



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**  
**ÁREA DE GEOLOGIA MARINHA, COSTEIRA E SEDIMENTAR**

**TESE DE DOUTORADO**

**MODIFICAÇÕES DA ZONA COSTEIRA DO EXTREMO SUL DA BAHIA  
NOS ÚLTIMOS 150 ANOS, E SUA RELAÇÃO COM A SEDIMENTAÇÃO  
DO BANCO DE ABROLHOS.**

**AUGUSTO MINERVINO NETTO**

**SALVADOR – BAHIA**  
**AGOSTO – 2008**

## AGRADECIMENTOS

Ao realizar este trabalho, algumas instituições, muitos profissionais, amigos e família foram fundamentais, deixo aqui meus sinceros agradecimentos a todos aqueles que contribuíram tanto na construção desta tese quanto do meu conhecimento.

À Universidade Federal da Bahia (UFBa), representada pelo Curso de Pós-Graduação em Geologia;

À Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), que durante quatro anos abrigou e possibilitou toda a infra-estrutura para a realização deste trabalho;

À Fundação O Boticário de Proteção À Natureza pelo apoio financeiro ao trabalho;

Ao CNRS (Centro Nacional de Pesquisa Francesa), representada pelo Professor Dr. Arno Heeren, que possibilitou a realização das análises geoquímicas;

Ao meu orientador, Ruy Kenji Papa de Kikuchi por ter me aceito no Curso de Pós-Graduação em Geologia, por ter concebido a idéia do trabalho e ter me confiado a oportunidade de operacionalizá-la;

À Professora Ana Cláudia Andrade pelas valorosas discussões sobre sedimentologia e pelos ensinamentos em geologia, assim como também a Professora Ana Amélia Wanderley por ter disponibilizado o Laboratório de Oceanografia Geológica da UESC, onde passei os melhores momentos desta Instituição;

Ao Professor Roberto Max de Argollo, pela realização das análises geocronológicas com o  $Pb^{210}$  e pelas instrutivas aulas sobre geocronologia sedimentar;

Aos então alunos de graduação em Ciências Biológicas da UESC, Gabriel Barros, Sandra Santa Rosa e Amanda Silva pela colaboração em muitas etapas deste trabalho. Ao colega Antônio Fabrício pela colaboração nas análises sedimentológicas;

À Alexandre Magalhães, pela realização e suporte nas análises sedimentológicas e nas datações geocronológicas;

À Marcelo Lima e ao Erick Tunner pelas colaborações nas análises hidrológicas e ao Rafael Nogueira (*in memoriam*) pela valiosa colaboração no início do trabalho de sensoriamento remoto;

À Professora Olívia Maria de Oliveira pela leitura crítica e sugestões no capítulo referente aos dados geoquímicos;

À Gil Reuss pela leitura crítica do trabalho e valiosas sugestões;

À Marília de Dirceu pelas discussões sobre os resultados deste trabalho;

À Professora Raquel Oliveira pela leitura crítica do capítulo referente a paisagem do Extremo Sul da Bahia e uso e ocupação do solo;

Aos Professores integrantes da comissão examinadora: Helenice Vital, Zelinda Margarida Leão, Sílvio Bandeira e José Maria Landim Dominguez;

Aos senhores Gilzélvio Nascimento e Nilton Silva do curso de Pós-Graduação em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar pela presteza e solicitude.

À minha família pelo apoio a todos os momentos bons e difíceis, afinal de contas quando os planos A, B, C, D e E dão sistematicamente errados, o plano F (de família) está sempre disponível a ajudá-lo. A Maria Fernanda, minha filha, fonte de inspiração para que me torne uma pessoa melhor.

## RESUMO

As modificações antropogênicas na paisagem do Extremo Sul da Bahia geraram um cenário que no ano de 1973 as áreas de formações florestais representavam cerca de 32,34% do território total mapeado. Onze anos depois, as áreas de formações florestais equivaliam a 17,11% da área mapeada e finalmente no ano de 2004 este tipo vegetacional estava confinado a 10,26% do espaço territorial. As precipitações aumentaram até a década de setenta a meados da década de oitenta. A partir deste período, foi observada uma queda média de 12% nos postos pluviométricos da região. A diminuição das precipitações médias a partir de meados da década de oitenta, porém, não encontra correspondência nas vazões hidrológicas. Neste mesmo período, houve um aumento das vazões máximas na maior parte dos postos fluviométricos estudados, o que pode ser resultado, tanto das mudanças do uso do solo, quanto do aumento, em direção ao presente, das chuvas máximas anuais. Apesar de todas as alterações sofridas na paisagem do Extremo Sul da Bahia, a carga de sedimento transportada para as zonas costeiras não tem sido maior, devido provavelmente, à grande extensão da planície costeira do rio Itanhém, que drena o Grupo Barreiras e de grande parte das bacias hidrográficas estudadas possuem sua rede de drenagem situada geralmente em cotas topográficas inferiores a 200 metros. Aliada a este fato, a pequena extensão da maior parte das bacias hidrográficas que desembocam na região do Complexo dos Abrolhos e a larga extensão dos estuários ali presentes, atuam em conjunto para reter sedimentos pelíticos que potencialmente chegariam aos recifes do arco costeiro de Abrolhos. Com o objetivo de reconstruir o processo de uso e ocupação do solo foram coletados seis testemunhos de sedimento inconsolidado na zona costeira do complexo recifal de Abrolhos, os quais foram datados pelo método geocronológico  $Pb^{210}$ . Nos quatro testemunhos onde a atividade do  $Pb^{210}$  foi medida não foi observada qualquer deflexão referente a um aumento na taxa de sedimentação que possa ser atribuída a diferentes processos de uso e ocupação do solo. As taxas recentes de sedimentação dos testemunhos em mm/ano variaram entre  $1,86 \pm 0,12$  (TTI),  $3,98 \pm 0,32$  (TLE),  $5,71 \pm 0,33$  (LIX) e  $6,68 \pm 0,46$  no testemunho estuarino TCV 2A. Estes resultados decorrem, sobretudo, da conjunção de dois fatores, distância da linha de costa e a morfologia das estruturas recifais. As maiores taxas de sedimentação foram obtidas nos recifes localizados mais próximos da costa e voltados a barlar, onde há uma maior agregação e extensão dos bancos recifais. As análises sedimentológicas e mineralógicas efetuadas nos testemunhos indicam que os sedimentos que aportam na zona costeira ficam confinados ao banco de Caravelas, situado a profundidades inferiores a 10 metros e posteriormente com a atuação de fatores hidrológicos e meteorológicos esta carga sedimentar vêm sendo deslocada para sudoeste devido ao mecanismo oceanográfico “parede hidrodinâmica”. As concentrações dos metais pesados arsênio, cromo, cobre e níquel inventariados nos testemunhos tiveram, em mais de uma alíquota, valores acima do considerado preocupante pela legislação ambiental.

## ABSTRACT

Changes in anthropogenic landscape due to anthropogenic processes in Southeastern State of Bahia, Brazil, produced a scenario of great reduction in the area occupied by Atlantic Rainforest. In 1973, the forest covered approximately 32% of the studied area. Along the following eleven years forest cover was reduced to 17% of the mapped area and, finally, in 2004, it was confined to 10% of the territory. Rainfall increased from the forties up to the mid-eighties when a drop of about 12% up to now. This decrease in rainfall did not cause a reduction in river run-off. In this same period, there was an increase in maximum flow rates in most of fluviometric stations, which may have resulted from both changes in land use and in the rise of the maximum monthly rainfall up to now. Despite all changes in the landscape of the region, sediment load transported to coastal areas, reefs included, did not increase. This is probably due to the large extension of the sandy coastal plain where rivers drain. Furthermore, a great part of the drainage basin lies over the Barreiras Group, above 200 m of altitude. Added to this fact, the small extension of most river basins leading to the Abrolhos reef complex region and the large extent of the associated estuaries may be further reasons for the trapping of fine sediments before they reach the sea. With the objective of evaluate changes in sedimentation caused by the processes of land use, six sediment cores were collected from the estuary and from the reef complex. They were dated by  $^{210}\text{Pb}$  method. In all of them, no deflection in the curves of  $^{210}\text{Pb}$  activity were observed, leading to the conclusion that there is still no measurable change in sedimentation rates that can be assigned to land use change. Sedimentation rates measurements yielded values greater than  $1.5 \text{ mm.y}^{-1}$ , The highest ( $>1.5 \text{ mm.y}^{-1}$ ) rates occurred in stations closer to the coastline, in the leeward side of the reef complex and where reefs grew as banks. In the Caravelas river estuary, sediment accumulates at a rate greater than  $6 \text{ mm.y}^{-1}$ . The lower rates ( $<2 \text{ mm.y}^{-1}$ ) were measured in those stations farther from coast, on the seaward side of the complex and where reefs grow as pinnacles. Sedimentary and mineralogical analyses indicates that sediments that arrive in the coastal zone are confined to the Caravelas sand bank (on the mouth of Caravelas river) where depths do not exceed 10 meters. Besides, a combination of coastal and meteorological dynamics, and river sediment run-off deviates sediment load to southwest, as mechanism that can be called "hydrodynamic wall". Heavy metal content in sediment, such as arsenic, chromium, copper and nickel were measured in critical levels considering environmental legislation.

## ÍNDICE GERAL

1.0 Introdução	01
2.0 Caracterização Regional da Área de Estudo	06
2.1 Descrição Geológica e Geomorfológica da Área de Estudo	06
2.1.1 Embasamento Cristalino	07
2.1.2 Grupo Barreiras	09
2.1.3 Depósitos Quaternários	11
2.2 Descrição da Parte Submersa	13
2.2.1 Morfologia dos Recifes da Área de Estudo	14
2.2.2 O Ecossistema Recifal de Abrolhos	17
2.3 Circulação Atmosférica	19
2.4 Correntes Oceânicas e Costeiras	20
2.5 O Padrão de Dispersão de Sedimentos na Área de Estudo	22
2.6 Tipologias Climáticas	23
2.7 Bacias Hidrográficas.	24
3.0 Revisão Teórica.	27
3.1 À Ação Deletéria do Aumento da Sedimentação de Origem Continental Sobre os Recifes.	28
3.2 A Influência das Atividades Humanas Sobre os Recifes de Corais	29
3.3 A Utilização de Testemunhos de Sondagem como Indicadores de Mudanças Ambientais.	30
3.4 Mudança do Uso da Terra Decorrente de Atividades Humanas.	39
3.5 Dinâmica de Uso e Ocupação da Terra no Extremo Sul da Bahia.	41
4.0 Material e Métodos.	46
4.1 Confecção da Base Cartográfica.	46
4.2 Geração dos Mapas de Uso da Terra – Dados Secundários.	46
4.3 Geração dos Mapas de Uso da Terra – Dados Primários.	47
4.4 Estudo Hidrológico.	49
4.4.1 Avaliação da Consistência dos Dados Fluviométricos.	51
4.5 Fracionamento dos Testemunhos para Análise Geocronológica e Sedimentológica.	52
4.6 Geocronologia Ssedimentar Aplicada aos Testemunhos de Sondagem.	53
4.7 Análises Sedimentológicas.	54
4.7.1 Contagem de Grãos.	54
4.7.2 Análises Granulométricas.	54
4.8 Análises Químicas.	55
4.8.1 Carbonato de Cálcio.	55
4.8.2 Matéria Orgânica.	56
4.8.3 Difratomia de Raios-X.	57
4.8.4 Fluorescência de Raios-X.	57
4.8.5 Análises Geoquímica.	58
5.0 Resultados	62

5.1 Panorama Sócio-econômico do Extremo Sul da Bahia	62
5.2 Caracterização da Fitofisionomia da Área de Estudo	67
5.3 Análises Hidrológicas.	75
5.4 Cálculo das Taxas de Sedimentação dos Testemunhos do Estuário e do Arco Costeiro de Abrolhos, Através do Método Geocronológico Pb <sup>210</sup> .	86
5.5 Sedimentos dos Testemunhos do Estuário do Rio Caravelas.	88
5.5.1 Textura	88
5.5.2 Teor de Matéria Orgânica	90
5.6 Sedimentos dos Testemunhos dos Recifes Costeiros.	91
5.6.1 Carbonato de Cálcio e Fração Lamosa nos Testemunhos Recifais.	93
5.7 Comportamento das Argilas Presentes nos Testemunhos	96
5.8 Variação Nas Concentrações de Metais Pesados ao Longo de Quatro Testemunhos.	101
6.0 Discussão.	108
6.1 Intensificação dos Processos Erosivos Decorrente de Mudanças no Uso da Terra.	110
6.2 Precipitação, Vazão e Produção de Sedimentos para as Zonas Costeiras.	115
6.3 Carga de Sedimentos Clásticos que Aportam na Zona Costeira – Estuário e Plataforma Continental Interna.	123
6.4 Fatores Controladores na Produção e Deposição de Sedimentos para as Zonas Costeiras.	135
6.5 Geocronologia Sedimentar Aplicada aos Testemunhos do Arco Costeiro de Abrolhos.	141
6.6 Histórico dos Metais Pesados e Alguns Elementos Químicos nos Testemunhos TCV 1A, TCV 2A, TLE e TTI	144
6.7 Integração dos Dados Sócio-Econômicos e Ambientais	149
7.0 Conclusões	155
8.0 Referências Bibliográficas	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01 - Localização dos testemunhos de sondagem utilizados neste trabalho.	05
Figura 02 - Divisão Político-Administrativa dos municípios do Extremo Sul da Bahia.	07
Figura 03 - Unidades geológicas e geomorfológicas presentes no Extremo Sul da Bahia.	08
Figura 04 – Domínios geomorfológicos e curvas de nível presentes no Extremo Sul da Bahia.	09
Figura 05 - Embasamento do Pré-Cambriano aflorando, as margens da BR 101.	10
Figura 06 – Grupo Barreiras exposto às margens da rodovia BR-101.	11
Figura 07 – Brejos localizados na planície costeira de Caravelas, Bahia.	12
Figura 08 - Curvas de nível para o Extremo Sul da Bahia.	13
Figura 09 – Desenho esquemático onde são apresentados os principais tipos recifais, presentes no Extremo Sul da Bahia.	14
Figura 10 – Terraço de abrasão marinha, no município de Prado.	16
Figura 11 – Parcel das paredes, bancos recifais formados pela coalescência lateral do topo de colunas recifais isoladas.	16
Figura 12 – Percentual de grãos terrígenos presentes nos sedimentos superficiais do arco costeiro de Abrolhos.	18
Figura 13 - Mapa apresentando as posições da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), da Zona de Divergência (ZD), dos ventos alísios em julho e em janeiro.	19
Figura 14 – Média histórica de direção de vento entre 1951 a 1973.	20
Figura 15 - Sentido da deriva litorânea ao longo do Extremo Sul da Bahia.	22
Figura 16 - Precipitação média anual para parte do Extremo Sul da Bahia.	23
Figura 17 - Médias históricas de precipitação (mm).	24
Figura 18 - Precipitação média mensal (mm) e temperatura ( <sup>0</sup> C).	24
Figura 19- Bacias hidrográficas do Extremo Sul da Bahia.	25
Figura 20 - Diferentes taxas de sedimentação, obtidas por Argollo (2001).	33
Figura 21 - Mapa de Uso do Solo, para o Extremo Sul da Bahia, modificado de CEPLAC (1976)	43
Figura 22 - Mapa de Uso do Solo, para o Extremo Sul da Bahia, modificado da CEI (1994)	44
Figura 23 – Mapa de cobertura vegetal e uso do solo para parte do Extremo Sul da Bahia, baseado em imagens Landsat de 1996/1997.	45
Figura 24 - Localização dos pontos visitados nas três campanhas de campo.	48
Figura 25 - Localização das estações pluviométricas e fluviométricas.	51
Figura 26- Retirada de alíquotas de sedimento do testemunho TCV 1A.	53
Figura 27 - Espectrômetro de radiação gama, do Laboratório de Física Nuclear da UFBA.	54
Figura 28 - Reator Triga – CDTN/CNEN, utilizado para a ativação neutrônica instrumental.	59
Figura 29 - Espectrômetro de massa-plasma de alta resolução ICP – MS.	60
Figura 30 - Diagrama demonstrando os processos analíticos utilizados nas leituras das amostras.	61

Figura 31 - Percentual da população residente na área urbana na Região Extremo Sul da Bahia.	63
Figura 32 - Perda dos remanescentes florestais existentes no Extremo Sul da Bahia.	65
Figura 33 – Tensores atuais causadores de impacto ambiental sobre os recursos naturais do Extremo Sul da Bahia.	66
Figura 34 - Taxa de crescimento populacional dos municípios do Extremo Sul da Bahia.	67
Figura 35 - Mapa de Uso do Solo, para o ano de 1973, elaborado a partir de imagens Landsat TM.	68
Figura 36 - Mapa de Uso do Solo, para o ano de 1984, elaborado a partir de imagens Landsat TM.	69
Figura 37 - Mapa de Uso do Solo, para o ano de 2004, elaborado a partir de imagens Landsat TM.	70
Figura 38 - Relação entre as áreas ocupadas com plantio de eucalipto e coberturas florestais.	71
Figura 39 – Mapa de uso do solo, para a região estudada, demonstrando a larga presença de áreas destinadas às pastagens no extremo Sul já no ano de 1974.	72
Figura 40 – Mapa de uso do solo para a região estudada, demonstrando a dominância das áreas de pastagens e eucalipto na paisagem do Extremo Sul da Bahia no ano de 1994.	73
Figura 41 – Fragmentos florestais mapeados no ano de 1995, acrescido dos locais que sofreram incremento e decréscimo das áreas de mata e restingas, tendo como referência o ano de 1990.	74
Figura 42 – Vazões médias mensais dos postos fluviométricos estudados.	78
Figura 43 – Vazões médias mensais dos postos fluviométricos estudados.	79
Figura 44 – Comportamento histórico médio das vazões médias dos postos fluviométricos.	80
Figura 45 – Comportamento anual das vazões médias e máximas, dos postos fluviométricos dos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe.	81
Figura 46 - Comportamento anual das vazões médias e máximas, dos postos fluviométricos dos rios Itanhém e Mucuri.	82
Figura 47 – Comportamento das vazões médias de seis postos fluviométricos.	83
Figura 48 – Variabilidade da precipitação média anual dos postos Itabepi, Helvécia, Itamaraju e Mundo Novo.	84
Figura 49 – Altura das chuvas máximas ocorridas nos postos Itamaraju (1955 a 2006) e Helvécia (1942 a 2006).	85
Figura 50 – Relação entre chuva e vazão exemplificado pelo posto hidrológico Helvécia.	85
Figura 51 – Atividade do Pb <sup>210</sup> presente nos testemunhos TCV 2 A, Recife da Lixa, e Recife de Pedra de Leste, plotados em função da profundidade em metros.	87
Figura 52 – Variação granulométrica nos teores de areia, silte e argila encontrada nos testemunhos TCV 2A e TCV1A.	90
Figura 53 - Variação no teor de matéria orgânica encontrada nos testemunhos TCV 2A e TCV 1A.	91
Figura 54 - Variação dos sedimentos siliciclásticos, nos testemunhos TLE e TTI.	92
Figura 55 - Variação percentual no conteúdo de lama e de carbonato de cálcio, presente nos testemunhos retirados nos recifes de Pedra Grande do Sul, Pedra de Leste e Timbebas (TTI).	95
Figura 56 - Resultados da análise de difratometria de Raios-X em amostras dos testemunhos Pedra de Leste (TLE) e Timbebas (TTI).	97
Figura 57 - Resultados da difratometria de Raios-X no testemunho Pedra Grande do Sul (PGS).	98

Figura 58 – Comportamento dos óxidos presentes no testemunho Pedra Grande do Sul (PGS).	99
Figura 59 – Comportamento dos óxidos presentes no testemunho Pedra de Leste (TLE).	100
Figura 60 – Comportamento dos elementos químicos Cromo (Cr), Cobre (Cu), e Arsênio (As).	103
Figura 61 - Comportamento dos elementos químicos Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Bário (Ba).	104
Figura 62 - Concentrações do Cromo, Cobre, Arsênio e Chumbo presente nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A.	105
Figura 63 - Concentrações do Zinco, Níquel, Bário e Manganês presente nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A.	106
Figura 64 - Concentrações do Ferro, Alumínio, Cobalto e Magnésio presente nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A.	107
Figura 65 – Altura de chuva do posto Helvécia.	119
Figura 66 – Relação entre o tamanho da bacia hidrográfica e respectivas vazões médias.	121
Figura 67 – Estuário da planície costeira de Caravelas.	127
Figura 68 – Efeito parede hidrodinâmica atuando sobre o Complexo Recifal dos Abrolhos.	128
Figura 69 – Histograma de freqüência das direções das correntes na amostra 106.	129
Figura 70 – Histograma de freqüência das direções das correntes na amostra 506.	129
Figura 71 - Retas de tendência das taxas de deposição de sedimentos.	131
Figura 72 – Mapa síntese de parâmetros físicos envolvidos na produção e acumulação de sedimentos na zona costeira dos recifes de Abrolhos.	132
Figura 73 – Geomorfologia da planície costeira de Caravelas.	135
Figura 74 – Concentração média de 12 elementos químicos encontrada nos testemunhos TCV 1A, TCV 2A, TLE e TTI.	146
Figura 75 – Proporção de pessoas de 15 anos ou mais de idade, dentre a população dos municípios, com menos de 4 anos de estudo.	151
Figura 76 – Panorama sócio-econômico dos municípios do Extremo Sul da Bahia.	153

## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 01 – Taxas de produção e $Pb^{210}$ em coluna d' água e de precipitação em terra.	36
Tabela 02 - Efeito do tipo de uso do solo sobre as perdas por erosão.	40
Tabela 03 - Estações fluviométricas do Extremo Sul do Estado da Bahia.	50
Tabela 04 - Classificação das estações fluviométricas - vazão máxima.	52
Tabela 05 - Classificação das estações fluviométricas - vazão mínima.	52
Tabela 06 - Distanciamento de corte entre as alíquotas, quantidade total de alíquotas e análises efetuadas em cada um dos testemunhos estudados.	53
Tabela 07 – Valores de vazões das médias mensais de oito postos fluviométricos do Extremo Sul da Bahia.	77
Tabela 08 – Comparação entre os três meses com maior vazão mensal, comparado com os três meses de menor vazão mensal.	77
Tabela 09 – Índices de chuvas totais mensais e máximas mensais ocorridas em quatro postos pluviométricos.	83
Tabela 10 - Altura das chuvas máximas (mm) em quatro postos pluviométricos do Extremo Sul da Bahia.	84
Tabela 11 – Resultados das taxas de deposição sedimentar dos testemunhos estudados.	88
Tabela 12 – Resultados para as profundidades máximas de leitura através da radiação gama do $Pb^{210}$ , nos cinco testemunhos estudados.	88
Tabela 13 - Médias dos resultados das análises do sedimento dos testemunhos, com o desvio padrão (DP) e o número de amostras analisadas (N).	93
Tabela 14 - Valores médios dos óxidos presentes nos testemunhos de sondagem TLE e PGS.	101
Tabela 15 - Valores orientadores para referência, alerta e intervenção para os solos no Estado de São Paulo (SP) e para países da Comunidade Européia.	101
Tabela 16 – Área percentual das bacias de drenagem ocupadas sobre as unidades geomorfológicas e cotas altimétricas até 200 metros, no estado da Bahia.	122
Tabela 17 - Valores percentuais de matéria orgânica (M.O.), presente nos sedimentos encontrados nas regiões de manguezais.	134
Tabela 18 – Taxa de sedimentação atual obtido nos recifes estudados.	139
Tabela 19 – Taxas de sedimentação para alguns ambientes marinhos e estuarinos, utilizando os radioisótopos de meia-vida curta $Pb^{210}$ e $Cs^{137}$ .	144
Tabela 20 – Concentrações máximas e mínimas de metais pesados obtidas em sedimentos superficiais e testemunhos.	148

## 1.0 INTRODUÇÃO

A costa em estudo é notoriamente isenta de desastres naturais de alta intensidade tais como terremotos, furacões e vulcanismo. Importantes modificações geomorfológicas foram impostas ao ambiente costeiro pelas oscilações do nível do mar. Contudo, as oscilações no nível relativo do mar, atuam em uma escala de tempo de milhares de anos (Martin *et al.*, 1982; Suguio, 1999). Por outro lado, embora atuando em uma escala de tempo e intensidade bem menores, especificamente no último século, a ocupação humana teve um papel importante na atual configuração das zonas costeiras.

Até o início da década de oitenta, a costa leste do Brasil era de difícil acesso. A ocupação litorânea estava concentrada de forma pontual nas capitais, enquanto o restante do litoral apresentava uma ocupação bastante rarefeita pontuada por pequenas cidades e vilas de pescadores, experimentando uma economia estagnada. Diversos programas de investimento federal e estadual ocorreram para promover o desenvolvimento das regiões costeiras, como a pavimentação de estradas e financiamento a projetos privados que tivessem como objetivo consolidar as atividades turísticas e industriais nesta área. Como resultado destes investimentos, a ocupação das zonas costeiras tem aumentado desde então, gerando uma crescente tensão entre os atores sociais ali estabelecidos.

