquisa). Esses solos erodidos serão transportados para a plataforma continental, indo fazer parte de uma ou mais fácies dos sedimentos da área da pesquisa, antes referidas.

Sendo assim, os tipos de solos encontrados no continente, na área contígua à da pesquisa, são: (i) solos provenientes das areias quartzosas marinhas (Aqm); (ii) podzólicos (Pod); (iii) latossolos (Lat); (iv) brunizens avermelhados (Bv) e (v) solos de manguezais (Sm) (Figura II-03).

Os solos provenientes das areias quartzosas marinhas (Aqm) são pouco desenvolvidos, de textura arenosa. As partículas deste solo apresentam tamanho maior que 2 mm e não retêm muita água.

Os podzólicos (Pod) possuem percentuais elevados de alumínio e não reúnem as melhores condições exigidas na agricultura, visto que apresentam fertilidade baixa, requerendo fertilizantes químicos e corretivos agrícolas para o seu aproveitamento na agricultura. Isto significa que a quantidade de alumínio que pode entrar em contato com as raízes das plantas é elevada e como o Al é muito tóxico para as plantas, isto torna-se um fator negativo para este tipo de solo. De fato, quanto mais ácido é o solo, maior é o teor de alumínio passível de causar dano às plantas (DCS, 1964; Libard, 1996).

Quimicamente, os latossolos apresentam valores de pH situados entre 4,0 e 5,5, fato que os caracterizam como fortes e medianamente ácidos (DCS, 1964), sendo bastante utilizado na agricultura, quando tratados com a adição de fertilizantes e de calcário para neutralizar o pH do meio. Este tipo de solo também é utilizado em atividade pecuária (Brady, 1989; Funceme, 2005). Compreendem solos porosos e permeáveis, com textura que varia de média a muito fina, onde predominam óxidos hidratados de ferro e/ou alumínio.

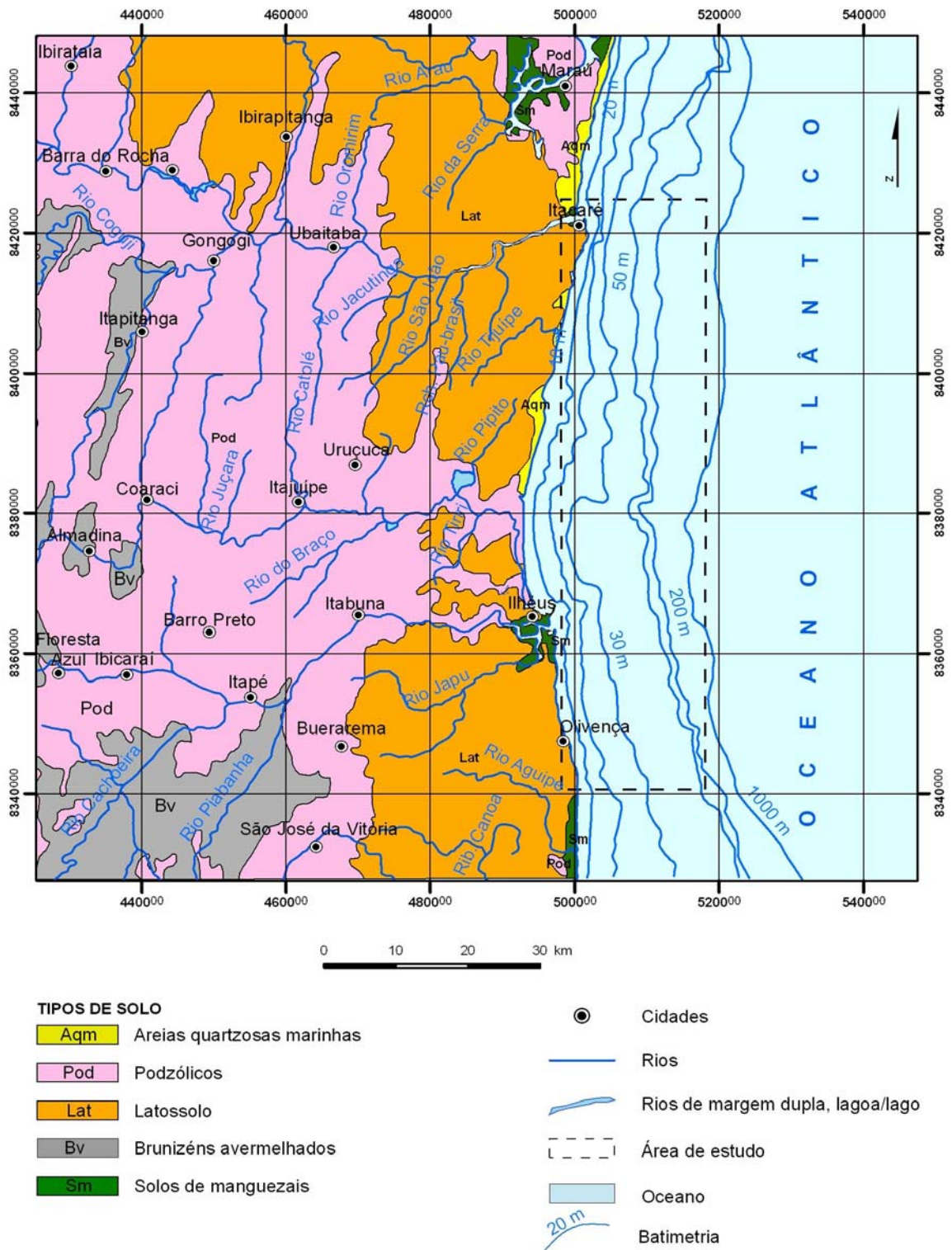


Figura II- 03 Mapa pedológico da região entre Itacaré e Olivença

(Fonte: RADAMBRASIL, 1981)

Os brunizens avermelhados (Bv) mostram-se levemente ácidos, podem ser usados em pastagens e contêm minerais ferromagnesianos além de elevado nível de matéria orgânica. Estes solos podem ocorrer em relevos planos e ondulados e podem apresentar textura de cascalho, areia média e argila (RADAMBRASIL, 1981). O risco de erosão é bastante acentuado nestes solos, apesar de terem texturas argilosas ou muito argilosas. Outro aspecto refere-se à sua característica principal, que é de uma consistência muito dura no estado seco. Diante disso, sua mecanização para a agricultura é dificultada quando o declive do terreno é acentuado. Este solo é susceptível à compactação.

Os solos dos manguezais (Sm) são importantes no contexto geral do trabalho, pois já fazem parte do ambiente misto (marinho e fluvial). Eles ocorrem em terrenos baixos, relativamente abrigados, formados por vazas lodosas banhados por água de salinidade variável, característicos de áreas tropicais a subtropicais. Esta condição deve-se à influência das marés, das correntes de água doce e dos sedimentos carregados pelos cursos d'água. São sistemas de alta produtividade que fertilizam as águas costeiras através da elevada produção de matéria orgânica e pela sua transformação em detritos. Com isso, eles são utilizados por uma variedade de organismos, de grande importância ecológica. Essas características permitem classificá-los como um dos ecossistemas mais produtivos e um dos maiores fornecedores de energia para as áreas costeiras tropicais e subtropicais (Oliveira *et al.*, 1997; Lacerda & Abrão, 1998; Araújo, 2000; Oliveira *et al.*, 2000; Reitermajer, 2000). Os manguezais se instalam em locais sob influência do regime das marés, sendo formados por substrato rico em sedimentos de granulação fina e com um elevado teor de matéria orgânica. A associação desse elevado teor de matéria orgânica com a grande quantidade de material fino, especialmente argila, propicia as condições redutoras normalmente verificadas no substrato de manguezais (Reitermajer, 2000).

De grande importância para a pesquisa em foco, deve ser colocado que as partículas em suspensão, transportadas pelos rios ou pelo mar, poderão conter metais pesados que alcançarão o manguezal.

Quando ocorre o encontro da água marinha com a água fluvial, há redução da velocidade da água proveniente destes dois ambientes, observando-se assim uma redução da capacidade de transporte do material em suspensão e favorecimento de transferência de fase do metal, o que pode acarretar sua deposição no sedimento (Berner, 1982). Os substratos de manguezais apresentam características que podem favorecer o acúmulo de metais, tais como: proteção de vegetais, que favorece a deposição das partículas finas; altos teores de matéria orgânica e de sulfetos formados localmente e que ajudam a fixar os metais e, altas taxas de sedimentação, causando permanente soterramento, não só dos sulfetos metálicos localmente formados, mas também de complexos organo-metálicos (Boylee, 1977; Lacerda, 1983; Lacerda & Abrão, 1984; Lanary, 1988; Lacerda & Abrão, 1993; 1997; Araújo, 2000). Segundo Salati (1998), o manguezal é um exemplo de “Wetland”, que se constitui de um ecossistema natural que fica parcialmente ou totalmente inundado durante o ano e que apresenta a capacidade de modificar e melhorar a qualidade das águas, já que pode reter os contaminantes. Assim, os manguezais podem se constituir em verdadeiras barreiras biogeoquímicas na interface continente-oceano, como vem sendo indicado por estudos em diversas áreas tropicais e subtropicais (Leão, 2004; Borges *et al.*, 2007).

2.6- OCUPAÇÃO E USO DOS SOLOS

A descrição a seguir tem o objetivo de facilitar o entendimento do uso dos solos das bacias do Rio das Contas e do Leste.

A cacauicultura é uma das atividades agrícolas mais importante da região e que vem aproveitando seus solos desde o século XIX. No século XX, ela se expandiu, atraindo significativo contingente populacional para a região do litoral sul da Bahia. Nesse momento, a economia regional se transformou, com a substituição de uma policultura de semi-subsistência pela monocultura do cacau, que passou a dominar o cenário econômico da Bahia (Leão, 1997; SEI, 1997, 1998). Esta, atualmente de uso dominante na região, se iniciou na sub-bacia do rio Almada no município de Ilhéus. Nos dias atuais, distribui-se principalmente pelas terras dos municípios de Maraú, Floresta Azul, Ibicaraí, Itapé, Camacã, Itororó, Colônia Firmino Alves, Santa Cruz da Vitória, Coaraci, Almadina, Itajuípe, Barro Preto, Una, Itabuna,

Ilhéus, Buerarema, São José da Vitória, Arataca e Santa Luzia. Esta atividade agrícola teve seu auge do início até final do século passado, embora atualmente enfrente uma de suas piores crises, relacionadas à ocorrência de pragas que diminuíram a produção e a produtividade, além da redução de preço e dificuldade de crédito destinado a investimento na lavoura (Bahia, 1997). Essas questões apresentam rebatimentos em toda a região, cuja conseqüência principal reporta-se ao abandono dos cacauais. A vassoura de bruxa, principal praga, instalou-se preferencialmente nas áreas produtivas, destruindo a lavoura. Estudos realizados dão conta que com isso, as migrações intra e inter-regionais foram se ampliando e tendem a se intensificar caso o panorama regional não se modifique.

As características naturais, sobretudo os tipos de solos, têm sido o pano de fundo para a implantação das atividades referentes a agricultura, pecuária, exploração mineral, além daquelas referentes ao setor industrial. Vale salientar, então, que o processo de ocupação teve início na costa e até hoje avança para o interior, sempre fundamentado na cultura do cacau e na pecuária. A mineração, apesar de pontual, é altamente predatória, concorrendo para a destruição da cobertura vegetal do entorno e com isso o assoreamento dos cursos d'água.

A região do Leste foi ocupada assim, pelos impulsos dinâmicos da lavoura cacauaieira e da expansão da pecuária e foi, durante muito tempo, a de maior importância econômica para a Bahia, vindo a perder influência relativa a partir da industrialização da Região Metropolitana de Salvador, durante a década de 60.

As atividades econômicas na bacia do Rio das Contas são caracterizadas por uma forte predominância da agropecuária, que ocupa 64 % da sua população economicamente ativa. As principais culturas temporárias são o algodão, a mandioca, o arroz, o feijão, a cana de açúcar e o milho, enquanto que, nas culturas permanentes, como referido anteriormente, predominam o cacau seguido do café, da banana, da laranja e, mais recentemente, da manga. Nos trechos médio e inferior dessa bacia, estão localizadas importantes áreas de pecuária, leiteira e de corte. A agricultura irrigada está presente em 37 dos 63 municípios, com um total de 5.600 irrigantes cadastrados (Bahia, 1997). No trecho médio da bacia do Rio de Contas destaca-se a área de influência do reservatório da Barragem de Pedras, onde vem se verificando um progressivo aumento da área irrigada, inclusive em projetos empresariais de grande porte. Em Jequié, por exemplo, a pecuária e a agricultura foram a base de todo desenvolvimento, sendo que, nesse município, houve uma diversidade produtiva no que refere à agricultura, destacando-se o cacau, o café, a cana-de-açúcar, o maracujá, a melancia entre outros. No setor pecuário, sua força se concentra principalmente na bovinocultura e na caprinocultura. Jequié ainda conta com a estação de piscicultura localizada no Rio das Contas, que fornece alevinos

aos criadores de peixes de toda a Bahia, com capacidade para fornecer 4 milhões de alevinos por ano (Carvalho, 2007).

2.7- INDÚSTRIAS

O setor de industrialização na região em foco teve início após a construção da BR-101 em 1973, quando foi criado o Distrito Industrial de Ilhéus, seguido mais tarde pela implantação do Distrito Industrial de Itabuna (Figura II-04). Além das indústrias concentradas nesses distritos industriais, encontram-se também, nesta região, diversas indústrias isoladas, sobretudo indústrias extrativas minerais. Dentre os ramos industriais de maior importância destacam-se aqueles relacionados com o beneficiamento da matéria-prima regional, como o cacau, o leite e a madeira para diversos fins, inclusive para a celulose.

Com relação ao cacau, indústrias do porte da Barreto de Araújo Produtos de Cacau S/A (produção de licor, manteiga, torta e pó de cacau), da Joanes Industrial S/A (licor de cacau), da Berkau S/A Indústria e Comércio (derivados de cacau), da Cargill Indústria Ltda (licor de cacau) e outras menores, estão em funcionamento nos municípios de Ilhéus e Itabuna, considerado como um grande parque de processamento de amêndoas de cacau. O cacau, fomentou na região outras alternativas de desenvolvimento sustentado. Foram importantes para isso, fatores infraestruturais para o desenvolvimento regional, como o porto exportador de Ilhéus, os Distritos Industriais existentes nesses municípios e o forte comércio de Itabuna.

Com relação ao leite, indústrias de beneficiamento como a Coograp (Cooperativa Grapiúna de Agropecuaristas Ltda), produtora de leite pasteurizado e manteiga, além da Nestlé, são outras indústrias importantes na região (Bahia, 1997).

Embora se possa encontrar empresas destinadas à fabricação de insumos básicos para a lavoura cacauzeira (fertilizantes e defensivos agrícolas), além de outras ligadas ao beneficiamento da madeira e ao ramo de móveis, pode-se afirmar que outra especialização dos Distritos Industriais de Ilhéus e Itabuna é a fabricação de produtos alimentares (Bahia, 1997). Além destas indústrias de gênero alimentício e a moveleira, encontram-se em expansão a indústria química, de vestuário, metalúrgica, gráfica, bebidas e um pólo de informática.

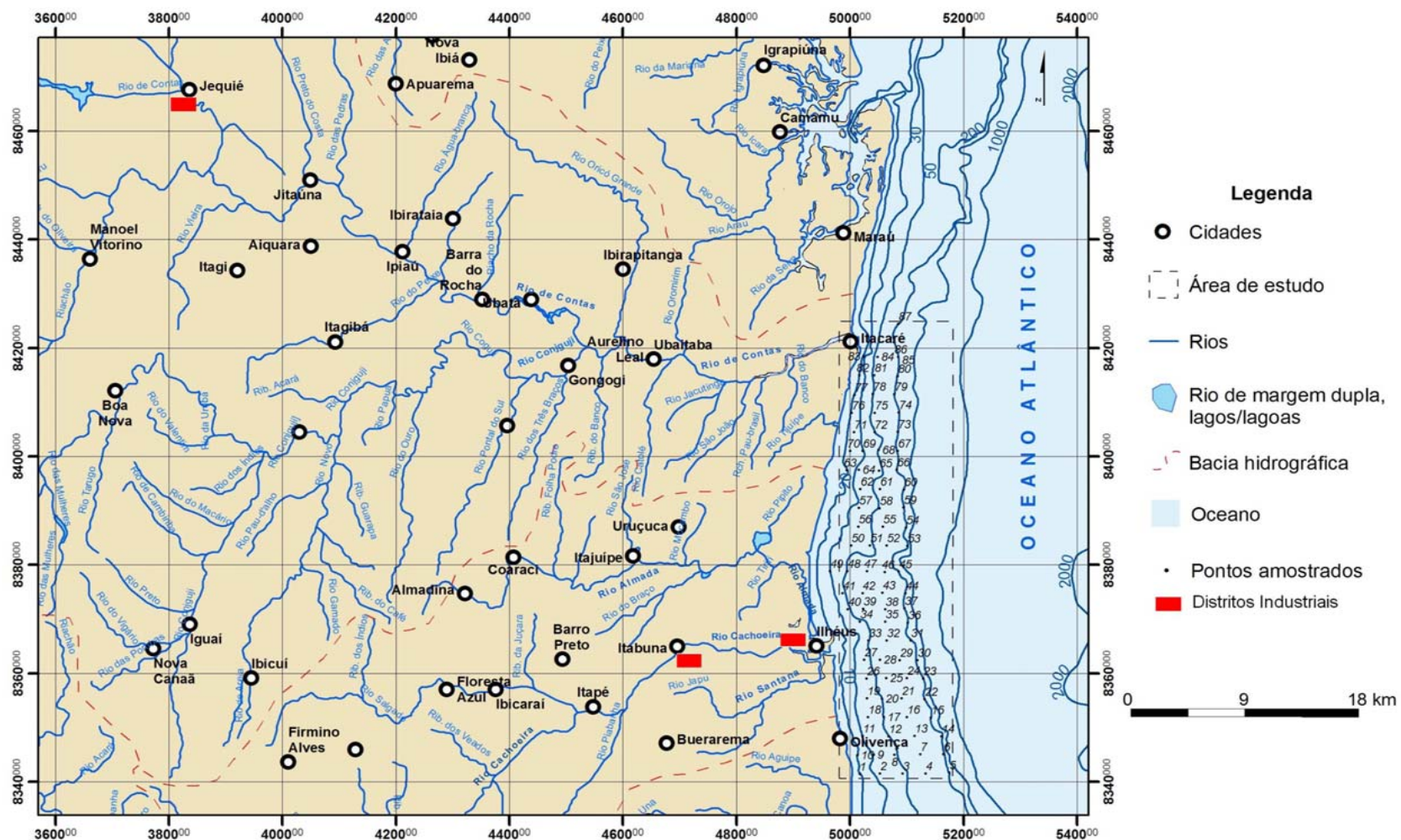


Figura II- 04 Distritos industriais da região continental contígua à área de pesquisa (CPBM/ Distritos industriais, 2002)

Apesar da crise do cacau, a economia local vem passando por um lento processo de diversificação agrícola e industrial, sendo este último concentrado, principalmente no município de Ilhéus. Só como exemplo podemos citar a instalação de empresas como a Bahiatec-Bahia Tecnologias S/A voltada para produção de equipamentos elétricos/eletrônicos; a Embrapesca – Empresa Brasileira de Pesca de produtos do mar, visando a pesca e beneficiamentos; a Ronol Ltda para produção de máquinas e tornos eletrônicos; a Ideal-Avicultura, Agropecuária Ltda para produção de farinha de trigo; e a Incom-Produtos Alimentares S/A, voltada para produção de néctar de frutas. Duas grandes empresas estão ampliando a sua capacidade instalada, como a Cargill Cacau Ltda e a Chadler Industrial S/A (Bahia, 1997).

Jequié possui um dos pólos industriais mais produtivos da Bahia, contendo 238 estabelecimentos industriais voltados para produção de alimentos, calçados e confecções. Destes, 76% são formais, isto é, registrados nos órgãos de comércio e fiscalização e 24% informais, isto é, sem registros legais. Destacam-se na produção de alimentos, o Frigorífico Bahia Carnes, antiga Frisuba, que abate 5 mil bois/mês e o Frigorífico de Caprinos e Ovinos, inaugurado no início de 98, especializado no abate de animais de pequeno porte, este último destinado a atender não somente o mercado da região sul do Estado, mas também Salvador (Carvalho, 2007; SEI, 1997).

Em 5 de junho de 1996, foi inaugurado o poliduto que liga a Refinaria de Petróleo "Landolfo Alves", situado no Recôncavo Baiano, com Jequié e com Itabuna. O poliduto cruza 22 municípios do Estado da Bahia, contendo 365 km de tubulação para o transporte de derivados de petróleo e álcool hidratado. Este poliduto proporcionou a implantação das bases de distribuição das maiores empresas do setor, tais como: Petrobrás, Esso, Ypiranga/Atlantic, Shell, Gás Butano e Minasgás. Jequié ficou na condição de principal centro de distribuição de derivados de petróleo, incluindo até parte de Minas Gerais e Espírito Santo (Carvalho, 2007).

Alguns exemplos de indústrias existentes nas bacias do Rio de Contas e do Leste que atravessam a região continental em direção ao litoral são: as indústrias de Curtume, Metalúrgicas, Siderúrgicas e de Mineração (Guia Industrial, 2006).

2.8- CARACTERIZAÇÃO AMBIENTAL

A qualidade ambiental de uma determinada área é resultante dos efeitos isolados ou do conjunto das diversas intervenções do homem sobre a natureza. No caso da área continental contígua à área de pesquisa, o avanço da fronteira cacauera desde fins do século XIX, promoveu também um avanço no desmatamento da Mata Atlântica. Paradoxalmente, a cacauicultura pode também ser considerada, ainda hoje, como principal responsável pelo razoável estado de conservação da biodiversidade da Mata Atlântica, já que, em grande parte, a cultura do cacau implantou-se sob o sombreamento de árvores nativas, no sistema denominado “cabruca” (SEI, 1999). O desmatamento, aliado ao raleamento pelo sistema “cabruca” antes referido, provocou o surgimento de pragas diversas e, conseqüentemente, a utilização intensiva de agrotóxicos com desdobramentos nefastos ao meio ambiente. Os pesticidas com base no cobre, usados para combater a podridão-parda e a vassoura de bruxa, acumulam-se nas árvores e no solo, provavelmente contaminando os ecossistemas.

Ao longo de toda a bacia do Rio das Contas observa-se uma descaracterização do domínio fitoecológico representado pela caatinga, em função da prática da agricultura irrigada e pecuária. Em sub-bacias do Rio de Contas (baixo Rio de Contas, por exemplo), o cultivo do cacau é bastante difundido por requerer sombreamento, possibilitando que em determinadas áreas, durante o processo de expansão da lavoura, houvesse a preservação do dossel superior da mata nativa. Assim, quando comparada às demais atividades agropecuárias desenvolvidas na área, esta apresenta-se como a mais preservacionista e portanto menos impactante. Entretanto, a existência de remanescentes da mata original possibilitou, até os dias atuais, intensa exploração de madeiras de lei. Também, devido ao relevo acidentado e ao regime de chuvas intensas, os solos da parte litorânea demonstram uma alta susceptibilidade ao desenvolvimento de processos erosivos e, assim, um elevado nível de assoreamento do Rio de Contas, fato que tem apresentado conseqüências drásticas nos manguezais existentes na foz do rio, no município de Itacaré. Soma-se a isso o processo de transporte de elevados volumes de material sólido, que vem provocando o aterramento do solo lodoso dos manguezais, tornando-os arenosos. Assim, a intervenção antrópica na área dos manguezais tem sido cada vez mais evidente, provocando a redução progressiva das áreas nativas (Bahia, 1993).

Os desmatamentos e erosão nas margens dos rios da região têm elevado os níveis de assoreamento, fato verificado ao longo de todo o Rio de Contas (André & Delabie, 2000). Isso tem ocasionado a formação de ilhas que chegam a ocupar quase meia seção do rio,

inclusive com vegetação herbácea fixa. A redução de seção útil produz, na época das cheias, remanso nos cursos d'água afluentes a ele, provocando inundações nos núcleos urbanos localizados às suas margens, como ocorre frequentemente em Ipiaú, Ubaitaba e Ubatã (Figura II-04).

No denominado Baixo Contas, com o desenvolvimento da atividade cacaeira ali existente, chegaram a ser empregados, até meados da década de 80, grandes quantidades de defensivos agrícolas (BHC, Geodan e Tiodan) e fertilizantes, sem que houvesse nenhum tipo de controle. Na região, verifica-se que, praticamente toda a cobertura vegetal foi alterada nas áreas da monocultura cacaeira e, como em outras áreas, vem sendo substituída por pastagem onde apenas o dossel superior ficou preservado.

A mineração é também uma atividade de alto potencial de impacto ambiental na bacia de Leste, gerado pela retirada indevida de areia das margens dos rios para construção. Esta atividade tem sido motivo de reclamações de seguimentos organizados da sociedade civil junto ao Instituto do Meio Ambiente (IMA), buscando-se soluções em bases sustentáveis para o problema. Vale colocar que a exploração mineral é uma atividade que requer a adoção de normas e procedimentos capazes de minimizar os impactos ambientais, procurando-se recuperar o espaço degradado.

As ocorrências minerais exploradas no Baixo Contas, como o granito, por exemplo, não geram efluentes líquidos mas, apenas, materiais sólidos como rejeito, os quais são dispostos a céu aberto, estando sujeitos ao carreamento para os cursos d'água pela ação das águas de chuva. Como a produção mineral é pequena e as chuvas da região não são torrenciais, tal impacto tem pequena magnitude (Bahia, 1997).