As atividades desenvolvidas pelo homem no continente afetam diretamente a zona costeira, alterando os processos e as características físicas, químicas e biológicas do ambiente natural, acarretando mudanças por vezes irreversíveis, como poluição da água, do ar e da terra, destruição dos recursos biológicos, erosão dos solos, assoreamento das bacias hidrográficas e a exaustão de recursos naturais não-renováveis (Mooney *et al.*, 1995).

A utilização de testemunhos de sondagem em sedimentos inconsolidados com o objetivo de reconstruir o histórico da atividade humana sobre os ambientes naturais, utilizando para tal fim elementos isotópicos de meia-vida curta como o  $\text{Th}^{228}$  (1,91anos.),  $\text{Pb}^{210}$  (22,3 anos),  $\text{Cs}^{137}$  (30 anos),  $\text{Si}^{21}$  (276 anos), tem sido uma promissora ferramenta para diagnosticar habitats naturais que passaram por alterações estruturais e composicionais. Adicionalmente, nestes testemunhos são empregadas geralmente as seguintes rotinas: análises sedimentológicas, mineralógicas e geoquímicas, sobretudo a quantificação de elementos químicos traço, como metais pesados incorporados ao sedimento, os quais podem dar informações sobre a cronologia da contribuição de material antropogênico na sedimentação.

A aplicação dos métodos radiométricos  $\text{Pb}^{210}$  e do  $\text{Cs}^{137}$ , por possuírem ainda estes isótopos uma pequena mobilidade dentro do sedimento, pode propiciar além da obtenção de medidas a respeito da taxa de acumulação de sedimento determinando assim, a cronologia das camadas sedimentares, as taxas de sedimentação podem também ser utilizadas como um indicativo de alterações humanas no uso da terra (Robbins e Edgington, 1975). Outras análises podem ser incorporadas às técnicas de geoquímica isotópica, tais como, as análises sedimentológicas que detectam mudanças texturais nos

sedimentos e a introdução de pólen exótico. Dessa forma, é possível investigar no último século, as mudanças ambientais decorrentes das atividades humanas (Delcourt, 1987; Goff, 1997). Nas últimas décadas com as mudanças ambientais decorrentes das atividades humanas, na superfície da Terra, uma linha importante de pesquisa a ser investigada é a determinação da velocidade de modificação que ocorrem estas mudanças.

A diversidade biológica e o endemismo dos recifes de corais e das florestas tropicais representam o pináculo da diversidade nos ecossistemas marinhos e terrestres, respectivamente. Ambos têm atraído a atenção de pesquisadores e do público em geral uma vez que estes biomas encontram-se atualmente vulneráveis a alterações provocadas pelas atividades humanas (Wilson, 1997). Estes dois ecossistemas possuem um importante papel na manutenção da diversidade biológica global, afetam os ciclos biogeoquímicos em escalas regionais e globais, além de serem importantes geradores de riquezas em muitos países subdesenvolvidos. Entretanto, a despeito dos seus valores sócio-econômicos e ambientais, ambos biomas, em muitos locais do mundo, encontram-se seriamente ameaçados. Isto demanda atenção e execução de estratégias de conservação que possibilitem a coexistência destes recursos naturais com o desenvolvimento econômico.

Existe na literatura uma enorme discussão de que os recifes costeiros têm sofrido um gradativo processo de degradação ambiental causada pelo desmatamento das florestas tropicais e pela ocupação desordenada das zonas costeiras, o que vem gerando um excessivo fluxo dos sedimentos que chegam aos recifes, e dessa forma vêm contribuindo para por em risco a vitalidade recifal (McAllister, 1988; Coutinho *et al.*, 1993; Mooney *et al.*, 1995; Amado Filho *et al.*, 1997; Maida e Ferreira, 1997; Hodgson e Dixon, 2000; Leão e Kikuchi, 2001). Sem embargo, muitos dos trabalhos que são realizados abordando este problema carecem ou de um tratamento quantitativo mais acurado, ou ainda de um alcance temporal mais longo.

O aumento no fluxo de sedimentos terrígenos ocasionando uma maior turbidez das águas costeiras é o fenômeno apontado com maior freqüência como causa do declínio dos ecossistemas recifais, especialmente na América do Sul (Cortés, 2003). Esses incrementos são atribuídos, sobretudo, a processos antropogênicos, decorrentes das atividades de desmatamento das florestas tropicais, desenvolvimento costeiro desordenado e práticas impróprias de atividades agrícolas (Cortés, 1990; Leão *et al.*, 1994; Hodgson e Dixon, 2000). Todas estas atividades se descortinaram em escalas diferentes de tempo e de intensidade sobre o Extremo Sul da Bahia. Os efeitos verificados ao nível de organismos e do ecossistema são o sufocamento e branqueamento dos corais, aumento na mortalidade parcial ou total das colônias de corais, redução no recrutamento, e na diversidade de corais, redução no crescimento dos corais e, conseqüentemente, queda na parcela da superfície dos recifes recoberta por esses organismos construtores (Rogers, 1990).

Leão e Kikuchi (2005), a partir de uma série de trabalhos publicados para a costa leste do Brasil, elencaram as principais ameaças antropogênicas que acometem os recifes brasileiros, a saber: (i) eutrofização das águas costeiras em áreas com alta densidade populacional; ocasionando tanto um aumento da biomassa algácea, quanto o aumento das taxas de bioerosão recifal causada pelo enriquecimento de nutrientes que favorece a atividade de organismos bioerodidores; (ii) o aumento das taxas de sedimentação, levando a um declínio dos parâmetros bióticos presente nos recifes e (iii) aumento das atividades de turismo marinho em áreas recifais.

Dados apresentados por Dutra *et al.* (2006) para os recifes da região de Abrolhos demonstram que as taxas de sedimentação encontradas nesta região, através do uso de armadilhas fixadas aos recifes, estão negativamente correlacionadas com os valores de alguns parâmetros bióticos, particularmente a cobertura de coral vivo, o diâmetro das colônias, dos hidrocorais e o número de corais recrutas (avaliados de acordo com o Protocolo AGRRA). As taxas de sedimentação a partir de 15 mg/cm<sup>2</sup>/dia, segundo dados presentes na literatura, constituem em valores críticos a partir do qual podem comprometer o desenvolvimento recifal, pois a partir deste limite há uma significativa relação entre taxa de sedimentação e diminuição da vitalidade recifal (Rogers, 1990).

No traçamento da história do efeito do homem sobre os recursos naturais existentes no Extremo Sul da Bahia, três pontos principais de alterações ambientais são diagnosticados: (i) a partir da década de cinquenta, com a consolidação, nesta região, das atividades agropastoris e expansão da exploração de madeira em regiões mais interioranas; (ii) a década de setenta, com a conclusão da BR-101, o que facilitou a penetração e circulação de um maior contingente de pessoas, o que contribuiu de forma decisiva para a aceleração do esgotamento das reservas florestais nativas, sobretudo às margens da referida rodovia, neste período, houve ainda incentivos fiscais federais e estaduais para a exploração da madeira nativa presente na Mata Atlântica e (iii) a implantação do pólo de silvicultura do Extremo Sul do Estado da Bahia a partir do final da década de setenta.

Dessa forma, este trabalho tem como objetivo verificar se o comportamento quantitativo, representado pelas taxas de acumulação de sedimento, e qualitativo indicados pelos elementos químicos presentes na mineralogia e na análise geoquímica do sedimento dos testemunhos coletados, no estuário do rio Caravelas e no arco costeiro dos recifes de Abrolhos no último século foram influenciados por modificações ambientais implementadas pelo Homem, ou se acompanham uma tendência de mais longo prazo na dinâmica sedimentar existente neste ambiente.

Posto de outro modo, pode-se formular as seguintes hipóteses:

H0 – As taxas de sedimentação e a concentração relativa de sedimento siliciclástico no sedimento dos recifes de Abrolhos não aumentaram com a intensificação do processo de ocupação e modificação da Mata Atlântica no último século.

H1 - As taxas de sedimentação e a concentração relativa de sedimento siliciclástico no sedimento dos recifes de Abrolhos aumentaram com a intensificação do processo de ocupação e modificação da Mata Atlântica no último século.

Este trabalho se propõe a trazer novas informações a uma questão dogmática que é a tão aludida relação existente entre ações antropogênicas nas zonas costeiras e o declínio da vitalidade recifal. Adicionalmente, converge neste trabalho um estudo integrado das modificações, entre dois dos mais importantes biomas existentes no Brasil: Mata Atlântica e Recifes de Corais, ocorridas em um intervalo de tempo onde as intervenções humanas se fizeram mais atuantes. Um melhor conhecimento da dinâmica de funcionamento do ambiente recifal trazendo novas informações sobre este ambiente é parte de um planejamento que poderá culminar em um melhor ordenamento ambiental para o uso racional das zonas costeiras.

Leão (1996a) assinala a necessidade de se realizar avaliações quantitativas sobre o estado atual e pretérito dos recifes de corais no Estado da Bahia. Adicionalmente este trabalho poderá contribuir para responder à pergunta “estariam os recifes condenados à extinção no Antropoceno?”.

O Complexo Recifal de Abrolhos é um dos maiores patrimônios naturais do Brasil na zona costeira. Ao tentar elucidar a questão do comportamento do aporte de sedimento para o ecossistema recifal, paralelamente à ocupação da zona costeira emersa, tanto como os mecanismos de produção, transporte e deposição dos sedimentos de origem continental no último século, este trabalho poderá contribuir para que decisões sobre o tipo de ações de manejo possam vir a ser tomadas com maior segurança e precisão.

Para isto foram coletados testemunhos de sedimento no estuário da planície costeira de Caravelas e nas áreas inter - recifes do arco costeiro de Abrolhos, em abril de 2002 e em abril de 2003 respectivamente (Figura 01), onde foram determinadas as taxas de sedimentação estabelecendo assim, a cronologia das camadas sedimentares nas quais foram realizadas as análises de granulometria, de matéria orgânica (carbono total), o percentual de carbonato de cálcio, a quantificação das partículas siliciclásticas, a mineralogia dos argilominerais através do emprego da difratometria e fluorescência de Raios-X, além do inventário dos elementos químicos com ênfase nos metais pesados, os quais induzem riscos à saúde humana. Adicionalmente foi realizado um estudo do uso e ocupação do solo no Extremo Sul, através das técnicas de sensoriamento remoto, nos últimos 31 anos, e análise dos dados pluviométricos e fluviométricos das bacias hidrográficas da região circunvizinha ao complexo recifal dos Abrolhos.

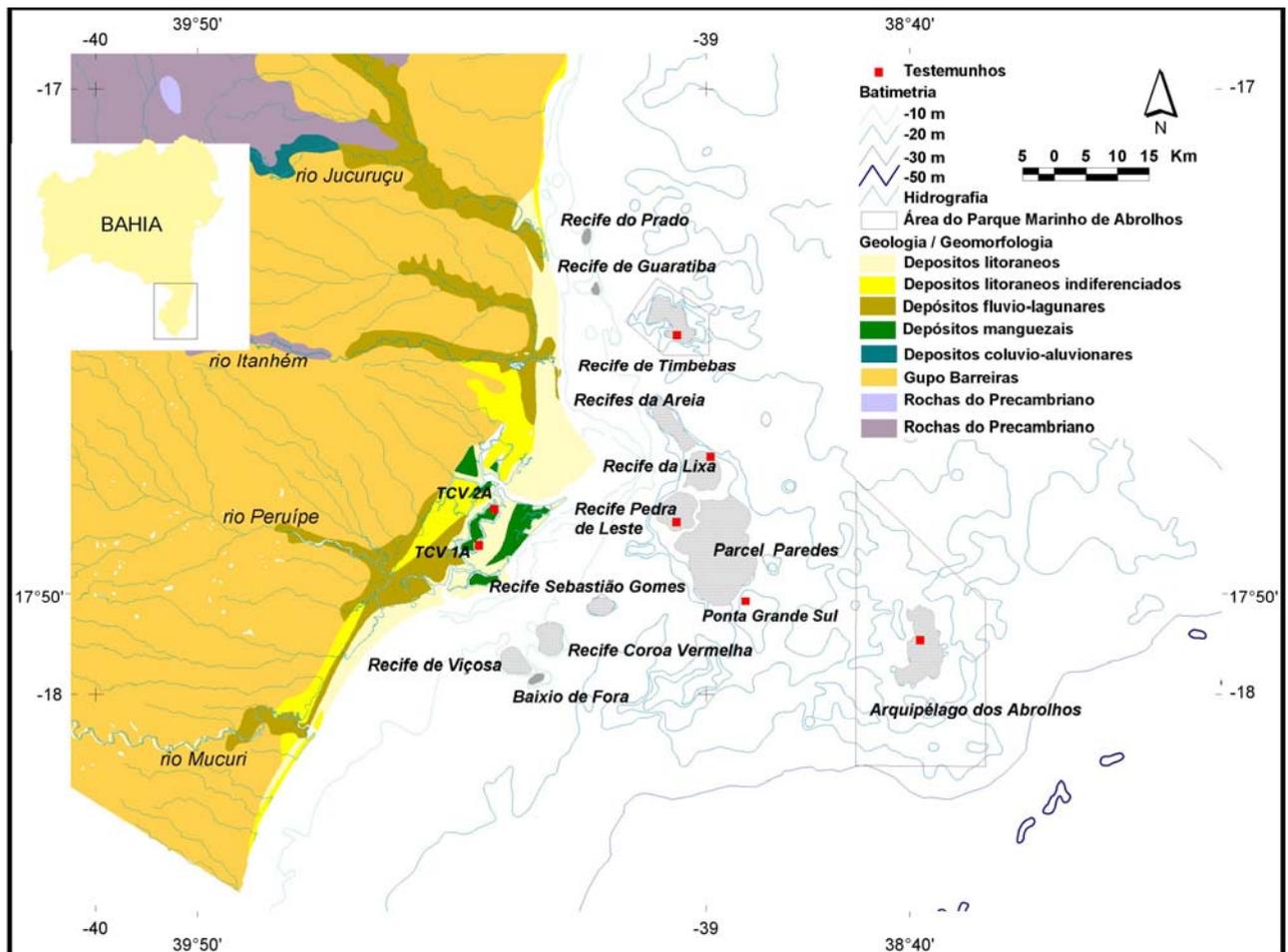


Figura 01 – Mapa de localização da área de estudo com a geologia/geomorfologia da parte emersa adjacente modificado de CBPM (2000a). Quadrados vermelhos indicam localização dos testemunhos de sondagem utilizados neste trabalho. Estuário da planície costeira de Caravelas (TCV 1A e TCV 2A), Recife de Timbebas (TTI), Recife do Lixa (LIX), Recife Pedra de Leste (TLE), e Recifes Ponta Grande Sul (PGS).

## 2.0 CARACTERIZAÇÃO REGIONAL DA ÁREA DE ESTUDO

A região econômica Extremo Sul da Bahia, (Figura 02), com seus 30.647,240 km<sup>2</sup> é a mais antiga área de ocupação e povoamento européia da Bahia e do Brasil. No entanto, o desenvolvimento socioeconômico e a expansão demográfica em seu espaço, somente assumiram características e patamares expressivos a partir de meados do século XX.

O Extremo Sul da Bahia situa-se entre as latitudes 15°40' S e 18° 20' S e as longitudes 38° 50' W e 40°30' W, com aproximadamente 185 km de extensão de linha de costa e uma população aproximada de 665.000 mil habitantes, tendo suas atividades econômicas baseadas nas atividades agrosilvopastoril (SEI, 2001). O forte dinamismo demográfico que acomete esta região, atualmente fez com que no ano de 2004, a população saltasse para 732.384 habitantes, porém uma atualização da população realizada em 2007 pelo IBGE acusava cerca de 711.535 habitantes, o que representa uma emigração de quase 21 mil habitantes em apenas três anos.

A designação região Extremo Sul da Bahia aqui adotada, segue o esboço político utilizado pelo IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Composta por 21 municípios (Figura 02), esta delimitação está em concordância com a proposta adotada pela SEI-SEPLANTEC (Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia).

### *2.1 Descrição Geológica e Geomorfológica da Área de Estudo*

Os tabuleiros costeiros e a planície costeira representam os dois grandes domínios geológico-geomorfológico presentes na zona costeira do Extremo Sul da Bahia. A geologia costeira da parte emersa é caracterizada pela larga extensão do Grupo Barreiras. Os depósitos quaternários alcançam um desenvolvimento considerável, apenas entre as localidades de Alcobaça, Caravelas e Nova Viçosa (Bittencourt, 1996), o Embasamento Cristalino aflora de forma proeminente na faixa central e oeste da região do Extremo Sul da Bahia (Figura 03).

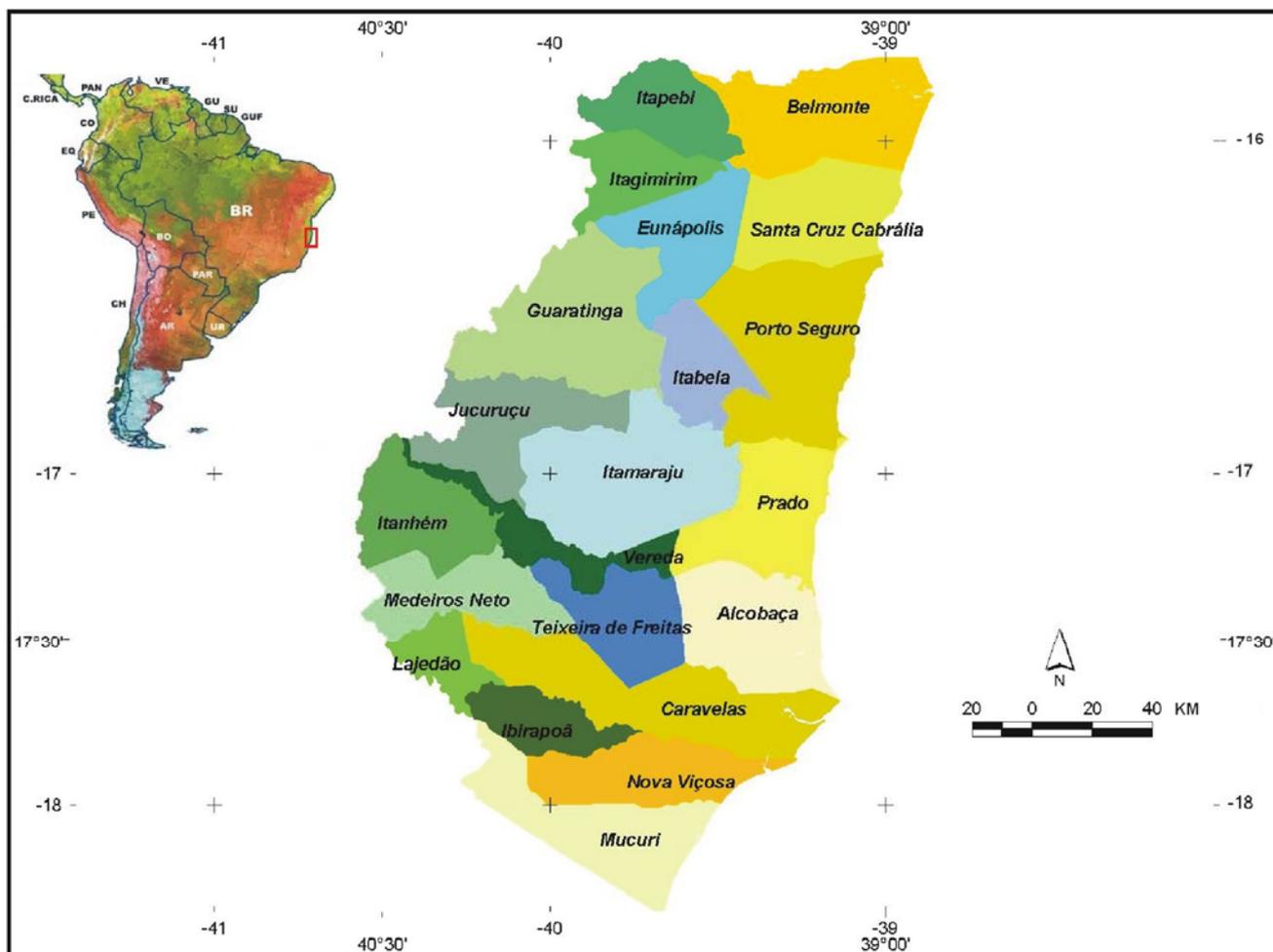


Figura 02 - Divisão político-administrativa dos municípios do Extremo Sul da Bahia. Modificado da SEI (2001).

### 2.1.1 Embasamento Cristalino

Constitui as unidades de planaltos, serras e colinas que afloram na faixa central e oeste da região Extremo Sul da Bahia (Figura 04). O Embasamento Cristalino é composto por rochas de idade precambriana e as principais litologias que compõe o embasamento incluem gnaisses, gnaisses migmatíticos, gnaisses kinzigíticos, quartzitos, xistos, filitos, metacarbonatos, conglomerados e granitóides. O Embasamento alcança, na região, altitudes máximas de 800 metros, localizado nos municípios de Jucuruçu, Guaratinga e Itanhém. A Figura 05 ilustra o afloramento do Embasamento Cristalino nas proximidades da cidade de Itamaraju.

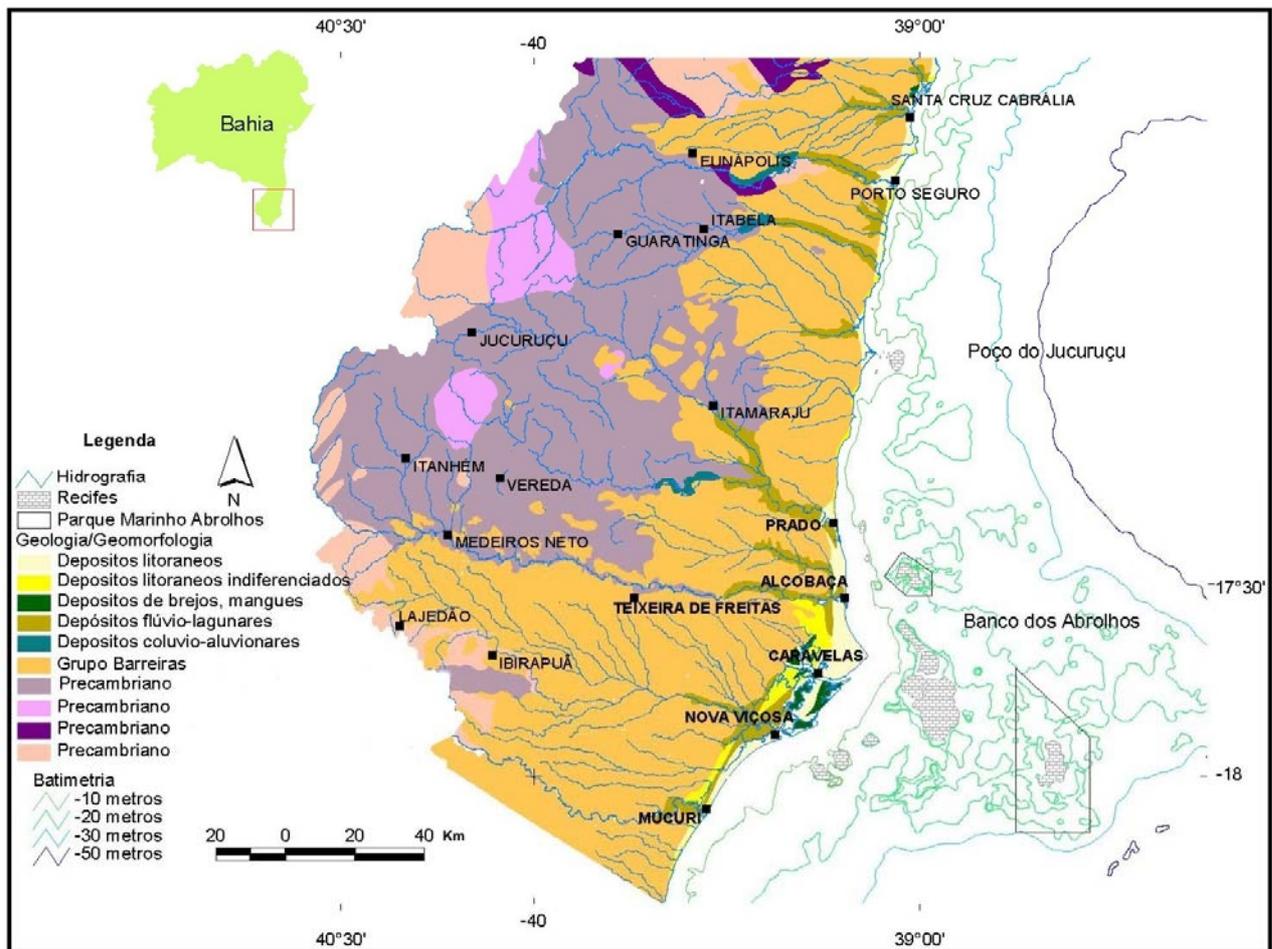


Figura 03 – Unidades geológicas e geomorfológicas presentes no Extremo Sul da Bahia. Modificado de CBPM (2000a). Recifes de corais digitalizados a partir das cartas náuticas da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) n<sup>o</sup> 1200 e 1300.

Trabalhos de levantamentos geológicos, na região, realizados por Celino e Conceição (1993) apontam três tipos principais de granitos, que intrudiram os kinzigitos: (i) leucogranitos com feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, muscovita, biotita e granada; (ii) granitóides do tipo S, com cordierita, feldspato, quartzo, granada e biotita, além de (iii) monzogranitos formados de feldspato potássico, plagioclásio, quartzo, biotita e hornblenda.

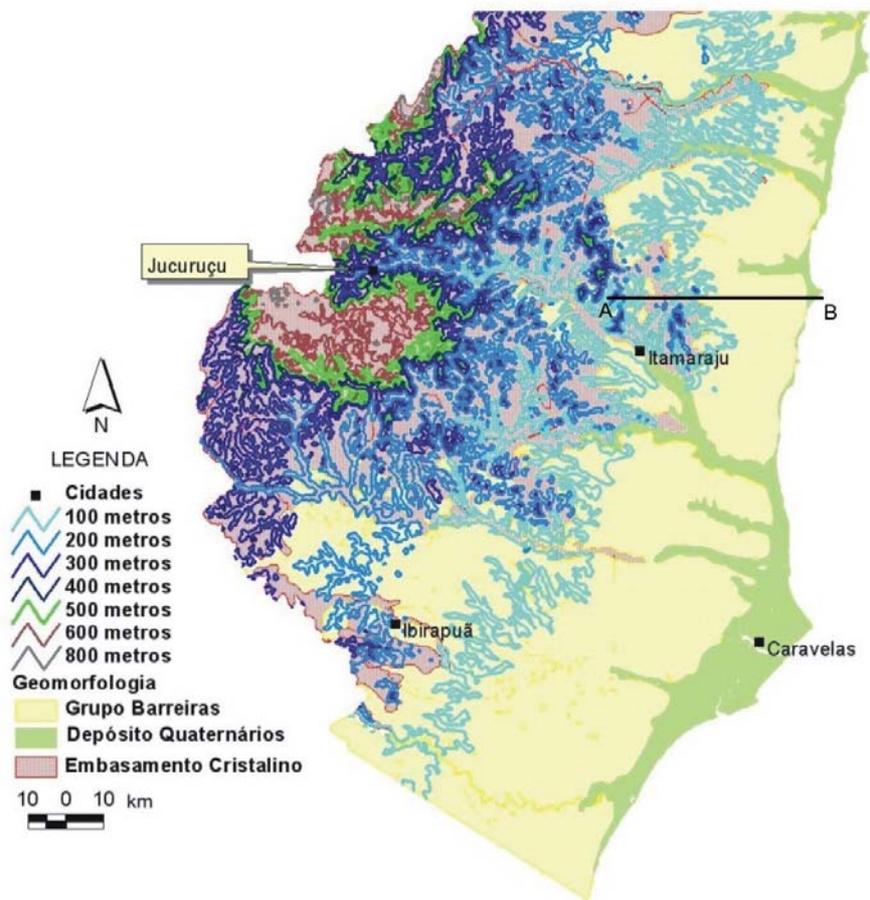


Figura 04 – Domínios geomorfológicos e curvas de nível presentes no Extremo Sul da Bahia, modificado de CBPM (2000a). Curvas de nível, modificado de IBGE (2004). Seção longitudinal adaptado de CBPM (2003).

### 2.1.2 Grupo Barreiras

Os tabuleiros costeiros constituem os sedimentos areno-argilosos, pobremente selecionados, de idade terciária do Grupo Barreiras, com permeabilidade moderada e níveis cimentados por óxido de ferro. Segundo Andrade (2000), o mineral de argila predominante, na região segundo é a caulinita.



Figura 05 – Embasamento do Pré-Cambriano aflorando às margens da BR 101, na circunvizinhança da cidade de Itamaraju.

Os tabuleiros costeiros exibem uma largura variável entre 20–120 quilômetros e altitudes entre 10 a pouco mais de 100 metros. Caracterizam-se ainda por interflúvios planos entalhados por inúmeros vales em forma de “U” com paredes íngremes e fundo chato (Andrade, 2000). De um modo geral os tabuleiros costeiros têm uma topografia plana e com menos freqüência suavemente ondulada.

Nos tabuleiros costeiros do Extremo Sul da Bahia, predominam os Latossolos e Argissolos, ambos amarelos e distróficos (Jacomine, 2001). Segundo a Universidade Federal de Viçosa (1984) isso se deve à natureza essencialmente caulínítica e quartzosa dos sedimentos, que, por serem bastante estáveis, não sofreram modificações de vulto com a pedogênese posterior. É comum, ainda nas áreas dos tabuleiros costeiros do Extremo Sul da Bahia a ocorrência de solos bastante vermelhos, normalmente argissolos, ocorrendo em cotas altimétricas ligeiramente mais elevadas, sugerindo origem a partir de rochas do Pré-Cambriano (Figura 06).

Uma característica comum a estes solos é a sua baixa fertilidade natural, onde a capacidade de troca de cátions e a soma de bases são geralmente muito baixas, a saturação com alumínio trocável é freqüentemente maior que 50% e o pH em água geralmente têm valores entre 4,0 e 5,0 (Fortunato, 2004). Outra característica também comum aos solos dos tabuleiros é a presença freqüente de impedimentos físicos que restringem a livre circulação dos fluidos e a livre penetração das raízes. Estes impedimentos físicos correspondem à presença de horizontes coesos nos Latossolos amarelos e Argissolos amarelos (Ribeiro, 1998). A designação coeso é atribuída para distinguir em subsuperfície o horizonte cujos solos são duros ou muito duros, de consistência extremamente duros quando secos, mas são friáveis quando úmidos.

O Grupo Barreiras, está em contato com a planície costeira através de uma linha de falésias inativas. As falésias ativas ocorrem ao sul na região de Mucuri e ao norte no município de Prado, onde os tabuleiros costeiros alcançam a linha de costa.



Figura 06 – Grupo Barreiras exposto às margens da rodovia BR-101, nas proximidades da cidade de Teixeira de Freitas.

### 2.1.3 Depósitos Quaternários

A planície costeira de Caravelas engloba sedimentos quaternários de origem marinha e fluvio-estuarina, incluindo-se aí terraços marinhos, terraços lagunares (terraços argilosos), terras úmidas (manguezais, planícies de maré e brejos) e praias.

A extensa planície costeira em forma de cúspide existente em Caravelas é atribuída por Bittencourt *et al.* (2000) como resultado da existência das estruturas recifais que atenuam a propagação das frentes de ondas que se aproximam da costa.

A planície costeira de Caravelas teve sua evolução associada às variações do nível do mar e às mudanças climáticas durante o Quaternário (Andrade *et al.*, 1997). Análise da sua evolução durante o Holoceno demonstra que os fenômenos globais (variações relativas do nível do mar) e fenômenos locais (captura de sedimentos em pontais arenosos) são os eventos controladores da evolução desta planície (Andrade *et al.*, 2003). Uma descrição pormenorizada da evolução da planície costeira de Caravelas pode ser obtida em Andrade (2000).

Os terraços argilosos que são os depósitos lagunares holocênicos aflorantes, apresentam topografia plana e estão a aproximadamente 1 metro acima do nível da preamar máxima atual. São constituídos por sedimentos argilosos, moderadamente consolidados. De acordo com Andrade e Dominguez (2002), o mineral de argila presente, determinado a partir de análise de difratometria de Raios-X é a caulinita.

As zonas úmidas estão representadas na área de estudo pelos brejos e manguezais. Segundo Mitsch e Gosselink (1993) estes ambientes possuem três características conspícuas: sedimentos anóxicos, presença de macrófitas e sofrem um processo sazonal de inundação ou saturação por água superficial ou subterrânea.

Os depósitos de brejos na planície costeira de Caravelas ocupam principalmente as zonas baixas que separam os terraços arenosos internos dos externos e os vales dos rios e riachos, o substrato desta unidade é constituído, via de regra, por sedimentos argilosos ricos em matéria orgânica, plástico e com baixa permeabilidade (Andrade e Dominguez, 2002). A Figura 07 demonstra a presença de zonas úmidas na planície costeira de Caravelas



Figura 07 – Brejos localizados na planície costeira de Caravelas, Bahia.

O Extremo Sul da Bahia abriga uma série de complexos estuarinos que são colonizados no seu entorno pela vegetação arbórea de manguezais. As espécies mais comuns são: mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), mangue-branco (*Laguncularia racemosa*), mangue-siriúba (*Avicennia germinans* ou *A. nitida*) e o mangue-de-botão (*Terminalia aggregata*).

A Figura 08 demonstra que grande parte da extensão territorial do Extremo Sul da Bahia está inserida em cotas altimétricas inferiores a 300 metros, sobre o Grupo Barreiras, no trecho a montante da planície costeira de Caravelas, o Grupo Barreiras se estende por mais de oitenta quilômetros.

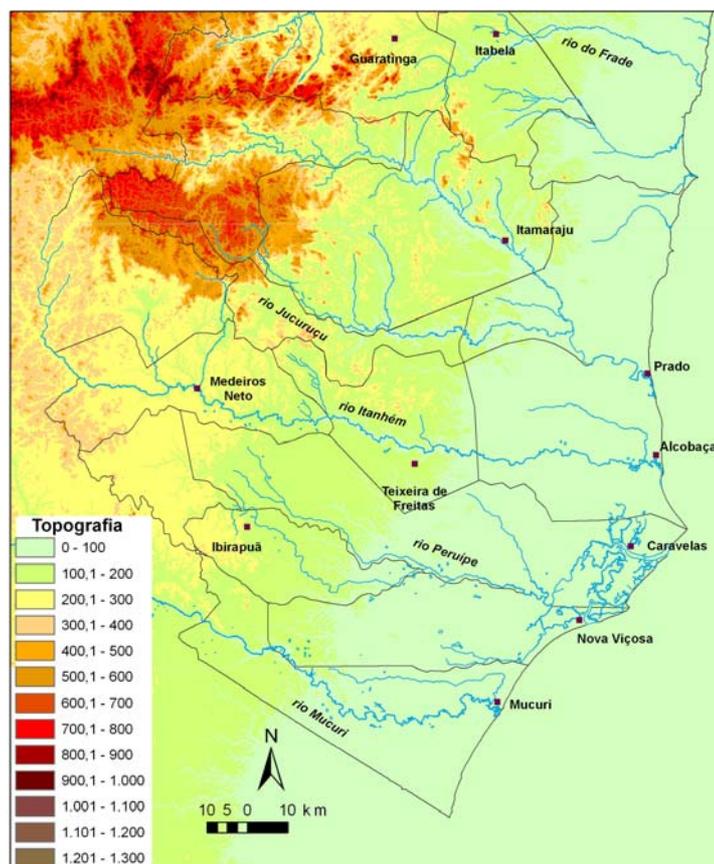


Figura 08 – Curvas topográficas para o Extremo Sul da Bahia, observar que grande parte da região esta inserida em cotas inferiores a 200 metros de altitude. Extraído de EMBRAPA (2007).

## 2.2 Descrição da Parte Submersa

A fisiografia da plataforma continental a partir da cidade de Canavieiras sofre alterações morfológicas destacadas como indicam as Cartas Náuticas da DHN (Diretoria de Hidrografia e Navegação) nº 1100, 1200 e 1300, decorrente de processos tectônicos-sedimentares e tectônicos-magmáticos ocorridos a partir do Cretáceo (Asmus, 1984), o que torna os contornos batimétricos da plataforma continental bastante irregulares. Na parte norte do Extremo Sul da Bahia entre as cidades de Canavieiras e Belmonte ocorre um alargamento da plataforma continental, formando o Banco Royal Charlotte que atinge uma largura de pouco mais de 100 quilômetros, contrastando com uma média de 30 quilômetros de extensão encontrada na maior parte da plataforma continental no Sudeste da Bahia.

Ao sul do banco Royal Charlotte, entre a Ponta de Corumbau e a cidade de Prado, a plataforma torna-se bastante estreita, com uma extensão variável entre 40 a 50 quilômetros de extensão, formando um verdadeiro golfo submarino, bastante profundo designado de poço do Jucuruçu (Leão, 1994) (Figura 03).

Quase em frente à cidade de Prado, a plataforma continental, novamente alarga-se abruptamente, criando o banco dos Abrolhos, para sul. Os recifes de Abrolhos ocupam aproximadamente uma área de 6.000 km<sup>2</sup>. Os recifes que aí se desenvolveram formam dois arcos, o arco costeiro ou arco interno de Abrolhos e o arco externo de Abrolhos, ambos situados de forma quase paralela à linha de costa, circundados por bancos rasos e canais estreitos de paredes escarpadas, tendo o canal de Abrolhos (20-30 metros de profundidade) como o divisor entre os dois arcos (Leão e Kikuchi, 2001).

O complexo recifal de Abrolhos possui profundidades inferiores a 30 metros (Leão e Ginsburg, 1997), sendo cortado por dois principais canais (≅20 quilômetros de largura por 50 quilômetros de extensão), chamados de canal de Abrolhos e canal de Sueste, ambos com orientação NE-SW. O canal de Sueste, está limitado entre as isóbatas de 10 metros e 20 metros e antecede os recifes do arco costeiro de Abrolhos.

O arco costeiro de Abrolhos constitui-se de bancos recifais afastados da costa, localizados a distâncias variáveis de 5 a 25 quilômetros da linha de costa, já o arco externo de Abrolhos é constituído por recifes em franja que bordejia as ilhas do Arquipélago de Abrolhos e por chapeirões isolados ocorrendo a profundidades superiores a 20 metros e distando cerca de setenta quilômetros costa-afora, a leste das ilhas que compõe o arquipélago dos Abrolhos (Leão, 1996b; Leão e Dominguez, 2000). Os recifes do Arquipélago dos Abrolhos possuem como substrato ilhas de origem vulcânica de idade Terciário (Leão e Kikuchi, 2001).

### 2.2.1 Morfologia dos recifes da área de estudo

A classificação morfológica dos recifes aqui apresentada está baseada nos trabalhos de Leão (1994); Leão (1996a); Leão (1996b); Kikuchi (2000); e Leão e Kikuchi (2001), na Figura 09 é apresentado um esquema dos tipos morfológicos de recifes que ocorrem no Extremo Sul da Bahia.

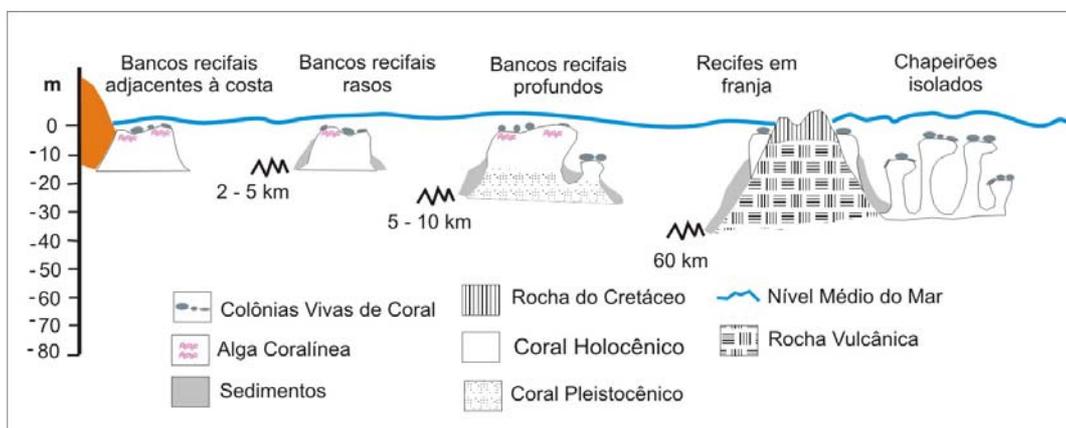


Figura 09 – Desenho esquemático onde são apresentados os principais tipos recifais, presentes no Extremo Sul da Bahia. Modificado de Leão e Kikuchi (1999).

Os bancos recifais adjacentes à costa são estruturas comumente alongadas e paralelas à costa com dimensões variadas desde alguns poucos metros de comprimento e largura até cerca de cinco quilômetros de extensão. Estão localizados em águas muito rasas, ficam expostos durante as baixamares, e são parcialmente recobertos por areia quartzosa. A profundidade na frente recifal geralmente situa-se entre 5 a 10 metros. Estes recifes encontram-se distribuídos no litoral norte do município de Prado.

Os bancos recifais adjacentes à costa não apresentam uma laguna na parte posterior do recife (*back-reef*), pois estas estruturas comumente mergulham sob a areia da praia. Estas estruturas recifais são distinguidas dos recifes em franja por suas dimensões menores, pela ausência da laguna e pelo seu desenvolvimento em função da evolução costeira. No litoral norte de Prado, ocorrem alguns bancos recifais adjacentes à costa associados a terraços de abrasão (Figura 10).

Bancos recifais rasos e profundos são estruturas recifais com dimensões muito variadas, formados pela coalescência lateral do topo de colunas coralinhas isoladas (*mushroom – shaped*, ou pináculos recifais). A maior parte desses bancos exibem um platô plano, produzido pelo truncamento dos recifes decorrente do abaixamento do nível relativo do mar nos últimos 5.100 anos antes do presente (A.P.). Esse abaixamento favoreceu também o crescimento lateral do topo recifal, ao passo que inibiu seu crescimento vertical. Suas alturas, acima da superfície do fundo marinho, variam de cerca de 10 metros (bancos rasos) a mais de 20 metros (bancos profundos). Com formas alongada, circular, arqueada, em semi-arco ou anel, decorrente da arquitetura do seu substrato ou à sua posição relativa ao nível atual do mar, estes recifes podem variar suas dimensões de algumas dezenas de metros de largura até cerca de vinte quilômetros de extensão, como é o caso do Parcel das Paredes (Figura 11).

Estes bancos recifais devido a sua forma, ao seu posicionamento com relação à linha de costa, e a descontinuidade lateral se diferenciam dos exemplos clássicos de recifes de barreira. A maior parte destes recifes apresenta o topo truncado, podendo ficar exposto subaereamente durante as marés baixas. A superfície do topo recifal é bastante irregular com numerosas pequenas e rasas piscinas arenosas composta de fragmentos esqueletais carbonáticos, piscinas profundas podem ocorrer nas áreas entre os chapeirões que não foram inteiramente preenchidos por sedimentos carbonáticos. A parede recifal tanto a barlavento quanto a sotavento é comumente abrupta, não existindo, assim uma zona característica de pós-recife.



Figura 10 – Terraço de abrasão marinha, no município de Prado. Foto Marcos Nunes.

Alguns destes recifes estão protegidos dos ventos de nordeste e leste que são dominantes durante o ano, mas estão expostos durante as tempestades de inverno que chegam juntamente com os ventos de sul e sudeste (Leão, 1996b).

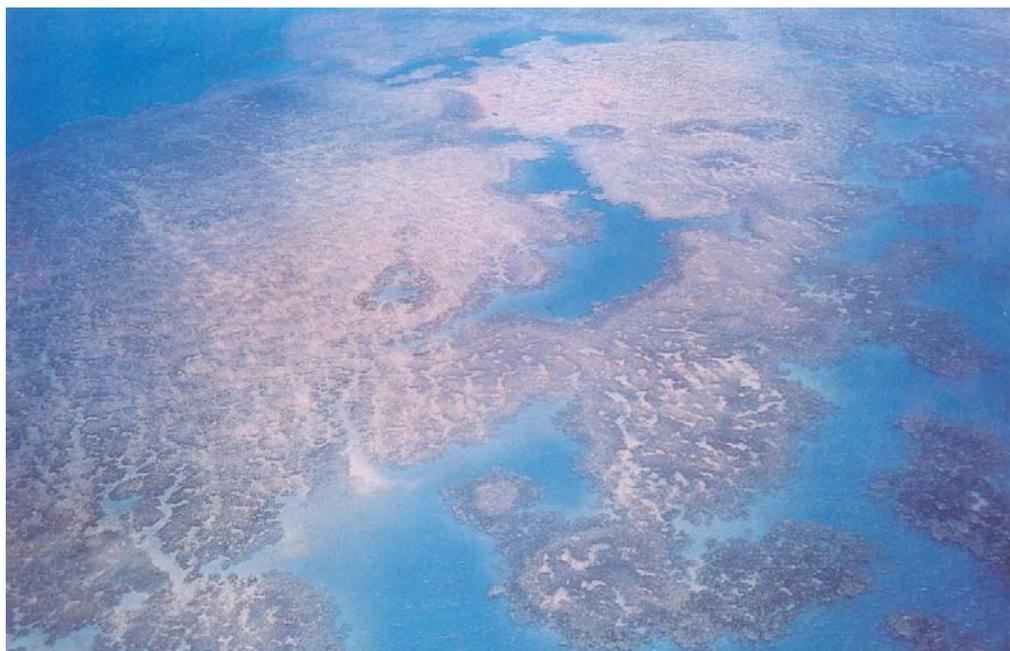


Figura 11 – Parcel das Paredes, bancos recifais formados pela coalescência lateral do topo de colunas recifais isoladas. Foto Carlos Secchin, extraído de Hetzel e Castro (1994).

Recifes em forma de franja pouco desenvolvidas bordejam a costa das cinco ilhas que compõe o arquipélago dos Abrolhos. Os recifes em franja mais desenvolvidos estão situadas na ilha de Santa Bárbara, e a exemplo dos demais tipos de recifes, seus topos ficam, também, expostos durante as marés baixas. O topo recifal dos recifes em franja de Abrolhos se estende por 50-60 metros e a parte submersa, não excede cinco metros de profundidade durante a maré baixa.

### 2.2.2 O Ecossistema Recifal de Abrolhos

O Extremo Sul da Bahia possui as mais extensas áreas de recifes coralinos do Brasil. Em termos biológicos, sua importância pode ser avaliada por esta região abrigar todas as espécies de corais-pétreos recifais encontrados no país. A região de Abrolhos possui a mais alta diversidade de corais do Brasil, e todos os corais escleractínios hermatípicos e hidrocorais encontrados na costa brasileira estão presentes nesta área, o que inclui sete espécies endêmicas (Laborel 1969; Leão 1982; Maida e Ferreira, 1997).

As espécies *Mussismilia braziliensis*, *Mussismilia hartti*, *Mussismilia hispida* além de *Favia leptophylla* que estão entre as principais construtoras recifais, são remanescentes da fauna Terciária, que ficou preservada na região de Abrolhos (Leão, 1982). Adicionalmente, a fauna coralínea brasileira guarda grande similaridade com os corais do Mioceno na Europa e com as espécies caribenhas do Eoceno (Laborel, 1969).

Como estes recifes, ainda hoje, são pouco estudados acredita-se que novas espécies possam ser descobertas no momento em que estudos sistemáticos forem ampliados. Na década de 90, duas novas espécies de octocorais foram descritas *Plexaurella regia* e *Muricea flamma* (Castro, 1994). Recentemente Echeverria (2002) registrou uma nova espécie de coral negro (*Cirripathes secchini*) na região dos recifes de Abrolhos e mais duas outras espécies de corais negros tiveram sua distribuição geográfica ampliada para o Atlântico Sul.

Os recifes de corais do Estado da Bahia ocorrem em um ambiente onde os níveis de turbidez são altos decorrentes de sedimentos de origem continental ou de material ressuspendido, produzido *in-situ* ou trazido até o ambiente deposicional, através das correntes de deriva litorânea, que deslocam sedimentos de fora para dentro da área de interesse, e dos “*littoral energy fence*” (molhe hidráulico), exercidos pelas desembocaduras fluviais (Swift e Thorne, 1991), decorrente da ação de ondas e correntes.

Grande parte dos recifes do litoral baiano estão inseridos em um ambiente de transição siliciclástico para carbonático (designação dada para plataforma mista), embora, como argumentam Leão e Kikuchi (1995), os recifes de corais que ocorram sob estas circunstâncias tendam a se ajustar a esta condição através de mecanismos de tolerância fisiológica, de forma a minimizar os efeitos deletérios dos sedimentos siliciclásticos sobre os corais e algas coralínáceas. A baixa diversidade de espécies construtoras de recifes encontradas na Bahia é explicada pelos autores como provavelmente resultante do sucesso das espécies mais tolerantes às condições de elevada turbidez.

A turbidez na coluna d'água, no entanto, não é um fator impeditivo para a ocorrência de comunidades recifais, embora ocorra uma menor diversidade de espécies de corais maciços e incrustantes sob estas circunstâncias. Leão (1996a) descreve que ao longo de quase toda a costa da Bahia, os recifes próximos à costa em torno de 40 a 80% do sedimento perirecifal têm origem terrestre. No arco costeiro de Abrolhos, os recifes estão inseridos em um ambiente onde 30 a 70% do sedimento perirecifal são constituídos por clásticos terrígenos (Figura 12).