Ainda em relação à mineração, diversos depósitos de argila são encontrados na região, estando em exploração alguns deles, situados nos municípios de Buerarema, Ilhéus, Ibicarai e Ipiaú, onde existem unidades de cerâmica instaladas. Tratam-se de argilas que se prestam ao fabrico de cerâmica vermelha (telhados, tijolos, etc.) e são exploradas em áreas de inundação dos rios e riachos. Também, no setor de pedra para construção civil, a região oferece um enorme potencial de rochas gnáissicas, graníticas e granulíticas (Figura II-01), estando em funcionamento unidades de britagem em Ilhéus e Itabuna.

A bacia do Leste, por sua vez, sofre agressões ambientais relevantes. O seu maior curso d'água, o rio Cachoeira, encontra-se com a qualidade de suas águas comprometida por lançamento de esgotos domésticos, resíduos sólidos e efluentes industriais, principalmente

após a sua passagem na sede municipal de Itabuna, afetando diretamente a qualidade de vida. No caso de Ilhéus, as condições ambientais agravam-se com a poluição de suas praias no estuário desse rio, prejudicando o desenvolvimento do turismo no município e, conseqüentemente, reduzindo a geração de emprego e renda na região (Bahia, 1997). Este é o manancial mais poluído da bacia do Leste, o qual tem sido alvo de matérias jornalísticas e denúncias de grupos ambientalistas. Nas zonas interiores da bacia do Leste, os cursos d'água que atravessam as áreas de cultivos permanentes têm suas águas comprometidas pelo uso intensivo de agrotóxicos que, nas épocas de chuva, são transportados para a rede de drenagem.

Focando mais de perto o litoral entre Itacaré e Olivença contíguo à área de pesquisa, este apresenta problemas ambientais importantes, como por exemplo: (i) o uso indiscriminado de fertilizantes e pesticidas no combate às pragas e doenças da cultura de cacau, retardando a ação dos microorganismos no solo; (ii) a presença da planta Aguapé também chamada popularmente de Baronesa (*Eichornia crassipes*) nos rios, que é reflexo direto da poluição por fertilizantes, esgotos e lixo; (iii) a grande quantidade de lama escura e esverdeada em suspensão nas águas dos rios Cachoeira e Almada ocasionada pelo esgoto que deságua diretamente na plataforma (SEI, 1998; 1999).

Enfim, com relação à degradação do meio ambiente, os impactos mais relevantes poderiam ser assim resumidos: (i) na agropecuária: o uso de pesticidas, as queimadas e o desmatamento; (ii) nas áreas urbanas: a precariedade dos serviços de coleta e tratamento de esgoto e lixo; (iii) no turismo: a dificuldade na consolidação turística da região denominada “Costa do Cacau”, que envolve os municípios de Ilhéus, Una, Canavieiras e Itacaré, e que desponta como uma das atividades alternativas à crise do cacau, entretanto exigindo melhorias na infra-estrutura rodoviária e no saneamento.

3 METODOLOGIA DE TRABALHO

A metodologia aplicada nesta pesquisa visou identificar a distribuição de metais nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença. Para a concretização dos objetivos almejados, executou-se: (i) o estudo da ocupação da região, das atividades industriais e agrícolas; (ii) a seleção de locais de amostragens com a coleta das amostras no ambiente aquático; (iii) o desenvolvimento de análises químicas para verificar os teores de metais nos sedimentos e, (iv) a interpretação e sintetização dos resultados, associando-os à finalidade da pesquisa.

3.1- TRABALHOS DE CAMPO

3.1.1- Amostragem

As amostras de sedimento foram cedidas pelo professor José Maria Landim Dominguez. Essas amostras foram obtidas no âmbito dos Projetos “Análise Integrada da Zona Costeira Central do Estado da Bahia” financiado pelo CNPq e “Costa de Cacau” financiado pelo CBPM. Esse material foi coletado com uma draga Van Deen, em profundidades que variaram de 10 a 60 m. Durante a coleta foi retirada uma sub-amostra que não manteve contato com as paredes da draga, a qual foi armazenada em recipiente de plástico previamente descontaminado e mantido sob refrigeração até a realização das análises químicas.

A Figura III- 01 exhibe a localização dos pontos amostrais no fundo da plataforma continental, entre Itacaré e Olivença.

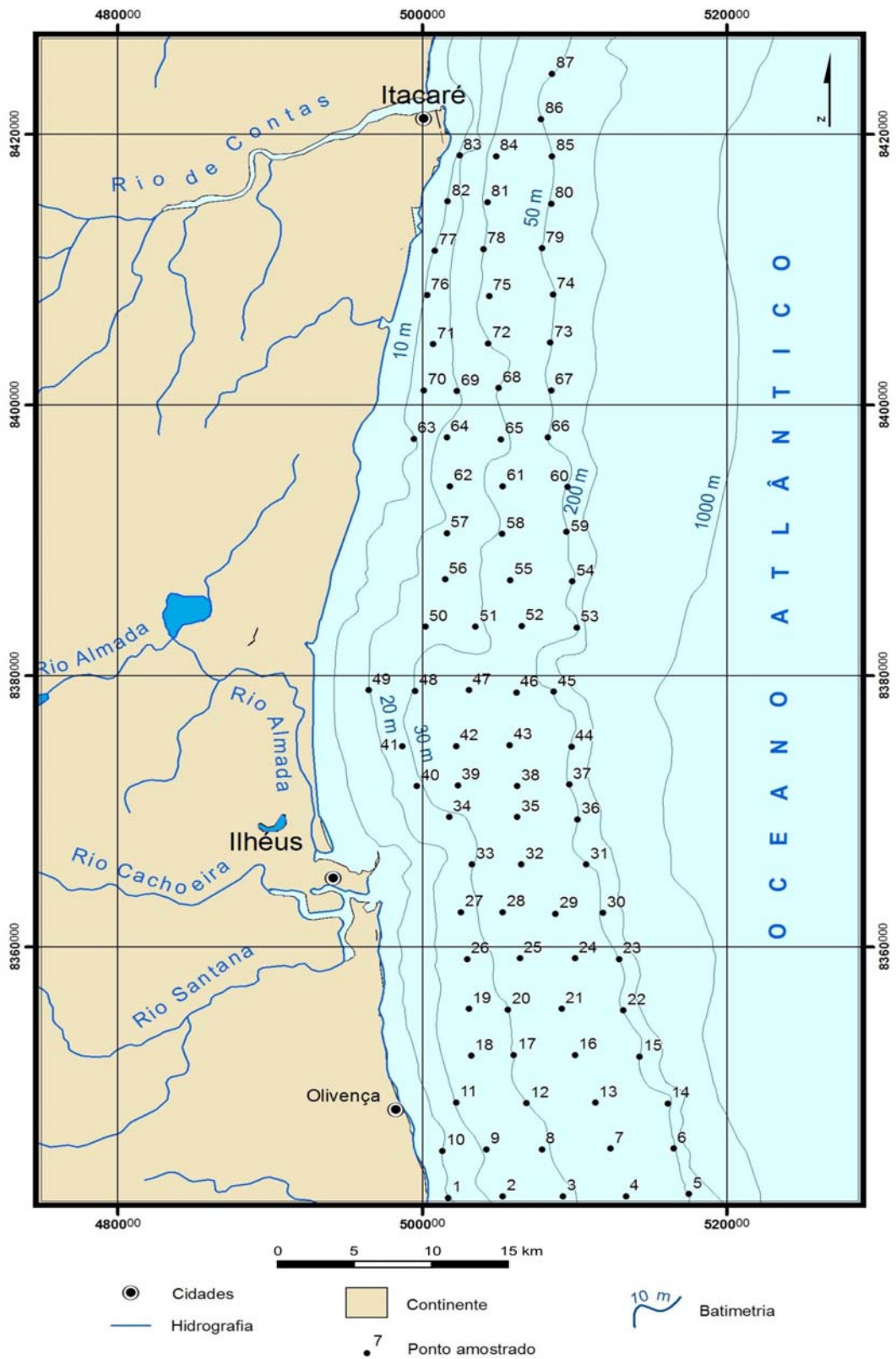


Figura III- 01- Localização dos pontos amostrais no fundo da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

3.2- TRABALHOS DE LABORATÓRIO

3.2.1- Tratamento físico das amostras

Os procedimentos de descontaminação dos materiais de laboratório durante a preparação das amostras para os testes físicos e químicos, assim como para as análises de caracterização granulométrica foram efetuados nos Laboratórios do Departamento de Geoquímica e de Sedimentologia do Instituto de Geociências (IGEO) da Universidade Federal da Bahia (UFBA). Para descontaminação do material foi efetuada: (i) a lavagem com detergente neutro, isento de fosfato, garantindo limpeza total e sem resíduos laboratoriais; (ii) a lavagem com ácido nítrico 10 % (v/v); e (iii) lavagem com ácido clorídrico 10% (v/v). Cada imersão foi efetuada durante o tempo de 24 horas, sendo que ao término do procedimento, os materiais foram enxaguados com bastante água destilada e deionizada.

Os sedimentos coletados em cada ponto amostral no fundo da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (ver Figura III-01), foram separados em duas porções: uma para tratamento físico e a outra para o tratamento químico, sendo que, a segunda porção foi subdividida em três partes para receberem o mesmo tratamento químico, separadamente.

3.2.1.1-Análise granulométrica

A amostra principal coletada para tratamento físico foi submetida à análise granulométrica através do peneiramento, utilizando-se o método da Medida dos Momentos (Friedman, 1978) para o cálculo da média da distribuição granulométrica do sedimento. Os dados texturais dessas amostras integram a Tese de Doutorado do aluno R.P. Silva em andamento no Curso de Pós Graduação em Geologia da UFBA.

3.2.1.2- Secagem e pulverização das amostras

A secagem e pulverização das amostras brutas, separadas antecipadamente para o tratamento químico, foi efetuada segundo os procedimentos estabelecidos por Krug (1998), a saber: (i) secagem na estufa a 70 °C durante 24 horas em placas de Petri; (ii) desagregação e retirada de conchas e cascalhos (iii) pulverização dos sólidos para a redução do tamanho das partículas, aumentando, conseqüentemente, a relação entre suas áreas superficiais e seus volumes. As amostras foram pulverizadas com auxílio do equipamento *Shatter Box*, durante 1 minuto, e arrumadas em potes etiquetados para serem utilizadas no tratamento químico. A Figura III-02 e III-03 mostra as etapas mencionadas no tratamento das amostras.

3.2.2- Tratamento químico das amostras

A preparação química das amostras foi efetuado, devido à natureza dos sedimentos, com alto teor de quartzo, silicatos, sulfetos, matéria orgânica, óxidos e carbonatos (Loon, 1985). Isto leva a uma melhoria na obtenção dos resultados dos teores metálicos.

As determinações das concentrações dos metais foram realizadas pelo Laboratório de Análises Mineraias e Ambientais do LAKEFIELD GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA, em Belo Horizonte – Minas Gerais. A utilização das técnicas de laboratório foi baseada nos textos da *Selected Methods of Trace Metal Analysis/ Biological and Enviromental Samples* de John Wiley & Sons, New York (1985).

A realização do tratamento químico das amostras foi efetuada a quente, utilizando-se ácidos específicos para facilitar a dissolução e a formação de uma solução (Krug, 1998; Andrade, 2000). Isto permitiu a determinação dos elementos químicos de interesse, quais sejam alumínio, cádmio, cobre, chumbo, cromo, ferro, manganês, níquel e zinco.

3.2.2.1-Utilização de ácidos

A dissolução da amostra sedimentar pulverizada ocorreu em meio ácido, utilizando-se a digestão *wet ashing*, pelo qual, uma pequena quantidade de material foi requerida. Este tipo de abertura envolveu ataque com uma mistura de ácidos adequada (água régia), que corresponde a uma mistura de 1 parte de ácido nítrico (69%) com três partes de ácido clorídrico o que, apesar de requerer um tempo maior de manipulação, permite realizar o processo com menor tempo de operação, tanto em sistema fechado quanto em aberto (Hsu & Locke, 1983; Fiszman *et al.*, 1984; Jackwert & Gomisceks, 1984; Loon, 1985; Barbanti & Sighinotfi, 1988; Adeloju, 1989).

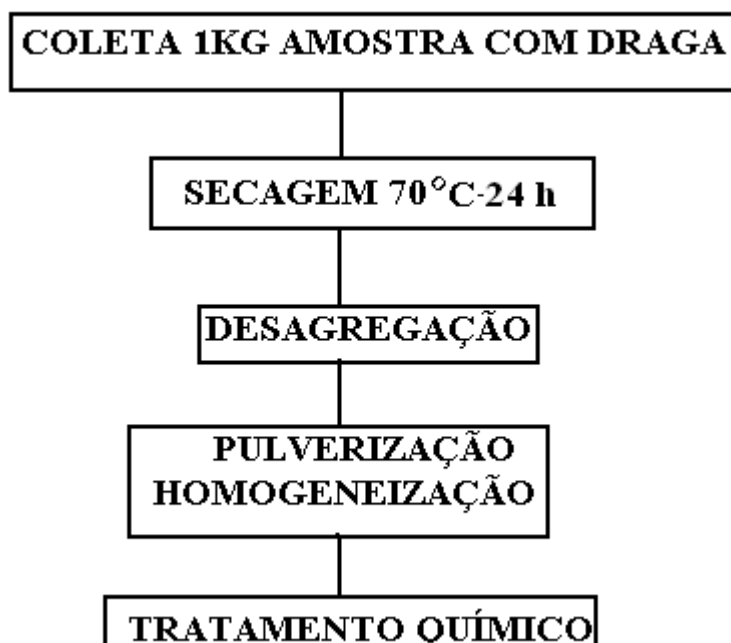


Figura III – 02 - Fluxograma de preparação das amostras

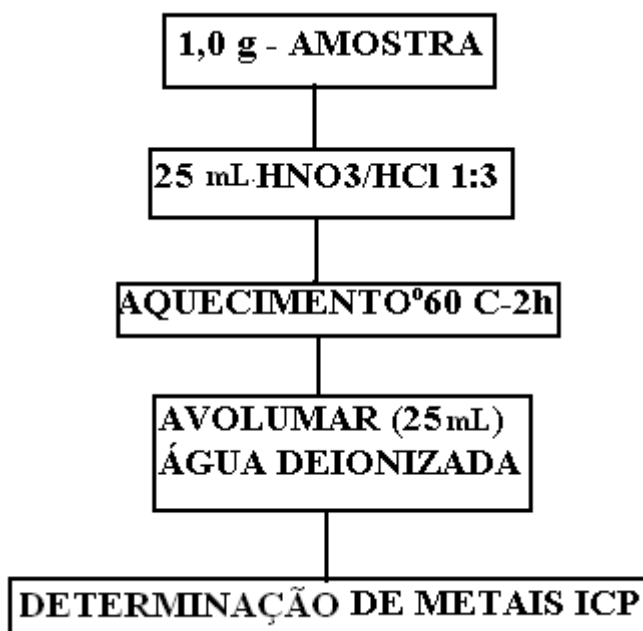


Figura III- 03 – Fluxograma para determinação de metais nos sedimentos marinhos

3.2.2.2-Decomposição das amostras

Para o tratamento químico, 1 grama das amostras de cada pote etiquetado, foi homogeneizada e pesada em tubo de ensaio calibrado. Em seguida, 25 mL de água régia foi adicionada e as amostras foram aquecidas durante duas horas em um banho de areia a temperatura de 60 °C. Após atingirem à temperatura ambiente, as amostras foram avolumadas para 25 mL, utilizando-se água deionizada. Todo lote de sedimentos foi preparado com 2 duplicatas: um material de referência e um outro denominado de branco contem apenas os reagentes químicos utilizados na pesquisa, sem adição do sedimento) (Figura III- 03).

3.2.2.3-Determinação Analítica

As amostras foram analisadas utilizando-se um Espectrômetro de Plasma Jarrel Ash, modelo ICP 61E e realizadas pelo Laboratório de Análises Mineraias e Ambientais do LAKEFIELD GEOSOL LABORATÓRIOS LTDA em Belo Horizonte – Minas Gerais.

A técnica, utilizando o plasma (gás parcialmente ionizado com a sua temperatura oscilando entre 6000 e 10000 K), é uma ferramenta analítica instrumental multielementar, na qual a amostra decomposta é submetida à excitação por meio de uma fonte. Ela mede a emissão de uma radiação de comprimento de onda característico de quase todos os elementos químicos, fato que se efetiva, justamente após sofrerem vaporização por meio de um aquecimento intenso, proveniente de uma fonte energética. Desta forma, os elementos presentes nas amostras dos sedimentos poderão ser medidos pela intensidade das radiações emitidas.

Uma das vantagens dessa técnica é poder determinar, de uma vez um grande número de elementos químicos, sendo os limites de detecção e precisão aumentados devido à utilização da amostra em solução. Outra vantagem, é a possibilidade do uso de ataques totais ou seletivos na decomposição das amostras, o que permite a realização de estudos acerca da forma de ocorrência e do comportamento geoquímico dos elementos. As duas vantagens consideradas antes ocasionam um aperfeiçoamento da precisão e dos limites de detecção,

além da determinação multielementar simultânea (Levinson, 1974; Moore, 1989; Skoog & Leary, 1992; Filho, 1995; Licht, 2001).

O padrão utilizado para determinar os teores de Cu, Cr, Cd, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn, motivo desta pesquisa foi específico para sedimento MESS-2 (*National Research Council of Canadá*) e continha as seguintes concentrações: $39,3 \pm 2 \text{ mgL}^{-1}$, $106 \pm 8 \text{ mgL}^{-1}$, $0,34 \pm 0,01 \text{ mgL}^{-1}$, $4,35 \pm 0,22 \%$, $365 \pm 21 \%$, $49,3 \pm 1,8 \text{ mgL}^{-1}$, $21,9 \pm 1,2 \text{ mgL}^{-1}$ e $172 \pm 16 \text{ mgL}^{-1}$, respectivamente.

3.2.3- Determinação da Matéria Orgânica (M.O.)

A determinação da matéria orgânica (M.O.) foi efetuada seguindo-se o método gravimétrico de calcinação através da perda de peso do sedimento por ignição a uma temperatura elevada. O método consistiu na obtenção do teor da M.O. através da diferença de massa do sedimento seco (5 g) à temperatura ambiente, antes e depois da calcinação. A porção de sedimento foi levada a estufa a $100\text{-}110^{\circ}\text{C}$, com a finalidade de se determinar o teor de umidade. A mesma alíquota utilizada para determinação da umidade foi levada ao forno mufla, sendo a temperatura elevada gradualmente, até atingir 550°C e mantida nesta condição durante 6 horas (Kiehl, 1979, Lanarv, 1998).

$$\% \text{M.O.} = \text{massa calcinada} / \text{massa seca} \times 100 \text{ onde:}$$

a massa calcinada é a massa perdida em gramas durante a calcinação a 550°C e, a massa seca, a massa total do sedimento isenta de umidade em grama.

3.3- CONTROLE E GARANTIA DA QUALIDADE DOS RESULTADOS (CQ)

O controle de qualidade (CQ) dos resultados foi efetuado utilizando-se determinações em duplicatas das amostras. Ficou uma outra, denominada de branco, contendo apenas os reagentes utilizados na análise química das amostras sedimentares. Para contornar possíveis erros não mensuráveis, utilizou-se os seguintes procedimentos: (i) as amostragens e análises foram executadas mantendo-se os mesmos procedimentos exibidos nas Figura III-02 e III-03; (ii) os trabalhos laboratoriais foram realizados dentro dos prazos recomendados, obedecendo-se os limites de detecção especificados; (iii) a aferição e a calibração dos equipamentos laboratoriais ou de campo foram realizados a intervalos convenientes e; (iv) o registro dos procedimentos e observações foram inseridos em formulários apropriados.

3.4- TRATAMENTO DOS DADOS

Foram elaboradas tabelas, mapas, gráficos e cálculos dos Índices de Geoacumulação (IGEO) para facilitar a interpretação e a análise dos resultados dos teores dos elementos químicos Al, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Cd, Pb e Zn da região em foco.

Os resultados geoquímicos dos sedimentos foram plotados em mapas contendo a localização e denominação das estações de amostragem e os teores dos elementos analisados em cada amostra. Por outro lado, os mapas de interpretação apresentam as informações acerca dos teores dos elementos químicos contidos nas amostras de sedimentos finos da plataforma, tendo sido relacionados com as unidades geológicas, recursos minerais e solo da parte continental, além das indústrias. A elaboração dos mapas foi efetuada a partir da interpretação dos dados obtidos em cada ponto amostral, utilizando-se o método de interpolação IDW (Inverso dos Quadrados da Distancia- *Inverse Distance Weight*) no *Arcview* v. 9.1.

3.5- ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO (IGEO) E OS VALORES DE REFERÊNCIA

Nesta pesquisa, foi calculado o Índice de Geoacumulação (IGEO), como uma medida quantitativa de poluição causada por metais pesados no ambiente marinho, com base na metodologia sugerida por Moreira & Boaventura (2003). Para se calcular o IGEO foram utilizados os dados obtidos das concentrações metálicas nos sedimentos marinhos, utilizando-se a fórmula:

$$\text{IGEO} = (\log C_n / 1.5B_n) \text{ onde:}$$

C_n é a concentração do metal no sedimento e B_n os valores de referência do elemento metálico na amostra denominada de padrão de referência para sedimentos marinhos MESS-2 (*National Research Council of Canadá*). O fator 1.5 é utilizado para minimizar possíveis variações causadas por diferenças litológicas (Moreira & Boaventura, 2003).

Para se estimar a extensão da poluição de uma região sob análise é comum se comparar as percentagens encontradas em um sedimento com aquelas obtidas em condições naturais (ou seja em regiões não poluídas), ou com os valores de referência estabelecidos pela legislação. Estes valores são denominados de padrões e delimitam a quantidade de substâncias acima das quais os sedimentos avaliados podem ser considerados como apresentando riscos para o ecossistema. No entanto, um dos problemas associados com a definição da

contaminação em sedimentos marinhos é justamente a identificação de concentrações de referência (Bahia, 2004).

Considerando-se a não existência de padrões brasileiros para contaminação de sedimentos, as referências, tanto a nível nacional como internacional, se tornam instrumentos de grande utilidade. As principais referências utilizadas em publicações e pesquisas ambientais são aquelas elaboradas pela USEPA americana, pelo Canadá e pela Comunidade Européia. Quando a área de estudo não possui valores referenciais estabelecidos pela legislação, normalmente se define o grau de contaminação de sedimentos por metais pesados, utilizando-se os critérios adotados pelo Programa de Sedimentos Costeiros da *National Oceanographic and Atmospheric Administration* – NOAA (Bahia, 2004; Buchman, 1999). Este programa utiliza valores de referência da Agência de Proteção Ambiental dos EUA (USEPA). A USEPA representa um dos órgãos mais ativos do globo do desenvolvimento de indicadores ambientais e critérios que possam nortear as intervenções necessárias à conservação e sustentabilidade dos recursos naturais. A NOAA utiliza as seguintes informações para os sedimentos:

- ♣ TEL (*Thresholds Effects Levels*) representa a concentração abaixo da qual efeitos adversos são raramente esperados;
- ♣ ERL (*Effects Range-low*) significa o nível no qual pode começar a ser observada a toxicidade em espécies sensíveis;
- ♣ PEL (*Probable Effects Levels*) indica o nível no qual é freqüentemente esperada a ocorrência de efeitos adversos;
- ♣ ERM (*Effects Range-Median*) é a concentração média das amostras que apresentaram toxicidade;
- ♣ AET (*Apparente Effects Thresholds*) mostra o nível acima do qual os impactos biológicos adversos são sempre esperados.

Os critérios adotados de qualidade de sedimentos marinhos usados pelo NOAA estão no Quadro III- 01.

Quadro III-01- Concentrações dos padrões para sedimentos marinhos indicados pelo NOAA
(*National Oceanic and Atmospheric Administration*) (Buchman,1999).

Substância	TEL	ERL	PEL	ERM	AET
Cromo (mgKg ⁻¹)	52,3	81,0	160,4	370,0	-
Cobre (mgKg ⁻¹)	18,7	34,0	108,2	270,0	-
Zinco (mgKg ⁻¹)	124,0	150,0	271,0	410,0	-
Cádmio (mgKg ⁻¹)	0,676	1,200	4,210	9,600	-
Chumbo (mgKg ⁻¹)	30,2	46,70	112,18	218,0	-
Níquel (mgKg ⁻¹)	-	20,9	42,8	51,6	-
Manganês (%)	-	-	-	-	0,26
Ferro (%)	-	-	-	-	22,00

Nesta pesquisa, o cálculo dos Índices de Geoacumulação foi adaptado às concentrações de metais obtidas no sedimento, seguindo a metodologia de Moreira & Boaventura (2003). Desta forma, C_n passou a ser a concentração do elemento no sedimento marinho da área em foco e, B_n , os teores metálicos indicados pelo padrão internacional do NOAA, representados pelas siglas ERL para o níquel, AET para o manganês e ferro, sendo que para os demais elementos químicos utilizou-se o TEL (Quadro III-01).

No Quadro III-02, o IGEO é dividido em 7 classes, de 0 a 6, onde cada uma delas fornece o acúmulo crescente de metal no sedimento. A classe 6 mostra um enriquecimento de aproximadamente 60 vezes em relação ao nível dos teores de metais indicados pelo padrão.

Quadro III- 02 – Classificação dos sedimentos através do índice de geoacumulação (IGEO)
(Moreira & Boaventura, 2003; Forstner, 1989).

Intensidade de Enriquecimento	Acumulação no Sedimento (IGEO)	Classe (IGEO)
Muito fortemente enriquecido	> 5	6
Muito a fortemente enriquecido	> 4 – 5	5
Fortemente enriquecido	> 3 – 4	4
Moderado a fortemente enriquecido	> 2 - 3	3
Moderadamente enriquecido	> 1 – 2	2
Pouco a moderadamente enriquecido	> 0 – 1	1
Praticamente não enriquecido	< 0	0

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão apresentados os resultados alcançados através das análises físicas e químicas para a caracterização geoquímica dos sedimentos plataformais da região litorânea entre as cidades de Itacaré e Olivença. Também, foram analisados e comentados os diversos processos que influenciam o aporte de sedimentos para a plataforma continental, tais como: geologia das bacias hidrográficas do Rio de Contas e do Leste, composição e classificação dos solos, vazões dos rios, intemperismo, erosão e extensão da área de drenagem além das condições do meio ambiente.

Para facilitar o entendimento da situação ambiental dessa parte costeira, a interpretação e análise dos resultados foram exibidos em tabelas, mapas e gráficos. Deles constam os perfis granulométricos, os teores de matéria orgânica e de metais, bem como os valores obtidos do Índice de Geoacumulação (IGEO).

4.1- ANÁLISE GERAL DOS SEDIMENTOS MARINHOS

Para se obter uma caracterização dos sedimentos marinhos, foi necessário um estudo individualizado das composições físicas e químicas das amostras obtidas, assim como os teores de metais e de matéria orgânica, visto que a variação da concentração dos elementos metálicos nos sedimentos marinhos está subordinada às condições ambientais.

4.1.1- Composição física dos sedimentos

As percentagens de lama, areia e cascalho obtidas a partir das análises granulométricas dos sedimentos, mostraram que a fração lama predominou nas desembocaduras do Rio de Contas e do rio Almada (Tabela IV- 01).

Através das Figuras IV-01, IV-02 e IV-03, verifica-se que, nas desembocaduras dos rios, a profundidade é maior e os teores de lama são mais altos, principalmente próximo da foz do Rio de Contas. Esta quantidade acentuada de lama nesses locais pode ser justificada pelo intemperismo das rochas metamórficas das bacias do Rio de Contas e do Leste, intensificada pelas altas pluviosidades e pelos padrões de drenagem dos rios. Muita chuva em um local, como acontece nas bacias referidas, traz como consequência maior dissolução de minerais através das reações de hidrólise e hidratação, produzindo maior quantidade de precipitados argilominerais, que são partículas de pequeno tamanho (Press *et al.*, 2006). Isto

ocorre porque a hidratação e a hidrólise são responsáveis pelo intemperismo dos materiais rochosos, os quais são transformados superficialmente em produtos alterados (Guerra *et al.*, 2005). Desta forma, a água e a variação de temperatura influenciam fortemente o intemperismo, acelerando-o e assegurando a produção de sedimentos cada vez mais finos, já que provoca nas rochas metamórficas de alto grau do continente, a transformação dos feldspatos em argilas (silicatos aluminosos hidratados). Estas partículas finas tendem a ser erodidas, carregadas e transportadas pelos rios que atravessam a região, do continente para o litoral.

As Figuras IV-01, IV-02 e IV-03 mostram que o percentual de sedimentos mais finos na foz do Rio de Contas é maior do que nas desembocaduras dos rios Almada, Cachoeira e Santana.

Frações de cascalho e de areia prevaleceram nas áreas entre as desembocaduras dos rios e nas regiões mais distantes do litoral (Figuras IV-02, IV-03). Freire (2006) mostrou que os cascalhos e as areias dessas áreas são do tipo bioclástico (Figura II-02).

Tabela IV- 01 Granulometria (% m/m) dos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença

Amostra	Casc.	Areia	Lama	Amostra	Casc.	Areia	Lama
1	0,04	60,86	39,1	45	4,4	72,32	23,27
2	11,71	83,06	5,23	46	0,04	11,67	88,3
3	2,91	76,36	20,72	47	0	0,95	99,05
4	8,11	83,58	8,3	48	0,01	0,54	99,44
5	40,08	44,7	15,22	49	0,16	10,49	89,35
6	54,75	36,43	8,82	50	8,17	5,31	86,53
7	33,3	44,86	21,84	52	37,05	50,94	12,01
8	4,98	71,08	23,94	55	32,87	52,19	14,94
9	7,46	82,45	10,09	56	43,18	45,32	11,49
10	0,01	81,37	18,62	57	53,69	36,2	10,11
11	0,08	3,68	96,24	58	30,66	57,12	12,22
12	13,62	58,83	27,55	60	18,8	77,25	3,95
13	43	39,24	17,76	61	7,14	74,21	18,65
14	53,49	43,01	3,5	62	42,66	54,8	2,54
15	27,9	54,16	17,94	64	39,42	56,08	4,5
16	36,18	39,83	24	65	6,68	78,26	15,06
17	3,46	77,3	19,24	66	9,34	66,39	24,27
18	0,46	45,94	53,6	67	6,95	70,33	22,71
19	0,7	59,11	40,19	68	6,99	58,76	34,25
20	2,04	52,47	45,49	69	27,24	65,25	7,51
21	75,05	19,44	5,51	70	85,71	13,16	1,13
22	58,18	32,02	9,79	71	49,09	50,23	0,68
24	34	45,3	20,7	72	4,86	76	19,13
25	13,54	68,81	17,65	73	18,79	59,59	21,62
26	12,09	69,29	18,62	74	16,51	59,48	24,01
27	19,44	61,67	18,89	75	1,73	56,52	41,76
28	5,53	53,37	41,1	76	49,54	50,45	0,01
29	62,6	31,08	6,32	77	1,18	28,53	70,29
31	33,15	62,06	4,79	78	0,85	25,54	73,61
32	8,38	62,04	29,58	79	4,36	67,6	28,05
33	27,73	48,3	23,98	80	5,39	41,84	52,76
34	2,55	61,68	35,78	81	0,03	3,95	96,02
35	17,24	51,73	31,04	82	0,68	15,61	83,7
36	22,59	42,73	34,68	83	0,11	52,91	46,99
38	21	54,33	24,67	84	0,14	2,91	96,95
39	9,66	58,97	31,37	85	6,98	50,23	42,79
40	0,05	1,69	98,26	86	0,07	10,92	89,01
41	0	1,5	98,5	87	0,01	1,15	98,83
42	0,02	1,04	98,94	Mínimo	0,00	0,54	0,01
44	54	34,21	11,79	Máximo	85,71	83,58	99,44

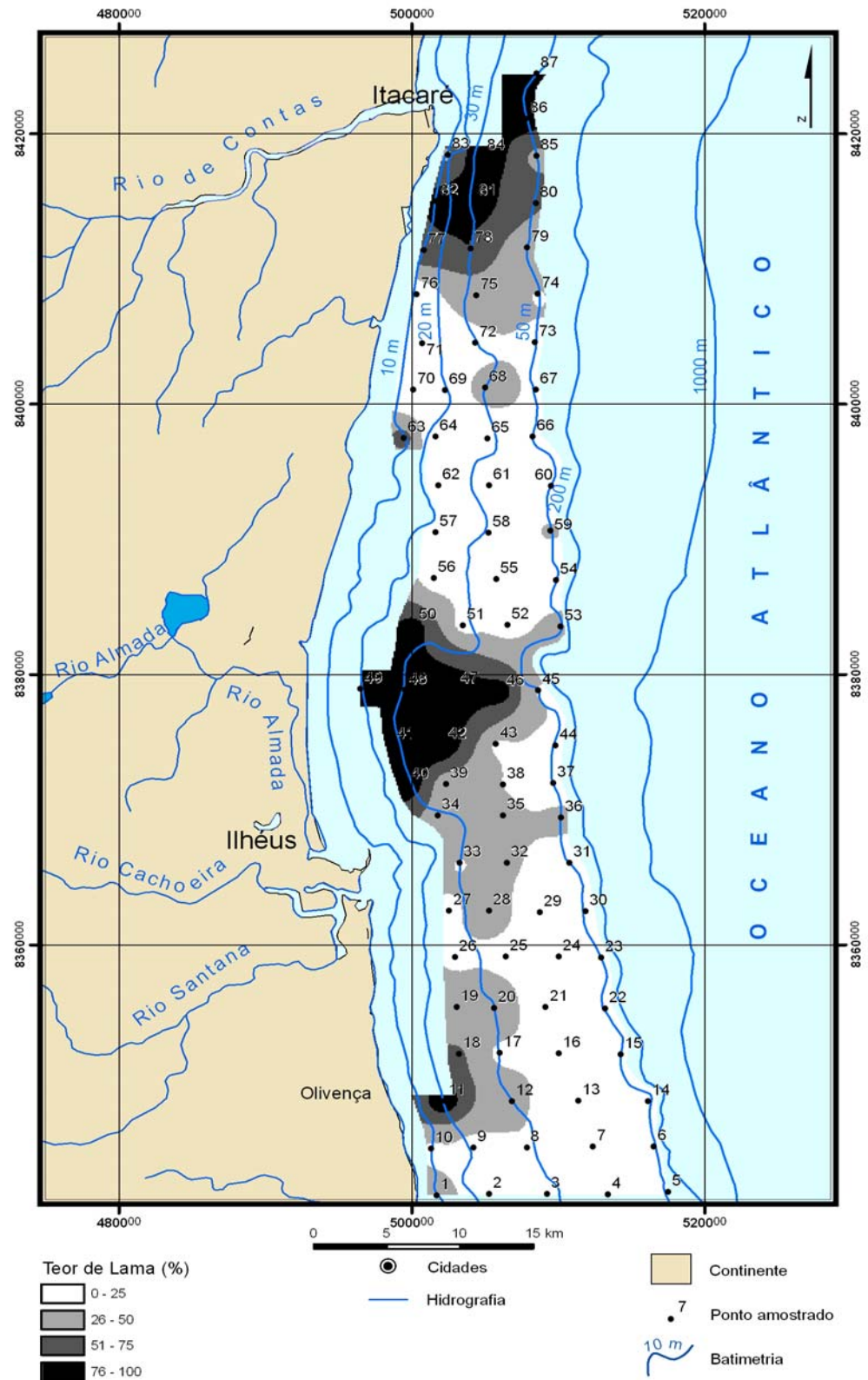


Figura IV- 01 Percentagem de lama dos sedimentos marinhos entre Itacaré e Olivença
(CPRM/ SIG, 2002)

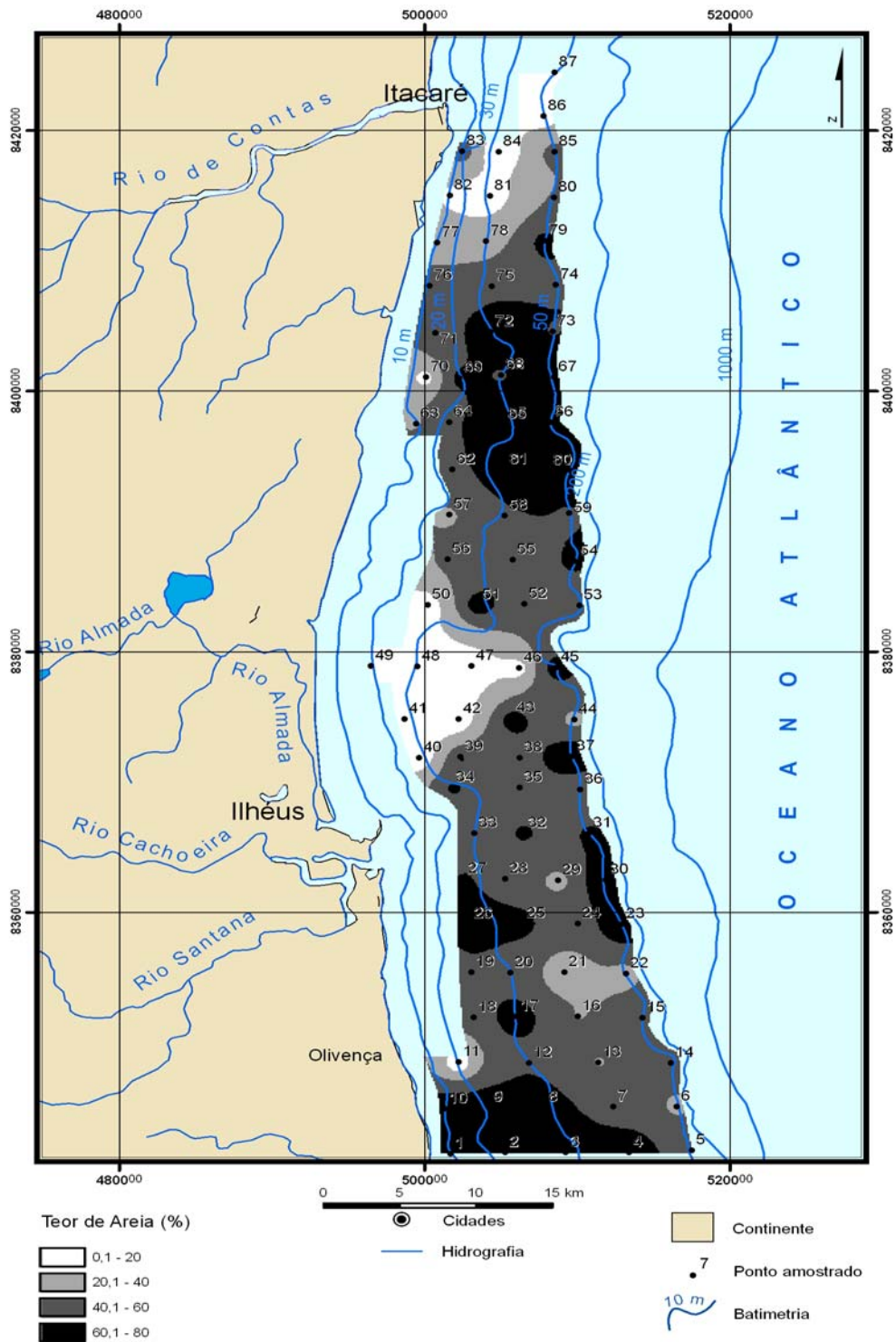


Figura IV- 02 Percentagem de areia dos sedimentos marinhos entre Itacaré e Olivença.(CPRM/ SIG, 2002)

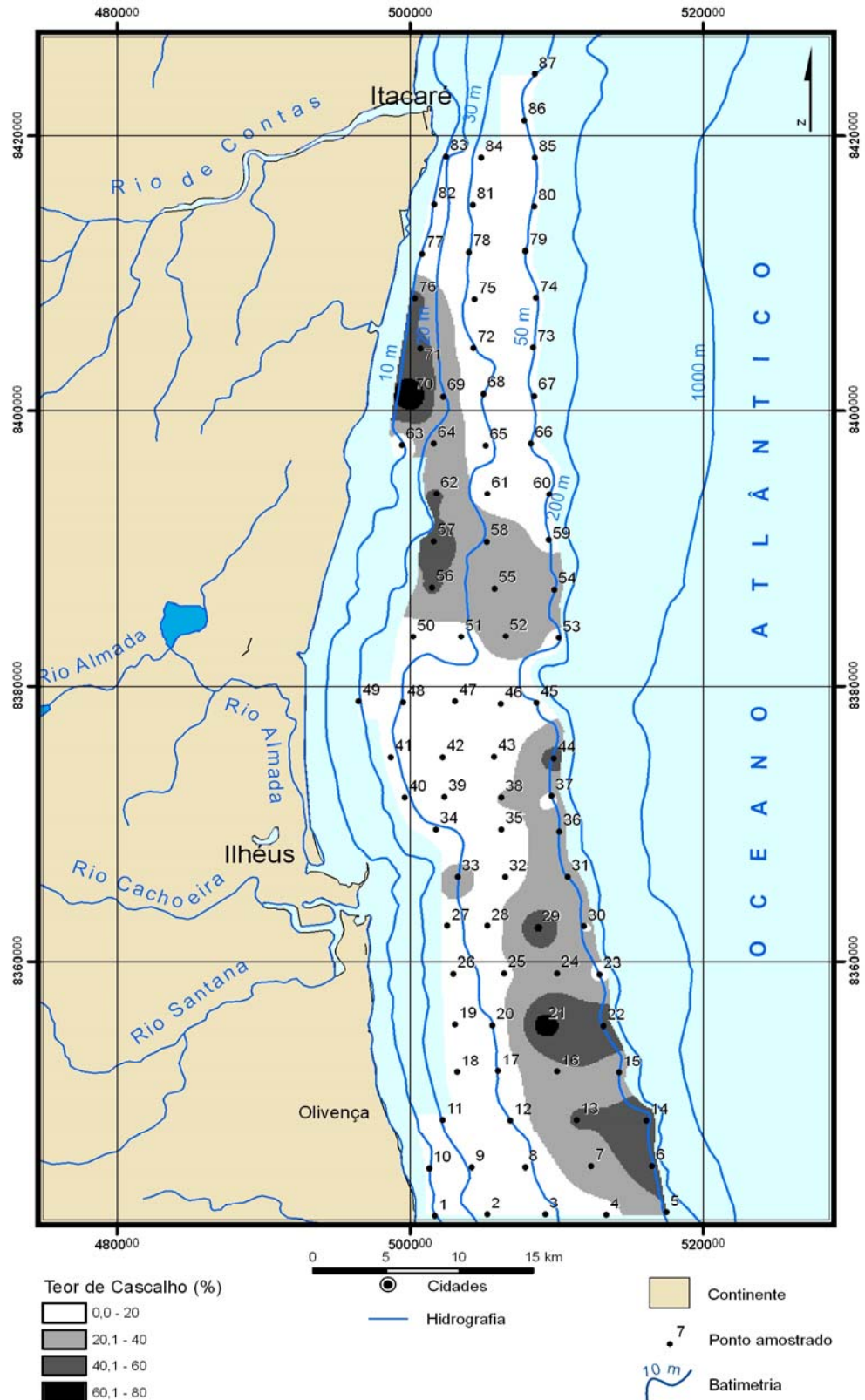


Figura IV- 03 Percentagem de cascalho dos sedimentos marinhos entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

4.1.2- Teores de Matéria Orgânica (M.O.)

A Tabela IV- 02 e a Figura IV- 04 mostram que o percentual de matéria orgânica na foz dos rios Almada, Santana e Cachoeira foi mais elevado do que na desembocadura do Rio de Contas. Sabe-se que, na natureza, a matéria orgânica é produzida principalmente, pelas plantas e o termo “matéria orgânica” refere-se a todos os compostos que contêm carbono orgânico, incluindo os microorganismos vivos ou mortos, resíduos de plantas e substâncias orgânicas microbiologicamente e/ou quimicamente alteradas (Meurer, 2006). Assim, os resultados encontrados na Tabela IV- 02 e Figura IV-04 podem ser explicados pelo maior aporte de matéria orgânica para a plataforma ser função do manguezal existente na foz do rio Almada, pelo desmatamento da Mata Atlântica, da cacauicultura, dos esgotos e da presença significativa da planta Aguapé ou Baronesa (*Eichornia crassipes*) ao longo do rio (André & Delabie, 2000; SEI, 1999). Outra justificativa pode ser atribuída ao fato do rio Cachoeira dissecar solos brunizéns com elevado nível de matéria orgânica (RADAMBRASIL, 1981). Os compostos orgânicos destes materiais poderão alcançar o litoral, principalmente quando ocorre aumento das vazões dos rios Almada, Santana e Cachoeira.

4.1.3- Composição química inorgânica dos sedimentos

O teor dos elementos metálicos dos sedimentos marinhos do litoral entre Itacaré e Olivença são apresentados na Tabela IV-03 e nas Figuras IV-05 a IV-12. Nessas figuras, os elementos metálicos se encontram dispersos, sobretudo nos sedimentos lamosos da plataforma continental da área em foco. Através destes mapas de distribuição, observa-se que os percentuais dos metais obtidos nos sedimentos marinhos do Rio de Contas foram maiores do que aqueles observados nas desembocaduras dos rios Almada, Cachoeira e Santana. Esta realidade pode estar vinculada ao fato de que o aporte de metais nos sedimentos marinhos de uma plataforma continental está associado às características das bacias de drenagens e dos rios que deságuam na plataforma continental (Freire, 2006). Assim, a interpretação dos resultados foi efetuada, relacionando com os dados obtidos da geologia, da pedologia, da hidrografia, do uso do solo e dos aspectos ambientais das bacias do Rio de Contas e do Leste.

Tabela IV- 02 Percentuais de matéria orgânica (M.O.) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença.

AMOSTRAS	MO	AMOSTRAS	MO
1	3,2	46	4,1
2	2,75	47	4,2
3	3,6	48	3,6
4	3,2	49	3,6
5	3,4	50	4,1
6	3,5	52	3,8
7	3,7	55	3,8
8	3,8	56	4
9	2,77	57	3,4
10	2,96	58	3,5
11	4,2	60	3,06
12	3,7	61	3,7
13	3,3	62	2,9
14	2,58	64	2,67
15	3,5	65	3,7
16	3,7	66	3,5
17	3,8	67	3,6
18	4,2	68	3,7
19	4,2	69	3,8
20	3,7	70	2,54
21	2,89	71	2,49
22	2,93	72	3,7
24	3,7	73	3,6
25	3,8	74	3,7
26	4,1	75	3,9
27	4,2	76	2,35
28	4	77	3,1
29	2,33	78	4
31	2,91	79	3,6
32	3,8	80	3,8
33	3,9	81	3,6
34	4,1	82	3,5
35	4,4	83	3,9
36	3,7	84	3,9
38	3,9	85	3,8
39	3,8	86	3,9
40	4,2	87	3,9
41	4,2		
42	3,7	Mínimo	2,33
44	3,08	Máximo	4,40
45	3,5		

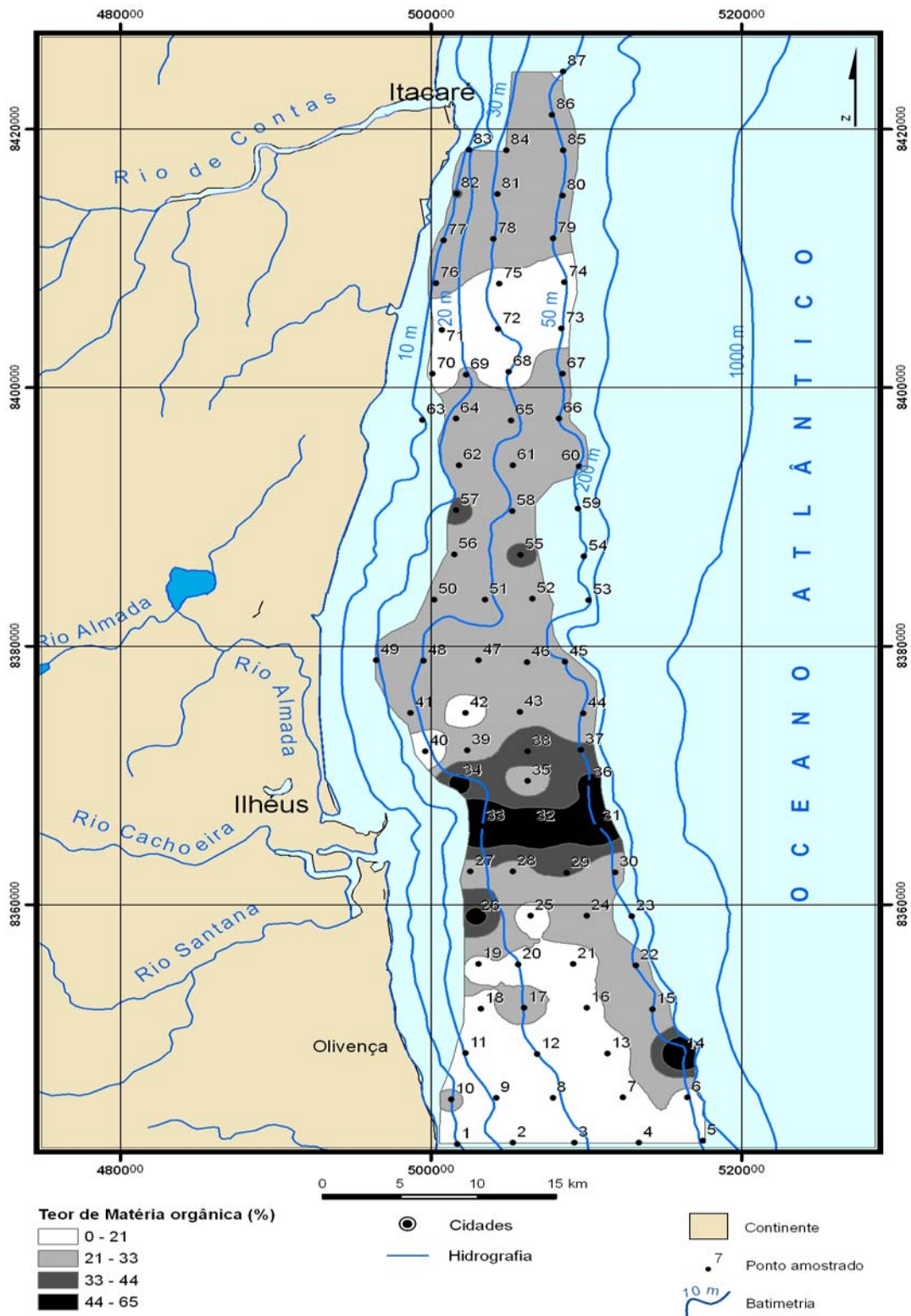


Figura IV- 04 – Percentuais de matéria orgânica nos sedimentos lamosos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

Os metais apresentam comportamentos diferentes nos solos e nos sedimentos, visto que eles podem formar compostos com a água através da reação de hidrólise, em um valor específico de pH (Quadro I-05). Assim, quando ocorre a progressiva neutralização dos solos ácidos durante o processo de calagem nos solos da região continental contígua à área em foco, o Fe e o Al, por possuírem pH de hidrólise baixos e iguais a 2 e 4,1, respectivamente, tendem a formar precipitados mais rapidamente do que Cr-Cu; Pb; Cd-Ni e Zn cujos pH de hidrólise são de 5,3, 6,0, 6,7 e 7,0, respectivamente. Desta forma, o Zn que forma hidróxidos com a água em um pH mais elevado, apresenta uma tendência maior de alcançar a água do mar na forma solúvel. No entanto, o meio marinho que apresenta pH igual a 8, sua precipitação é favorecida. Assim, a determinação dos compostos de Al, Fe e Mn é importante pelo fato de possuírem a capacidade de adsorver outros metais e de serem abundantes nos oceanos e nos solos latossolos (Badarudeen *et al.*, 1996; Gomes, 1996; Guerra *et al.*, 2005; Fadigas, 2002; Santos, 2002). Esta adsorção dos metais é facilitada em função da existência dos orbitais d incompletos presentes nos metais de transição (Kinniburgh *et al.*, 1976), promovendo uma melhor acomodação de elétrons, tendendo a formar, predominantemente, ligações covalentes, características da adsorção específica ou quimisorção. Isto resulta na formação de complexos com baixas mobilidades e biodisponibilidades (Araújo, 1998). No caso do ferro, este efeito é intensificado devido ao fato dos óxidos deste elemento apresentarem baixa solubilidade (Leebes, 1992). No entanto, o Zn e o Cd, por não possuírem elétrons desemparelhados na última camada eletrônica d^{10} , apresentam uma maior instabilidade eletrônica, fazendo com que a maior parte das interações destes metais seja de caráter eletrostático, formando predominantemente, complexos pouco estáveis, característicos da adsorção não específica, ou fisissorção (Linhares & Mestrinho, 1976; Salomons *et al.*, 1988; Sposito, 1989). Isto pode ter diminuído a percentagem dos elementos químicos Cr, Cu, Pb, Ni e Zn nos sedimentos marinhos, já que pode ter ocasionado a possível retenção destes metais nos hidróxidos de ferro, alumínio e de manganês, presentes nos solos da parte continental contígua à área estudada.