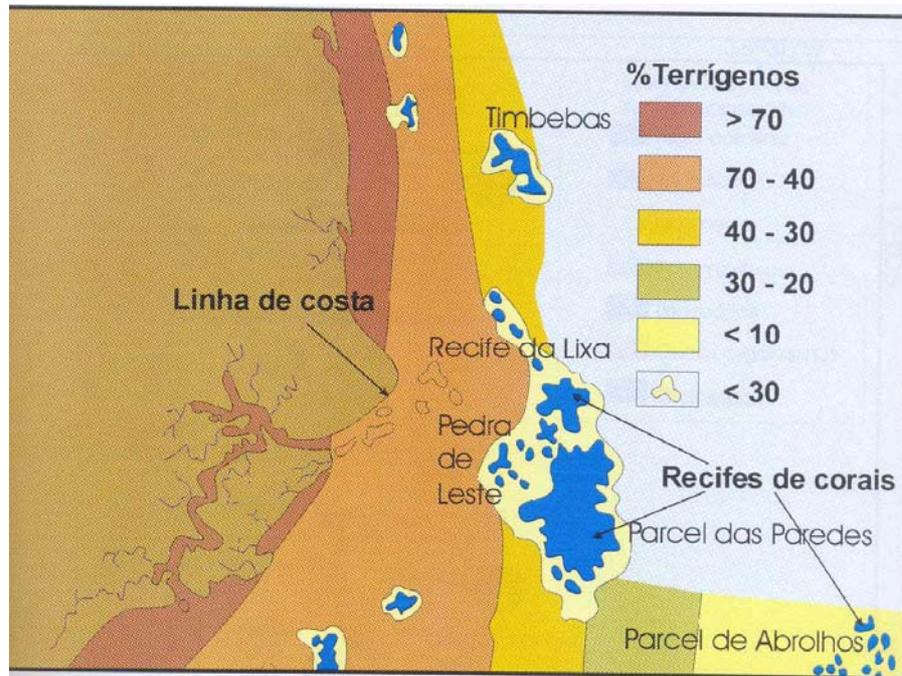


Figura 12 - Percentual de grãos terrígenos presentes nos sedimentos superficiais do arco costeiro de Abrolhos. Adaptado de Leão (1982).

Outra particularidade que caracteriza os recifes da região de Abrolhos é a forma peculiar de crescimento de alguns recifes em forma de cogumelo denominada de chapeirão. Essa forma de crescimento é exclusiva para os recifes do sul da Bahia (Laborel, 1969; Leão, 1982 e Leão, 1994).

Por fim, uma outra importante característica dos recifes brasileiros é a larga ocorrência de algas calcárias incrustantes e moluscos gastrópodos vermetídeos que compõe uma parcela considerável da estrutura recifal (Maida e Ferreira, 1997; Testa, 1997; Figueiredo, 1997).

A geologia e biologia dos recifes da região de Abrolhos têm sido descritas desde o século XVIII. Um histórico destes trabalhos é apresentado por Leão (1996a). Entre os trabalhos mais recentes destacam-se os de Laborel (1969), Leão (1982), Secchin (1986), Hetzel e Castro (1994), Castro (1997), Leão e Kikuchi (1999) e Leão e Kikuchi (2001).

### 2.3 Circulação Atmosférica

O padrão de circulação atmosférica para o Nordeste do Brasil é constituído por dois principais elementos que são: (i) massas de ar originárias na célula de Alta Pressão do Atlântico Sul e (ii) o avanço semiperfódico de massas da Frente Polar Atlântica (Dominguez *et al.*, 1992; Dominguez e Bittencourt 1994 e Martin *et al.*, 1998).

Os ventos alísios de E – SE e de NE oriundos do anticiclone do Atlântico Sul ao atingirem a costa nordeste do Brasil e divergirem, constituem em uma Zona de Divergência (ZD), que migra ao longo do ano. Ela está situada, durante o verão, próximo ao paralelo 10° S e, durante o inverno, alcança 20° S (Dominguez e Bittencourt, 1994). Acrescida à ZD há ainda a movimentação sazonal da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), resultante da convergência dos ventos alísios de NE e SE, que durante o verão se desloca em direção do interior do continente sulamericano, e migra para o hemisfério norte com a chegada do inverno. A ZCIT está associada às zonas de maior temperatura na superfície dos oceanos (Ocean Circulation - Open University 1989) (Figura 13).

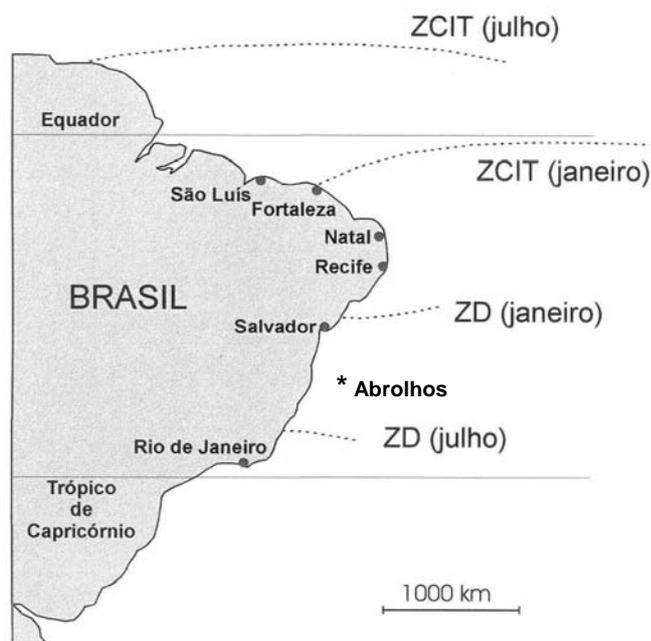


Figura 13 – Mapa apresentando as posições da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), da Zona de Divergência (ZD), dos ventos alísios em julho e em janeiro. De acordo com Martin *et al.* (1998).

Dessa forma, a área de estudo, é dominada por ventos provenientes do quadrante NE e E durante a primavera e o verão (outubro a março), e ventos do quadrante de SE e E durante as estações de outono e inverno (abril a setembro) (Figura 14). Este padrão de circulação atmosférica e a morfologia da plataforma interna são os responsáveis pela geração dos trens de ondas que alcança a linha de costa (Andrade *et al.*, 2003).

Levantamentos realizados pela CEPEMAR (2005) no arco interno de Abrolhos, num período de três anos, indicou que a velocidade média dos ventos para todo o período estudado foi de 4,2 m/s, sendo que a maior velocidade observada foi de 13,4 m/s. As maiores velocidades estiveram associadas aos ventos de NE e NNE, superiores a 8,8 m/s. Os ventos do quadrante NE representam 23,8%, E 16,7%, SE 13,3 % e S 16,5 % das ocorrências.

Registros obtidos na estação meteorológica de Abrolhos e apresentados por Lessa e Cirano (2006) apontam que a maior frequência na direção dos ventos está associada aos quadrantes de nordeste (30 % das ocorrências), leste (24 % das ocorrências), sudeste (14 % das ocorrências) e norte (12 % das ocorrências). Os ventos provenientes do quadrante norte, nordeste e leste são característicos do período de verão, ocorrendo com 69 % das observações realizadas entre os meses de outubro a março. Os ventos de sudeste, sul e sudoeste prevalecem durante o período do outono e início do inverno, ocorrendo em mais de 42 % das observações realizadas entre os meses de abril a julho.

O modelo de ondas para a região de Abrolhos, proveniente do quadrante nordeste e leste alcança alturas máximas em alto-mar de 1,0 metros e períodos de 5 segundos, enquanto que ondas provenientes do quadrante sudeste e sul-sudeste atingem alturas em alto-mar de 1,5 metros e períodos de 6,5 segundos (Bittencourt *et al.* 2000).

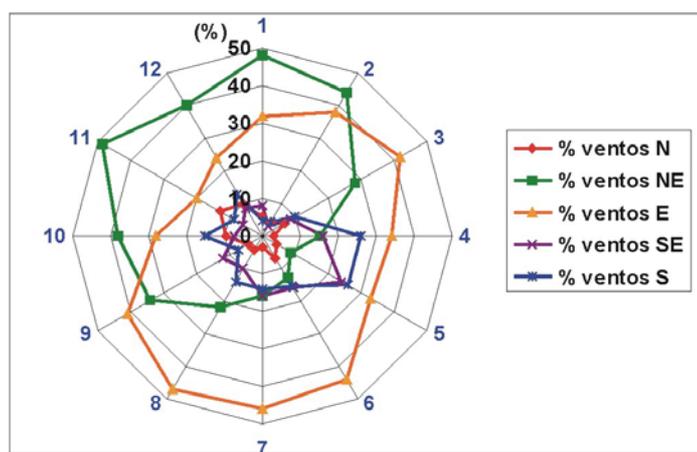


Figura 14 - Média histórica de direção de vento entre 1951 a 1973 apresentando a relação entre percentual de ventos por octante e meses do ano para a estação meteorológica de Abrolhos. Dados disponibilizados pela DHN /BNDO.

#### 2.4 Correntes Oceânicas e Costeiras

A Corrente do Brasil (CB) origina-se ao sul de 10<sup>0</sup> S sendo formada pelo empilhamento das massas de águas características do Atlântico Sul. Nos primeiros três quilômetros de coluna d'água encontram-se Água Tropical (AT), Água Central do Atlântico Sul (ACAS), Água Intermediária Antártica

(AIA), Água Circumpolar Superior (ACS) e Água Profunda do Atlântico Norte (APAN) (Silveira *et al.*, 2000).

A Corrente do Brasil é uma corrente oceânica rasa, quente e salina ( $> 36$  ups), constituída basicamente por AT fluindo junto à quebra da plataforma continental. Próximo a latitude de  $20^{\circ}$  S, a CB recebe contribuição da ACAS, e se torna mais profunda e cresce em transporte. Em torno da latitude  $15^{\circ}$  S, devido ao alargamento da plataforma continental (Banco Royal Charlote), a CB se afasta da costa embora às vezes meandre em direção à plataforma interna (Silveira *et al.*, 2000).

Stramma *et al.* (1990) citado por Silveira *et al.*, (2000), consideram a possibilidade de uma célula de recirculação ciclônica costeira que transporta 2 Sverdrup (Sv) entre as latitudes  $12^{\circ}$  S e  $16^{\circ}$  S, o resultado é o transporte da CB nessas latitudes em torno de 6 Sv.

Miranda e Castro (1981) estimaram que a CB em torno de  $19^{\circ}$  permaneça como uma corrente estreita, com aproximadamente 75 quilômetros de largura e rasa. O transporte, nesta latitude foi de 5,5 Sv e velocidade de superfície máxima da ordem de  $0,72 \text{ ms}^{-1}$ , sendo que mais de 50 % está confinado aos primeiros 200 metros.

Silveira *et al.* (2005) posteriormente corroborou com este dados descrevendo que a Corrente do Brasil entre  $17^{\circ}$  e  $18^{\circ}$  S apresenta-se com um único ramo, transportando em torno de 3,0 Sv de Água Tropical. Este comportamento contrasta com o apresentado na Cadeia Vitória Trindade ( $\sim 20^{\circ}$  S) onde a CB apresenta-se trifurcada ao escoar através dos montes submarinos transportando Água Tropical e Água Central do Atlântico Sul (ACAS), com um transporte muito mais intenso em torno de 7,0 Sv.

Com relação as correntes costeiras, Ovalle *et al.* (1999) monitorou a temperatura e a salinidade no Complexo de Abrolhos, com o uso de um CTD entre dezembro de 1994 e janeiro de 1995 e indicou que a temperatura da coluna d'água se manteve constante em torno de  $27^{\circ}$  C, a salinidade mostrou uma estreita variação entre 36.3 – 37.1ups, indicando que as águas costeiras na região do Complexo de Abrolhos são controlados por águas oceânicas com pouca proporção de água doce. Para Leipe *et al.* (1999) o caráter homogêneo da temperatura na coluna d'água, na plataforma continental, na região do complexo recifal de Abrolhos, em torno de  $27^{\circ}$  C, é o resultado da contínua mistura provocada pelos ventos e pela ação das marés.

Sobre a plataforma interna, Lessa e Cirano (2006) realizaram em dois pontos de amostragem um monitoramento das correntes no arco interno de Abrolhos através do uso de um correntômetro e obtiveram uma média das correntes costeiras, no primeiro ponto de  $17 \text{ cm}^{-1}$  e  $24 \text{ cm}^{-1}$  no segundo ponto monitorado, os valores máximo de corrente alcançaram  $64 \text{ cm}^{-1}$  e  $93 \text{ cm}^{-1}$  respectivamente. A direção das correntes é nitidamente bimodal, orientadas preferencialmente ao longo de um eixo NE-SW.

## 2.5 O Padrão de Dispersão de Sedimentos na Zona Costeira da Área de Estudo

Bittencourt *et al.* (2000) discorre que, ao longo da costa do Estado da Bahia a deriva litorânea efetiva é predominantemente de sul para norte. Todavia, significativas reversões locais no sentido dessa deriva ocorrem ao longo da costa como entre os trechos costeiros de Ponta da Baleia (Caravelas) a Ponta do Corumbau (Porto Seguro). Entre os indicadores geomórficos podem ser apontados, como exemplos de feições construídas a partir de uma corrente costeira de norte para sul, o pontal arenoso de Alcobaça e a feição cuspidada de Ponta de Corumbau (Figura 15).

Os padrões de dispersão de sedimentos ao longo da costa do Estado da Bahia, a par de estarem controlados pelo sistema de circulação atmosférica, estão também, de uma maneira geral, controlados pelos contornos da linha de costa e, ainda, pela presença dos recifes. Estas estruturas recifais formam um considerável anteparo à propagação das ondas nos trechos costeiros a sotamar dos mesmos (Bittencourt *et al.*, 2000).

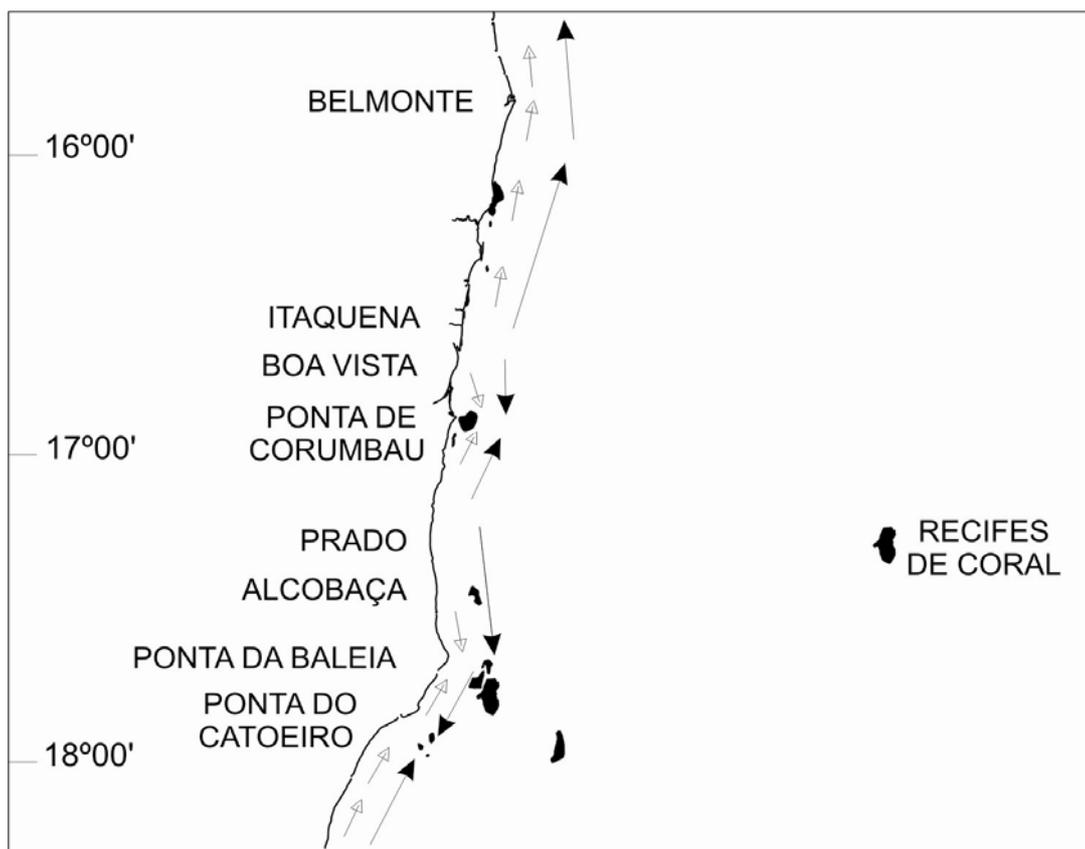


Figura 15 – Sentido da deriva litorânea ao longo do Extremo Sul da Bahia. Modificado de Bittencourt *et al.* (2000).

Setas pretas indicam a direção preferencial da deriva litorânea, setas brancas representam a direção dos indicadores geomórficos.

Os padrões de dispersão de sedimentos exemplificados acima irão propiciar a formação de diferentes tipos de formas de acumulação ao longo da costa do Estado da Bahia, bem como serão responsáveis pela existência de consideráveis trechos sofrendo processos erosivos. Entre as formas de acumulação destacam-se as feições cuspidadas localizadas em Caravelas, decorrente do padrão convergente da deriva litorânea que aí ocorre (Bittencourt *et al.* 2000). Trechos costeiros sob erosão são encontrados entre a Ponta de Corumbau e Prado e ao sul do município de Mucuri, onde falésias do Grupo Barreiras mostram-se ativas.

## 2.6 Tipologias Climáticas

O clima da região é do tipo equatorial sem uma estação seca definida, com chuvas bem distribuídas ao longo do ano ocorrendo na porção litorânea e central do Extremo Sul da Bahia. A precipitação média anual nesta faixa do estado situa-se em torno de 1200 a 1800 mm. De acordo com a tipologia climática de Thornthwaite, os tipos climáticos aí ocorrentes é o úmido e o úmido a subúmido (B1r'A' e C2d'A' respectivamente). Na porção oeste do Extremo Sul da Bahia predomina o tipo climático subúmido a seco (C1dA'), com pluviosidade média anual entre 1000 e 1200 mm (Figuras 16, 17 e 18).

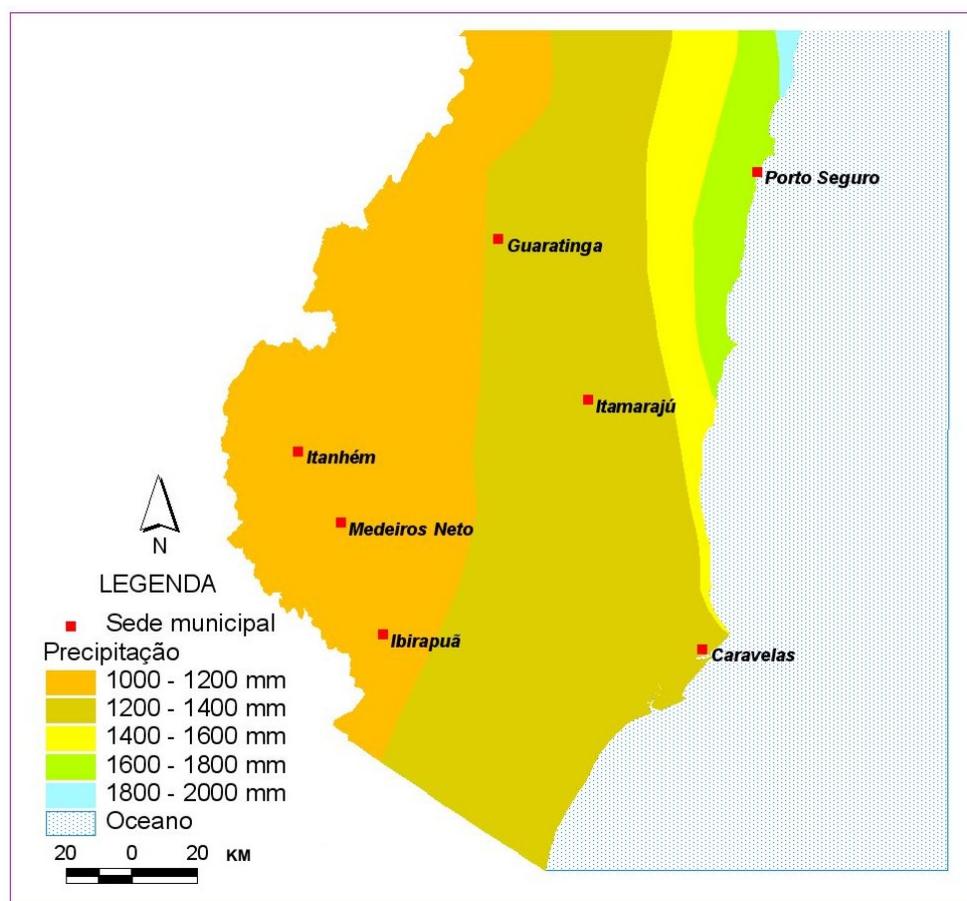


Figura 16 – Precipitação média anual para parte do Extremo Sul da Bahia. Modificado de IESB (2003).

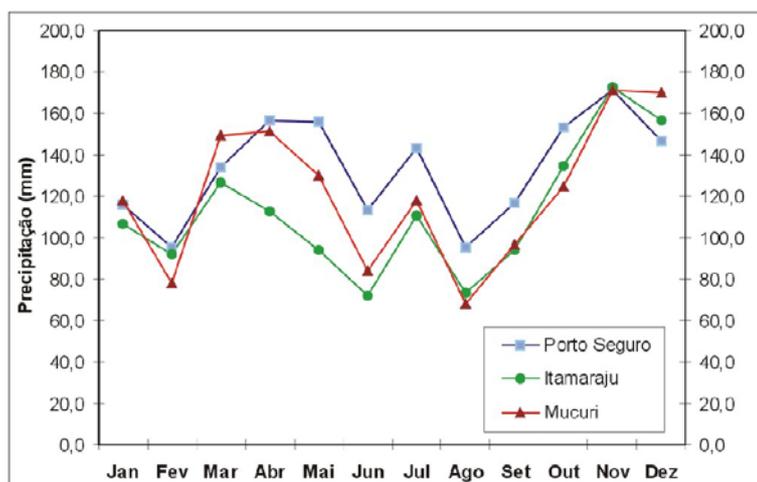


Figura 17 - Médias históricas de precipitação (mm). Porto Seguro (1972-2004); Itamaraju (1982-2004) e Mucuri (1982-2004). Fonte CEPLAC/CEPEC/ Climatologia.

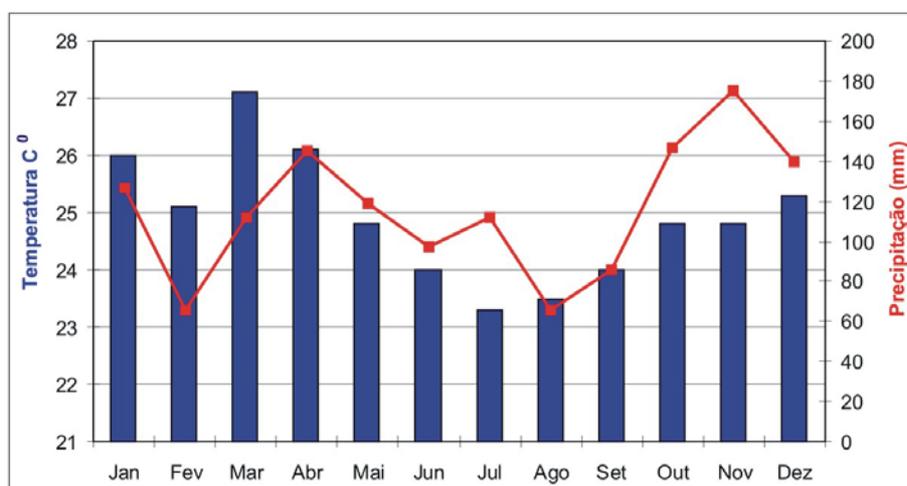


Figura 18 – Precipitação média mensal (mm) e temperatura (°C). Série histórica 1951 – 1973, para o Arquipélago dos Abrolhos. Dados disponibilizados pela DHN /BNDO.

## 2.7 Bacias Hidrográficas

As bacias hidrográficas nesta região são incipientes, salvo a bacia hidrográfica do rio Mucuri (15.384 km<sup>2</sup>), embora ocorram duas importantes bacias hidrográficas a norte e a sul da área de estudo, que são respectivamente as bacias formadoras dos rios Jequitinhonha e Doce. A bacia hidrográfica do Extremo Sul é formada por rios de pequena vazão e de drenagem reduzida, com áreas menores que 10.000 km<sup>2</sup>, a exemplo dos rios Jucuruçu (6.142 km<sup>2</sup>), Itanhém (6.722 km<sup>2</sup>), Peruípe (4.780 km<sup>2</sup>), além das bacias dos rios Buranhém, Caraíva, e do Frade (Figura 19). A planície costeira de Caravelas é constituída por pequenos rios da ordem de poucas dezenas de quilômetros de extensão, como o rios Jaburuna, Caribê, Macaco e Massanango, a confluência destes pequenos cursos d'água formam o estuário do rio Caravelas.

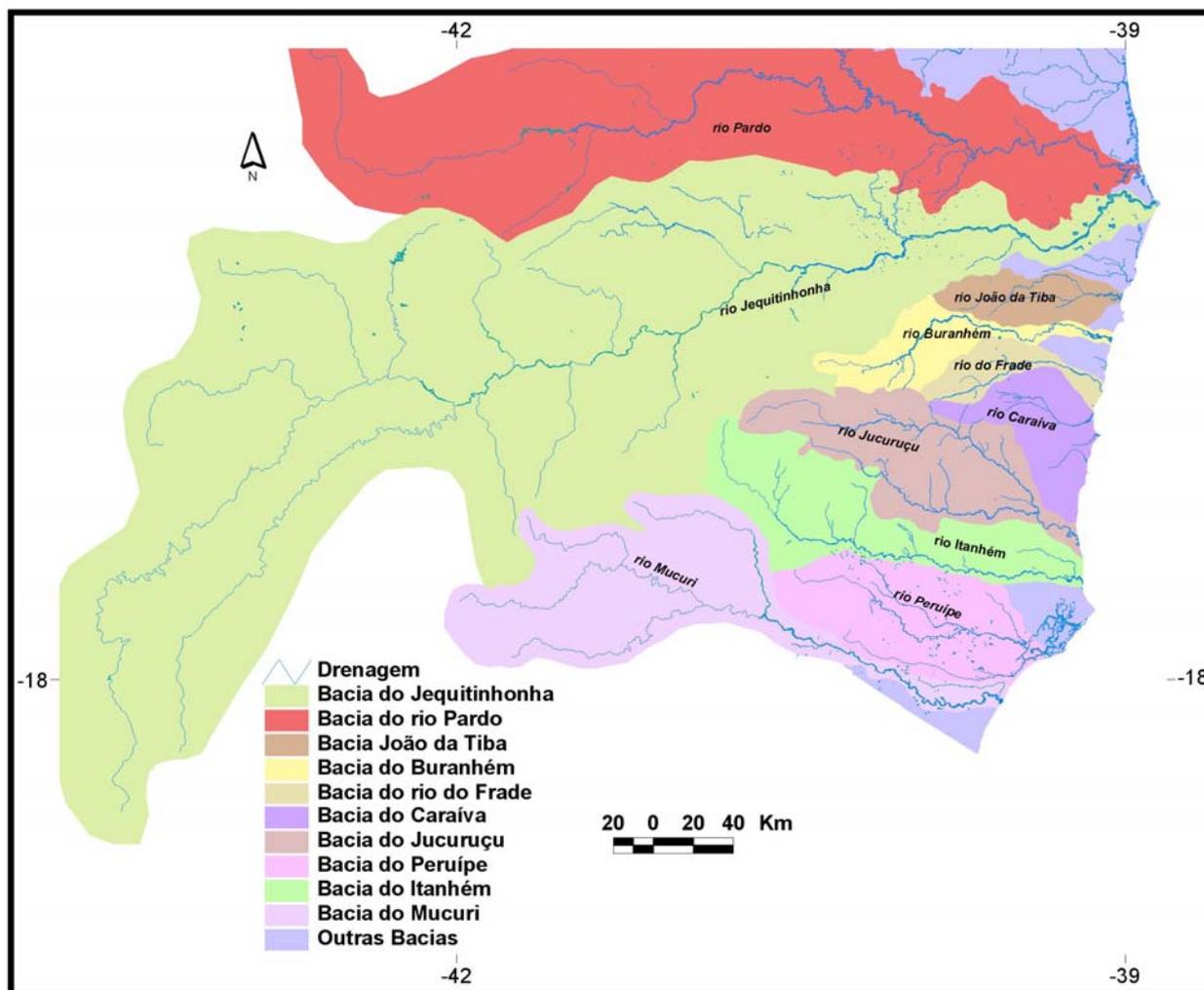


Figura 19 – Bacias hidrográficas do Extremo Sul da Bahia. Modificado de IESB (2003) e CPRM (2001).

A bacia do rio Jucuruçu está situada, na sua quase totalidade no Extremo Sul da Bahia, tendo apenas suas nascentes em território mineiro. Sua rede hidrográfica compreende uma área de 4.830 km<sup>2</sup> na Bahia, o que corresponde a 84,7% de sua área total, banha os municípios de Jucuruçu, Itamaraju e Prado e apresenta uma densidade de drenagem da ordem de 0,15 km/km<sup>2</sup> (CEPLAC 1976b). A característica topográfica da bacia do rio Jucuruçu é formada no sentido oeste para leste pelos seguintes relevos: montanhoso no município de Jucuruçu, forte ondulado a ondulado na porção central da bacia e suave ondulado a plano no baixo curso do referido rio.

A bacia do rio Itanhém em território baiano, apresenta uma área de drenagem de 4.950 km<sup>2</sup>, que corresponde a 77,5% de sua área total. A rede hidrográfica da bacia banha os municípios de Alcobça, Teixeira de Freitas, Medeiros Neto e Itanhém. A bacia do Itanhém é predominantemente caracterizada pelos tipos de relevo plano a suave ondulado (CEPLAC 1976b). Na região costeira da bacia do rio Itanhém encontram-se os sedimentos Quaternários que formam uma estreita planície aluvial, situada entre o oceano e os tabuleiros costeiros do Grupo Barreiras.

A bacia do rio Peruípe integra os municípios de Caravelas, Nova Viçosa, Ibirapuã, Lagedão e parte do município de Mucuri. Sua bacia hidrográfica ocupa uma área de 4.780 km<sup>2</sup> apresentando uma densidade de drenagem de 0,62 km/km<sup>2</sup>. A bacia do rio Peruípe apresenta um relevo pouco movimentado, caracterizado pelos tipos suave ondulado e plano (CEPLAC 1976b). A bacia do Peruípe é geologicamente constituída por uma extensa cobertura sedimentar, de idades Terciária e Quaternária (Figura 03). Na planície Quaternária o rio torna-se meandrante em consequência de sua baixa capacidade de carga, por se encontrar já próximo ao nível do mar.

A bacia hidrográfica do rio Mucuri drena parte dos territórios dos estados de Minas Gerais e Bahia, possuindo uma área de drenagem de 15.384 km<sup>2</sup>. O talvegue principal do rio Mucuri percorre um total de 337 km, desde as suas nascentes, com altitudes superiores a 1000 metros, até a foz na cidade de Mucuri.

Na região do Alto Mucuri ocorre a presença do embasamento cristalino com altimetria superior a 400 metros. No Médio Mucuri, ocorre a presença de colinas, esculpidas sobre rochas do Embasamento Cristalino. O Baixo Mucuri, que se estende a partir da cidade de Nanuque até a planície costeira, é dominado pelas feições de tabuleiros estruturados sobre sedimentos Terciários do Grupo Barreiras (Queiroz, 2003).

### 3.0 REVISÃO TEÓRICA

Cresce o consenso de que o escoamento superficial (*runoff* terrestre) é uma das principais ameaças para os recifes situados em 104 nações (Spalding *et al.*, 2001, citado por Fabricius, 2005), uma vez que a qualidade das águas em áreas costeiras muda rapidamente frente às mudanças do uso do solo. Esta mudança acarreta o incremento da carga de sedimentos carregados pelas bacias hidrográficas. Todavia, Fabricius (2005) argumenta que em escala regional tem sido bastante difícil avaliar a relação entre aumento do *runoff* terrestre e a degradação recifal devido aos efeitos da poluição, e outros distúrbios que agem de forma sinérgica.

Cortés (2003) organizou uma edição sobre os recifes de corais da América Latina e na introdução expõe a seguinte asserção “*As principais regiões de recifes de corais das Américas são distintas em estruturas e composição de espécies, ainda que os problemas ambientais que afetam estes recifes sejam similares. Impactos provenientes de causas naturais, como o branqueamento dos corais (Glynn 1992; Glynn e Colley 2001), têm resultado em mortalidade em massa em todas as três regiões. Os impactos humanos ao ambiente marinho têm também tomado seu tributo, a degradação recifal na região das Américas é causada principalmente pelo aumento do fluxo de sedimentos terrígenos (Rogers, 1986, Cortés, 1990; Ginsburg, 1994), principalmente devido ao desmatamento, desenvolvimento costeiro descontrolado e práticas agrícolas impróprias (Cortés e Risk 1985; Cortés, 1990)*”.

As taxas e características dos sedimentos que chegam aos recifes são apontadas por Kauffman e Fagerstrom (1993) como um dos principais fatores que afetam os processos evolutivos no ecossistema recifal ao lado de eventos de magnitude espaço-temporal muito maiores como (1) mudanças climáticas globais; (2) mudanças no nível do mar e seus efeitos sobre o clima e a fisiografia do ambiente marinho (3) química oceânica, o que inclui o fluxo de nutriente que circulam no ambiente marinho (4) eventos tectônicos em escala global e regional e (5) os eventos de extinção local ou em massa. Estes efeitos ocorrem quase sempre de forma integrada de modo que seu efeito total é sempre maior do que a soma destes fatores agindo separadamente.

Níveis elevados de sedimentação provenientes de erosão costeira têm degradado severamente muitos recifes de corais ao redor do mundo (Rogers, 1990). A maior parte dos sedimentos são importados para dentro dos sistemas costeiros marinhos através dos rios, com > 95% do total de sedimentos em diversas frações granulométricas sendo depositados dentro de poucos quilômetros da desembocadura dos rios, enquanto os grãos siltosos e argilosos podem ser transportados por longas distâncias.

### *3.1 À Ação Deletéria do Aumento da Sedimentação de Origem Continental sobre os Recifes*

Dentre todos os fatores apontados como limitantes para a comunidade bentônica o fluxo de sedimentos clásticos terrígenos possui um papel de destaque na estruturação destas comunidades (Milliman, 1974; James e Kendal, 1992). A sedimentação excessiva pode afetar adversamente a estrutura e a função do ecossistema recifal através da alteração dos processos físicos e biológicos.

O efeito limitante que sedimentos siliciclásticos impõem aos organismos produtores de carbonato decorre do fato de que os sedimentos siliciclásticos tendem a suprimir parcialmente ou completamente a produção de carbonato através da redução da transparência da coluna d'água e obstrução do aparato de respiração e alimentação dos organismos bentônicos sésseis ou ainda pelo aumento de nutrientes e conteúdo de partículas orgânicas na água (Maughan, 2001).

De maneira geral, somente poucas espécies podem persistir em regiões protegidas pela ação das ondas onde ocorre sedimentação no tamanho silte e argila e sedimentos ricos em nutrientes são depositados. Em contraste, em áreas mais expostas à ação das ondas ou áreas pobres em nutrientes e sedimentos areno-lamosos podem suportar uma maior variedade de espécies com níveis moderados de sedimentação.

Rogers (1990) realizando um vasto levantamento bibliográfico demonstrou que dragagens próximas aos recifes de corais e aumento do escoamento dos solos erodidos, tendem a aumentar a turbidez na coluna d'água, diminuindo o fluxo de luz necessário para a realização do processo fotossintético e causar efeitos deletérios sobre as colônias dos corais.

Com uma perspectiva diferenciada, Larcombe e Woolfe (1999) a partir de trabalhos desenvolvidos na Grande Barreira de Recifes da Austrália fazem uma diferenciação entre o aumento do estoque de sedimento e o aumento da turbidez e/ou acumulação de sedimento. Segundo estes autores, acumulação de sedimento descreve um aumento na camada do corpo sedimentar causado pela adição de material clástico. Já o sedimento em suspensão, que leva ao processo de turbidez, é um fenômeno oceanográfico, passageiro, variável espacialmente e temporalmente. Os autores concluem que na Grande Barreira de Recifes da Austrália há evidências geológicas que atestam um aumento do estoque de sedimento proveniente da linha de costa nos últimos 200 anos, porém o aumento deste estoque não gera necessariamente um aumento na turbidez, que é um fator impeditivo para o desenvolvimento dos recifes de corais.

O registro estratigráfico demonstra numerosos exemplos de ocorrência de transições de siliciclásticos para carbonatos (TSC), em ambientes da plataforma continental (Sussko e Davis, 1992). Muitos depósitos sedimentares antigos e modernos apresentam inúmeras ocorrências de sedimentos

que são formados pela mistura de sedimentos de natureza siliciclástica/carbonática (Mount, 1984). A entrada e distribuição dos sedimentos siliciclásticos no ambiente marinho raso é modulada respectivamente pelas bacias hidrográficas e pela atuação das correntes costeiras.

Na plataforma continental leste-nordeste do Brasil é constantemente distinguida uma faixa de domínio de sedimentos siliciclásticos, que ocorre em geral até a profundidade de 20 metros (França *et al.* 1976; Milliman 1977; Sumerhayes *et al.* 1977; Leão e Dominguez 2000), embora sedimentos carbonáticos provenientes sobretudo, de algas coralináceas, moluscos e foraminíferos, possam localmente formar importantes depósitos nesta faixa (Dominguez e Leão 1994; Testa 1997; Testa e Bosence 1998, 1999). Nas áreas com profundidade maiores que 20 metros, na plataforma leste e nordeste brasileira há a predominância de sedimentos carbonáticos de origem algácea. Os recifes, por sua vez, ocorrem desde a linha de costa até profundidades que se acercam dos 40 metros. A origem atual dos sedimentos siliciclásticos na região leste-nordeste está relacionada com a descarga dos rios, sobretudo, do São Francisco e Jequitinhonha (Kowsmann e Costa, 1979), a erosão costeira e, em um período geológico maior, as variações do nível do mar. Segundo Kowsmann e Costa (1979) a mineralogia dos sedimentos siliciclásticos presente na plataforma interna nordeste/leste refletem principalmente uma proveniência do Grupo Barreiras.

No Brasil, o comportamento do nível do mar no Holoceno, é apontado por Leão e Kikuchi (2005), como sendo um evento controlador da composição das espécies dos corais observados no Estado da Bahia. A descida do nível do mar ocorrida no Holoceno a partir de 5.100 anos A. P. causou não somente um aumento do escoamento de sedimentos siliciclásticos em direção aos recifes, mas, também o truncamento dos mesmos. Este fenômeno natural afetou os recifes mais próximos da linha de costa, como no litoral norte do Estado da Bahia sendo responsável por uma mudança na fauna coralínea mais susceptível ao processo de sedimentação como as espécies endêmicas *Mussismilia braziliensis* e *Mussismilia hartii*. Uma significativa redução no diâmetro médio das colônias de *Mussismilia braziliensis* e *Mussismilia hartii* também foi observado por Leão e Kikuchi (2005) em direção aos dias atuais, indicando que os processos de acumulação de sedimentos, turbidez na coluna d' água e aumento da exposição da radiação luminosa resultantes das variações do nível do mar no Holoceno resultaram em profundas mudanças na fauna construtora dos recifes de corais do Estado da Bahia.

### 3.2 A Influência das Atividades Humanas Sobre os Recifes de Corais.

Há um crescente debate internacional, sustentado pela comunidade científica, indicando que os recifes de corais constituem-se em um valioso recurso que está sendo vagarosamente, mas seguramente, degradado pelo efeito das atividades humanas (Mann, 2000; Dimitrov, 2007).

O aumento na taxa de acumulação de sedimento e da turbidez das águas costeiras são dois dos fenômenos apontados com maior frequência como causas do declínio dos ecossistemas recifais, e a sua

origem está vinculada tanto a causas naturais quanto a causas antropogênicas (Cortés, 1990). Os aumentos da sedimentação oriundos dos processos antropogênicos podem estar associados ao desmatamento florestal, atividades agropecuárias, silvicultura, dragagens para obras civis e portuárias e emissão de efluentes domésticos e industriais.

Os custos sociais do declínio recifal foram muito bem exemplificados pelo trabalho realizado por McAllister (1988) nos recifes de corais das Ilhas Filipinas. Entre os anos de 1966 e 1986, houve o aumento da sedimentação decorrente dos processos de remoção da vegetação original, somado aos métodos destrutivos e a superexploração dos recursos pesqueiros, a poluição por práticas agrícolas inadequadas a extração dos organismos recifais para fins comerciais e industriais, o que culminou em um aumento nos índices de desnutrição nas comunidades costeiras de baixo poder aquisitivo, devido ao declínio da pesca levando à migração destas comunidades tradicionais para outras áreas.

Leão (1996a) aponta que, atualmente a principal ameaça aos recifes de coral do sul da Bahia são atividades de origem antropogênicas iniciadas com a colonização européia. A referida autora especula que o fluxo de sedimento que chega aos recifes pode ter aumentado, significativamente, em virtude da destruição da Mata Atlântica. Da mesma forma, Amado Filho *et al.* (1997) adiciona, ainda, a emissão dos efluentes químicos provenientes das indústrias de celulose lançados no estuário do rio Mucuri e a extração de hidrocarbonetos como riscos potenciais aos recursos naturais desta região.

Adicionalmente, o desenvolvimento urbano desenfreado das áreas costeiras, principalmente nos municípios com vocação turística como Porto Seguro, Santa Cruz de Cabrália, Prado, Alcobaça, Caravelas, Nova Viçosa e Mucuri, que sofreram um processo de expansão urbana desordenada nas últimas décadas, têm gerado uma forte pressão sobre os recifes adjacentes à praia (Leão *et al.*, 1994 e Leão, 1996a).

### *3.3 - A utilização de Testemunhos de Sondagem como Indicadores de Mudanças Ambientais Induzidas pelas Atividades Humanas no Último Século.*

A utilização de testemunhos no estudo de seqüências sedimentares sofreu grandes avanços após a consolidação dos métodos de datação absoluta utilizando os elementos isotópicos instáveis, no início do século XX, e após a Segunda Guerra Mundial, com o advento de diversos Programas Oceanográficos, tais como o *Deep Sea Drilling Project* (DSDP) e, posteriormente, o *Ocean Drilling Project* (ODP) e o Projeto CLIMAP (*Climate Long Range Investigation*). Estes programas tiveram o propósito de realizar testemunhos de sondagem que possibilitassem consolidar as bases científicas da teoria das Placas Tectônicas, além de estabelecer a evolução paleogeográfica do planeta e identificar as variações paleoclimáticas, que foram submetida a Terra. Trabalhos similares também foram desenvolvidos nos continentes Antártico e Ártico, em áreas emersas (Lauer-Leredde *et al.* 1998; Tessler e Mahiques, 2003).

Radionuclídeos naturais como o  $Pb^{210}$ ,  $Si^{32}$ ,  $Fe^{55}$  e, antropogênicos, como  $Cs^{137}$ , têm sido largamente utilizados em estudos ambientais, nas últimas décadas, como traçadores de eventos ocorridos no passado. A desintegração radioativa conduz espontaneamente um nuclídeo instável  $R$  para um nuclídeo estável  $S$  (seja direta ou indiretamente, isto é, por meio de outros nuclídeos radioativos). A probabilidade de que o nuclídeo  $R$  se desintegre espontaneamente por unidade de tempo é chamada de constante radioativa ( $\lambda$ ) e é característica de cada espécie nuclear, independentemente das condições físicas ou químicas do meio circundante (Tessler e Mahiques, 2003).

Entre os radionuclídeos destacam-se aqueles que possuem uma meia-vida curta (tempo necessário para que a metade dos átomos instáveis presentes se desintegre e converta-se em átomos estáveis) variável numa escala de tempo de uns poucos dias ou anos a algumas décadas e que são aerotransportados pela atmosfera (processo de *fallout*), destacando-se o  $Pb^{210}$ ,  $Cs^{137}$ ,  $Pu^{238}$ ,  $Pu^{239}$ ,  $Be^7$ ,  $Th^{234}$ . Se o radionuclídeo possuir ainda uma pequena mobilidade dentro do sedimento (a exemplo do  $Pb^{210}$  e do  $Cs^{137}$ ), então, medidas a respeito das taxas de sedimentação lacustre, fluvial e marinha podem ser obtidas (Robbins e Edgington, 1975).

Desde a década de setenta que os métodos radiométricos aplicados a geocronologia sedimentar tem obtido bons resultados (Robbins e Edgington, 1975). A utilização de testemunhos em sedimentos inconsolidados com o objetivo de reconstruir o histórico das atividades humanas sobre os ambientes naturais, utilizando para tal fim, elementos isotópicos de meia-vida curta, tem sido uma promissora ferramenta para diagnosticar ambientes que passam por alterações decorrentes de atividades antropogênicas.

A utilização do  $Pb^{210}$ , como um traçador geocronológico possui uma dupla função, a primeira dela, como qualquer método geocronológico possibilita atribuir uma data para o processo de sedimentação ocorrido no passado, a segunda diz respeito a, como este método é utilizado em sedimentos inconsolidados é possível inferir mudanças na taxa de sedimentação ocorridas no último século. O  $Pb^{210}$  por ser quimicamente imóvel nos sedimentos o torna um método geocronológico bastante utilizado em uma larga variedade de ambientes como lagos, estuários, planícies de maré, plataforma e talude continentais e mesmo sedimentos de mares profundos.

Seguindo esta linha de trabalho, Fichez *et al* (1997) realizaram estudos na laguna do Tahiti através do uso de testemunhos obtidos com cravamento de tubos de PVC no sedimento, com comprimentos em torno de 120 cm. Estes autores aplicaram a geocronologia sedimentar através dos radioisótopos  $Pb^{210}$  e adicionalmente analisaram o teor de matéria orgânica, o conteúdo de carbonato de cálcio e a coloração do sedimento. Desta forma, foi possível identificar fases de maior acumulação sedimentar no ambiente costeiro, decorrente da construção do porto (entre 1963-69) e, mais recentemente, pela ocupação desordenada no uso do solo.

Em testemunhos retirados ao norte da Baía de Todos os Santos, Argollo (2001) combinou a possibilidade de datação das camadas sedimentares, que o  $Pb^{210}$  oferece, com o inventário dos metais pesados na coluna testemunhada e demonstrou que os teores do cobalto, cádmio e níquel se mantiveram constantes, sugerindo que as contribuições destes metais pesados não mudaram nos últimos 100 anos. Os demais elementos, chumbo, zinco, cromo e cobre mostraram crescimento a partir de 1964, com a instalação das atividades industriais (Pólo Petroquímico), nas margens da baía. A Figura 20 apresenta o único testemunho, obtido por Argollo (2001), onde foi possível identificar mudança na taxa de sedimentação, coincidindo com esta profundidade houve um aumento nas concentrações dos metais pesados. Contudo, os teores obtidos para todos os metais analisados mostram-se abaixo dos valores considerados como preocupantes ou que requerem alguma forma de remediação.

A combinação das técnicas de datação geocronológica com análise do conteúdo de metais pesados tem sido uma prática comum. Godoy *et al.* (1997) realizaram um estudo das taxas de sedimentação combinado com comportamento dos metais pesados presentes na baía de Guanabara, Rio de Janeiro, e identificaram em três testemunhos, de um total de cinco, três períodos de mudanças nas taxas de deposição sedimentar associados ao processo de ocupação e expansão urbana que sofreu o entorno desta baía, nos últimos 50 anos, concomitante ao aumento de cobre e mercúrio na coluna testemunhada.

Goff (1997) detalhou a cronologia e a atuação de agentes naturais e antropogênicos sobre a sedimentação holocênica no Porto de Wellington, na Nova Zelândia. Com um registro cronológico máximo de 10.000 anos, foi possível perceber mudanças nas taxas de acumulação dos sedimentos provenientes, tanto de eventos de intensa magnitude, como o terremoto que acometeu aquela região em 1855 e gerou soerguimento em algumas áreas, quanto os efeitos mais recentes ocorridos entre 80-40 anos atrás, decorrente da expansão urbana, além da extração de agregados nos rios adjacentes ao porto, e ao desmatamento. As mudanças na composição polínica foram também identificadas como reflexo da introdução de espécies exóticas na região, sendo mais um parâmetro capaz de rastrear o processo de ocupação humana na região.

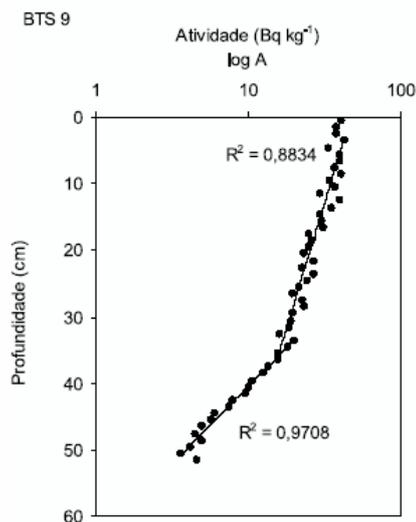


Figura 20 – Diferentes taxas de sedimentação, obtidas por Argollo (2001), presente no testemunho BTS 9, onde a atividade do  $Pb^{210}$  plotado contra a profundidade indica uma mudança na taxa de sedimentação a 35 centímetros.

Robbins e Edgington (1975) analisaram cerca de oito testemunhos, aplicando os métodos geocronológicos  $Pb^{210}$ , e  $Cs^{137}$  para calcular as taxas de sedimentação no Lago Michigan, região dos Grandes Lagos, Estados Unidos da América e demonstraram que a sedimentação recente não diferiu das médias históricas encontradas ao longo de toda a coluna testemunhada, indicando que o ambiente lagunar e seu entorno, até aquela época, acusava a ação de um baixo processo de erosão e escoamento superficial.