A Tabela IV-03 mostra que o zinco e o cromo foram os elementos traços que obtiveram as maiores concentrações nos sedimentos marinhos estudados. Isto pode ter ocorrido em função desses metais estarem presentes em maior proporção nas rochas sedimentares (Quadro I-04), em corretivos agrícolas e em muitas indústrias como também, a

maior solubilização do zinco nas águas fluviais e a sua possível precipitação no meio marinho pode também ter contribuído para o aumento do teor deste elemento nos sedimentos. Desta forma, o sedimento marinho da plataforma continental poderá estar sendo enriquecido por estes metais, devido à grande probabilidade do lançamento destes elementos no meio aquático.

O chumbo, cobre e o níquel foram os elementos traços que apresentaram as menores concentrações nos sedimentos marinhos estudados, devido à possível retenção destes metais pelas substâncias orgânicas do manguezal da foz rio Almada, pelos compostos de ferro, alumínio e manganês dos solos das bacias do Rio de Contas e de Leste e do próprio manguezal, como também, provavelmente, por terem sido adsorvidos pela planta Aguapé. No entanto, o zinco e o cromo foram os metais que apresentaram relativamente os maiores teores, em função desses metais estarem presentes em maior proporção nas rochas, em corretivos agrícolas e em muitas indústrias localizadas próximas à área da pesquisa.

Os percentuais de Cd nas amostras sedimentares se mostraram abaixo do limite de detecção do equipamento ICP ($0,01 \text{ mgKg}^{-1}$), utilizado para sua determinação. As baixas concentrações deste metal podem ser devidas à ausência deste elemento em atividades localizadas ao longo dos rios, ter sido facilmente absorvido pelas plantas como também, ter sido adsorvido nos solos tropicais (Dias & Alleon, 1999; Dias *et al.*, 2003). Sabe-se que a elevação do pH durante o processo de calagem, proporciona um aumento na capacidade de adsorção deste metal nos solos, o que pode ser explicado pela variação da superfície de carga negativa, que deve-se provavelmente à mineralogia dos solos tropicais, constituídos por óxidos de ferro e argilominerais. Estes apresentam cargas variáveis em relação ao pH (Figura I-03). Assim, o Cd pode ter ficado retido na região continental adjacente à plataforma continental entre Itacaré e Olivença, como também ter sido absorvido pela planta Aguapé existente no rio Almada, favorecendo para que os teores de cádmio nos sedimentos marinhos fossem menores do que o limite de detecção do ICP nos processos analíticos utilizados. Apesar destes autores Dias & Alleon (1999) e Dias *et al.* (2003), abordarem apenas o metal Cd em suas pesquisas, acredito que toda a argumentação é válida para os outros metais.

Os teores do ferro e alumínio foram maiores do que os valores encontrados para o manganês nas amostras sedimentares da plataforma continental entre Itacaré e Olivença. Isto pode ser justificado pelo fato do Fe e o Al serem metais abundantes nas rochas da zona de alimentação, inclusive estando presentes em grande quantidade nos solos Podzólicos e

Latossolos da parte continental contígua a área da pesquisa; como, também o Al ser o componente essencial na estrutura cristalina dos feldspatos e das argilas, também muito comuns localmente.

Apesar desses efeitos, o percentual de metais dos sedimentos marinhos da foz do Rio de Contas é maior em relação ao da desembocadura dos rios Almada, Cachoeira e Santana. Isso pode ter sido devido:

- (i) ao percentual de lama nos sedimentos na foz do Rio de Contas, maior do que nas desembocaduras dos rios Almada, Cachoeira e Santana. A presença de lama favorece uma adsorção e absorção mais forte de metais, visto que as partículas finas argilosas possuem uma grande área superficial e a depender da argila, também poderá ocorrer expansibilidade aguda;
- (ii) à extensão da bacia do Rio de Contas ser muito maior (60315 Km²), em comparação com as outras bacias da área continental estudada, que no total apresentam cerca de 8500 Km².
- (iii) à mistura das águas fluviais e marinhas do manguezal presente na foz do rio Almada que pode reduzir a velocidade da água e proporcionar o decréscimo geral da solubilidade do metal. Isto é ocasionado pelo fato do pH fluvial ser fracamente ácido e o do mar de aproximadamente 8, os elementos metálicos tendem a ser removidos do meio aquoso, através da precipitação dos hidróxidos de Mn e Fe, os quais adsorvem íons metálicos, coprecipitando-os (Alloway, 1990; Lacerda, 1998). Isto ocorre porque estes metais têm a tendência de adsorver ou capturar elementos químicos com os quais entrem em contato (Licht, 1998). Desta forma, os sedimentos de manguezais que são ricos em matéria orgânica e em compostos de ferro e de manganês tendem a complexar e a coprecipitar tanto ou mais metais do que os solos da parte continental. Na desembocadura do Rio de Contas não ocorre este fenômeno, devido a área de manguezal ter sido praticamente aterrada nesta região (Bahia, 1993);
- (iv) Através das Figuras IV-04 a IV-12 verifica-se que, nas áreas próximas da foz do rio Almada, os teores de matéria orgânica foram maiores, facilitando a complexação de metais de metais. Deste modo, seriam esperados teores maiores de metais na referida região. Segundo Elder (1988), no meio aquático que apresenta uma alta salinidade, como no meio marinho, a complexação de metais na forma dissolvida pela matéria orgânica aumenta, pois o complexo argilo-húmico formado floccula e retém os íons metálicos presentes no meio. Este mesmo autor também salientou que, quando o meio é alcalino e contém uma elevada quantidade de material orgânico, a retenção de metais é favorecida pela formação de complexos organo-metálicos no meio sedimentar.

No entanto, a presença acentuada da planta conhecida como Baronesa ou Aguapé (*Eichornia crassipes*) nos rios pode ter reduzido a liberação de metal no meio marinho. Esta planta aquática pode atuar como filtro natural, pois apresenta a capacidade de extrair uma grande quantidade de nutrientes das águas, como também adsorver e concentrar no seu sistema radicular rejeitos industriais, tais como metais pesados. Salati (1998; 2003) mostra que o Aguapé é usado no controle da qualidade de água em diversos países, para recuperação de recursos hídricos, e que estes sistemas de purificação estão suficientemente desenvolvidos para serem utilizados em regiões tropicais e subtropicais. Roquete Pinto *et al.*, (1989; 2007), também salientaram que esta planta fornece um sistema de tratamento de rejeitos industriais simples e econômico, removendo e recuperando metais pesados de efluentes industriais e de usinas mínero-metalúrgicas.

Tabela IV- 03 Concentrações químicas de metais nos sedimentos da plataforma entre Itacaré e Olivença

	Mn	Fe	Al	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn		Mn	Fe	Al	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
p	%			mg/Kg					p	%			mg/Kg				
1	0.01	1.6	1.1	14	62	3.7	6.3	17	46	0.02	2.6	2	33	27	12	27	82
2	0.01	1.4	0.65	9	49	1.2	2.9	5.8	47	0.03	3.3	2.3	42	19	14	27	123
3	0.01	1.4	1.5	17	83	4.3	7.7	16	48	0.02	2	1.5	20	9.7	6.2	9.9	27
4	0.009	0.95	1.1	13	70	2.7	5.8	9.5	49	0.02	2	1.5	20	9.8	6.8	12	28
5	0.009	0.79	1.3	16	8.1	4.9	7.8	11	50	0.03	3.5	2.2	43	20	14	27	49
6	0.009	0.87	1.4	18	8.6	5.6	7.4	14	52	0.02	1.7	1.7	23	12	7.9	13	25
7	0.01	1.4	1.6	21	10	6.1	11	18	55	0.01	1.7	1.7	22	12	7.1	14	26
8	0.01	1.6	1.7	20	9.6	5.4	12	20	56	0.02	2.1	1.9	32	16	12	25	39
9	0.02	2	0.67	14	4.7	1.3	2.9	6.9	57	0.01	1.1	1.3	13	8.6	3.7	10	13
10	0.01	1.8	0.86	13	4.7	3.2	4.7	13	58	0.02	1.4	1.4	20	11	6.9	14	24
11	0.04	3.6	2.1	40	20	13	27	51	60	0.009	0.6	0.96	18	7.3	8.3	5.8	17
12	0.01	1.8	1.6	21	10	5.6	11	22	61	0.01	1.6	1.6	24	12	7.5	17	24
13	0.009	1.1	1.2	15	7.9	4.0	6.2	15	62	0.02	1.1	0.8	8.6	7.2	2.2	4.3	8.4
14	0.009	0.27	0.48	8.8	4.9	1.1	2.9	3.6	64	0.02	1.1	0.57	8.1	6.2	1.5	3	6.2
15	0.009	0.99	1.4	18	11	5.6	12	31	65	0.01	1.6	1.6	24	12	7.9	17	25
16	0.009	1.3	1.6	20	9.8	6.2	12	19	66	0.01	1.3	1.4	20	11	6.6	14	21
17	0.02	1.8	1.7	21	11	6.2	12	27	67	0.01	1.4	1.5	21	11	6.6	13	20
18	0.03	2.9	2.1	33	16	11	24	36	68	0.02	1.9	1.6	25	13	8.2	16	27
19	0.02	2.5	2.1	29	21	10	23	45	69	0.03	2.2	1.7	31	14	11	17	38
20	0.02	2.0	1.6	24	11	6.8	15	25	70	0.02	0.68	0.44	6.4	5.5	1.3	4.2	5.7
21	0.009	0.62	0.79	12	6.7	3.1	3.6	9.6	71	0.02	0.7	0.39	7.5	5.4	1.7	2.9	3.8
22	0.009	0.53	0.83	6.9	7.5	2.2	3.4	17	72	0.02	1.8	1.6	26	14	10	18	96
24	0.009	1.3	1.6	21	10	6.2	12	20	73	0.01	1.4	1.5	21	12	7.2	14	42
25	0.02	2.0	1.7	26	12	7.4	14	26	74	0.01	1.4	1.6	22	12	8.7	16	60
26	0.02	2.3	2.0	27	13	8.7	17	31	75	0.02	2.1	1.8	31	14	10	21	37
27	0.02	2.7	2.1	32	16	10	24	37	76	0.009	0.36	0.25	6.6	3.3	1.4	2.9	2.2
28	0.02	2.1	1.9	26	13	8.3	15	30	77	0.02	1.4	1.0	16	7.1	5.2	7.5	19
29	0.009	0.24	0.23	7.2	5.0	0.9	2.9	4.6	78	0.03	2.4	1.9	36	16	13	25	42
31	0.009	0.52	0.81	9	6.6	2.6	3.1	8.8	79	0.01	1.6	1.5	24	12	8	16	28
32	0.01	1.8	1.7	23	12	6.9	14	24	80	0.02	1.8	1.7	29	13	10	21	31
33	0.02	2.2	1.8	26	13	7.7	15	28	81	0.02	1.7	1.5	22	10	7.7	13	29
34	0.02	2.5	2.0	29	14	8.7	22	32	82	0.01	1.2	1.4	20	11	7	14	20
35	0.03	3.5	2.3	41	19	13	28	47	83	0.05	2.9	2.4	50	21	19	36	54
36	0.009	1.2	1.6	19	12	6.8	11	32	84	0.03	2.6	2.4	44	19	18	33	50
38	0.01	1.7	1.8	24	12	7.7	15	23	85	0.02	1.8	1.7	27	13	9.8	17	30
39	0.02	2.2	1.7	26	12	7.9	17	29	86	0.03	2.5	2.0	40	19	16	27	47
40	0.05	3.5	2.1	38	19	12	27	46	87	0.02	2.7	2.2	49	24	21	31	59
41	0.04	3.3	2.1	38	19	12	24	50									
42	0.01	1.6	1.6	21	12	6.0	12	24	Min.	0,009	0,24	0,23	6,4	3,3	0,9	2,9	2,2
44	0.009	0.76	0.98	15	8.3	4.7	4.5	14									
45	0.009	1.3	1.4	18	9.4	5.0	11	17	Max.	0,05	3,6	2,4	50,0	27,0	21,0	36,0	123

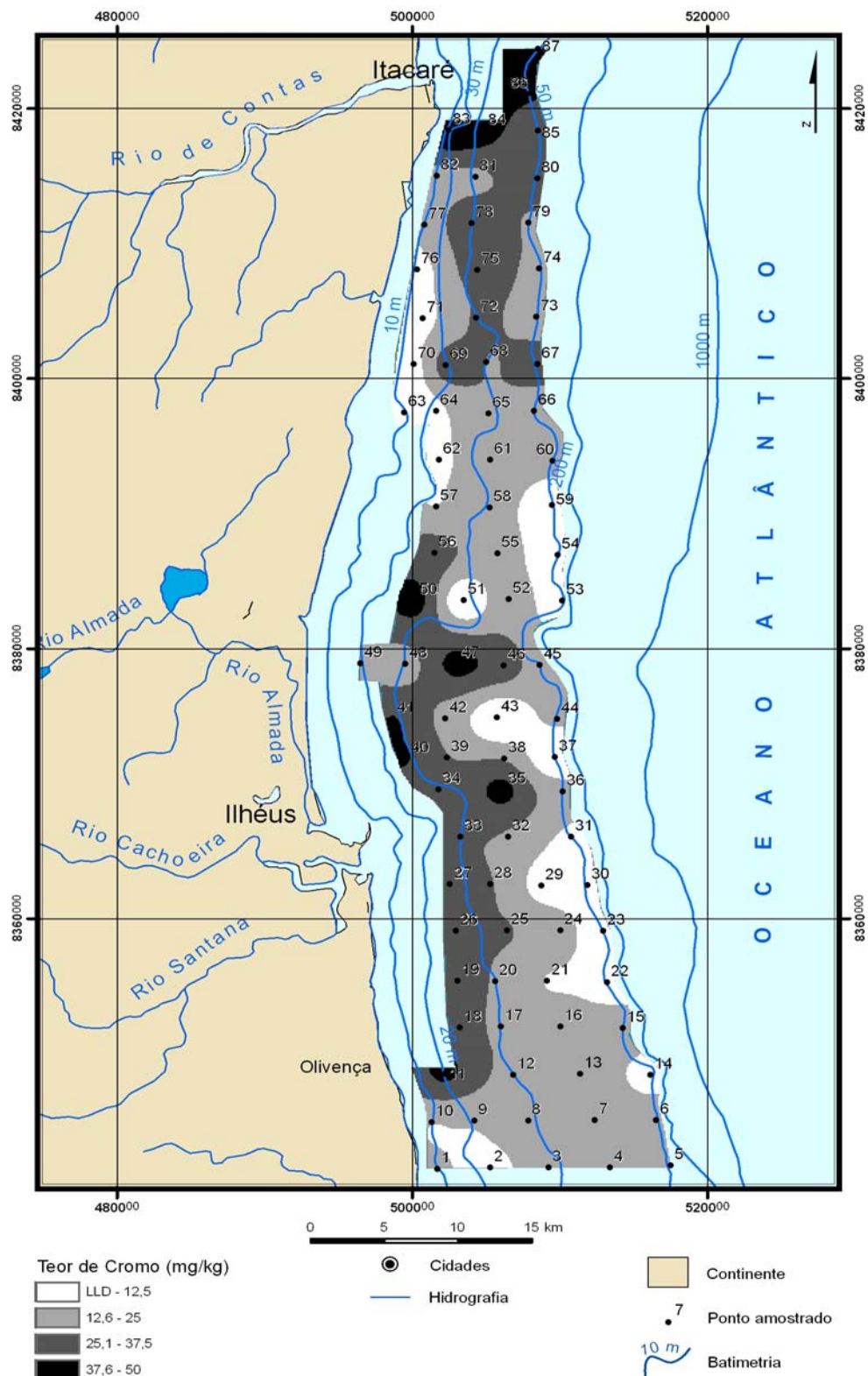


Figura IV- 05 – Distribuição de cromo (Cr) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

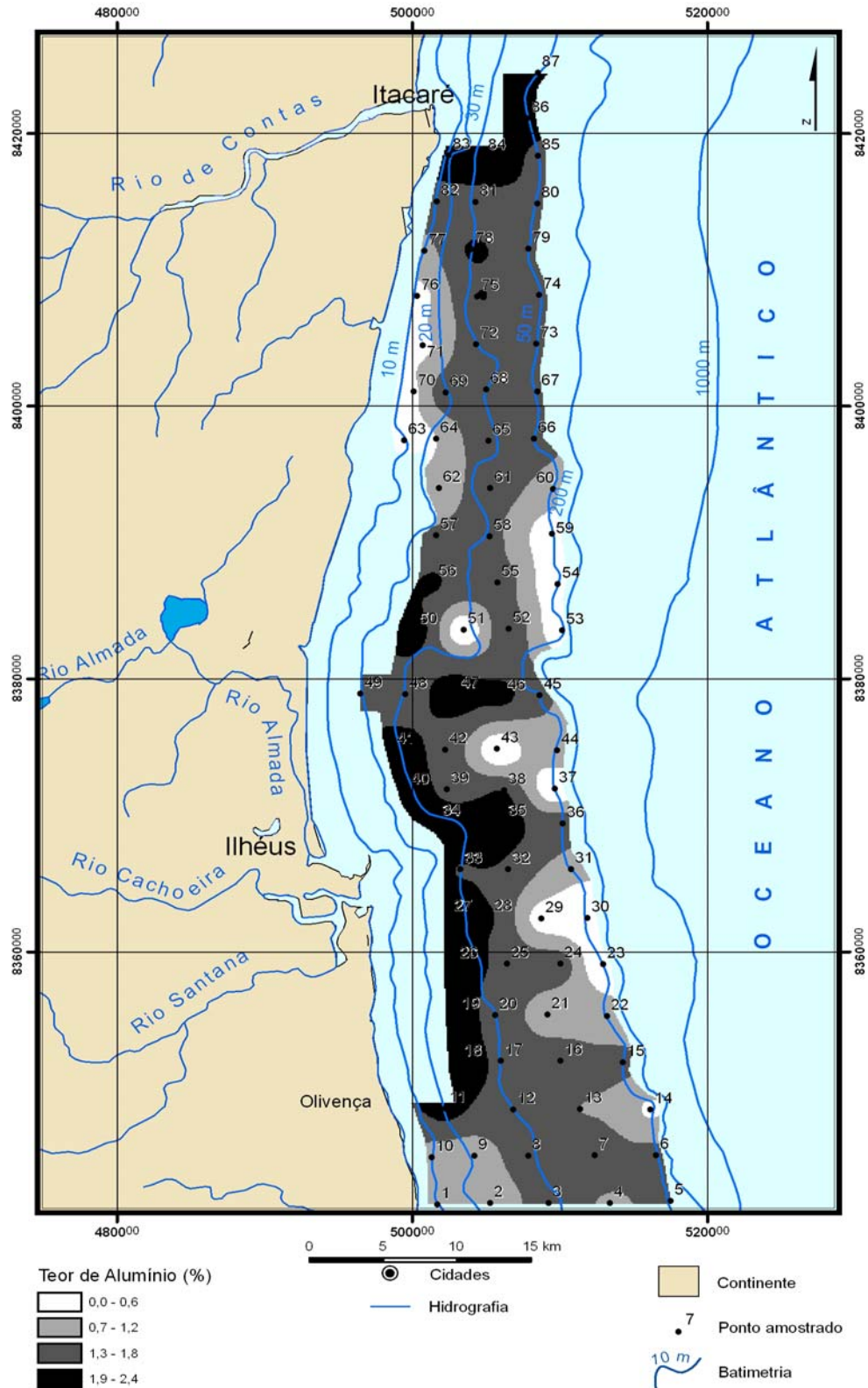


Figura IV- 06 Distribuição de alumínio (Al) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

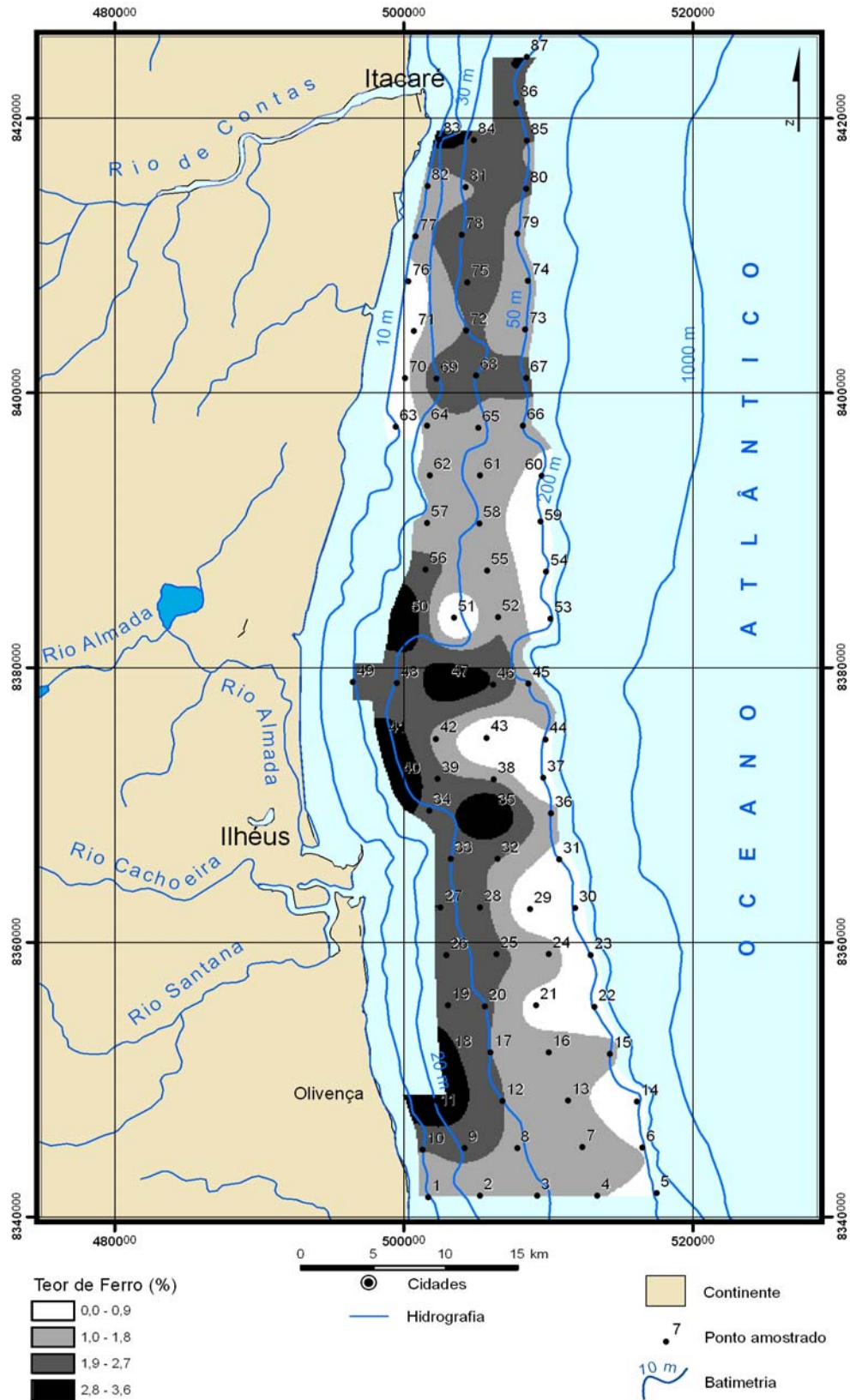


Figura IV- 07 Distribuição de ferro (Fe) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