Patchineelam e Smoak (1999) obtiveram as taxas de sedimentação na plataforma continental do sudeste da Bahia e norte do Espírito Santo, através do uso de testemunhos e ao aplicarem o método geocronológico  $Pb^{210}$  relacionaram a acumulação de sedimentos, ali encontrada à variabilidade regional em relação à origem do material sedimentar e as condições oceanográficas atuantes. Este foi o primeiro, e até então, único trabalho utilizando a geocronologia sedimentar na área do Complexo de Abrolhos, com o propósito de determinar as taxas de sedimentação para a região.

Embora, a maior parte dos trabalhos realizados com o  $Pb^{210}$  ocorra em ambientes lacustres e marinhos de baixa hidrodinâmica, o uso do  $Pb^{210}$  como marcador geocronológico tem também obtido êxito em ambientes costeiros, que apresentam rápidas mudanças ambientais. Chanton *et al.*, (1983) foi o primeiro a mostrar ser exequível a utilização do método geocronológico  $Pb^{210}$  mesmo em ambientes sujeitos as constantes mudanças ambientais como em áreas com incidência de furacões e tempestades. Através da análise da fração lamosa presente nos testemunhos foi possível estimar as taxas de deposição sedimentar ao passo que na análise textural foi possível perceber períodos de maior deposição de areias bem selecionadas associadas aos eventos de tempestades.

Chanton *et al.* (1983), ao analisarem um testemunho na região costeira de Cape Lookout Bight, na Carolina do Norte, identificaram ciclos de mudança costeira, através das modificações texturais presentes no testemunho. Estas mudanças, no entanto, revelam as alterações climáticas a que foi submetida esta região. A sedimentação passa de arenosa para lamosa, acompanhando o crescimento de uma barra arenosa que leva à formação de uma pequena baía, onde anteriormente predominava um ambiente dominado pela ação de ondas e correntes.

Kirchner e Ehlers (1998) procuraram determinar a influência do aumento do nível do mar e da maior incidência de eventos de tempestades atuantes na costa do Mar do Norte, na Alemanha, sobre os processos de sedimentação e erosão, através de um radiotraçador que acusasse tais mudanças. Para isto, os autores retiraram quatro testemunhos entre 40 e 80 cm de comprimento, em um pântano salino, onde mediram a atividade do  $Pb^{210}$  através de espectrometria gama e obtiveram taxas de sedimentação de  $9,4 \pm 1,9 \text{ mm a}^{-1}$ ;  $12,0 \pm 2,2 \text{ mm a}^{-1}$ ;  $11,5 \pm 1,9 \text{ mm a}^{-1}$  e  $5,8 \pm 0,6 \text{ mm a}^{-1}$ . Estas taxas, segundo os autores são bastante elevadas se comparadas com outros ambientes lacustres e marinhos, o que tende a refletir à atuação dos processos de natureza física, que tem contribuído para acreção das camadas sedimentares neste ambiente.

Kirchner e Ehlers (1998) ainda ao realizarem análises granulométricas ao longo da coluna testemunhada, conseguiram, também, correlacionar os períodos de maior deposição de sedimentos arenosos em supressão aos sedimentos lamosos. Estes períodos correspondiam a maior incidência de eventos de tempestades registrados pelas estações meteorológicas.

Medeanic e Dillenburg (2005) realizaram um estudo palinológico na laguna de Tramandaí, no Rio Grande do Sul, através de um testemunho de 132 cm de comprimento, datado por  $Pb^{210}$ , onde os primeiros 40 cm representam os últimos 100 anos e identificaram três estágios de mudanças ambientais ocorridos neste ambiente. O primeiro período, entre 1905 a 1933 é caracterizado pelo aparecimento de *Pinus maritima* e espécies de cereais cultivados, o segundo período que compreende 1933 a 1971 mostra uma intensificação das espécies arbóreas cultivadas para atender as demandas humanas e por fim o período de 1971 a 1997, caracterizado pelo aumento de esporos das espécies de algas marinhas devido ao decréscimo do fluxo de água doce decorrente da intensa urbanização no entorno da laguna.

Nichols e Brush, citado por Rogers (1990), avaliou a influência das atividades humanas nas taxas de sedimentação em manguezais próximo aos recifes da ilha de St. Croix, onde um desmatamento intensivo ocorreu nos séculos 18 e 19 para o plantio de cana-de-açúcar. Apesar de todas as mudanças ocorridas no uso do solo, as taxas de sedimentação observadas não mudaram de forma dramática ao longo do tempo.

Até o momento poucos trabalhos aplicando a geocronologia sedimentar em áreas recifais foram realizados. Destaque para os trabalhos de Fichez *et al.* (1999) na laguna recifal de Papeete, Tahiti, e

para Patchineelam e Smoak (1999), na região de Abrolhos. Rogers (1990) salienta que, com a utilização de análises palinológicas e métodos radiométricos aplicada aos sedimentos é possível aprender mais a cerca do histórico de sedimentação o qual influencia sobremaneira, o desenvolvimentos dos ecossistemas recifais.

Revelar a história deposicional permite que os estudos atuais e pretéritos sejam colocados em uma mesma perspectiva e, a partir das condições atuais, os dados colhidos poderão ser usados para confrontar o contexto histórico da influência humana de um lado, com uma situação prístina do outro.

No presente trabalho, a taxa de acumulação dos sedimentos presentes nos testemunhos, foi determinada a partir da atividade do  $Pb^{210}$ . O radioisótopo  $Pb^{210}$  é um parente distante do  $Ra^{226}$  pertencente à série radioativa do  $U^{238}$ . É um radionuclídeo que ocorre naturalmente com uma meia-vida de 22,26 anos. Uma série de propriedades nucleares e químicas combinam-se, para torná-lo um traçador útil no estudo de ambientes marinhos e lacustres. Nos oceanos e lagos, ele é suprido via precipitação atmosférica como também pelo decaimento radioativo do  $Ra^{226}$  presente nas águas. O suprimento atmosférico é derivado dos átomos de  $Rn^{222}$  – um precursor do  $Pb^{210}$  na série do  $U^{238}$  – os quais escapam dos solos para a atmosfera numa taxa média de  $42 \text{ átomos min}^{-1} \text{ cm}^{-2}$ . Portanto, o  $Pb^{210}$  presente em corpos aquáticos é parte proveniente da atmosfera e parte produzida pelo decaimento do  $Ra^{226}$  existente no arcabouço geológico (Holmes, 1998).

A Tabela 01, extraída de Argollo (2001), indica as taxas de produção de  $Pb^{210}$  tanto no sedimento quanto os valores precipitados via atmosfera. Observe que a taxa média de  $Pb^{210}$  precipitado via atmosfera no hemisfério sul é metade daquela encontrada no hemisfério norte. Essa diferença é devido à ampla área continental no hemisfério norte, a qual conduz uma maior liberação de radônio e, como consequência, a uma maior taxa média de precipitação de  $Pb^{210}$ . Além disso, a atmosfera contribui com aproximadamente cerca de 20 % da quantidade de  $Pb^{210}$  total.

O  $Rn^{222}$  com uma meia-vida de 3,8 dias, decai na atmosfera, onde, seguindo-se uma série de decaimentos de radionuclídeos intermediários de vida curta, o  $Pb^{210}$  é formado. Na atmosfera, o tempo de residência do  $Pb^{210}$  está em torno de 10 dias. Após este período, os átomos de  $Pb^{210}$  são rapidamente removidos por reações inorgânicas e bioquímicas, adsorvido por matéria em suspensão e afunda na coluna d'água com o fluxo de partículas de sedimentação. Ele é preferencialmente adsorvido por minerais de argila, siltes finos e matéria húmica.

Tabela 01 – Taxas de produção e  $Pb^{210}$  em colunas d'água e de precipitação em terra. Extraído de Argollo (2001).

Localidade	Produção <sup>#</sup> (átomos $cm^{-2} min^{-1}$ )	Precipitação <sup>*</sup> (átomos $cm^{-2} min^{-1}$ )	Total (átomos $cm^{-2} min^{-1}$ )
Atlântico Norte (Bacia Oeste)	54	24	78
Atlântico Norte (Bacia Leste)	60	24	84
Atlântico Sul (Bacia Oeste)	66	12	78
Atlântico Sul (Bacia Leste)	72	12	84
Antártica	78	< 5	~ 80
Pacífico Sul Central	90	12	102
Pacífico Norte Central	120	24	144

# Para uma coluna d'água de 4.000 metros.

\* Para o hemisfério sul a taxa de precipitação de  $Pb^{210}$  é metade daquela produzida no hemisfério norte.

O fato do suprimento de  $Pb^{210}$  nos oceanos, lagos e estuários ser feito não apenas via precipitação atmosférica, mas, também, pelo decaimento do  $Ra^{226}$  presente nas águas, complica a distribuição desse isótopo nos corpos d'água. A taxa de produção do  $Pb^{210}$  dentro da coluna d'água pode ser exatamente determinada. Já a taxa de injeção de átomos de  $Pb^{210}$  através da atmosfera para a superfície do mar, particularmente no hemisfério sul, é apenas grosseiramente conhecida.

O tempo de residência do  $Pb^{210}$  em águas não muito profundas é de 1 a 2 anos antes de ser incorporado aos sedimentos. Nesses sedimentos, já existe  $Pb^{210}$  sendo produzido *in situ* pelo  $Ra^{226}$  presente em seus minerais constituintes (produzido dentro da estrutura do mineral); este é denominado de  **$^{210}Pb$  suportado**, o qual está normalmente em equilíbrio radioativo com o  $Ra^{226}$  presente também nesses minerais. O  $Pb^{210}$  precipitado da coluna d'água vem, portanto, constituir-se num excesso de  $Pb^{210}$  relativo ao  $Pb^{210}$  suportado. Desse modo, a atividade do **excesso de  $Pb^{210}$**  [ $Pb^{210}$  exc.], numa dada amostra de sedimento é a diferença entre a atividade **total do  $Pb^{210}$** , [ $Pb^{210}$  total.], e a atividade do  $Pb^{210}$  suportado [ $Pb^{210}$  *supt.*], ou seja:

$$[^{210}Pb \text{ exc.}] = [^{210}Pb \text{ total}] - [^{210}Pb \text{ supt.}];$$

onde a atividade do  $Pb^{210}$  *supt.* é usualmente tomada como igual àquela do  $Ra^{226}$  na amostra, supondo o equilíbrio radioativo entre esses dois radioisótopos.

Diferentemente dos métodos tradicionais utilizados na geocronologia tais como, K/Ar;  $^{40}Ar/^{39}Ar$ ; Rb/Sr; Sm/Nd, onde se utilizam alíquotas de rochas para determinar suas idades, no método  $Pb^{210}$ , além de se utilizar sedimentos inconsolidados na análise, não se mede a relação de decaimento isotópico entre nuclídeo-pai e nuclídeo-filho, mas é medida diretamente a atividade do  $Pb^{210}$  ao longo de uma coluna sedimentar.

Diversos estudos usando testemunhos com o método geocronológico  $Pb^{210}$  foram realizados, para reconstruir um histórico da contaminação em ambientes costeiros e estuarinos, em diversas áreas do mundo. Quase sem exceção, estes testemunhos têm demonstrado um aumento da contaminação dos sedimentos, através da queima de combustível fóssil, descarga de automóveis, atividades industriais, agrícolas e descarga de esgotos, a partir do final de 1800, e acelerando a partir da década de quarenta, alcançando um pico máximo entre 1960-1970. Para alguns poluentes como o chumbo e hidrocarbonetos clorados (pesticidas e DDT), há um decréscimo nas suas concentrações a partir da década de oitenta, estimulado por medidas de políticas públicas (Valette-Silver, 1993).

Segundo Valette-Silver (1993) na década de setenta uma série de pesquisas começaram a ser realizadas usando testemunhos em sedimentos inconsolidados para reconstruir o histórico de poluição costeira. Isto só foi possível com o desenvolvimento dos métodos de datação com radioisótopos de meia-vida curta. Estes trabalhos têm conseguido inventariar com precisão, o histórico de contaminação provocada pelas atividades humanas nos ambientes naturais. A maior parte dos estudos utilizando testemunhos de sondagem para reconstruir o histórico de contaminação indica um comportamento bastante similar nos países industrializados por metais pesados, hidrocarbonetos aromáticos e hidrocarbonetos clorados.

Desde a década de sessenta a poluição no ambiente aquático tem sido intensivamente estudada. A origem destes contaminantes é numerosa (queima de combustíveis fósseis, descarga de gases automobilística, atividade industrial e esgotamento sanitário) e seus modos de injeção dentro do ambiente (ar, água e solos) podem ser difusos ou ter origem de um único ponto (Valette-Silver, 1993). Impactos potenciais de metais pesados estão geralmente restritos à localização adjacente das grandes cidades ou áreas industrializadas e em regiões de agricultura intensiva.

Os processos climatológicos envolvidos no processo de intemperismo do arcabouço geológico resultam quase sempre na transferência de uma larga quantidade de metais para as zonas costeiras e ambientes aquáticos adjacentes. Durante o transporte e/ou deposição estes metais estão sujeitos a uma variedade de processos associados como enchentes, ação de ondas e marés, o que os leva a serem adsorvidos por argilas, formando novos compostos minerais. Os metais pesados são essenciais biologicamente, por que participam de muitas rotas metabólicas, porém, em concentrações elevadas tornam-se tóxicos.

A contaminação por metais ocorre por um ou pela soma dos dois fatores a abundância natural destes elementos químicos ou adição antropogênica ao ambiente. Porém, uma série de fatores como as condições deposicionais (pH, EH, e salinidade), tamanho dos grãos, mineralogia e o conteúdo de matéria orgânica terão uma influência significativa na quantidade e na distribuição espacial dos metais dentro dos estuários e ambientes marinhos rasos (Cox e Preda, 2005).

Seguindo o processo de industrialização, metais pesados como o arsênio, cádmio, cobre, mercúrio, chumbo, níquel e zinco têm sido liberados para o ambiente aquático através do escoamento superficial ou da emissão de efluentes industriais. O arsênio, o cádmio, o cobre, o mercúrio, o bário, o níquel e o zinco são metais que apresentam impactos potenciais nos componentes celulares, tendo a sua origem, sobretudo, nas atividades agrícolas, por exemplo, zinco e cobre são utilizados como fertilizantes, arsênio, cádmio e mercúrio são constituintes de alguns fungicidas (Haynes e Johnson, 2000). O arsênio encontra-se associado ao esgotamento sanitário e concentrações altas deste elemento químico têm efeito carcinogênico nas estruturas celulares. Um aumento da introdução de metais no ambiente marinho tem efeito potencial sobre a ciclagem de nutrientes presentes nos sedimentos, alterações no crescimento e na regeneração celular e alteração nos ciclos reprodutivos dos organismos (Peters *et al.* 1997).

Kinnish (1997) citado por Jones *et al.* (2003) comenta que em geral mais de 90% da matéria particulada, associada à contaminantes, ao ingressar em um sistema estuarino, assentam por floculação no próprio estuário ou próximo à linha de costa. Os rejeitos metálicos gerados pelas atividades urbano-industriais ou provenientes do arcabouço geológico são em grande parte acumulados nos sedimentos de manguezais, devido as suas características físico-químicas como a granulometria fina das partículas sedimentares (apresentam elevada superfície específica, favorecendo a fixação de metais), altos valores de pH (que contribui para a precipitação de metais na interface sedimento – água) e condições anóxicas associadas à degradação bacteriana da matéria orgânica, que favorecem a precipitação de sulfetos metálicos relativamente insolúveis nas condições redox (Harbison, 1986 citado por Oliveira *et al.* 1998).

Os efeitos tóxicos do arsênio e do cromo, para os seres humanos são descritos a seguir, baseados em dados apresentados pela CETESB (2001). Os principais usos do arsênio ocorrem na produção de inseticidas, dissecantes de plantas, detergentes e nas indústrias farmacêutica e têxtil. Os efeitos agudos e subagudos de arsênio inorgânico podem envolver diversos órgãos incluindo o sistema respiratório, gastrointestinal, cardiovascular nervoso e a pele. Baixos níveis de ingestão (1 a 10 mg/L) em grandes períodos podem levar a um quadro de toxicidade aguda. Envenenamento agudo é caracterizado por efeitos no sistema central, levando a coma e eventual morte. Em mamíferos ele é prontamente transportado para o feto, podendo apresentar efeitos teratogênicos e ser letal ao feto. Vários estudos indicam que o arsênio inorgânico afeta os mecanismos de reparo do DNA.

Com relação ao cromo, o uso primário metalúrgico deste composto inorgânico é a produção de ligas que são usadas em aço inox e outros produtos especializados. Os cromitos são primeiramente convertidos em dicromato de sódio e depois usados na manufatura de ácido crômico, pigmentos e agentes tânicos para couro. As emissões atmosféricas de cromo são provenientes das indústrias, queima de combustíveis fósseis e incineração de resíduos. A principal via de exposição da população em geral é a ingestão de alimentos e água. Os compostos de cromo, quando ingeridos ou inalados em

altas concentrações, podem ocasionar náuseas, diarreias, danos no fígado e rim, hemorragias internas, dermatites e problemas respiratórios.

### *3.4 Mudança do Uso da Terra decorrente de atividades humanas*

Visto que o uso do solo se constitui na interface das atividades humanas com o meio físico, a sua análise através de métodos e técnicas que produzam dados quantitativos de forma que permita classificações, comparações e generalizações em escalas mais amplas é uma meta a ser atingida (Casimiro, 1999). No estudo do uso do solo, destacam-se as bacias hidrográficas que estão sujeitas a sofrer interferências contínuas das atividades humanas, tais como desmatamento, construção de barragens etc., que podem alterar o comportamento hidrológico dos rios (Genz *et al.*, 2003) sendo uma das primeiras vertentes a responder às alterações no uso do solo.

As alterações do uso do solo têm de fato provocado modificações no comportamento das bacias hidrográficas e, conseqüentemente, nos canais fluviais, alterando o aporte de sedimentos e de água doce nas desembocaduras dos rios, bem como a qualidade das águas costeiras (Oliveira, 1999).

Milliman *et al.* (1987) relatam que, anualmente, a descarga dos sedimentos lançados ao mar provenientes dos grandes rios, no mundo, é da ordem de 13 a 15 x 10<sup>9</sup> t. As variações são reflexos das mudanças climáticas e da ação do homem, seja através de construção de represas, que diminui a carga sedimentar dos rios, ou através de desmatamentos e uso intensivo do solo, promovendo o aumento da carga sedimentar.

O transporte de sedimento em suspensão proveniente das bacias hidrográficas ao ingressar em áreas estuarinas sofre à ação de um conjunto de processos que tendem a flocular e trapear as partículas sedimentares menores. Quanto aos sedimentos de maior granulometria, aqueles que não floculam, movem-se em direção ao mar, sendo depositados, gradativamente, de acordo com sua massa e características físico-químicas da coluna d'água (Dyer, 1995).

Tem sido postulado que a retirada da vegetação de mangue, as quais atuam na retenção de sedimentos presente na zona estuarina, pode resultar em um aumento da siltação para as zonas de campos de fanerógamas marinhas e recifes após um período de chuvas torrenciais (Rogers, 1990).

Além disso, variações no regime hidrológico e na quantidade de sedimento transportado pelos rios podem causar problemas para as regiões estuarinas e a zona costeira adjacente à desembocadura, devido a alterações no equilíbrio do balanço de sedimento, responsável pela dinâmica e morfologia da linha de costa. Dessa forma, à atuação dos processos erosivos ocorrentes na faixa continental, tendem a refletir nas bacias hidrográficas e finalmente atingem às zonas costeiras.

Os processos erosivos, atuantes no solo, são causados por forças ativas, como as características da chuva, a declividade e comprimento do declive do terreno e a capacidade que tem o solo de absorver água, e por forças passivas, como a resistência que exerce o solo à ação erosiva da água e a densidade da cobertura vegetal. O volume e a velocidade da enxurrada variam com a quantidade de chuva, com a declividade e comprimento do declive do terreno e com a capacidade do solo em absorver mais ou menos água. Já a resistência que o solo exerce à erosão está determinada por suas diversas propriedades físicas e químicas, e pela natureza e quantidade da cobertura vegetal.

O efeito da vegetação pode ser assim enumerado: (a) proteção direta contra o impacto das gotas de chuva; (b) dispersão da água, interceptando-a e evaporando-a antes que atinja o solo; (c) decomposição das raízes das plantas que, formando canalículos no solo, aumentam a infiltração da água; (d) melhoramento da estrutura do solo pela adição de matéria orgânica, aumentando, assim, sua capacidade de retenção de água; (e) diminuição da velocidade de escoamento da enxurrada pelo aumento do atrito da superfície.

As florestas tropicais têm como principais benefícios, de acordo com diferentes pesquisas, a proteção do solo contra a erosão e o controle dos ciclos hídricos, impedindo ou reduzindo os efeitos de enchentes e assoreamento (Tonhasca Junior, 2004). Na Tabela 02, observar-se o resultado da ação das diferentes coberturas vegetais nas perdas de solo e água pela erosão. Dados obtidos da Seção de Conservação do Solo do Instituto Agrônomo de Campinas, a partir da publicação de Bertoni e Lombardi Neto (1999).

Tabela 02 – Efeito do uso do solo sobre as perdas por erosão. Médias ponderadas para três tipos de solo do Estado de São Paulo. Dado extraído de Bertoni e Lombardi Neto (1999).

Tipo de uso	Perdas de	
	Solo t/ha	Água % chuva
<i>Mata</i>	0,004	0,7
<i>Pastagem</i>	0,4	0,7
<i>Cafezal</i>	0,9	1,1
<i>Algodão</i>	26,6	7,2

Um terreno coberto com mata, em condições normais, perde pela erosão uma camada de 15 cm em 440.000 anos, quando o mesmo solo está coberto por pastagem, o desgaste dessa mesma camada é feito em 4.000 anos. Quando a cobertura é uma planta perene do tipo café, o desgaste se faz em 2.000 anos. Por fim, quando a cobertura é de uma cultura anual, do tipo algodão, tal desgaste leva apenas 70 anos (Bertoni e Lombardi Neto, 1999).

Estudos desenvolvidos por Barbosa e Fearnside (2000), em Roraima, concluíram que a erosão do solo provocada pelas chuvas na pastagem de *Brachiaria humidicola* em áreas com declive de 20 % foi 7,5 vezes maior quando comparada com a floresta primária no mesmo período e nas mesmas condições climáticas e topográficas.

Ainda assim, alguns autores consideram como significativas, à proteção contra a erosão proporcionada pelas gramíneas, sobretudo quando associados às pastagens bem manejadas. Segundo Dedek *et al.* (1986) as gramíneas forrageiras são consideradas eficientes protetoras dos solos contra erosão. Os referidos autores analisaram perdas de terra com os seguintes tratamentos culturais: pastagem (*Brachiaria decumbens*), solo nu, soja (*Neonotonia wightii*) através do plantio direto, soja preparo convencional e milho (*Zea mays*) preparo convencional, como resultados foram identificadas perdas de 0.15; 52.6; 5.4; 8.1; e 29.4 toneladas/ano respectivamente.

Enquanto a floresta permanece intacta, as taxas de erosão do solo, a carga sedimentar em córregos e os máximos de enchentes não são alterados, ou respondem de maneira amortecida as variações climáticas. Entretanto, tão logo exista uma mudança significativa em qualquer característica da cobertura florestal, surgem impactos nos aspectos hidrológicos (Tejwani, 1993, citado por Addad 1997). O desmatamento pode ser considerado como um distúrbio de alto impacto, no que tange a efeitos hidrológicos (Brúijnzeel, 1993).

### 3.5 - Dinâmica de Uso e Ocupação da Terra no Extremo Sul da Bahia.

Os estudos de uso da terra e da sua evolução através das técnicas de sensoriamento remoto se apresentam como peça fundamental de análise, uma vez que o uso da terra é, de fato, o ponto de intersecção mais importante entre as atividades humanas e o meio ambiente. Assim, o desenvolvimento de trabalhos com enfoque nas mudanças temporais dos recursos naturais em escala local e regional com a produção de dados quantitativos tem sido uma valiosa ferramenta em programas para políticas de conservação ambiental.

O mapeamento da distribuição geográfica da cobertura vegetal, com base em suas características fisionômicas, ecológicas e florísticas ganharam um impulso considerável com o advento do sensoriamento remoto, inicialmente com o uso de fotografias aéreas e imagens de radar, e posteriormente, com a disponibilidade de imagens orbitais. A utilização destas técnicas, não só permitiram identificar os distintos tipos de vegetação na superfície da Terra, mas também a partir de uma série temporal de imagens, é possível monitorar e mensurar a evolução da paisagem ao longo do tempo.

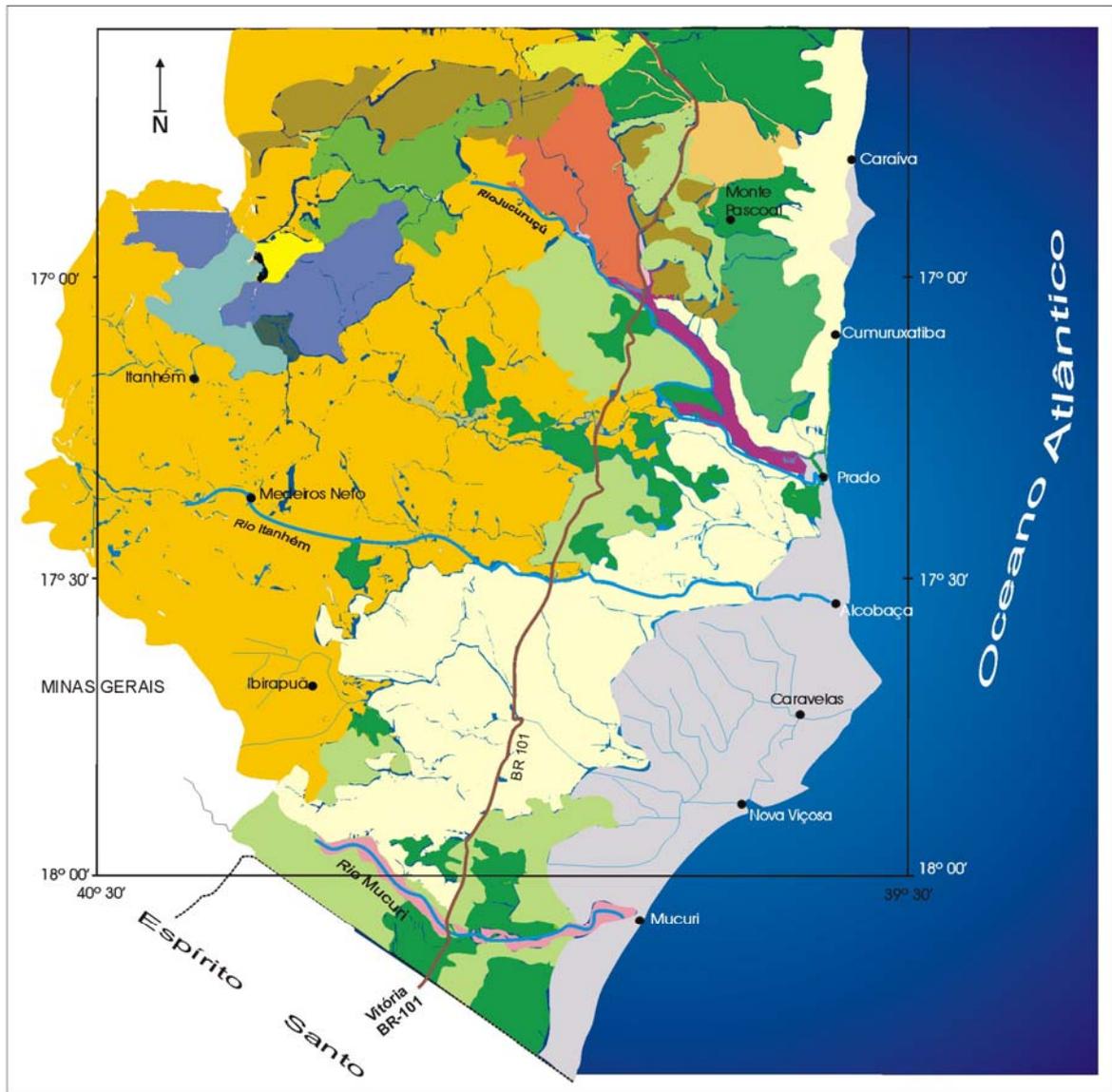
Para a região onde se desenvolve o presente trabalho, o primeiro levantamento dos recursos naturais através das técnicas de sensoriamento remoto, remete ao Diagnóstico Socioeconômico da

Região Cacaueira realizado pela CEPLAC (Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira). Finalizado em 1976, trata-se até hoje, de um dos mais extensos e completos retratos da situação do meio físico e socioeconômico do Sudeste da Bahia. O mapa de uso da terra elaborado nesta época representa a primeira referência mapeável da paisagem do Extremo Sul da Bahia na escala 1:750.000 (Figura 21).

Posteriormente, o Centro de Estatística e Informações (CEI), publicou o Uso Atual das Terras: Centro Sul, Sul e Extremo Sul da Bahia no ano de 1994, na escala de 1:500.000 tendo como bases cartográficas os trabalhos da CEPLAC (1976a), as publicações do Projeto RADAMBRASIL que condensavam as informações de natureza física e as imagens do Sistema Landsat- TM/5 (CEI, 1994) (Figura 22).

Em 1994 a Comissão Executiva para o Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), juntamente com o Jardim Botânico de Nova York elaboram uma série de cinco mapas, representando o período de 1945 a 1997, com a situação dos remanescentes da Mata Atlântica no Extremo Sul da Bahia. Ao longo destes cinquenta e dois anos de atuação humana, sobre esta região, houve uma redução da área de Mata Atlântica em torno de 80.5 %. Estes dados estão apresentados em seqüência no Apêndice 01.

Mais recentemente, as Organizações Não-Governamentais IESB (Instituto de Estudo Sócio-Ambiental do Sul da Bahia), CI (*Conservation International*), em conjunto com a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), e a Universidade de Campinas (UNICAMP) publicaram no ano de 2003, um trabalho intitulado “Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica no Sul da Bahia”, o qual contemplava um estudo sobre a cobertura vegetal e uso da terra no Sudeste da Bahia, tendo como base cartográfica imagens Landsat TM/5 de 1996 e 1997, Figura 23.

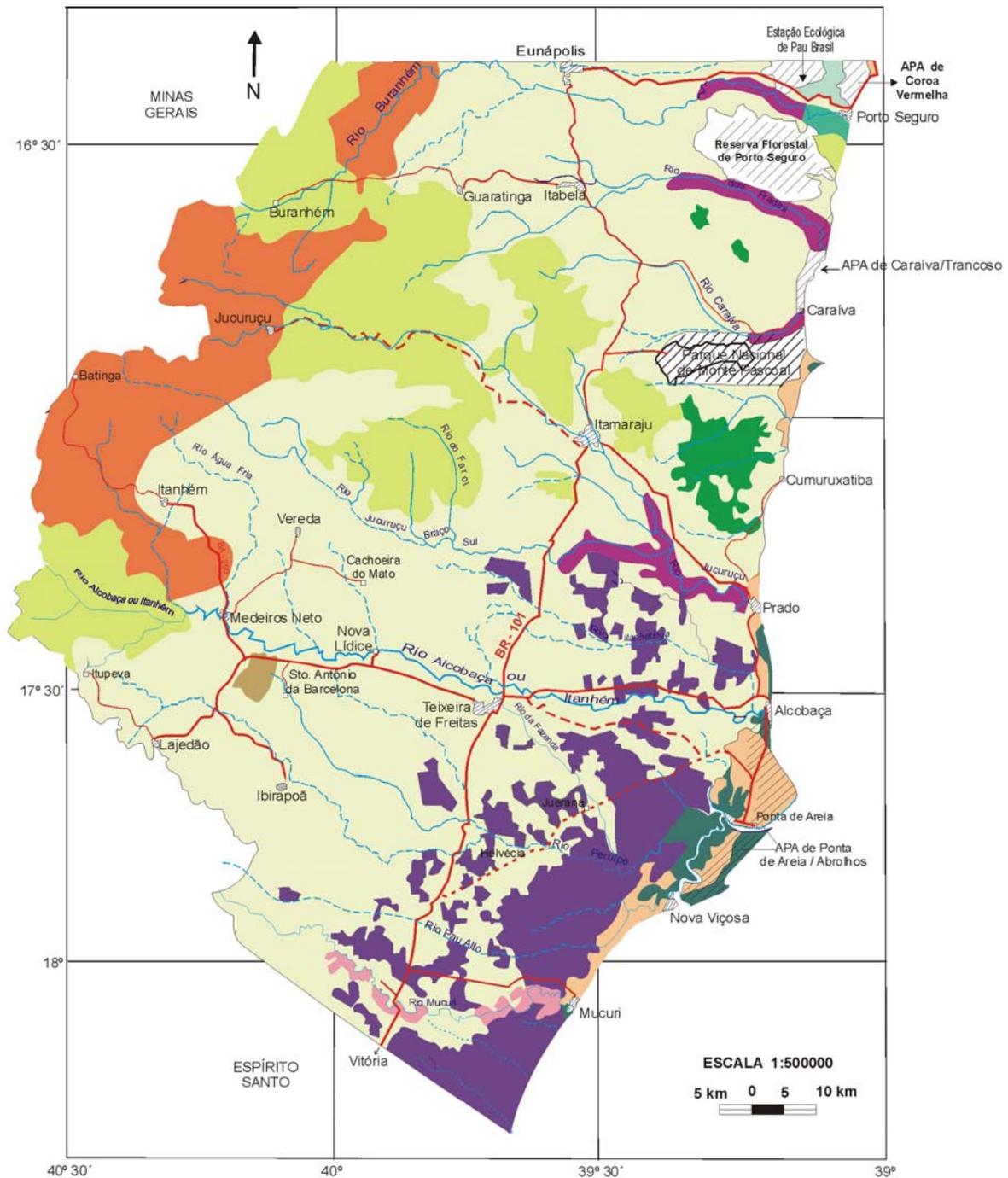


**LEGENDA**

- Capoeiras e Cultivos Anuais (80%), Remanescente Florestal (10%) e Pastos (10%)
- Capoeiras Altas e Remanescente Florestal Explorado (49%), Pastos, Capoeiras e Cultivos Diversos (46%), Cacauais (4%) e Seringais (1%).
- Brejos Interioranos - Brejos, Ocorrência de Pastos e Cultivos (100%).
- Baixios Costeiros - Capoeiras Altas e Remanescentes Florestais Explorados (10%); Capoeiras, Cultivos Diversos, Pastos Pobres, Campos (75%); Manguezais e Brejos (10%).
- Rios
- Remanescentes Florestais (95%), Capoeiras e Cultivos Anuais (5%)
- Cacauais (25%), Capoeiras e Cultivos Diversos (75%).
- Cacauais (25%), Pastos (40%), Capoeiras e Cultivos Diversos (35%)
- Pastoril - Pastos, Capoeiras e Cultivos Diversos (80%), Remanescentes Florestais (20%)
- Pastoril- Pastos (30%), Remanescentes Florestais (10%), Capoeiras e Ocorrências de Cultivos Anuais (60%).
- Pastoril - Pastos, Capoeiras e Cultivos Diversos (87%), Remanescentes Florestais (13%).
- Pastoril - Pastos, Capoeiras e Cultivos Diversos (60%), Remanescente Florestal (40%)
- Pastoril- Pastos (85%), Capoeiras Altas e Remanescentes Florestais Explorados (15%).
- Pastoril- Capoeiras e Cultivos Diversos (59%), Capoeiras Altas e Remanescentes Florestais Exploradas (10%), Pastos (31%).
- Pastoril - Pastos (90%), Remanescentes Florestais (10%).
- Capoeiras, Pastos Pobres, Campos, Cultivos Diversos (90%), Remanescentes Florestais (10%)
- Pastoril - Pastos (69%), Capoeiras Altas e Remanescente Florestal Explorado (31%)

**MAPA DE UNIDADES DO USO DA TERRA**  
**Ano 1974**  
 Modificado de CEPLAC (1976)  
 ESCALA 1:750.000

Figura 21 - Mapa de uso da terra, para o Extremo Sul da Bahia, modificado de CEPLAC (1976a).



**LEGENDA**

- |  |  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #e67e22; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Pastagem extensiva e ocorrência de culturas de subsistência.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #c8e6c9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Vegetação Secundária, com capoeiras de porte variado e remanescentes de Floresta Atlântica.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #9c27b0; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Silvicultura (Eucalipto)</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #e91e63; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Cacaú com sombreamento de mata raleada e/ou bananeira em menor escala pastagem, piaçava, seringa e culturas de subsistência.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #f1c40f; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Restingas arbustivas e arbóreas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #27ae60; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Campo de Várzea - vegetação arbórea e herbácea, inundada periodicamente.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px solid red; margin-right: 5px;"></span> Estradas pavimentadas</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 2px dashed red; margin-right: 5px;"></span> Estradas secundárias</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #9c27b0; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Terras Úmidas Costeiras - brejos</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #27ae60; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Terras Úmidas Costeiras - manguezais</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #e6e6fa; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Pastagem extensiva com remanescentes de Floresta Atlântica associada às culturas de cacau, cana-de-açúcar, café, mamão e culturas de subsistência.</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #27ae60; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Floresta Perenifólia Higrófila</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #c8e6c9; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Culturas temporárias com pastagem</li> <li><span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #f1c40f; border: 1px solid black; margin-right: 5px;"></span> Culturas temporárias com pastagem e cana-de-açúcar.</li> </ul> |
|--|--|

Figura 22 - Mapa de uso da terra, para o Extremo Sul da Bahia, modificado da CEI (1994).

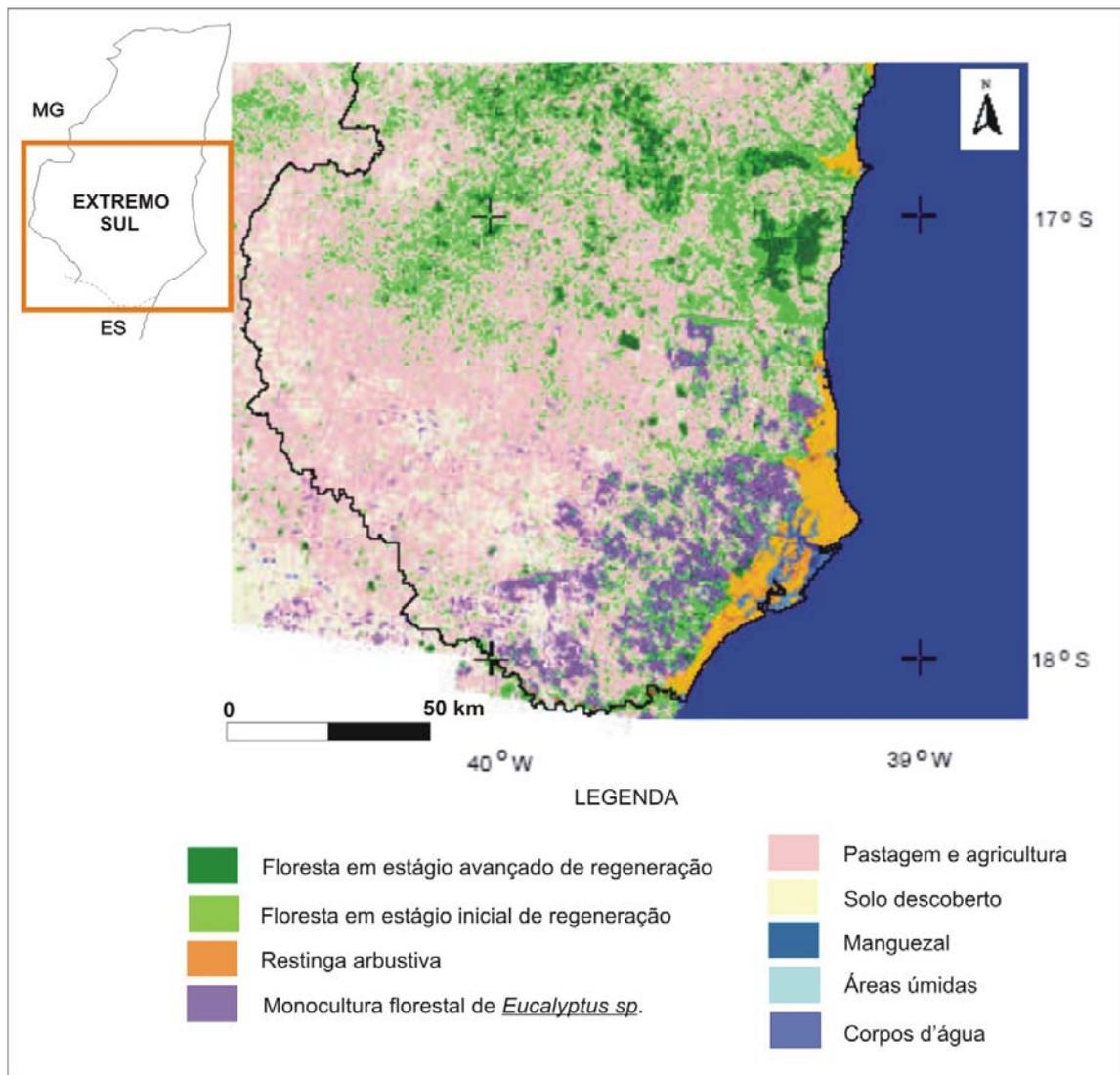


Figura 23 – Mapa de cobertura vegetal e uso da terra para parte do Extremo Sul da Bahia, baseado em imagens Landsat de 1996/1997. Convênio PROBIO/MMA, IESB, CI, UFMG, UNICAMP. Modificado de Landau *et al.* (2003).

## 4.0 MATERIAL E MÉTODOS

Este capítulo inclui uma descrição dos indicadores socioeconômicos que foram obtidos de diversas fontes, conforme relacionado no corpo do texto, descrição das técnicas utilizadas nas análises de sensoriamento remoto e no estudo hidrológico dos postos pluviométricos e fluviométricos e da utilização das técnicas sedimentológicas, mineralógicas e geoquímica.

As coletas dos testemunhos de sondagem no estuário da planície costeira de Caravelas e nos recifes do arco costeiro de Abrolhos realizadas em abril de 2002 e 2003, respectivamente estão ilustradas no Apêndice 02. Estes testemunhos foram congelados e posteriormente transportados para Salvador, onde foi realizada a preparação das amostras para as análises isotópicas, sedimentológicas e de química analítica.

### 4.1 Confecção da Base Cartográfica

A base cartográfica utilizada neste trabalho foi obtida a partir de uma série de fontes secundárias destacando-se CBPM (2000a); MMA (2006); IESB (2003), e dados obtidos a partir da compilação de informações já pré-existentes como SEI (2001), e a carta náutica da DHN (nº 1300).

A área mapeada utilizada neste trabalho corresponde a 18.221,48 km<sup>2</sup> e engloba os municípios de Prado, Itamaraju, Jucuruçu, Vereda, Medeiros Neto, Teixeira de Freitas, Alcobaça, Lajedão, Ibirapoã, Caravelas, Nova Viçosa e Mucuri. A escolha desta área decorre do fato dos recifes do arco costeiro de Abrolhos estarem inseridos na mesma faixa latitudinal destes municípios bem como as bacias hidrográficas cujas descargas líquidas poderão exercer alguma influência sobre os recifes.

### 4.2 Geração dos Mapas de Uso da Terra – dados secundários

Foram produzidos três mapas de uso da terra, a partir de dados secundários com alterações dos originais, para a cobertura vegetal existente no Extremo Sul da Bahia. Os mapas de uso da terra modificados da CEPLAC (1976a) e CEI (1994) foram inicialmente digitalizados em scanner, e posteriormente vetorizados no programa Corel DRAW 10 com o trecho correspondente ao Extremo Sul da Bahia, uma vez que ambos contemplavam todo o Sudeste baiano. O terceiro mapa encontrava-se já em formato digital (formato *shapefile*, ArcGis) e foi obtido do MMA (2006) onde são apresentados os remanescentes de Mata Atlântica para o ano de 1995 e o incremento ou decréscimo de Mata Atlântica comparado com o ano de 1990.

#### 4.3 Geração dos Mapas de Uso da Terra – dados primários

Sistemas de Informação Geográfica (SIG) são sistemas automatizados usados para armazenar, analisar e manipular dados geográficos, ou seja, dados que representam objetos e fenômenos em que a localização geográfica é uma característica inerente à informação e indispensável para analisá-la (Goodchild, 1987).

Sensoriamento remoto é a tecnologia que permite obter imagens, da superfície terrestre, através da captação e do registro da energia refletida ou emitida pela superfície. As técnicas de sensoriamento remoto têm sido largamente utilizadas em estudos ambientais, uma vez que é uma das maneiras de introduzir informações no Sistemas de Informações Geográficas (SIG), possibilitando, assim, dar suporte a estudos de planejamento de uso e ocupação do solo, tais como, parâmetros hidrológicos, geologia, cobertura vegetal, climatologia e uso da água, de grande áreas a custos razoáveis (Calijuri *et al.* 2000).

Neste trabalho, foram utilizadas duas imagens Landsat 5 TM, representando os períodos de agosto/2004 e junho/1984 além de uma imagem Landsat MSS, correspondente ao período de março/1973. Todas as imagens foram trabalhadas com Datum WGS 84 e no formato Geotiff.

As imagens foram georreferenciadas no *software* ERDAS *Imagine* 8.6 e posteriormente vetorizadas no *software* Arc View 3.2 para edição final. A escolha do *software* Arc View, como plataforma para geração final dos mapas, deve-se a facilidade de obtenção de dados ambientais no formato (.shp), sendo este programa um dos *softwares* de geoprocessamento, mais utilizados no mundo, atualmente, encontrando-se bastante difundido em vários órgãos governamentais. Os arquivos no formato (.shp) são também facilmente importados por vários *softwares* de geoprocessamento disponíveis no mercado.

Foram realizadas três campanhas de campo com o propósito de coletar informações sobre verdade de campo dos diversos tipos vegetacionais encontrados no Extremo Sul da Bahia, conforme indica a Figura 24. Cada ponto visitado estava associado às respectivas coordenadas geográficas coletado com o uso do GPS (*Global System Position*), estes pontos representavam diferentes tipos vegetacionais tais como vegetação primária, secundária, pastagens, cultivo de eucalipto em diversos estágios de desenvolvimento, culturas agrícolas, restingas arbóreas e arbustivas e solo exposto.

Com isto foi possível estabelecer uma classificação supervisionada, que foi o critério adotado para interpretar as imagens Landsat definindo, assim, os mapas de uso da terra para os períodos de 1973, 1984 e 2004.

Por uma questão de custos, na obtenção das imagens Landsat de 1984 e 2004 foi utilizado um recorte representativo do Extremo Sul, que corresponde a uma área de 18.221,48 km<sup>2</sup> de um total

30.647,24 km<sup>2</sup>, conforme indica a Figura 24. A área de estudo, contudo, representa todo o continente adjacente aos recifes de corais do arco interno de Abrolhos. Apenas as bacias do Buranhém e do Jequitinhonha ficaram excluídas da área de estudo, pois ambas, distam aproximadamente cerca de 95 km e 160 km respectivamente, dos recifes mais próximos do arco costeiro de Abrolhos. A imagem de 1973, fora obtida gratuitamente no site (<http://glcf.umiacs.umd.edu/data/>), da Universidade de Maryland (EUA).

Os tipos vegetacionais gerados neste trabalho foram agrupados em cinco diferentes categorias: formações florestais, restingas arbóreas e arbustivas, pastagens associadas a cultivos agrícolas, solo exposto, manguezais e plantios de eucalipto (*Eucalyptus sp.*).

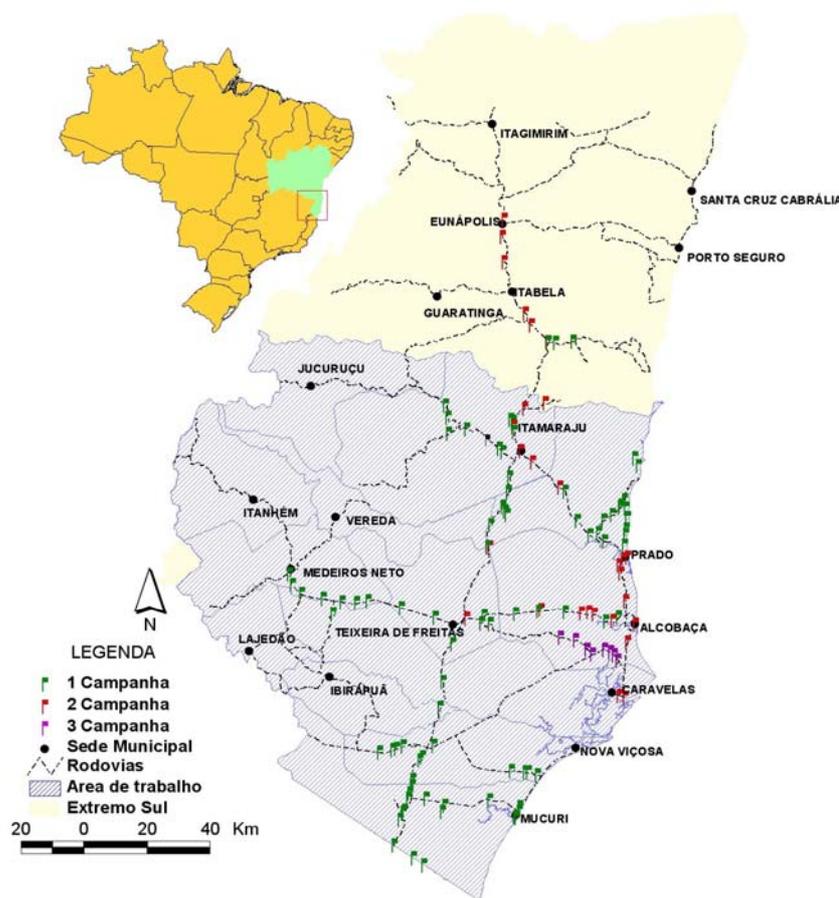


Figura 24 – Localização dos pontos visitados nas três campanhas de campo para coleta da verdade de campo dos tipos vegetacionais existentes no Extremo Sul da Bahia. Mapa político-administrativo e rodovias extraídas de CBPM (2000a).