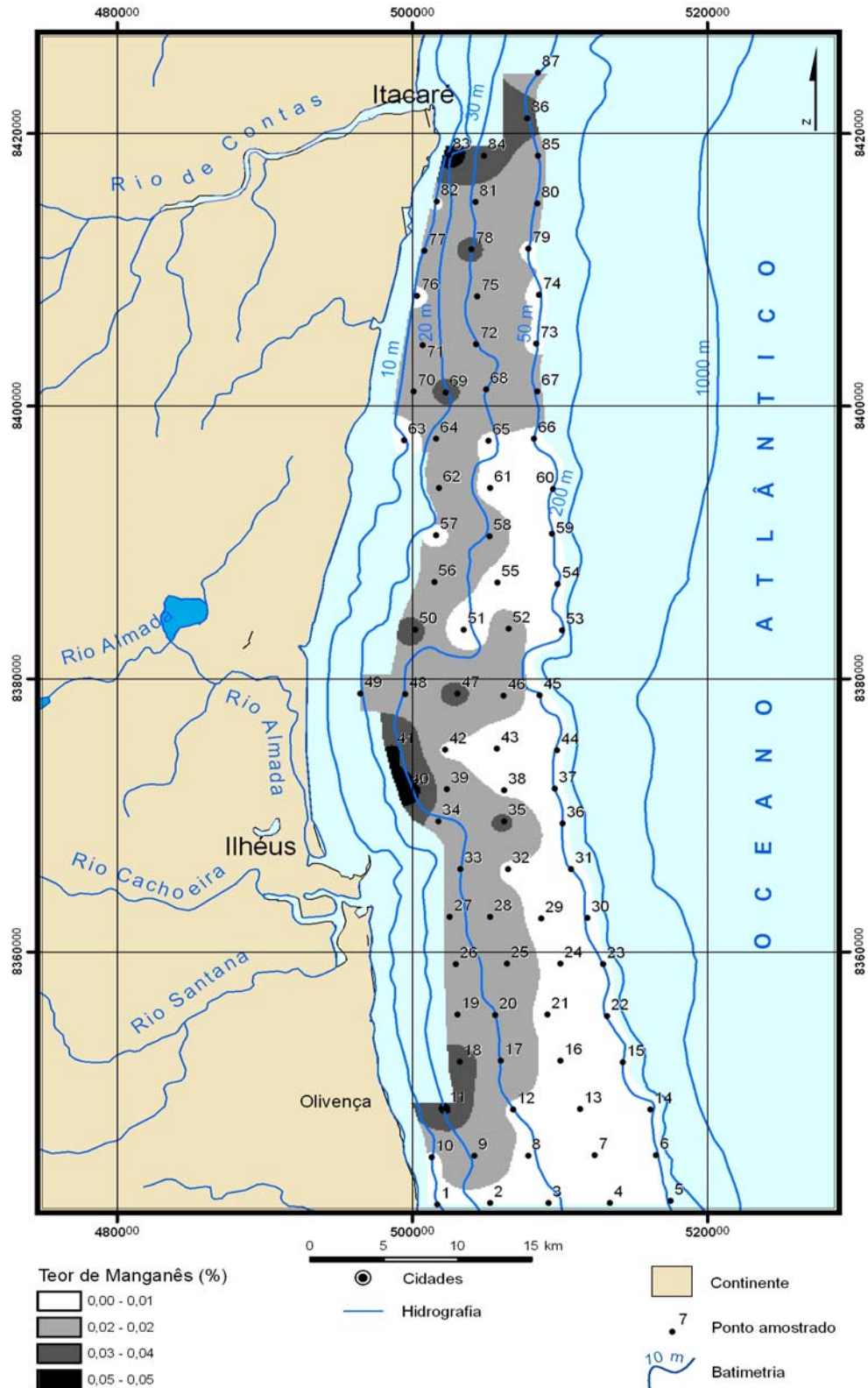


Figura IV- 08 Distribuição de manganês (Mn) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

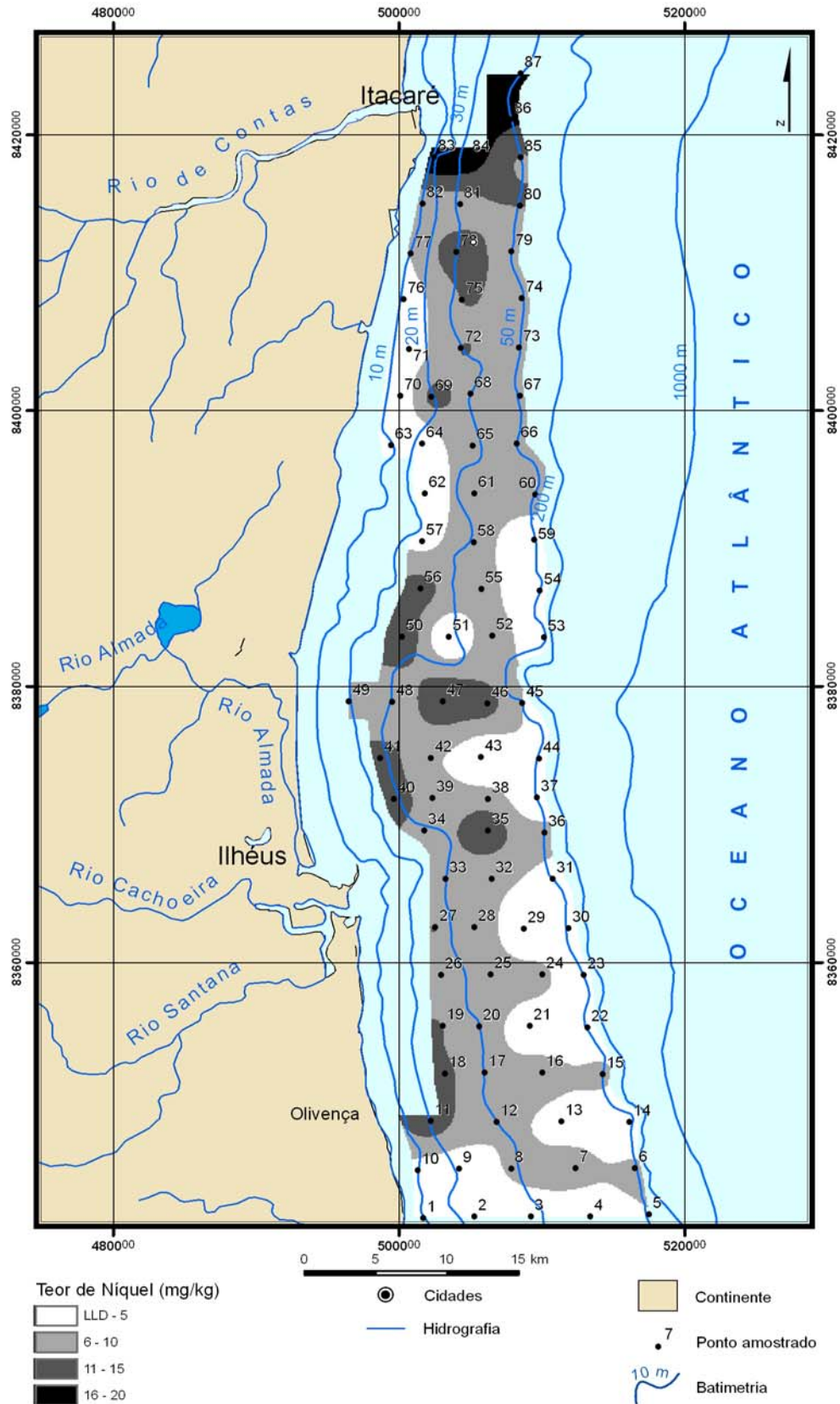


Figura IV- 09 Distribuição de níquel (Ni) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

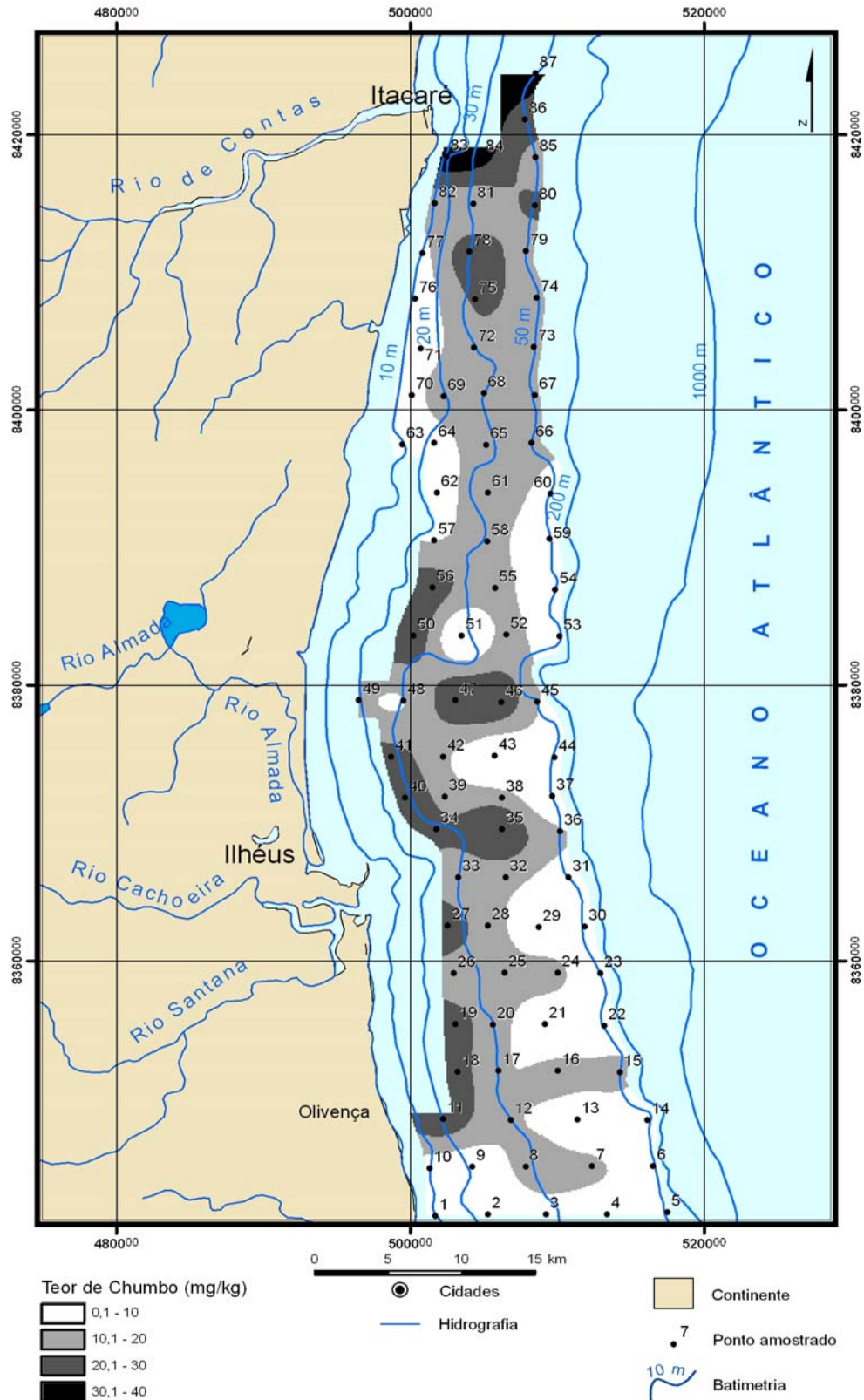


Figura IV- 10 Distribuição de chumbo (Pb) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

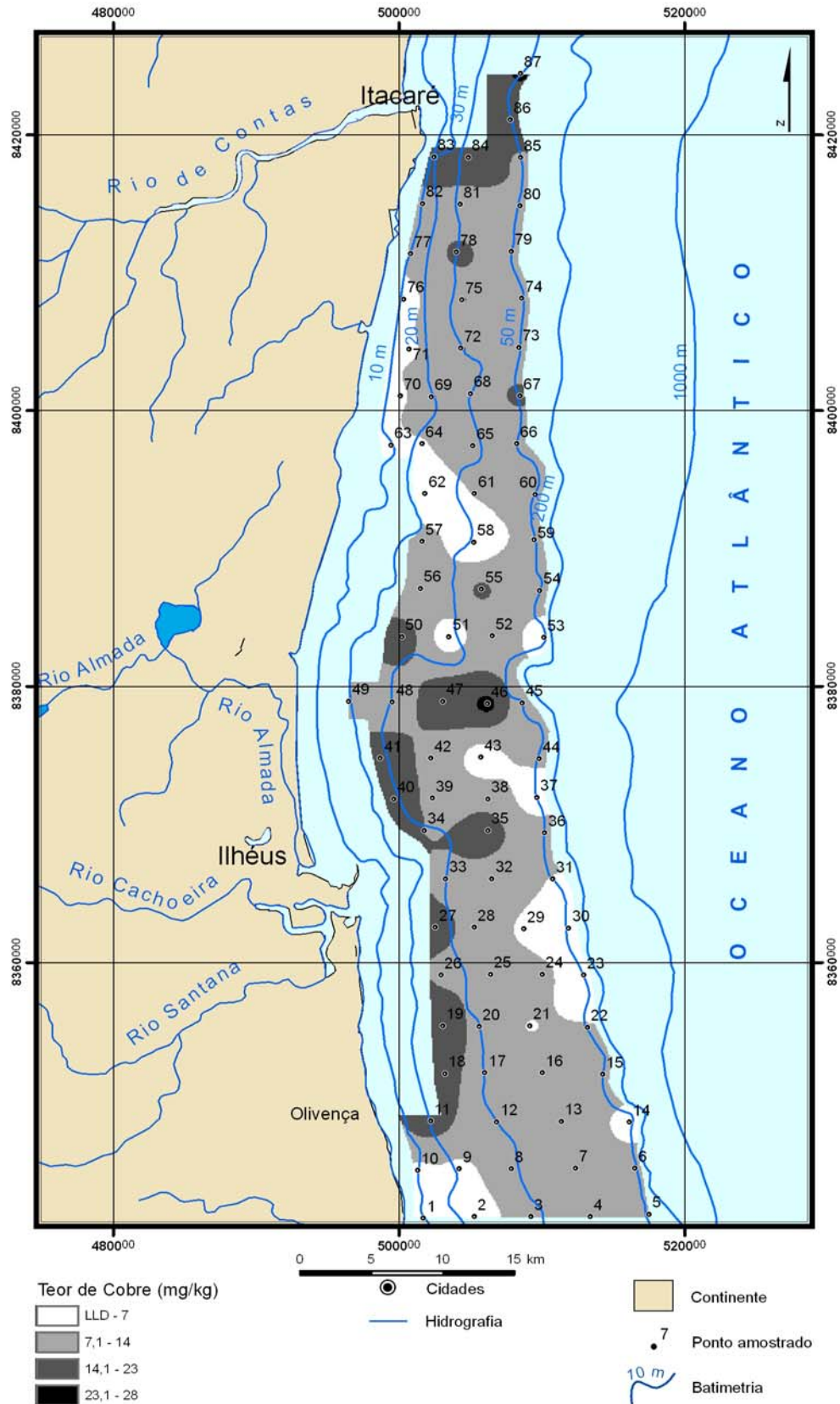


Figura IV- 11 Distribuição de cobre (Cu) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

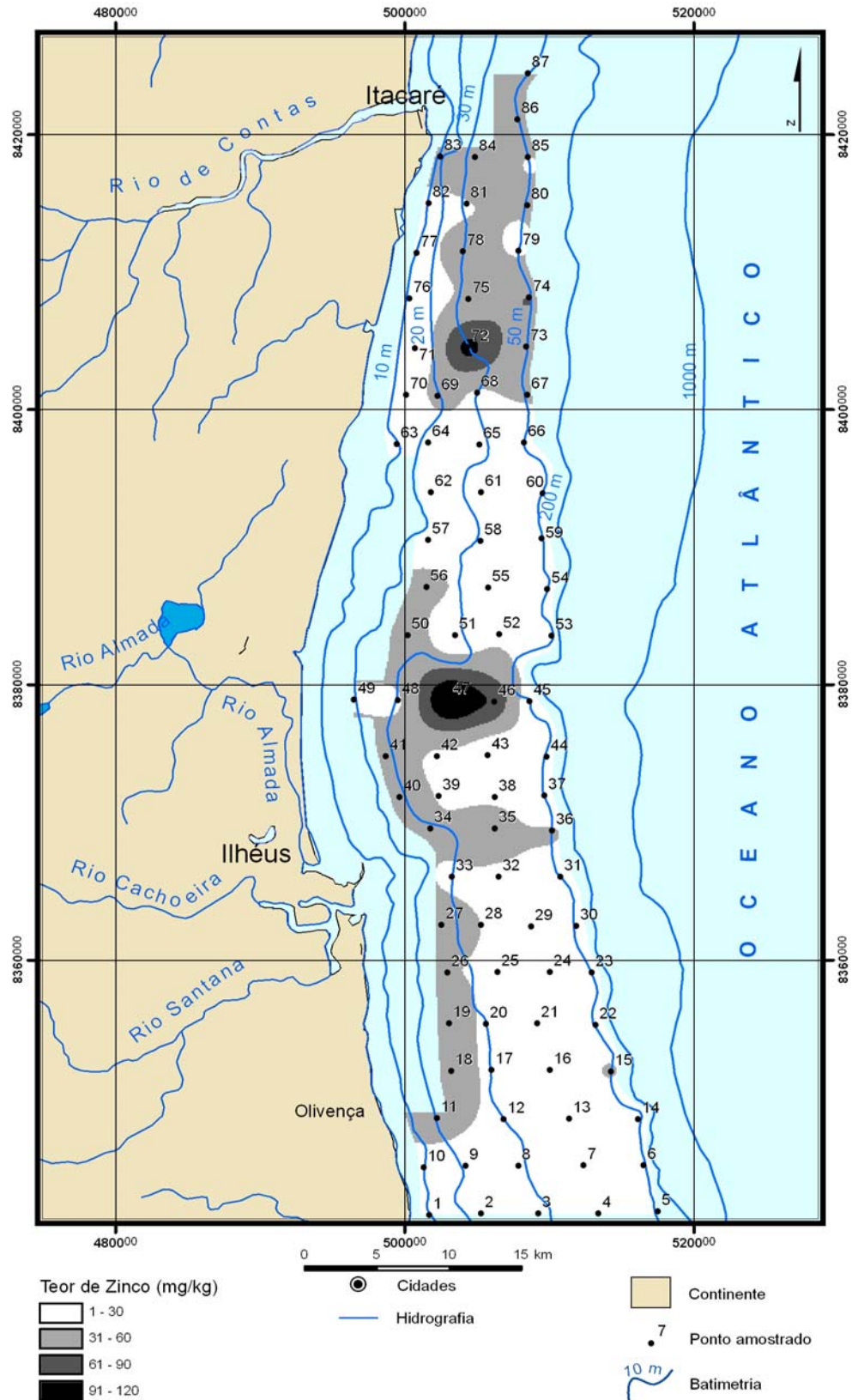


Figura IV- 12 Distribuição de zinco (Zn) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

4.1.3.1- Análise do Índice de Geoacumulação (IGEO)

A classificação dos sedimentos utilizando os Índices de Geoacumulação (IGEO), mostrou que estes sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença se encontram na classe 0, já que os resultados foram negativos, indicando que os sedimentos em foco provavelmente devem estar isentos de contaminação metálica (Tabela IV- 04; Figura IV- 13).

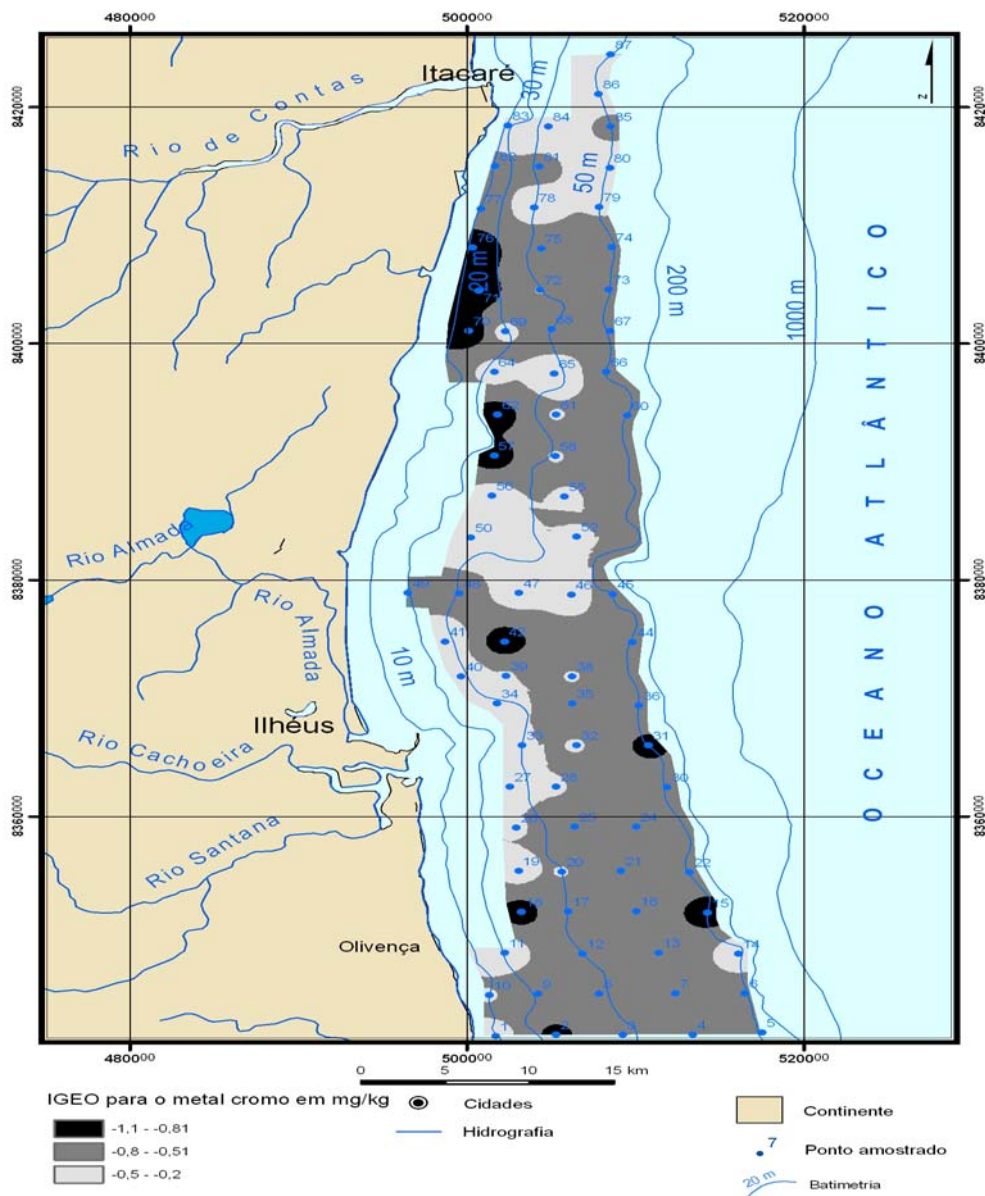


Figura IV- 13 Distribuição espacial dos Índices de Geoacumulação (IGEO) do metal cromo (Cr) nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença (CPRM/ SIG, 2002)

4.1.3.2- Padrões ambientais e concentração metálica dos sedimentos

Para se verificar como as concentrações metálicas dos sedimentos marinhos variaram em relação aos padrões internacionais, foram elaborados gráficos, mostrados nas Figuras IV-14 a IV-19. Esses padrões foram representados pelas letras: TEL (*Thresholds Effects Levels*); ERL (*Effects Range-low*); PEL (*Probable Effects Levels*); ERM (*Effects Range-Median*) e, AET (*Apparent Effects Thresholds*) (item 3.5; Quadro III-02). Em seguida, são discutidos os resultados encontrados para os elementos metálicos.

Ferro (Fe)

A concentração de ferro nos sedimentos marinhos variou de 0,24 a 3,6%, e os maiores valores situam-se, principalmente, próximo das desembocaduras dos rios de Contas, Almada e Cachoeira (Figura IV- 07). Todos os valores encontrados estão abaixo daqueles indicados pelo padrão internacional, que é de 22,0% (AET). Desta forma, os resultados provavelmente estão dentro dos níveis considerados naturais (Figura IV- 14).

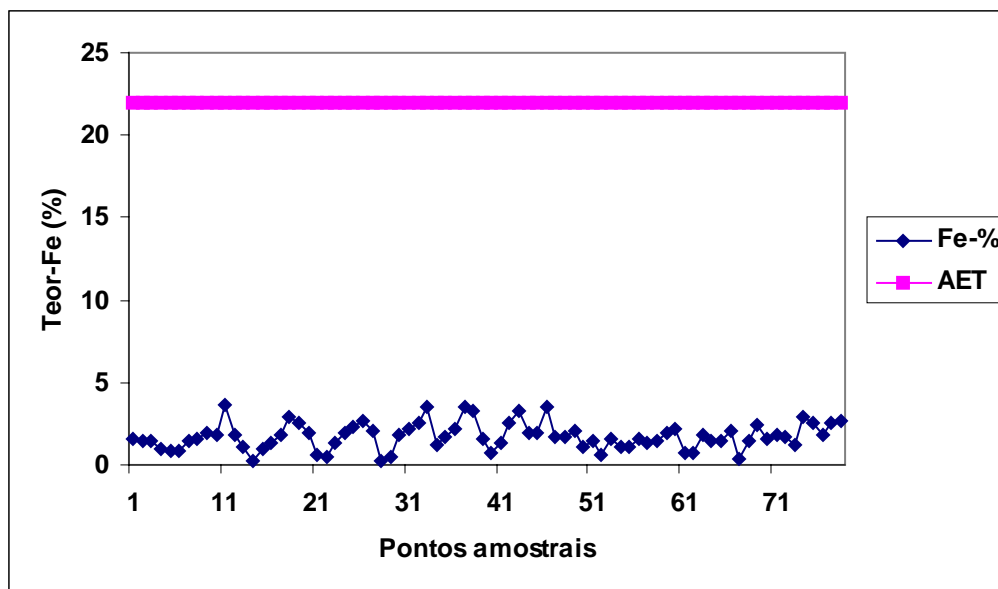


Figura IV- 14 Concentração de ferro nos sedimentos da plataforma continental e o padrão de referência: % AET= 22,0 %.

Manganês (Mn)

Os teores médios encontrados variaram entre 0,009 e 0,05% e todos os resultados obtidos estão abaixo do padrão internacional que é de 0,26 %. Isto indica que as concentrações de Mn estão muito possivelmente dentro dos níveis considerados naturais (Figura IV- 15).

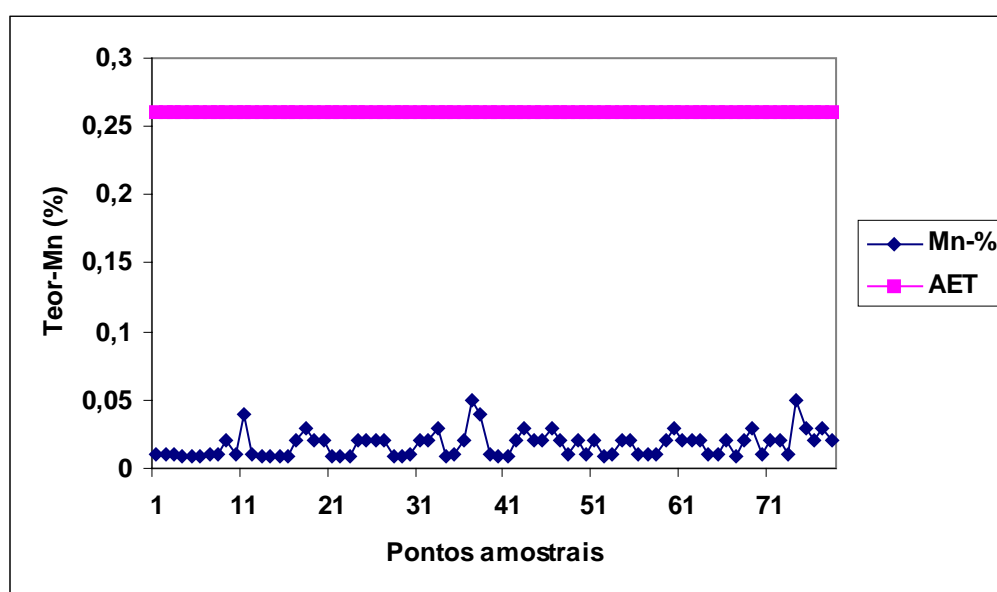


Figura IV- 15 Concentração de manganês nos sedimentos da plataforma continental e o padrão de referência: AET= 0,26 %

Chumbo (Pb)

Os teores de chumbo encontrados variaram de 2,9 a 36 mgKg⁻¹ e estão dentro dos níveis indicados pelo padrão internacional, que se encontra entre 30,2 a 112,18 mgKg⁻¹ (Figura IV- 16). A Tabela IV- 03 mostra que 97,7 % dos resultados estão inferiores ao do padrão internacional (TEL= 30,2 mgKg⁻¹) que representa a concentração abaixo da qual efeitos adversos são raramente esperados.

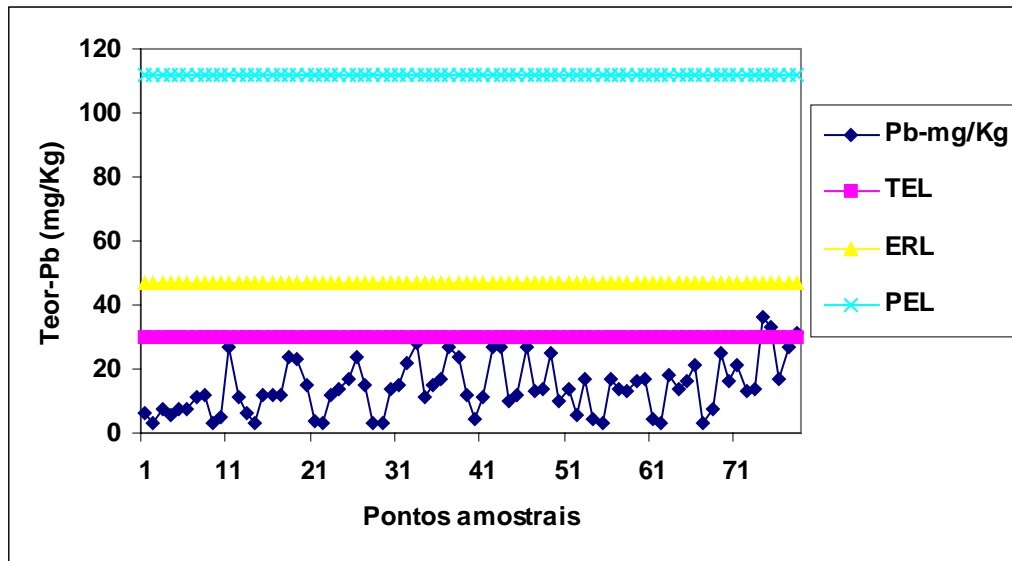


Figura IV- 16 Concentração de chumbo nos pontos amostrais e os padrões de referência:
 TEL=30,20 mgKg⁻¹; ERL=46,70 mgKg⁻¹; PEL= 112,18 mgKg⁻¹

Cobre (Cu)

Os teores de cobre nos sedimentos marinhos apresentaram valores entre 3,3 a 27,0 mgKg⁻¹, situados dentro dos níveis do padrão internacional entre 18,7 e 108,2 mgKg⁻¹ (Figura IV-17). Os valores mais altos foram encontrados, principalmente, próximo do Rio de Contas, mostrando que 11,49% dos resultados se encontram abaixo do nível no qual pode começar a ser observada a toxicidade em espécies sensíveis (ERL). No entanto, 88,51% dos teores de Cu dos sedimentos marinhos se encontram inferiores a concentração abaixo da qual efeitos adversos são raramente esperados (TEL) (Figura IV-17).

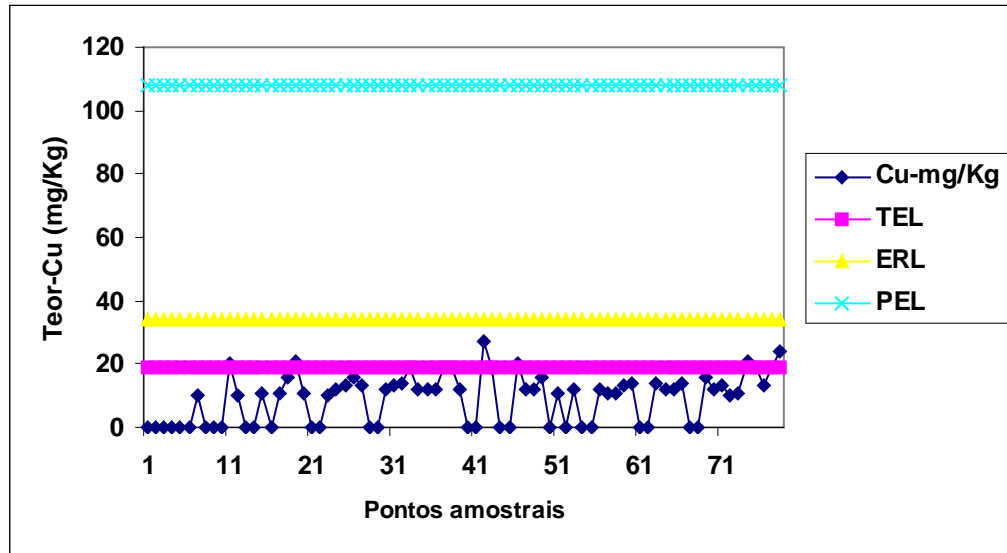


Figura IV- 17 Concentração de cobre nos pontos amostrais e os padrões de referência:
 TEL=18,7 mgKg⁻¹; ERL=34,0 mgKg⁻¹; PEL= 108,2 mgKg⁻¹

Cromo (Cr)

Os resultados das concentrações desse elemento variaram de 6,4 a 50 mgKg⁻¹, destacando-se os pontos amostrais próximos do Rio de Contas que apresentaram teores mais elevados do que os demais (Figura IV-05). A Figura IV-18 mostra que não ocorreu discrepância nos resultados obtidos, já que os valores foram menores do que aquele indicado pelo padrão de referência internacional igual a 52,3 mgKg⁻¹ (TEL).

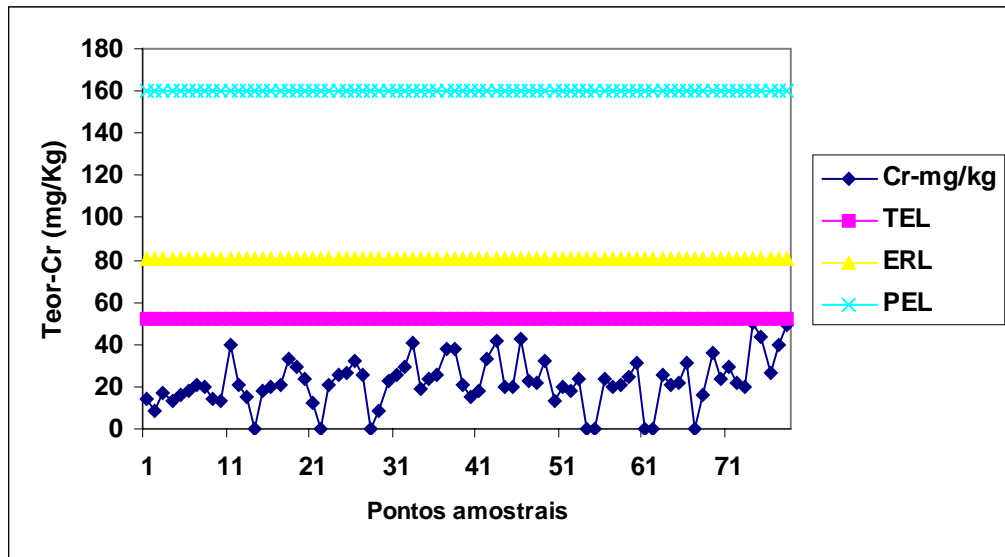


Figura IV- 18 Concentração de cromo nos pontos amostrais e os padrões de referência:
 TEL= 52,3 mgKg⁻¹; ERL= 81,0 mgKg⁻¹; PEL= 160,4 mgKg⁻¹

Níquel (Ni)

O Ni revelou teores que variaram entre 0,9 a 21 mgKg⁻¹, sendo que os valores indicados pelo padrão internacional se encontram na faixa entre 20,9 a 51,6 mgKg⁻¹. Os resultados mostraram que 95,4% dos valores obtidos estão abaixo da concentração pela qual pode começar a ser observada a toxicidade em espécies sensíveis (ERL), indicando que os teores de Ni, provavelmente, estão dentro dos níveis considerados naturais (Figuras IV- 19).

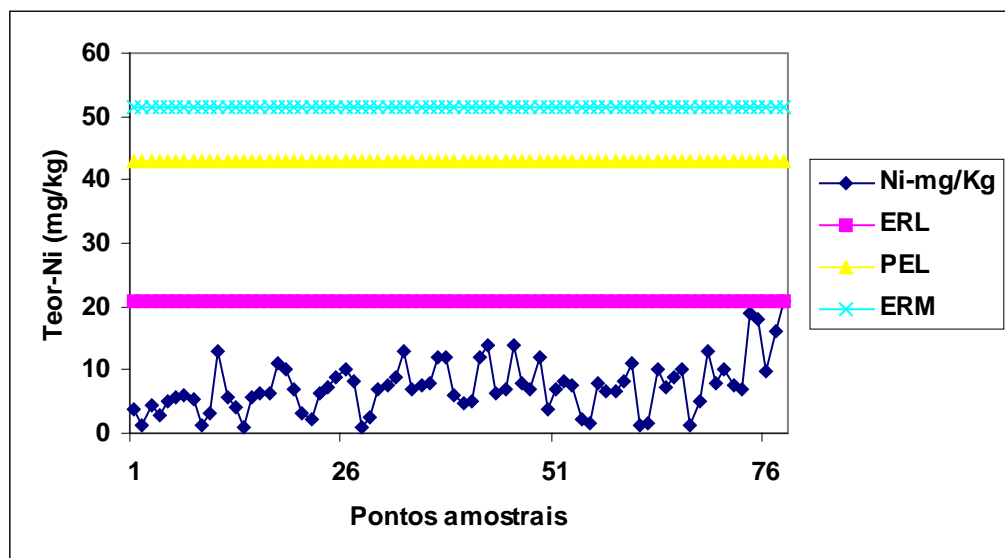


Figura IV-19 Concentração de níquel nos pontos amostrais e os padrões de referência:
 ERL= 20,9 mgKg⁻¹; PEL= 42,8 mgKg⁻¹; ERM = 51,6 mgKg⁻¹

Zinco (Zn)

O zinco apresentou teores médios variando de 3,6 a 123 mgKg⁻¹, com menores concentrações na região mais próxima de Ilhéus e Olivença. Os teores médios mais elevados foram encontrados próximos das desembocaduras do Rio de Contas (Figura IV-20). Os resultados possivelmente estão dentro dos níveis normais, já que todos os valores obtidos estão abaixo da concentração (124 mgKg⁻¹) na qual efeitos adversos são raramente esperados (TEL).

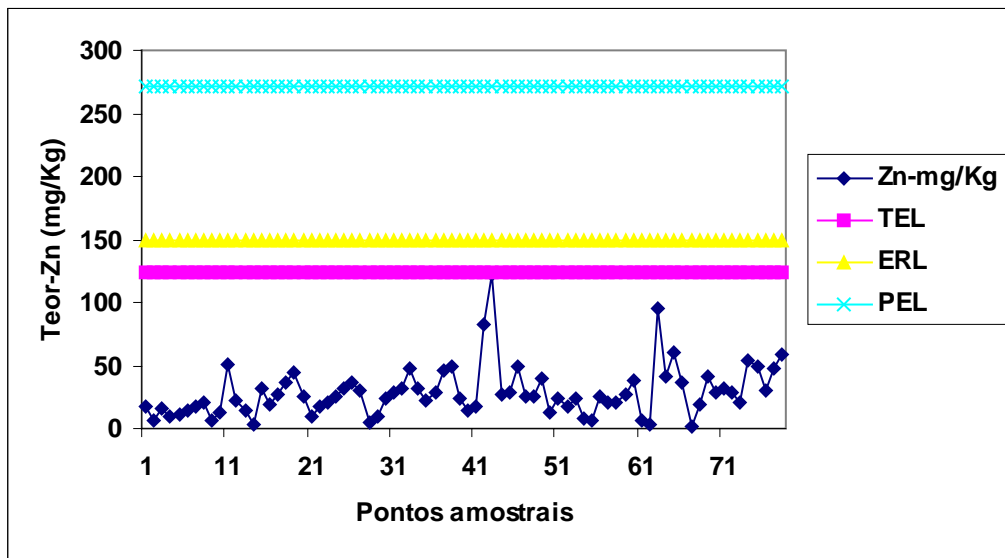


Figura IV- 20 Concentração de zinco nos pontos amostrais e os padrões de referência internacional: TEL= 124,0 mgKg⁻¹; ERL= 150,0 mgKg⁻¹; PEL= 271,0 mgKg⁻¹

Finalmente, pode-se afirmar que os teores metálicos da área pesquisada mostraram que a plataforma continental provavelmente apresenta seu sedimento com concentrações inseridas na faixa considerada natural. Como foi possível verificar, os teores metálicos nos sedimentos situaram-se abaixo dos valores mínimos permitidos, indicados pelo padrão internacional. Isto também foi confirmado pelo resultado obtido para o Índice de Geoacumulação Sedimentar, visto que ele mostrou que os sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença, possivelmente, estejam isentos de contaminações metálicas.

4.1.4- Relação entre as composições físicas e metálicas dos sedimentos

O grau de enriquecimento de metais é fortemente dependente do tamanho da partícula (Brito, 2003; Dornelles, 1997). Com efeito, a Figura IV-21 evidencia esta relação, de acordo com o comportamento já observado por outros pesquisadores, onde os teores metálicos são diretamente proporcionais às percentagens de lama e inversamente as percentagens de cascalho e areia. Isto decorre do fato da lama conter a argila ilita, a mais comum nas amostras sedimentares do meio marinho como também, a mais abundante em diversas regiões do continente, cuja formação é favorecida pela quantidade elevada de K^+ existente na água do mar (Gomes, 1986; Garlipp, 2006).

A argila ilita possui uma capacidade de troca catiônica (CTC) entre 30 a 40 cmol de carga. Esta capacidade está vinculada à facilidade dos argilominerais em receber cátions metálicos entre as lâminas que constituem suas estruturas, como também, possuem sítios negativos de adsorção pelo quais os metais são adsorvidos por forças eletrostáticas (Boyer, 1971; Burdige, 2006). Desta forma, a argila, favorece para que os metais nos sedimentos marinhos estejam associados preferencialmente aos grãos mais finos, devido à elevada capacidade adsortiva dessas partículas finas.

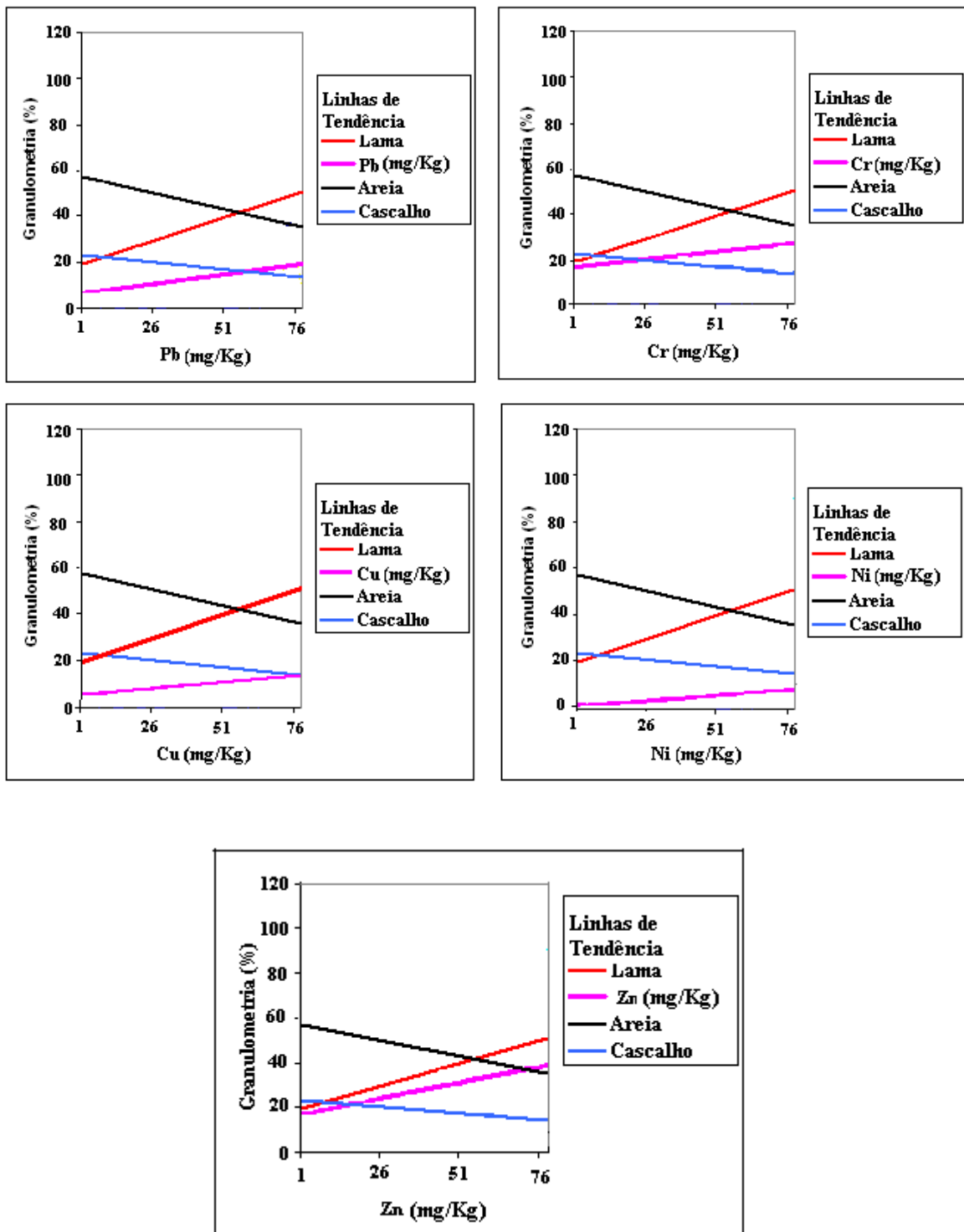


Figura IV- 21 Relação entre a granulometria dos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença e a concentração dos metais pesquisados.

4.2- COMPARAÇÃO COM OS RESULTADOS DE OUTRAS REGIÕES

A Tabela IV-05 apresenta os resultados de concentração média de metais nos sedimentos marinhos encontrados nesta pesquisa, assim como valores registrados na literatura para outras áreas no território nacional e internacional. Foram também incluídos a faixa de valores de metais biodisponíveis do padrão de referência internacional do NOAA.

A obtenção das concentrações metálicas dos sedimentos marinhos nas regiões brasileiras e internacionais foi efetuada utilizando metodologia semelhante adotada nesta pesquisa e os resultados foram comparados com os valores obtidos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença. As concentrações dos elementos da plataforma continental das regiões litorâneas da Tabela IV-05 mostraram valores inferiores àqueles indicados pelo padrão. Isto indica que, nestes locais, o nível de contaminação pode ser considerado praticamente desprezível. As exceções são observadas principalmente nos sedimentos da Baía de Todos os Santos, que é reconhecidamente uma das mais impactadas do Estado da Bahia (Bahia, 2004), como também, nos sedimentos das zonas costeiras internacionais, registradas na literatura.

Tabela IV-05 Concentrações médias dos metais nos sedimentos marinhos em diferentes regiões

Padrão/Região	Cu (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Ni (mg/Kg)	Pb (mg/Kg)	Zn (mg/Kg)
Padrão internacional NOAA	18,7-34,0	52,3-81,0	20,9-42,8	30,24-46,70	124,0-150,0
Presente trabalho	11,75	23,01	7,45	14,29	28,64
Porto Seguro¹	-	18,72	-	0,0335	0,015
Baía de Sepetiba²	0,02	-	-	0,095	0,015
Cabo Frio³	5,3	25,4	6,7	19,8	24,6
Baía de Camamu⁴	0,65	4,15	1,67	4,06	12,92
BTS- Baía de Todos os Santos⁵	217,85	58,15	-	42,17	228
Califórnia, EUA⁶	475,5	794,5	-	298,5	1467
Spencer Gulf, Austrália⁷	62,5	-	-	264,5	88,84
Baía Jamaica, Nova York, USA⁸	225,7	-	-	250,35	-

¹ Santos (2002); ² Lacerda (1983); ³ Dornelles *et al.*, (1997); ⁴ Hatje *et al.*, (2008); ⁵ Bahia (2004); ⁶ Hershelman *et al.*, (1981); ⁷ Ward & Yound (1981); ⁸ Seidermann (1991).

5 CONCLUSÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Os elementos metálicos nos sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença na região da Bahia se encontram dispersos, sobretudo nos sedimentos lamosos, sendo que os percentuais dos metais obtidos nos sedimentos próximos da foz do Rio de Contas foram maiores do que aqueles observados nas desembocaduras dos rios Almada, Cachoeira e Santana. Isso pode ter sido devido:

(i) à área da bacia do Rio de Contas ser muito maior em comparação com as outras bacias da área continental estudada. Esta maior extensão da bacia aumenta a probabilidade de ocorrência de intemperismo nas rochas metamórficas das bacias do Rio de Contas, intensificado pelas altas pluviosidades, alta temperatura e pelo padrão de drenagem do rio. Isto ocorre porque a hidratação e a hidrólise são responsáveis pelo intemperismo dos materiais rochosos, os quais são transformados superficialmente em produtos alterados. Desta forma, a água e a variação de temperatura influenciam fortemente o intemperismo, acelerando-o e assegurando a produção de sedimentos, contendo metais, que poderão alcançar o litoral.

(ii) ao percentual de lama nos sedimentos na foz do Rio de Contas ser maior do que nas desembocaduras dos rios Almada, Cachoeira e Santana. A presença de lama favorece uma adsorção mais forte de metais, visto que as partículas finas argilosas possuem uma grande área superficial e uma quantidade elevada de cargas negativas que poderão ser neutralizadas pelos cátions metálicos;

(iii) à existência do manguezal na foz do rio Almada, pois quando ocorre à mistura das águas fluviais e marinhas neste local, a velocidade da água pode ser reduzida e ocasionar o decréscimo geral da solubilidade do metal. Isto é ocasionado pelo fato do pH fluvial ser fracamente ácido e o do mar de aproximadamente 8, os elementos metálicos tendem a ser removidos do meio aquoso, juntamente com óxido-hidróxidos de Mn e Fe, os quais coprecipitam íons metálicos. Desta forma, os sedimentos de manguezais que são ricos em matéria orgânica e de compostos de ferro e de manganês tendem a aprisionar tanto ou mais metais do que os solos da parte continental, servindo assim como verdadeira barreira biogeoquímica na interface continental-oceano;

(iv) ao meio marinho ser alcalino e conter uma elevada quantidade de material orgânico, principalmente na foz do rio Almada, Santana e Cachoeira. Desta forma, a retenção de metais é favorecida, pois o aumento das cargas negativas do meio, favorece a formação de

complexos organo-metálicos. Assim, o complexo metalorgânico formado faz com que o elemento metálico seqüestrado não fique disponível para o meio aquático, devido à formação de uma ligação estável (adsorção específica). Esta quantidade acentuada de matéria orgânica na região próxima da foz dos rios Almada, Cachoeira e Santana pode ser justificada pelo desmatamento da Mata Atlântica, pelo plantio de cacau, pelo manguezal e pela presença significativa da planta Aguapé, como também pelos solos brunizéns, enriquecidos de compostos orgânicos existentes ao longo do curso dos rios Almada, Cachoeira e Santana.

Outra realidade é a alta salinidade presente no meio marinho também favorece a retenção de metais pela matéria orgânica, pois facilita que o complexo argilo-húmico formado no meio floccule e aprisione os cátions metálicos dissolvidos em sua estrutura.

No entanto, a planta aquática Aguapé ou Baronesa (*Eichornia crassipes*) presente principalmente nos rios Almada, Santana e Cachoeira, pode ter reduzido os teores de metais dos sedimentos da foz dos rios. Almada, Cachoeira e Santana. Essa planta pode atuar como verdadeiro filtro natural, já que apresenta a capacidade de adsorver e concentrar no seu sistema radicular rejeitos industriais, tais como metais pesados;

Os baixos teores de Cr, Cu, Pb, Ni e Zn nos sedimentos marinhos estudados também podem ter sido ocasionados pela retenção dos metais nos hidróxidos de ferro, alumínio e de manganês presentes nos solos da parte continental contígua à área estudada. Isto pode ter ocorrido devido aos metais em foco apresentarem comportamentos diferentes nos solos e nos sedimentos, visto que eles podem formar compostos com a água através da reação de hidrólise em um valor específico de pH. Assim, quando ocorre a progressiva neutralização dos solos ácidos durante o processo de calagem desses solos da região continental contígua à área em foco, o Fe e Al, por possuírem pH da hidrólise baixos, tendem a formar precipitados mais rapidamente do que o Cr, Cu, Pb, Cd, Ni e o Zn. Os compostos de Fe possuem a capacidade de se ligar a outros metais, em função da existência dos orbitais “d” incompletos, promovendo uma melhor acomodação de elétrons, formando predominantemente ligações covalentes, características da adsorção específica ou quimisorção. Isto resulta na formação de complexos com baixa mobilidade e biodisponibilidade. No caso do ferro, este efeito é intensificado, devido ao fato dos óxidos deste elemento apresentarem baixa solubilidade.

As concentrações metálicas obtidas neste trabalho foram inferiores aos teores de metais encontrados nos sedimentos da Baía de Todos os Santos, como também nas zonas costeiras internacionais. Isto mostra que o sedimento da plataforma continental entre Olivença

e Itacaré encontra-se, provavelmente, com nível insignificante de contaminação em relação às regiões citadas.

A retenção de metais nos sedimentos marinhos pode ter sido ocasionada pelas cargas negativas das argilas, pelos agrupamentos ácidos e básicos da matéria orgânica, como também pelas cargas livres da superfície dos óxidos. Sendo que, em meio aquático, a retenção de metais aumenta, principalmente na matéria orgânica, devido à sua alta CTC, igual a 400 cmol de carga por cada 100 g de amostra, como também, por possuir grupos funcionais (ácidos carboxílicos e hidróxilas fenólicas), que são responsáveis pela troca iônica e pela formação de complexos com os íons metálicos e a argila. A elevada área específica da matéria orgânica possibilita ainda a retenção dos cátions metálicos na sua estrutura.

Com base nos valores limites para metais em sedimentos, estabelecidos pelo padrão internacional adotado pelo Programa de Sedimentos Costeiros da *National Oceanographic and Atmospheric Administration-NOAA* e, na ausência de valores padrões brasileiros, diante dos resultados médios obtidos neste trabalho pode-se concluir que, de modo geral, os impactos dos metais Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Pb, Ni e Zn nos sedimentos marinhos são baixos. Isto mostra que o nível de contaminação metálica nos sedimentos da plataforma entre Olivença e Itacaré muito provavelmente não seja significativo e prejudicial. Essa afirmação pode ser auxiliada pelos resultados obtidos através dos Índices de Geoacumulação (IGEO) calculados para servirem como uma medida quantitativa de poluição causada por metais pesados no sedimento marinho. Os valores obtidos de IGEO foram negativos, mostrando que os sedimentos da plataforma continental entre Itacaré e Olivença se encontram na classe 0, o que indica uma quase completa isenção de contaminação. Assim, como os teores metálicos estão abaixo dos níveis de contaminação, os resultados poderão ser considerados como valores naturais (*background*) para a região da plataforma continental em foco.

Este trabalho fornece dados pioneiros da situação do litoral sul da Bahia entre Itacaré e Olivença que poderão servir como marco para outros trabalhos como também, serem aplicados em projetos de gerenciamento ambiental, já que a região sofre transformações, principalmente devido ao crescimento industrial, ao desmatamento da Mata Atlântica e do uso indiscriminado de fertilizantes e de pesticidas. Outro fato que justifica este Trabalho é que o litoral sul da Bahia carece de estudos do meio ambiente. Assim, uma pesquisa de contaminação metálica onde o grau de poluição pode ser estimado através da análise do

material sedimentar marinho é importante e de grande interesse público, já que o ambiente marinho é uma das últimas fronteiras na busca de recursos naturais pelo homem.

A autora considera conveniente sugerir algumas investigações e medidas para auxiliar nas pesquisas e detalhar alguns dos resultados alcançados:

- Analisar Al, Mn, Fe, Cr, Cu, Cd, Ni, Pb e Zn como também, outros metais, para que se possa obter uma visão concreta dos teores dos elementos químicos bio-disponíveis e a indisponíveis na plataforma continental, nos solos, na planta Aguapé e nas áreas de manguezais próximas da região em estudo;
- Estudar os níveis de elementos metálicos dos sedimentos marinhos em profundidades superiores a 60 m em todo litoral do sul da Bahia;
- Analisar o mecanismo de controle da dispersão dos metais, utilizando bioindicadores;
- Instalar um controle físico-químico e monitoramento do material particulado em suspensão e os metais associados para investigar os níveis de diluição e os fluxos de poluentes;
- Controlar o lançamento de lixo e instalar sistemas de tratamento de esgotos e detritos ao longo dos rios da região;

Assim, as linhas de pesquisas sugeridas são apenas exemplos e possibilidades que enriquecem o trabalho, mostrando um leque de oportunidades para que pesquisadores de diversas áreas de conhecimento possam atuar, já que o estudo do meio ambiente envolve questionamentos multidisciplinares e problemas que afetam todo o planeta.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACKERMANN F.; BERGMANN H.; SCHELEICHERT U. Monitoring of heavy metals in coastal and estuarine sediments – a question of grain- size: < 20 µm versus < 60 µm. **Environmental Technology Letter**, v. 4, p.317-328, 1983.

ADELOJU S. B. Comparison of Some Wet Digestion and Dry Ashing Methods for Voltammetric trace Element Analysis. **Analyst**, v.14, p.455- 461, 1989.

ALBAIGES J.; ALGABA J.; BAYONA J. “New perspectives in the evolution of anthropogenic inputs of hydrocarbons in western Mediterranean coast”, **Vies Journées étude pollution**, Cannes, Conférence Internationale pour l’exploitation scientifique de la Méditerranée, Monaco. 1982.

ALLOWAY, B. J. The origins of heavy metals in soils. In: Alloway, B. J. (Ed.). **Heavy metals in soils**. New York: J. Wiley, 1990. p. 29-39.

ALMEIDA, J. C. P. A. 1995. Meio Ambiente e o Mundo Rural. In: J.L. LEITE (ed.). **Problemas Chaves do Meio Ambiente**, 2^a ed., Instituto de Geociências da UFBA, Espaço Cultural, Salvador-BA: EXPOGEO, Salvador-BA, p. 55-57.

AMAZARRAY, M.T.R. Origem e Distribuição e Formas de elementos-traços na Lagoa Emboaba. Uma lagoa costeira do Estado do Rio Grande do Sul, 1992. 176 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de São Carlos, 1992.

ANDRADE, J. A. **Diagnóstico Geoambiental da Cabeceira do Rio das Velhas–APA Cachoeira das Andorinhas, Ouro Preto, Minas Gerais**. 2000. 188 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Ouro Preto, 2000.

ANDRÉ, P. S.; DELABIE, J.H.C. Degradação da Mata Atlântica na Região Cacaueira da Bahia: Um Problema Histórico. In: II CONGRESSO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE NA BAHIA. Salvador: EXPOGEO, **Anais...** Salvador, BA, 2000. p. 289-291.

ANGELIDIS, M.; GRIMANIS, A. P. Geochemical partitioning of Co, Fe, Sc and Zn in polluted and non-polluted marine sediments. **Environm. Pollut**, v.63, p. 31-46, 1989.

ARAUJO, W. S. **Relação entre Adsorção entre os atributos Físicos e Químicos das Principais Classes de Solo do Brasil**, 1998. 95 f. Dissertação (Pós Graduação em Agronomia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.

ARAUJO, B. R. N. **Diagnóstico Geoambiental de Zonas de Manguezal do Estuário do Estuário do Rio Itanhém, município de Alcobaça- Região do Extremo Sul da Bahia**. 2000. 141 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociência, Universidade Federal da Bahia, 2000.

ARMANSSON, H.; BURTON, J. D.; JONES, G.B.; KNAP, A. H. Trace metals and hydrocarbons in sediments from the Southampton water Region, with particular reference to the influence of oil refinery effluent. **Mar Environm. Res.** v.15, p. 31-44, 1985.

AZEVEDO, F. A.; CHASIN A. A. M. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo: Atheneu, 554p. In: **Elementos Químicos em Águas Subterrâneas, originados nos Resíduos Sólidos do Lixão de Irecê (Estado da Bahia)**. SILVA, J.A. 2003. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2003.

BADARUDEEN, A.; DAMODARANK, T.; PADMAI, A. L Texture and geochemistry of the sediments of a tropical mangrove ecosystem, Southwest Coast of Índia. **Environmental Geology**, v. 27. n.3, p.164-169, 1996.

BAHIA. Secretaria de Recursos Hídricos Saneamento e Habilitação – Superintendência de Recursos Hídricos-SRH. **Plano Diretor de Recursos Hídricos. Bacias da Região do Rio de Contas**: Documento síntese, Salvador: Geohidao engenharia. 1993. 155p.

_____**Plano Diretor de Recursos Hídricos. Bacias da Região Leste**: Documento síntese, Salvador: Geohidao engenharia. 1997. 212p.

BAHIA, Secretaria de Desenvolvimento Urbano – SEDUR. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos- SEMARH. Centro de Recursos Ambientais-CRA. **Diagnóstico do grau contaminação da Baía de Todos os Santos por metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo a partir da análise das suas concentrações nos sedimentos de fundo e na biota associada: proposição de programas de monitoramento**. Salvador: Consórcio BTS Hydros CH2M HILL, 2004. 200P. VI. ilustr.

BARBANTI, A.; SIGHINOLFI, G.P. Sequential extraction of phosphorous and heavy metals from sediments. Methodological considerations. **Environmental Technol. Lett.**, v. 9, p. 127-134, 1988.

BARBOSA, J.S.F.; SABATÉ, P.; DOMINGUEZ, J.M.L. 1996. O Estado da Bahia na Plataforma Sul-americana, suas subdivisões, critérios de empilhamento estratigráfico das coberturas plataformais e ciclos geotectônicos. In: BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L. (coord.) **Geologia da Bahia** (texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo). Salvador: SICM/SGM, 1996. p. 41-83.

BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J. M. L. **Mapa Geológico ao Milionésimo** (Texto Explicativo). Salvador: SICM/SGM, (Edição Especial), 1996. 400 p.

BARBOSA, J.S.F.; SABATÉ, P. Geological features and the paleoproterozoic collision of four Archaean crustal segments of the São Francisco cráton, Bahia, Brazil: a synthesis. **Anais... RJ. Academia Brasileira de Ciências**, v. 74, n. 2, 2002. p.343- 359.

_____**Archaean and Paleoproterozoic crust of the São Francisco Bahia, Brazil: geodynamic features**. **Precam. Res.**,133, p.1-27, 2004.

BECKETT, P.H.T. The use of extractants in studies on trace metals in soils, sewage sludges, and sludge-treated soils. **Advances in soil science**, n. 9, p.143-176, 1989.

BERNER, R. A. Burial of organic Carbon and pyrite sulfur in the moder oceans: its geochemical and environmental significance. **American Journal of Science**, 282, p. 451-473, 1982.

BETTINELLI, M.; PASTORELLI, N.; BARONI, V. Determination of Trace Metais in Sediments Standard Reference Materials by Graphite- Furnace Atomic Absorption Spectrometry with a Stabilized Temperature Plataform. **Anal. Chim. Acta**, 185, p.109-117, 1986.

BEVILACQUA, J. E. **Estudo sobre Caracterização e a Estabilidade de Amostras de Sedimento do Rio Tietê- SP. São Paulo**. 1996. 171 f. Tese (Doutorado) - Curso em Química Analítica, Instituto de Química, Universidade de São Paulo, 1996.

BITTENCOURT, A. C. S. P. As Coberturas Terciárias e Quaternárias do interior e da zona costeira. 1996. In: BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L. (ed.) **Mapa Geológico do Estado da Bahia** (texto explicativo). Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração/ Superintendência de Geologia e Recursos Minerais da Bahia. p.165-181.

BLOOM, H.; AYLING, G. M. Heavy Metals in the Derwent Estuary. **Environ. Geol.** v.2, p.3- 22, 1977.

BLUMER, M.; SNYDER 1965. Isoprenoid hydrocarbons in recent sediments: presence of pristane and probable ausence of phytane”, In: **Estudo do Grau de Contaminação por Hidrocarbonetos nos Sedimentos da Baía de Todos os Santos**. MACHADO, J. M. 1996. 137 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1996.

BORGES, A. C.; DIAS, J. C.; MACHADO, W.; PATCHINEELAM, S. R.; SELLA, S. M. Distribuição espacial de ferro, cobre e chumbo em sedimentos de manguezal em um gradiente de degradação na Baía de Guanabara (Estado do Rio de Janeiro), **Química Nova**, v. 30, n. 1, jan./fev. 2007.

BOYER, J.L. **Propriedades dos Solos e Fertilidade**. 1971. Salvador: Universidade Federal da Bahia, 197 p.

BOYLEE, A.; EDMOND, J. M. The mecanism of iron removal in estuaries, **Geochemica et cosmochemica acta**, v. 41, p. 1313- 1324, 1977.

BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades dos Solos**. 1989. RJ: Freitas Bastos, 7^a ed. 360 p.

BRANCO, S.; ROCHA, A. A. Ecologia: Educação Ambiental. **Ciência do Ambiente para Universitários**. 1984. São Paulo: CETESB, p.123 – 134.

BRYAN, G. W. Pollution due to heavy metals and their compounds. **Marine Ecology**, v.5 p. 1289-1431, 1984.

BRITO, I. M. **Bacias Sedimentares e formações pós- paleozóicos do Brasil**. 1979. RJ: Interciências, 179 p.

BRITO, C. R. **Caracterização Geoquímica de Substrato Lamoso de Zonas de Manguezal da Baía de Aratu- Bahia – Brasil**. 2003. 151 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2003.

BRUMMER, G. W.; GERTH, J.; HERMS, U. Heavy metals species, mobility and availability in soils. **Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde**, Weinheim, v.149, p.382-398, 1986.

BRULAND, K. W. *et al.* History of Metal Pollution in Southern California Coastal Zone. **Environ. Sci. Technol.**, v. 8, n. 5, p. 425-432, 1974.

BUCHMAN, M. F. NOAA Screening Quick Reference Tables, NOAA HAZMAT, Report 99-1, SeattleWA, **Coastal Protection and Restoration Division, National Oceanic and Atmospheric Administration**. Seattle, USA, 1999. 12 p.

BURDIGE, D. J. **Geochemistry of Marine Sediments**, New Jersey: Princeton University Press, 2006. 213 p.

CARVALHO, I. G. **Fundamentos da Geoquímica dos Processos Exógenos**, Salvador: Bureau Gráfica, 1995. 211 p.

CARVALHO A. M. **Estudo Geoquímico de Metais Pesados em Sedimentos do Oceano Atlântico–Trecho - Salvador (Ba) ao Cabo de São Tomé (RJ)**. 1999. 112 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1999.

CARVALHO, D. A. Rio de Contas [mensagem pessoal]. Mensagem recebida por: domingosailton@gmail.com Acesso em 11out. 2007.

CHEN, K.; JIAO, J. J. Metal concentrations and mobility in marine sediment and groundwater in coastal reclamation areas: A case study in Shenzhen, China. *Environmental Pollution*. 2007. Disponível em:
<<http://www.hydro.geo.ua.edu/jiao/research/Fu/IIP/ChenKP2.pdf>> .
Acesso em: 11 junho.2008.

CLARK, R.B. 1992. In: **Avaliação do Nível de Contaminação por Esgotos Doméstico na Baía de Todos os Santos através do Uso do Coprostanol**. SANTOS, B. F. 1997. 61 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1997.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM; COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL-CBPM. **Geologia e recursos minerais do Estado da Bahia**: sistema de informações geográficas- SIG. Salvador:, 2002. Escala 1:1000.000.

COMPANHIA DE PESQUISA DE RECURSOS MINERAIS-CPRM; COMPANHIA BAIANA DE PESQUISA MINERAL-CBPM. **Distritos Industriais do Estado da Bahia:** sistema de informações geográficas- SIG. Salvador:, 2002. Escala 1:1000.000.

DCS. **Departamento de Ciências do Solo-** Universidade Federal de Lavras. MG. Brasil. 1964. Disponível em: >. <<http://www.dcs.ufla.br/cerradosPortuguese.glossario.htm/>>. Acesso em: 02 julho.2006.

DIAS, F. G. O Estado do Ambiente no Brasil, As Atividades de Educação Ambiental Urbana, **Educação Ambiental. Princípios e Práticas**, 3ª ed. São Paulo: Gaia, 1992. p. 155-160.

DIAS, N. M. P. & ALLEON, L. R. F. Efeito do pH na retenção do Cd em Solos Tropicais In: I Encontro Ambiental Virtual (Meio Ambiente 99), 1999. Mensagem recebida por jbpmt@uol.com.br em 12 out.2007.

DIAS, N. M.; CASAGRANDE, J. C.; ALLEONI, L. R. F.; CARMAGO, O. A. Energia livre da reação de adsorção de cádmio em latossolos acrílicos. **Ciência da Terra**, v. 33, n. 5, 2003.

DOMINGUEZ, J. M. L. Utilização da geologia no planejamento territorial. In: J. L. Leite (ed.) **Problemas Chaves do Meio Ambiente**, 2ª ed., Instituto de Geociências da UFBA, Espaço Cultural, Salvador-BA: EXPOGEO, 1995. p. 199-219.

DOMINIK, J.; MANGINI, A.; PROSI, F. Sedimentation rate variations and anthropogenic metal fluxes into lake constance sediments. **Environm. Geol**, v. 5, p. 151-157, 1984.

DORNELLES, L. M. A. Metais Pesados nos Sedimentos Superficiais de Fundo e Particulado em Suspensão: Baía de Sepetiba, RJ- Brasil. Acta In: X SEMANA DE GEOQUÍMICA / IV CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, Braga, Portugal: A C. Litografia, 1997. p. 435-438.

____LIMA, L. M.; KUSEL, E. T. 1997. Considerações sobre a Distribuição Espacial de Metais Pesados nos Sedimentos da Plataforma Continental entre as Ilhas do Cabo Frio e Papagaio, RJ- Brasil em Associação com a Matéria Orgânica, Partículas finas e Carbonato de Cálcio. Acta In: X SEMANA DE GEOQUÍMICA / IV CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DE LÍNGUA PORTUGUESA, Braga, Portugal: A C. Litografia, p. 439-442.

DORES, E.F.G.C.; FREIRE, E. M. L. Contaminação do Ambiente Aquático por Pesticidas. Estudo de Caso: Águas Usadas para Consumo Humano em Primavera do Leste-Analise Preliminar. **Química Nova**, Mato Grosso, v. 24, n.1, p.27- 36, 2001.

DREVER, J. I. **The Geochemistry of Natural Water**; 3ª ed. USA: Prentice Hall, 1997. p. 440.

DOWDY, R.H.; LARSON, W. E. Metal uptake by barley seedlings grown on soils amended with sewage sludge. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 4, p. 229-233, 1975.

ELDER, J. F. 1988. In: OzCoasts- Information about Australias` estuaries and coasts- Metal contaminants. Disponível em: <<http://www.ozcoasts.au/indicatorsmetalcontaminants.jsp/>>. Acesso em: 12 maio. 2008.

EMBRAPA. **Centro Nacional de Pesquisa de Solos: Sistema Brasileiro de Classificação de Solos Brasileiro: EMBRAPA –CNPS**, 1999.

FADIGAS, F. S. **Estimativa das concentrações naturais (pseudo-total) de Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn em solos brasileiros e proposição de valores de referencia utilizando técnicas da estatística multivariada**. 2002. 104 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2002.

FERGUNSSON, J. E. **The Heavy Elements: Chemistry Enviromental Impact and Healty Effects**. New Zeland :University of Canterbury, 1989. 613 p.

FERREIRA, A. R. **Caracterização química e espectroscópica de ácidos húmicos e sedimentos retirados da Baía de Guaratuba-PR e avaliação do nível de poluição ambiental**. 2006. Dissertação (Mestrado em Química) - Universidade Federal do Paraná. 2006. Disponível em: <<http://www.ufpr.br/>>. Acesso em: 28 maio. 2008.

FILHO, J. F. P. **Fundamentos de Ciências do Ambiente para Engenheiros**. Ouro Preto: UFOP, 1995. 203 p.

FISHMAN, M.; PFEIFFER, W. C; DRUDE, D.; LACERDA, L. Comparison of methods used for extraction and geochemical distribution of heavy metals in bottom sediments from Sepetiba bay, RJ. **Environm. Technol. Lett.**, v. 5, p. 567-575, 1984.

FOLLET, R. H.; LINDSAY, W. L. Charges in DPTA- extractable zinc, iron, manganese, and copper in Soils following fertilizations. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v. 35, p. 600-602, 1971.

FORSTNER, U. Trace metal analysis on polluted sediment. Part 1: Assessment of sources and intensities. **Environmental Technology Letter**, v. 1, p. 494 – 505, 1980.

FORSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment** – New York: Springer Verlag, 3-17, 1981. 486 p.

FORSTNER, U. Accumulative phases for heavy metals in limnic sediments. **Hydrobiology**, Dordrecht, v. 91, p. 269-284, 1982.

FORSTNER, U.; WITTMANN, G. T. W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. New York: Springer Verlag, 3-17, 1983. p.110-118.

FORSTNER, U. **Contaminated Sediments**. Berlin: Springer Verlag, 1989. 137 p.

FOWLER, S. W. Critical review of selected heavy metal and chlorinated hydrocarbon concentrations in the marine environment. **Marine Environment Research**, v. 29, p. 1-64, 1990.

FREIRE, A. F. M. **A Sequência Holocênica na Plataforma Continental do Estado da Bahia. Costa do Cacau**. 2006. 173 f. Dissertação (Mestrado em Geologia) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2006.

FRIEDMAN, G. M. **Principles of Sedimentology**. New York: John Wiley. 1978. 792 p.

FUNCEME. 2005. Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos. Desenvolvido pelo DERAM- Departamento de Recursos Ambientais. Apresenta uma classificação técnico ou interpretativa do comportamento dos solos. Disponível em: < <http://www.funcceme.br/>>. Acesso em: 02 julho. 2006.

GARLIPP, A. B. **Variação espacial e sazonal de elementos maiores e traços no estuário do Rio Curimatom CRN através de dados geoquímicos e de sensoriamento remoto**. 2006. 205 f. Tese (Doutorado) - Centro de Ciências Exatas e da Terra, Pós Graduação em Geodinâmica e Geofísica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006.

GOMES, P. C. **Fracionamento e biodisponibilidade de metais pesados influenciados por calagem e concentrações de metais em latossolos vermelho amarelo**. Viçosa (MG). 178 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.

GOMES, C. F. As Argilas de ambiente marinho. In: **Argilas o que são e para que servem?** Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian. 1986. p. 89- 91.

GUNTHER, W.M.R. **Contaminação ambiental por disposição inadequada de resíduos industriais contendo metais pesados – estudo de caso**. 1998. 181 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Saúde, Universidade de São Paulo, 1998.

GREIG, R. A.; McGRATH, R. H. 1977. Trace Metals in Sediments of Raritan Bay. **Marine Pollution Bulletin**, n. 8, p. 188-192.

GUERRA, A. J. T.; SILVA A. S.; BOTELHO, R. G. M. **Erosão e Conservação dos Solos Conceitos e Aplicação**, Rio de Janeiro: BCD União S.A, 1999. 340 p.

____ GUERRA, A. T. **Novo Dicionário Geológico- Geomorfológico**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil Ltda. 4 ed., 648p. 2005.

Guia Industrial do Estado da Bahia. Salvador: Federação das Indústrias do estado da Bahia-FIEB, Superintendência de Desenvolvimento Industrial-SDI; Recife: EBGE, 2006.

HANSEN, D. J.; BERRY, W. J.; MAHONY, J. D.; BOOTHMAN, W. S.; DI TORO, D. M.; ROBSON, D. L.; ANKLEY, G. T.; MA, D.; YAN, Q.; PESH, C. E. Predicting the toxicity of Metal-contaminated field sediments using interstitial concentrations of metals and acid-volatile sulfide normalizations, **Environm. Toxicol. Chem**, v. 15, p.2080 – 2094, 1996.

HATJE, V.; BARROS, F.; MAGALHÃES, W.; RIATTO, V.B.; AMORIM, F. N.; FIGUEIREDO, M. B.; SPANÓ, S.; CIRANO, M. Trace metals and benthic macrofauna distributions in Camamu Bay, Brazil: Sediment quality prior oil and gas exploration. **Marine Pollution Bulletin**, n. 56, p. 348-379, 2008.

HERSHELMAN, G. P.; SCHAFER, H. A.; JAN, T. K.; TOUNG, D. R. Metals in marine sediments near a large California municipal outfall. **Marine Pollution Bulletin**, v.12, n. 12, p. 131-134, 1981.

HSU, C.; LOCKE, D. C. 1983. Digestion Methods for Determination of Cadmium and Lead in Organic and Silica Rich Sediments. **Anal. Chim. Acta**, v. 153, p.313-318, 1983.

JACKWERT, E.; GOMISCEKS. General Aspects of Trace Analytical Methods VI/Acid Pressure Decomposition in Trace Elements Analysis. **Pure & Appl. Chem.**, v.56, p.479 – 489, 1984.

JESUS, H.C.; COSTA, E. A.; MENDONÇA, A. S. F.; ZANDONADE, E. 2004. Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. **Química Nova**, v.27, n.3, maio/jun., 2004. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 27 junho. 2008.

KEITH, L. H. 1988. **Principles of Environment Sampling**, In: **Avaliação do Nível de Contaminação por Esgotos Doméstico na Baía de Todos os Santos através do Uso do Coprostanol**. SANTOS, B. F. 1997. 61 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1997.

KERNDORFF, H.; SCHNITZER, M. Air and Soil Pollution 1979, 12, 319. In: Rausen et al. Tensoatividade de Ácidos Húmicos de Procedências Distintas. **Química Nova**, v. 25., 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/>>. Acesso em: 27 maio. 2008.

KIEHL, E. T. **Manual de Edafologia: Relações solo-planta**. São Paulo: Agronômica Ceres Ltda, 1979, 264 p.

KIRSCH, H. **Mineralogia Aplicada**. São Paulo: Polígono, 6, 1972, 218p.

KINNIBURGH, D. G.; JACKSON, M. L.; SYERS, J.K. 1976. Adsorption of alkaline earth, transition, and heavy metal cations by hydrous oxide gels of iron and aluminum. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 40, p.796-799, 1976.

KRAUSKOPF. **Introdução à Geoquímica**. São Paulo: Polígono, 1972. 311p.

KRUG, F. J. **II Workshop sobre Métodos de Decomposição de Amostras pré – tratamento de Amostras**. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, São Paulo: USP, 1998. 108 p.

LACERDA, L. D. **Aplicação da Metodologia de Abordagem de Parâmetros Críticos no Estudo da Poluição por Metais Pesados na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro**. 1983. 198 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1983.

LACERDA, L. D.; ABRÃO, J. J. Heavy metals accumulation by mangrove and saltmarsh intertidal sediments, **Revista Brasileira de Botânica**, 7, p. 49- 52, 1984.

_____**Biogeoquímica de Metais Pesados em Ecossistemas de Manguezal**. 1993. 72 p. Tese para professor Titular - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 1993.

_____. 1997. Trace metals in mangrove plants: Why such low concentrations? *In: Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa*. College of Agriculture, University of the Ryukyus, Okinawa 903-01, Japan, 349p. *In: LEÃO, C. S. Caracterização Geoambiental de Zonas de Manguezal da Bahia de Aratu – Bahia – Brasil*. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2004..

_____. Trace metals biochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystems, **ISME Mangrove Ecosystems Occasional Papers**, no.2, International Society for Mangrove Ecosystems, 65 p, 1998.

LANARV, 1988. *In: Estudos Geoquímicos em substrato lamoso de zonas de manguezal da região de São Francisco do Conde- Recôncavo Baiano*. Santos, J. B. 2002. 152 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. 2002.

LARINI, I. **Toxicologia**, São Paulo: Manole, 1997. 299 p.

LEÃO, S.O. **Impactos da monocultura sobre o ambiente socioeconômico do litoral sul. Série Estudos e Pesquisas**. Governo do Estado da Bahia. Secretaria do Planejamento, Ciência e Tecnologia. Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia, Salvador-BA: SEPLANTEC, 1997. p. 7-30.

LEÃO, C. S. **Caracterização Geoambiental de Zonas de Manguezal da Bahia de Aratu – Bahia – Brasil**. 2004. 133 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2004.

LEEBES, S. M. The Chemistry of Marine Sediments *In: An Introduction to Marine Geochemistry*, Mich: An Arbor Science Publisher, cap.13, 1992, 222 p.

LEVISSON, A. A. **Introduction to Exploration Geochemistry**. Maywood: Applied Publ., 1974. 605p.

LIBARD, P. L.; MANFRON, P. A.; MORAES, S.O.; TUON, R. L. Variabilidade da umidade gravimétrica de um solo hidromórfico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 20, n.1. p. 1- 12, 1996.

LICHT, O. A. B. **Geoquímica Multielementar na Gestão Ambiental Identificação e Caracterização de Províncias Geoquímicas Naturais, Alterações Antrópicas da Paisagem, Áreas Favoráveis a Prospecção Mineral e Regiões de Risco para a Saúde no Estado do Paraná, Brasil**. 2001. 202 f., Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal do Paraná, 2001.

_____**Prospecção Geoquímica – Princípios: Técnicas e Métodos**, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais- CPRM- Serviço Geológico do Brasil., Porto Alegre 1998. p. 131- 169.

LOON, J. C. V. **Selected Methods of Trace Metal Analysis/ Biological and Environmental Samples**, New York: John Wiley & Sons , 1985. 480 p.

LORING, D.H. Geochemical factors controlling the accumulation and dispersal of heavy metals in the bay of fund sediments. *Canadian Journal of Sciences*. **Ontário**, v. 19, p. 930-944, 1982.

MANAHAN, S. E. 1994. Environmental Chemistry. In: **Estudo Geoquímico de Metais Pesados em Sedimentos do Oceano Atlântico – Trecho – Salvador (BA) ao Cabo de São Tomé (RJ)** CARVALHO, A M. 1999. 112 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1999.

MANTEI, E. J.; COONROD, D. D. Heavy metal content in the stream sediments adjacent to a Sanitary landfill. **Environm. Geol. Water Sci.**, v. 13, p.51-58, 1989.

MAYER, L. M.; FINK Jr., L. K. 1980. Granulometric Dependence of Chromium Accumulation in Estuarine Sediments. In: **Avaliação do Nível de Contaminação por Esgotos Doméstico na Baía de Todos os Santos através do Uso do Coprostanol**. SANTOS, B. F. 1997. 61 f., Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1997.

MCCARTHY, P.; PERDUE, E. M. 1991. Complexation of metal ions by humic substances: fundamental considerations. In: ARAÚJO, W. S. **Relação entre Adsorção entre os atributos Físicos e Químicos das Principais Classes de Solo do Brasil**. 1998. 95 f., Dissertação (Pós Graduação em Agronomia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.

McBRIDE, M. B.; BLASIAC, J. J. Zinc and copper solubility as a function of pH in on acid soil. **Soil Science of America Journal**, Madison, v.43, p.866- 870, 1979.

_____**Reactions controlling heavy metal solubility in soils**. **Advances in Soils Science**, v. 10, p. 1-56, 1989.

_____**Processes of heavy and transition metal sorption by soil minerals** 1991. In: ARAUJO, W. S. **Relação entre Adsorção entre os atributos Físicos e Químicos das Principais Classes de Solo do Brasil**. 1998. 95 f., Dissertação (Pós Graduação em Agronomia) - Instituto de Agronomia, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 1998.

MESTRINHO, S. S. P. **Estudo do Comportamento Geoquímico dos Metais Pesados nos Sedimentos da Região Estuarina do Rio Paraguaçu- Bahia**. 158 f. Tese (Doutorado), Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MEURER, E. J. **Fundamentos de Química do Solo**, Porto Alegre: Evangraf, 2006. 285 p.

MICHEREFF, S. J. **Controle Químico de Doenças de Plantas, Fitopatologia I**, Departamento de Agronomia - Área de Fitossanidade, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2001. 71p.

MÓL, G. S. **Química na Sociedade**, 2ª ed., Brasília: UNB, 120, 2000. 328 p.

MONIZ, A. C. **Elementos de Pedologia**, SP: EDUSP, 1978, 459 p.

MOORE, J. W.; RAMAMOORTHY, S. 1984. Heavy Metals in Natural Waters. In: **Estudo Geoquímico de Metais Pesados em Sedimentos do Oceano Atlântico – Trecho – Salvador (BA) ao Cabo de São Tomé (RJ)** CARVALHO, A M. 1999. 112 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Química, Universidade Federal da Bahia, 1999.

MOORE, J. N.; BROOK, E. J.; JOHNS, C. Grain Size Partitioning of Metals in Contaminated Coarse – grained River Floodplain Sediment: Clark Fork River, Montana, USA. **Environm. Geol. Water Sci.**, 14, 2, p. 107-115, 1989.

MOORE, G. L. **Introduction to Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry**. New York: Elsevier Publishers B. v. 3, 1989. 470p.

MOREIRA, R.C.A; BOAVENTURA, G.R. Referencia geoquímica regional para a interpretação das concentrações de elementos químicos nos sedimentos da bacia do Lago Paranoá – DF. **Química Nova**, 26, 6, p. 812- 820, 2003.

NAIR C. K.; BALCHAND, A. N. 1993. In: Mestrinho, S. S. P. **Estudo do Comportamento Geoquímico dos Metais Pesados nos Sedimentos da Região Estuarina do Rio Paraguaçu-Bahia**. 1998. 158 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociência, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

NASCIMENTO, L. **Caracterização Geoambiental da Linha de Costa da Costa do Cacau - Litoral Sul da Bahia**. 2006. 121 f. Dissertação (Mestrado em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2006.

NETTO, A. S. T. **Manual de Sedimentologia**, Salvador, Bahia, Brasil: Petrobrás, 1980, 279 p.

NETO, L. M.; COLNAGO, L. A.; BONAGAMBA, T. J.; PANEPUCCI, H. C.; VIEIRA, E. M.; MIYAZAWA, M. 1996. Uso da ressonância magnética nuclear na caracterização de ácidos húmicos de solos sob diferentes manejos. Pesquisa em andamento.n.8, dez, p1-5. <http://www.cnpia.embrapa.br/publicações/download.php?file=PA_96.pdf>. Acesso em: 28 maio..2008.

OLIVEIRA, O. M. C.; QUEIROZ, A. F. de S.; DAMASCENO, R. N.; FAHEL FILHO, E. Baía de Camamu, Bahia, Brasil: Metais Pesados em Sedimentos de Manguezais. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. 1997, Salvador, **Anais...** Salvador: Mineração Caraíba, 1997. p. 49-52.

OLIVEIRA, O. M. C. **Diagnóstico Geoambiental em Zonas de Manguezal da Baía de Camamu- Ba.** 2000.. 249 f., Tese (Doutorado) - Geoquímica Ambiental, Programa de Pós-Graduação em Geoquímica, Universidade Federal Fluminense- Niterói -RJ, 2000.

OLIVIER, B. G. Heavy Metal Levels of Ottawa and Rideau River Sediments. **Environm. Sci. Technol**, 7: 135-137, 1973.

PATCHINEELAM, S. R.; BEZERRA, S.R.A.; SOUZA, V.S.; PIRES, V. S.; AZEVEDO, F.V. Composição Química de Sedimentos Superficiais de Manguezais da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. **Geochimica Brasiliensis**, (2): 177-186, 1987.

PAIVA, M. P. O Direito do Mar e a Administração dos Recursos Pesqueiros no Brasil. **Boletim de Ciências do Mar**, v. 35, p. 4-5, 1986.

PEREIRA, R. C.; GOMES, A. S. **Biologia Marinha**. Rio de Janeiro: Interciências, v. 14, 2002. 382 p.

PLANT J.; Baldock, J.; Haslam, H.; Smith, B. The Role of Geochemistry in Enviromental and Epidemiological Studies in Developing Countries. In: **Diagnóstico Geoambiental da Cabeceira do Rio das Velhas – APA Cachoeira das Andorinhas, Ouro Preto, Minas Gerais**. Andrade, J. A. 2000. 188 f., Dissertação (Mestrado em Geologia Ambiental e Conservação de Recursos Naturais) - Instituto de Geociências, Universidade Federal de Ouro Preto, 2000.

PORTAL AMBIENTAL DA AMERICA LATINA. Artigos Resíduos. Metais Pesados. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br/>>. Acesso em: 23 maio. 2008.

PRESS, F.; SIEVER, R.; GROTZINGER, J.; JORDAN, T H. **Para Entender a Terra**. Porto Alegre-RS: Bookman, 2006. 656 p.

RADAMBRASIL. Ministério das Minas e Energia. **Programa de Integração Nacional: Levantamento de Recursos Naturais**. Rio de Janeiro: Companhia Brasileira, v. 24, 1981. 581 p.

REITERMAJER, D. **Caracterização Geoquímica do Manguezal da Região Estuarina do Rio Sauípe, Litoral Norte da Bahia**. , 2000. 72 f., Dissertação (Mestrado em Geoquímica) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, 2000.

ROQUETE PINTO, C. L. ; CACONIA, A. J. Desenvolvimento da tecnologia de utilização da planta aquática” Eichomia crassipes” para remoção e recuperação de metais pesados de efluentes industriais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUIMICA (29:1989): São Paulo); CONGRESSO BRASILEIRO DE DEFESA DO MEIO AMBIENTE (3:1989:Rio de Janeiro). São Paulo: ABQ/IQ-USP/ACIESP, 1989. Disponível em: <<http://www.biblio.int.gov.br/>>. Acesso em: 28 maio. 2008.

ROQUETE PINTO, C. L.; CACONIA, A. J.; SOUZA, M. M. Aplicação da tecnologia do “jacinto d’água” (“Eichomia crassipes”) para tratamento de efluentes de usinas minero-

metalúrgicas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA, 2., 1989, **Resumos...** Rio de Janeiro:SBPQ/CPRM/DNPM 1989. p. 305-11.

ROQUETE PINTO, C. L.. Uso do Agupapé: um sistema integrado para o tratamento de efluentes e aproveitamento da biomassa. Arquivado em plantas e cultivos, tratamento de esgoto, água. julho, 2007. Disponível em: <<http://www.viversustentavel.wordpress.com/>>. Acesso em: 28 maio..2008.

ROSA M.L.S.; CONCEIÇÃO H.; MACAMBIRA M.J.B.; MARINHO M.M.; MENEZES R.C.L.; CUNHA M. DA P.; RIOS D.C. Magmatismo Neoproterozóico no Sul do Estado da Bahia, Maciço Sienítico Serra das Araras: geologia, petrografia, idade e geoquímica. **Rev. Bras. Geoc.**, n.35, v.1, p. 111-121, 2005.

ROSE, A W.; HAWKES; H. E.;WEBB; J.S. Geochemistry in mineral exploration New York: Academic Press, 2 ed. New York: Academic Press, 1979. In: LICHT, O. A. B. **Prospecção Geoquímica: Princípios, Técnicas e Métodos**, Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais- CPRM- Serviço Geológico do Brasil. Porto Alegre, 1998. p. 30- 169.

ROY, P. S.; CRAWFORD, E. A. Heavy metals in a contaminated Australian estuary dispersion and accumulation trend. **Estuar. Coast. And Shelf Sci.**, v.19, p. 341- 358, 1984.

RULE, J. Assessment of Trace Element Geochemistry of Hampton Roads Harbor in lower Chesapeake bay area Sediments. **Environ. Geol.**, v. 5, p. 289-293, 1986.

SALATI, E. Controle de Qualidade de Água através do sistema de “Wetlands” Construídos. FBDS- Fundação Brasileira para Desenvolvimento Sustentável. 1998. Disponível em: <http://www.fbds.org.br/Apresentações/controle_Qualid_Água_wetlands_ES_out06.pdf/> Acesso em: 04 junho. 2008.

SALATI, E. Utilização de Sistemas de Wetlands construídos para tratamento de Águas (Palestra). **Biológico.** São Paulo, v.65.n 112. .2003. Disponível em: <http://www.biologico.sp.gov.br/docs/bio/v65_1_2/salati.pdf/>. Acesso em: 04 junho. 2008.

SALOMONS, W. & FORSTNER, U. **Metals in the Hidrocycle.** New York: Springe, 1984. 384 p.

SALOMONS, W.; KERDIJK.; VAN P.; KLOMP.; SCHREUR, A. 1988. Behavior and impact assessment of heavy metals in estuarine and coast zones, In: **Metals in coastal environments of Latin America**, Berlin: Spring- Verlag, 1997. p. 157-198.

SALVIANO, A. A. C. **Variabilidade de atributos de solo e de Crotalaria juncea em solo degradado do município de Piracicaba - SP.** 1996. 184 f., Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo. 1996.

SANTOS, L. M. **Determinação de Metais em Sedimentos do Parque Marinho da Cidade de Porto Seguro- Bahia por Espectrometria Atômica**. 2002. 82 f. Dissertação (Mestrado em Química Analítica) - Universidade Federal da Bahia, 2002.

SANTOS, R. P. **Avaliação da qualidade da água e o do sedimento na Baía de Aratu: Caracterização físico-química e ecotoxicológica**. 2002. 128 f. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.

SCHMIEGELOW, J. M. In: **O Planeta Azul, Uma Introdução às Ciências Marinhas**, Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 201 p.

SEIDEMANN, D.E. Metal pollution in sediments of Jamaica Bay, New York, USA, 1991. **Environmental Manage**, v.15, p.73-91.

SIQUEIRA, G.; SARAIVA, E. S. B. G. Estudo do Cobre Associado aos Sedimentos Lamosos da Plataforma Continental do Amazonas. In: V CONGRESSO DE GEOQUÍMICA DOS PAÍSES DA LÍNGUA PORTUGUESA & VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOQUÍMICA. 1999, Porto Seguro-Bahia-Brasil, 1999. **Anais...** Porto Seguro- Bahia – Brasil, 1999. p. 395-397.

SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS E SOCIAIS DA BAHIA. **Impactos da monocultura sobre o ambiente socioeconômico do Litoral Sul da Bahia**. Salvador: SEI, 1997. 86 p.: il p. (Série Estudos e Pesquisas, 32).

_____. **Uso da terra e cobertura vegetal: Litoral Sul da Bahia**. Salvador: SEI, 1998. 104 p. : il p. (Série Estudos e Pesquisas, 34).

_____. **Diagnóstico Ambiental: Litoral Sul da Bahia**. Salvador: SEI, 1999. 120 p. : il p. (Série Estudos e Pesquisas, 43).

SKOOG, D. A.; LEARRY, J. J. **Principles of Instrumental Analysis**, 4^a ed., Philadelphia: Saunders College Publishing, 1992. 849 p.

SOARES, M. **O Oceano Nosso Futuro** – Relatório da Comissão Mundial Independente sobre os Oceanos. 1999. 62 p.

SPOSITO, G. **The Chemistry of Soils**. New York: Oxford University Press, 1989. 234 p.

STEVEN, J. S. et al. Interpretation of Metal concentration in Estuarine Sediments of Florida using aluminum as a reference element. **Estuaries**, 13, p. 227-235, 1990.

SUGUIO, K. **Introdução a Sedimentologia**, São Paulo: Edgard Blücher Ltda., Universidade de São Paulo USP, 1973. 318 p.

_____. **Rochas Sedimentares**, São Paulo: Edgard Blücher Ltda., Universidade de São Paulo USP, 1980, 500 p.

_____. **Geologia Sedimentar**, São Paulo: Edgard Blücher Ltda., Universidade de São Paulo USP, 2003, 416 p.

TESSIER, A; CAMPBELL, P. G.C.; BISSON, M. Sequential Extraction procedure for the Speciation of Particulate Trace Metals. **Analytical Chemistry**, n. 51, v. 7, p. 844– 851, 1979.

THORNTHON, I. Geochemistry applied to agriculture. **Applied Environmental Geochemistry**. London: Academic. 1983. p. 232- 266, (Geology Series).

VIEIRA, L. S. **Manual da Ciência do Solo com ênfase aos Solos Tropicais**, 2^a Ed. São Paulo: Agronômica Ceres LTDA, 1988. 464 p.

WARD, T. J.; YOUNG, P. C. Trace Metal Contamination of Shallow Marine Sediments Near a Lead Smelter, Spencer Gulf, South Australia. Aust. **J. Mar Fresh**, v.32, p. 45-56, 1981.

WENTWORTH, C. K. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments, **Jour. Geol.**, v.30, p. 377-392, 1922.

GLOSSÁRIO

- Ácido húmico → Refere-se a um ácido complexo orgânico, formado pela decomposição dos vegetais. A importância geomorfológica e pedológica é que ele pode contribuir no intemperismo químico das rochas.
- Argila- rocha → Rocha constituída essencialmente por minerais argilosos, podendo conter outros minerais, os minerais não argilosos, além da matéria orgânica e outras impurezas.
- Amostra → Fração da população que servirá como base para os dados que estejam sendo analisados. Pequena parte da rocha retirada pelo geólogo a fim de realizar estudos e se obter uma noção global dos terrenos.
- Análise granulométrica → Consiste na medida das dimensões dos componentes clásticos de um depósito de um depósito ou de um solo.
- Areia → Grãos essencialmente de quartzo resultantes da desagregação ou da decomposição das rochas em que entra a sílica.
- Arenito → Rocha sedimentar resultante da junção dos grãos de areia por um cimento.
- Argila → Constituída de hidróxidos coloidais floculados e diversos outros componentes cristalinos e amorfos. Quando o componente principal de material sedimentar denomina-se sedimento argiloso o qual compactado e litificado dá origem as rochas sedimentares clásticas mais finas (lutitos ou pelitos) como os folhelhos, bem estratificados e os argilitos com pouca ou nenhuma estratificação. Silicatos hidratados de alumínio de colorações variadas, em função dos óxidos.
- Bioclástica → Rochas exógenas formadas por acúmulo de organismos.
- Diorito → Rocha básica com coloração escura com textura granular. Pode ser dividida em anfibólitos, piroxênio etc. isto é, segundo o elemento mineralógico dominante.
- Feldspato → Família de minerais silico- aluminosos com uma base de potássio, sódio e cálcio.
- Folhelho → Rocha sedimentar finamente laminada, não metamórfica, constituída de material muito fino, resultante da deposição lenta.
- Foz → Boca de descarga de um rio.

- Gnaiss → Rocha cristalofílica com os mesmos elementos do granito, quartzo, feldspato e mica, porém orientados. Apresenta divisão em dois grupos: paragneiss e ortogneiss, segundo provenham do metamorfismo em depósitos sedimentares ou de origem ígnea.
- Granito → Rocha magmática de granulação grosseira solidificada em profundidade, composição ácida, composta essencialmente por minerais claros como: quartzo (SiO_2), feldspato alcalino (SiO_2 , Al_2O_3 e K_2O) e plagioclásio (Al_2O_3 , Na_2O e CaO).
- Granulitos → Rocha de granulação fina a média contendo feldspato com ou sem quartzo; os minerais ferro magnesianos são anidros.
- Hidratação → Penetração e incorporação da água nas rochas, facilitada pela permeabilidade ou pelas fissuras, indo fazer parte do edifício cristalino do mineral. Todas as rochas que afloram na superfície do globo são mais ou menos permeáveis à água. A hidratação ocasiona nas rochas um aumento de volume e, conseqüentemente, uma diminuição na densidade.
- Hidrólise → Reação de decomposição com água, onde íons solúveis e silicatos produzem íons H^+ e OH^- . Podem ser produzidos argilominerais ou hidróxidos pouco solúveis.
- Ilita → Grupo de minerais encontrado nas argilas que apresenta uma estrutura diferente da muscovita por ter mais sílica e menos potássio. O potássio interlamelar impede a entrada de água na estrutura e cátions..
- Intemperismo → Conjunto de processos mecânicos, químicos e biológicos que ocasionam a desintegração decomposição das rochas.
- K → Temperatura medida em graus Kelvin (K) e é rigorosamente definida como os $1/273,15$ avos de temperatura do ponto tríplice da água (o ponto onde a água, gelo e vapor de água coexistem em equilíbrio). A temperatura 0 é chamada de zero absoluto e corresponde ao ponto onde as moléculas e átomos possuem a menor quantidade possível de energia. Conversão de Celsius para Kelvin: $K = C + 273,15$
- Lixiviação → Processo que sofrem as rochas e solos, ao serem lavados pela águas das chuvas.
- Material argiloso → Qualquer material natural de granulometria fina e de textura terrosa ou argilácea.

- Minerais argilosos → Minerais constituintes e característicos das argilas, geralmente cristalinos, que quimicamente são silicatos hidratados podendo conter cátions, tais como: Al, Mg, Fe, Ca, K e outros.
- mg l^{-1} → Miligrama por litro; Corresponde a 1 ppm.
- mm → Milímetros; Expressa uma unidade de medida de comprimento e é uma unidade derivada do Sistema Internacional de Unidades.
- Plataforma continental → Planalto submerso que orla todos os continentes. O aspecto topográfico de uma superfície quase plana, cujos declives são pouco acentuados até a cota de 200 metros.
- Quartzo → Sílica quimicamente pura (SiO_2), cristalizada no sistema romboédrico, apresentando prismas retos de base hexagonal, terminando em duas pirâmides. Mineral que tem distribuição geográfica muito grande, pois entra na composição de numerosas rochas eruptivas, metamórficas e sedimentares.
- Sedimentação → Processo pelo qual se verifica a deposição dos sedimentos ou de substâncias que poderão vir a ser mineralizadas. Os depósitos sedimentares são resultantes da desagregação ou mesmo da decomposição das rochas primitivas. Esses depósitos podem ser de origem fluvial, pluvial, marinha, eólica, vulcânica etc.
- Sienito → Rocha ígnea plutônica com componentes essenciais K feldspato predominando sobre plagioclásio e ferro magnesiano, biotita, hornblenda e etc.
- Silicatos → Composto salino resultante do óxido silícico que são abundantes na natureza e formam os: feldspatos, micas, piroxênios etc.
- Solo → Camada superficial de terra arável possuidora de vida microbiana, resultante da decomposição da rocha. Os solos possuem vida, já que podem evoluir à maneira de um ser vivo, isto é, possuindo um “ciclo vital”. Se constitui é um único ambiente onde se encontram reunidos, em associação íntima, os quatro elementos: domínio das rochas ou pedras- litosfera; domínio das águas – hidrosfera; domínio do ar- atmosfera; e domínio da vida- biosfera.
- Turfa → Depósito natural de origem orgânica, combustível, preto-amarronzado pode levar a formação do carvão mineral.
- v/v → Percentagem volumétrica. Base da unidade de concentração ou de cálculo sobre a qual se expressa o índice de um componente na mistura total.