Optou-se por seguir a designação adotada pela Fundação SOS Mata Atlântica e pelo INPE (2002) os quais estabelecem como formações florestais as estruturas vegetacionais primárias e/ou secundárias de Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Densa de Terras Baixas, Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Decidual, Floresta Pioneira de Influência Marinha, Floresta de

Influência Fluvial, e áreas de cabruca, que são plantios de cacau sombreados com espécies arbóreas das formações florestais ou espécies arbóreas introduzidas.

A Floresta Ombrófila Densa, no Sudeste da Bahia, onde a pluviosidade está acima de 1.000 mm anuais é designada também na literatura como mata higrófila Sul Baiana e compreende formações arbóreas semelhante à amazônica que se desenvolvem na faixa costeira sobre solos dos tabuleiros costeiros.

A resolução do CONAMA de maio de 1994 designa Floresta Primária como uma área detentora de grande diversidade biológica, sendo os efeitos das ações antrópicas mínimos, a ponto de não afetar significativamente as características originais da floresta em relação à florística e à sua estrutura. A floresta secundária é aquela resultante dos processos naturais de sucessão, após supressão total ou parcial da vegetação primária por ações antrópicas ou causas naturais, podendo ocorrer exemplares da vegetação primária. A floresta secundária em estágio avançado de regeneração é uma área de vegetação florestal onde a fisionomia arbórea domina sobre os demais componentes vegetacionais, formando um dossel fechado e relativamente uniforme quanto ao porte.

A designação restinga, adotada neste trabalho, refere-se à cobertura vegetal típica de terrenos arenosos da área litorânea, englobando tanto as formações herbáceas mais próximas a linha de costa, quanto as formações arbustivas e florestais. Na área de estudo, é comum a ocorrência de pastos mal manejados, inseridos nas áreas de restingas. Dessa forma, optou-se por agrupar as feições de pastagens que ocorrem inseridas nas áreas de restinga, em um único tema, decorrentes do uso rotineiro desta cultura agrícola, nas planícies costeiras do Extremo Sul da Bahia. (Apêndice - Foto 01).

#### *4.4 Estudo hidrológico*

A descarga fluvial e a precipitação foram as variáveis hidrológicas analisadas neste estudo. Os dados hidrológicos foram obtidos no Sistema de Informações Hidrológicas (SIH) da Agência Nacional das Águas (ANA) (<http://hidroweb.ana.gov.br>) e as estações fluviométricas utilizadas nas análises foram aquelas localizadas na porção mais a jusante dos rios, dispondo-se de séries históricas de cotas (h), vazões (Q) e resumos de descargas. Vale ressaltar, ainda, que quanto mais próximo da desembocadura estiver a estação de medição, melhor será a totalização da descarga fluvial para a zona costeira. Na Figura 25 estão indicadas as estações fluviométricas trabalhadas.

Para a escolha das estações fluviométricas a seguir delineadas levou-se em consideração dois fatores: a existência de uma série amostral superior a 30 anos, período temporal mínimo necessário para verificar alguma tendência de variabilidade nos dados e proximidade com a linha de costa (Tabela 03, Figura 25). Neste sentido, o posto Helvécia é a única exceção, embora possuindo uma série de 27 anos

por ser o único posto fluviométrico do rio Peruípe a sua inclusão foi considerada importante. Assim, foram construídos gráficos com o comportamento histórico das vazões médias mensais e anuais de oito estações fluviométricas.

Os dados de precipitação, por sua vez, se referem as estações pluviométricas intercaladas entre as estações fluviométricas, sendo selecionadas as seguintes estações: Helvécia, Itamarajú, Mundo Novo, Itapebi e Fazenda Nancy. Correlacionou-se a concomitância da relação chuva/vazão entre as regiões climatologicamente afins, para evidenciar aumento ou redução das descargas. Foram escolhidas estas estações pluviométricas, por possuírem um registro do período de chuva superior a 40 anos.

Foram calculados os dados de totais mensais que se referem ao somatório da altura de chuva ocorrida durante todos os meses ao longo de um determinado ano e os dados de máximas mensais que é a maior altura de chuva ocorrida em um único dia, ao longo de um mês de um determinado ano.

Tabela 03 - Estações fluviométricas do Extremo Sul do Estado da Bahia, analisadas neste trabalho.

Cód SIH	Estação/Rio	Área (Km <sup>2</sup> )	Início	Fim	Extensão temporal (anos)
55340000	Itamarajú/ rio Jucuruçu	3048	1954	2002	48
55370000	Cachoeira Grande/ rio Jucuruçu	830	1954	2002	48
55380000	Faz. Rio Sul/ rio Jucuruçu	1981	1954	2002	48
55460000	Medeiros Neto/ rio Itanhém	2943	1952	2002	50
55490000	Faz. Cascata/ rio Itanhém	5084	1952	2002	50
55510000	Helvécia/ rio Peruípe	2841	1975	2002	27
55630000	Carlos Chagas/ rio Mucuri	9607	1940	2001	61
55700000	Nanuque/ rio Mucuri	14174	1940	2001	61

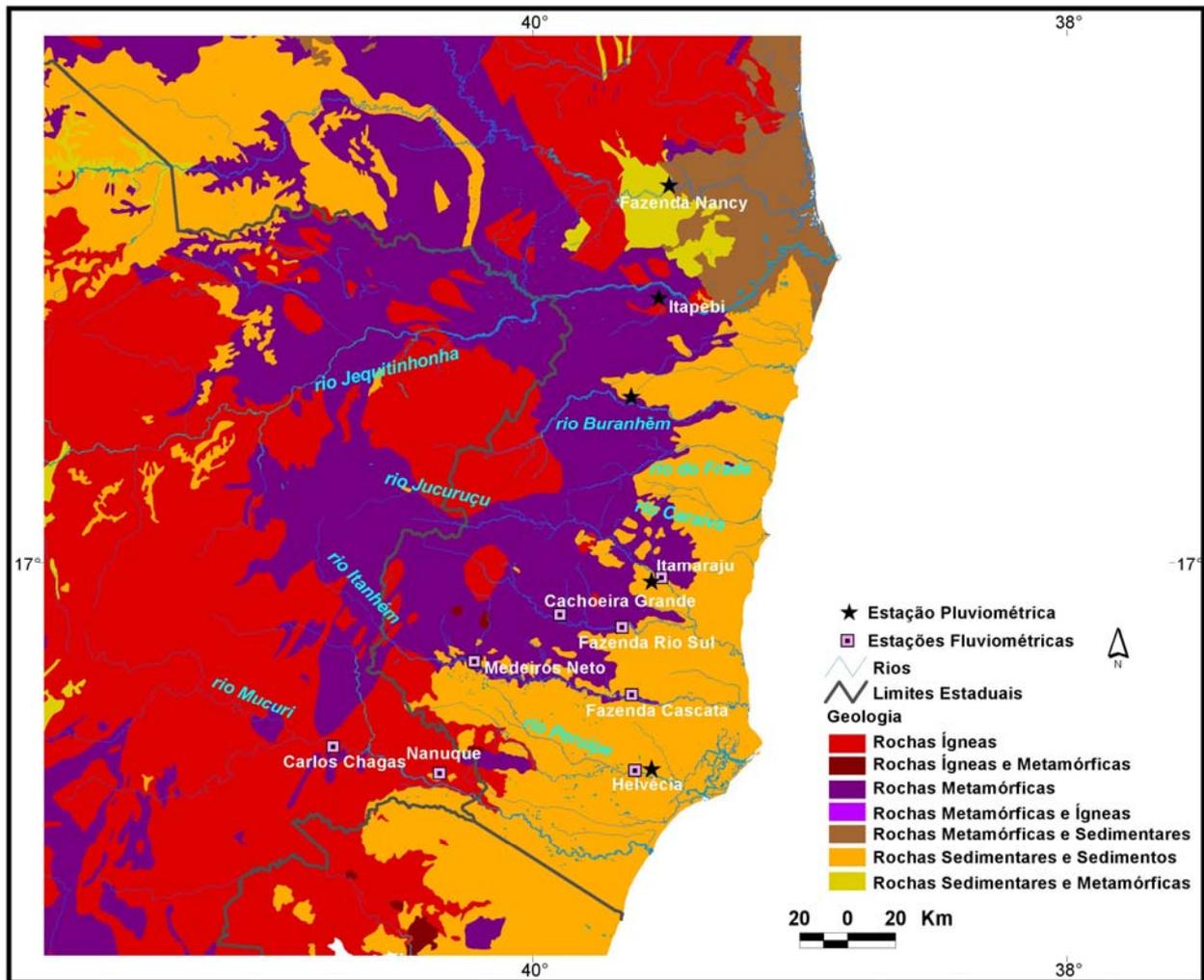


Figura 25 - Localização das estações pluviométricas e fluviométricas utilizadas neste trabalho. Geologia modificada de CPRM (2001).

#### 4.4.1. Avaliação da consistência dos dados fluviométricos

A qualidade dos dados de vazão das diferentes estações foi verificada a partir dos valores máximos e mínimos da relação cota/vazão ( $H/Q$ ), segundo o método de regionalização de vazões (IPH, 1983, In: Tucci 1987). O método propõe que seja feita a relação entre a maior cota observada na série histórica e a maior cota com vazão medida na curva de descarga. A mesma relação deve ser considerada para os dados de vazões. As estações que obtiveram classificação adequada ao método foram submetidas à correção da curva-chave e de suas vazões. Por fim, para estender as séries históricas existentes e, com isso, obter um melhor aproveitamento dos dados, utilizou-se uma correlação linear na vazão média anual (para preencher as lacunas existentes), entre os postos fluviométricos inter e intrabacias. Neste sentido, uma estação pode ser classificada de cinco formas: A, B, C, D e E (Tabelas 04 e 05). As estações estudadas obtiveram classificação variável entre A, B e C. No Apêndice 3 estão indicadas as curvas-chave das estações fluviométricas estudadas.

Tabela 04 - Classificação das estações fluviométricas - vazão máxima (Tucci, 1997).

GRAU	CARACTERÍSTICA	h	Q
A	Postos fluviométricos de características excelentes cujas descargas estão dentro de 10 a 15% do valor máximo de cheia observada, com uma boa seção transversal para a extrapolação, sem transbordamento nas margens	≤ 1,15	≤ 1,15
B	Postos bons, com extrapolação da curva de descarga menor que 50% do valor medido de vazão e seções transversais boas, sem transbordamentos	≤ 1,25	≤ 1,50
C	Postos aceitáveis com extrapolação adequada da curva de descarga e com eventuais transbordamentos	≤ 1,75	≤ 2,50
D	Postos geralmente inaceitáveis pela grande extrapolação da curva de descarga e transbordamento excessivo na seção	> 2,00	> 3,00
E	Postos com extrapolação inadequada da curva de descarga. Não são considerados no estudo	--	--

Tabela 05 - Classificação das estações fluviométricas - vazão mínima (Tucci, 1997).

GRAU	CARACTERÍSTICAS
A	Pouca ou nenhuma extrapolação inferior da curva-chave (≤ 50cm); Existência de uma única curva-chave na parte baixa, demonstrando estabilidade da seção de medição, especialmente do fundo. Boa cobertura de medições de vazão na parte inferior da curva
B	Extrapolação de alguma importância (entre 50cm e 1m). Algumas alterações do talvegue e do fundo, sem migrações marcantes. Alguma dispersão dos valores de vazão na parte inferior da curva-chave. Oscilações da área da seção de escoamento
C	Extrapolação grande da curva-chave (>1,00m). Alterações de importância no fundo do rio e modificações do talvegue, sem se constituírem em mudanças radicais. Dispersão nos valores de vazão. Existência de duas ou mais curvas-chave na parte inferior, embora definidas. Aceitável para regionalização, com algumas restrições
D	Grandes extrapolações da curva-chave (>1,20m). Alteração total do talvegue e do fundo do rio. Grandes incoerências nas variações da área de escoamento, denotando excessiva dispersão das vazões. Inaceitável para regionalização

#### 4.5 Fracionamento dos testemunhos para análise geocronológica e sedimentológica.

Posto que todos os testemunhos de sondagem possuíam um comprimento total entre 55 e 60 cm e 06 cm de diâmetro, devido às diferenças de granulometria, porosidade, empacotamento das camadas sedimentares e ao teor de água presente em cada um deles, foram então obtidos diferentes quantidades de alíquotas. A Tabela 06 indica o número total de alíquotas, o espaçamento de corte produzido em cada um dos testemunhos estudados, bem como as respectivas análises realizadas.

A taxa de acumulação dos sedimentos, presente nos testemunhos foi determinada a partir da atividade do  $Pb^{210}$ . A leitura do  $Pb^{210}$  nas amostras foi feita através do uso do espectrômetro que mede a atividade das radiações gama (radiação eletromagnética), emitidas pelo [ $^{210}Pb$  total].

Os testemunhos estuarinos TCV 1A e TCV 2A foram fracionados em alíquotas de 2 cm de espessura, enquanto, os testemunhos retirados no entorno dos recifes do arco costeiro de Abrolhos, TLE

(Pedra de Leste), TTI (Timbebas), LIX (recife da Lixa) e PGS (recife Ponta Grande do Sul) foram fracionados em alíquotas de 1 cm, determinando assim, o comportamento do  $Pb^{210}$ .

Tabela 06 – Distanciamento de corte entre as alíquotas, quantidade total de alíquotas e análises efetuadas em cada um dos testemunhos estudados.

Estação (Testemunho)	Código	Distanciamento de corte (cm)	Quantidade de alíquotas	Análises efetuadas
Timbebas	TTI	01	54	Datação, granulometria, teor de carbonato de cálcio, análise geoquímica elementar, difratometria de raios-X, identificação composicional dos grãos.
Ponta Grande Sul	PGS	01	53	Datação, granulometria, teor de carbonato de cálcio, difratometria e fluorescência de raios-X,
Pedra de Leste	TLE	01	45	Datação, granulometria, teor de carbonato de cálcio, análise geoquímica elementar, difratometria e fluorescência de raios-X, identificação composicional dos grãos.
Recife da Lixa	LIX	01	25	Datação.
TCV 1 A	TCV 1A	02	29	Granulometria, análise geoquímica elementar e matéria orgânica.
TCV 2 A	TCV 2A	02	25	Datação, granulometria, análise geoquímica elementar e matéria orgânica.

#### 4.6 Geocronologia Sedimentar Aplicada aos Testemunhos de Sondagem

Foram utilizados entre 10 e 30 gramas de sedimentos para medir a atividade do  $^{210}Pb$  (Figura 26). Na análise com espectrômetro gama, utilizado neste trabalho, a amostra é posta *in-natura* e então é medida diretamente a atividade do  $^{210}Pb$  Total (Figura 27).



Figura 26 – Retirada das alíquotas de sedimento do testemunho TCV 1A para análise da atividade do  $^{210}Pb$  no espectrômetro gama.



Figura 27 - Espectrômetro de radiação gama, do Laboratório de Física Nuclear, da Universidade Federal da Bahia, o qual foi utilizado para medir a atividade radioativa do Chumbo 210.

#### *4.7 Análises Sedimentológicas*

As análises sedimentológicas realizadas nos testemunhos compreendem a contagem de grãos siliciclásticos dos recifes de Timbebas e Pedra de Leste, a granulometria dos testemunhos estuarinos TCV 1A e TCV 2A, e o percentual da fração lamosa presente nos recifes de Pedra de Leste, Timbebas e Ponta Grande do Sul. A localização dos testemunhos está indicada na Figura 01.

##### *4.7.1 Contagem de Grãos*

Para a contagem de grãos foram analisados alíquotas dos testemunhos retirados nos recifes de Timbebas e Pedra de Leste, através do cômputo das partículas sedimentares siliciclásticas.

Cada uma das 45 alíquotas iniciais dos testemunhos TLE e TTI foram examinadas em lupa binocular onde fora realizada a contagem aleatória de 200 grãos em cada uma das frações granulométricas, areia muito fina (4  $\phi$ ) e silte grosso (5  $\phi$ ) distinguido entre os grãos de natureza siliciclástica e carbonática.

##### *4.7.2 Análises Granulométricas*

Para as análises granulométricas inicialmente separou-se por peneiramento a úmido as frações areia da fração lama (silte + argila). A seguir, uma análise mais detalhada separou as frações arenosas, através do uso de peneiras granulométricas com intervalo de 1 phi e determinou-se os valores percentuais das classes de silte e argila, pelo método de pipetagem.

Nos testemunhos estuarinos TCV 2A e TCV 1A foram processadas respectivamente 25 e 29 amostras. O peneiramento a úmido dos testemunhos TLE, TTI, e PGS, consistiu na separação dos sedimentos finos/grossos, empregando-se uma peneira granulométrica de diâmetro 0,062 mm. Após a lavagem, cada amostra foi deixada no becker em repouso por um período sempre superior a 12 horas para a decantação da fração lamosa. Posteriormente, foi retirado o excesso de água do becker por sifonagem e a amostra foi colocada na estufa a 45°C para a secagem. O percentual de lama foi obtido a partir da diferença entre o peso total seco da amostra e o peso da fração lamosa.

O peneiramento da fração arenosa foi feito após a secagem das amostras em estufa a temperatura inferior a 50 °C, uma vez as amostras secas foi utilizado um conjunto de peneiras granulométricas correspondente à areia muito fina, areia fina, areia média e areia grossa. Posteriormente cada classe granulométrica foi então pesada em balança analítica.

Os resultados numéricos do processamento mecânico dos sedimentos foram usados para o cálculo dos parâmetros estatísticos no software Sys Gran<sup>®</sup> onde se utilizou análise estatística do Método dos Momentos.

#### *4.8 Análises Químicas*

As análises químicas contemplaram a quantificação do conteúdo de CaCO<sub>3</sub> (carbonato de cálcio), presente nos testemunhos TLE (recife Pedra de Leste), TTI (recife de Timbebas) e PGS (recife Ponta Grande do Sul), o teor de matéria orgânica presente nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A, composição mineralógica através das técnicas de fluorescência e difratometria de raios-X, análise geoquímica dos testemunhos com ênfase nos metais-pesados.

##### *4.8.1 Carbonato de Cálcio*

Foram separadas alíquotas dos testemunhos TLE e TTI e PGS, estas amostras foram pesadas e levadas à estufa a 45°C. Após secas, foi feita a sua pesagem. Em seguida, foi feita a separação da fração fina (silte e argila que juntas compõe a lama) da fração grossa (areia e cascalho), sendo utilizadas uma peneira granulométrica de malha igual a 0,062mm e água deionizada. Após a lavagem, cada amostra foi deixada no becker em repouso por um período superior a 12 horas para a decantação da fração lamosa. Posteriormente, foi retirado o excesso de água do becker por sifonagem e a amostra foi colocada na estufa a 45°C para a secagem. Foram pesadas 0,25g dessas amostras secas no erlenmeyer, adicionado-se, com pipeta, 25 ml de HCl a partir do qual é mensurada as concentrações de carbonato de cálcio.

Foeram então adicionadas três 3 gotas de fenolftaleína em cada amostra e feita a titulação com NaOH. O resultado obtido na titulação foi então aplicado na fórmula a seguir onde é obtido o valor percentual de CaCO<sub>3</sub>.

$$\% \text{ CaCO}_3 = \frac{(C \text{ HCl} \times V \text{ HCl} - C \text{ NaOH} \times V \text{ NaOH}) \times 5}{m \text{ (g)}}$$

Onde:

C HCl = Concentração real do ácido;

C NaOH = Concentração real da base;

V HCl = volume de ácido;

V NaOH = volume da base;

m (g) = massa de sedimento.

#### 4.8.2 Matéria Orgânica

Determinou-se o teor de carbono total presente nas alíquotas retiradas do testemunho, por meio do método de titulação, a partir de 25 mg de sedimento na fração lamosa. Nesta análise é possível obter o teor de carbono em gramas e os valores de matéria orgânica presente em cada amostra estudada. Foram processadas 21 e 29 amostras dos testemunhos estuarinos TCV 2A e TCV 1A, respectivamente.

Os valores de carbono orgânico foram estabelecidos pela expressão: %C = %M.O. / 1,724. O valor 1,724 representa o fator de conversão de van Bemmelen, calculado a partir do percentual médio de carbono contido na matéria orgânica.

Aproximadamente 25 mg de cada amostra, foram pesados em balança analítica após serem macerados com pistilo de porcelana e em seguida transferidos para um erlenmeyer. Neste recipiente foram adicionados a cada amostra, 10mL de solução de dicromato de potássio 0,4 N; e cerca de 0,020 g de sulfato de prata, que além de catalizador, previne a interferência de cloretos. Cada amostra foi então colocada em fervura branda por cinco minutos, com um condensador. Após esfriada, foram adicionados a ela 80mL de água destilada, 2,5 mL de ácido fosfórico concentrado (85%), que elimina a interferência de ferro, e três gotas de difenilalanina. Após todo esse processo, a solução foi titulada com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,1 N, até viragem para cor verde (Método de Tiurin).

Após a viragem, foi feito o cálculo da percentagem de carbono em cada amostra, utilizando-se a seguinte fórmula:

$$C\% = (V_b - V_a) \cdot N_s \cdot 1,2 \cdot 100 \cdot 1,33 \cdot f / N_d \cdot m \cdot 1.000$$

Onde:

V<sub>b</sub> = volume (mL) de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da prova em branco;

V<sub>a</sub> = volume (mL) de sulfato ferroso amoniacal gasto na titulação da amostra;

N<sub>d</sub> = normalidade do dicromato de potássio;

N<sub>s</sub> = normalidade do sulfato ferroso amoniacal;

1,2 = mg de C correspondente a 1 mL de solução de dicromato de potássio a 0,4 N;

$m$  = massa da amostra do sedimento;

1,33 = correção, dado que o ataque só é parcial;

$f = 6,3$  (fator de correção).

Para se transformar o carbono em matéria orgânica, multiplicou-se o resultado por 1,724.

#### *4.8.3 Difractometria de Raios-X*

Os argilominerais formam estruturas em cadeias de folhas tetraédricas de silício e octaédricas de alumínio, e com menor frequência de magnésio e/ou ferro (Santos 1989). Este arranjo é identificável sob análise da difratometria de raios-X e possibilita a classificação em quatro grupos principais: caulinita, esmectita, illita e clorita. Adicionalmente é possível identificar na lama carbonática a aragonita e calcita que são o resultado do processo de intemperismo dos organismos marinhos que acumulam carbonato de cálcio em sua estrutura corpórea.

Foram selecionadas algumas amostras para análise de difratometria de Raios-X, distribuídas ao longo do topo, meio e base dos testemunhos. Foram contempladas cerca de quatro amostras no testemunho TLE, nove no TTI, e cerca de quinze amostras no testemunho PGS.

#### *4.8.4 Fluorescência de Raios-X*

A fluorescência de raios-X é uma emissão espectroscópica que tem encontrado larga aplicação na identificação e determinação de elementos químicos. A análise aqui realizada objetivou a identificação química dos óxidos presentes nos argilominerais. Os quatro principais grupos de argilominerais, caulinita, esmectita, illita e clorita diferem entre si de acordo com as concentrações de óxidos presentes. Optou-se pela técnica analítica de fluorescência de raios-X, porque produz resultados bastante exatos a um custo bem inferior ao da espectrometria de absorção atômica. As amostras foram processadas no Laboratório de Revestimentos Cerâmicos da Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, usando um equipamento Philips modelo PW 1400, com a preparação das amostras em pérolas fundidas com tetraborato de lítio.

Através desta da análise química é possível rastrear a participação dos óxidos de origem continental permitindo o seu inventário quantitativo ao longo do testemunho de sondagem. Foram quantificados os conteúdos dos seguintes óxidos: dióxido de silício ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de alumínio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), óxido de ferro ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), dióxido de titânio ( $\text{TiO}_2$ ), óxido de potássio ( $\text{K}_2\text{O}$ ), óxido de sódio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), óxido de magnésio ( $\text{MgO}$ ) e óxido de cálcio ( $\text{CaO}$ ), nos testemunhos TLE (27 amostras) e PGS (10 amostras).

#### 4.8.5 Análise Geoquímica

O presente trabalho teve como objetivo, a descrição quantitativa do conteúdo dos elementos químicos, sobretudo, metais pesados, presentes nos testemunhos TCV 1A, TCV2A, TLE e TTI através do uso do espectrômetro de massa acoplado a uma fonte de plasma (ICP – MS).

Foi analisado o comportamento dos elementos químicos causadores de efeitos deletérios à saúde humana (Cr, Co, Cu, As, Ni, Pb, e Zn) ao longo de quatro testemunhos de sondagem retirados na planície costeira de Caravelas e nos recifes do arco costeiro de Abrolhos.

Determinou-se as concentrações dos elementos químicos através de um espectrofotômetro de absorção atômica no Centro de Pesquisa Francês (CNRS), onde foram também inventariadas as concentrações dos seguintes elementos químicos Al, Fe, Sr, Ca, Mn, Mg, Cu, Ca, Ge, Rb, Sr, Mo, <sup>133</sup>Cs, Ba, Bi, La, Nd, Ta, Sm e <sup>238</sup>U.

Foram selecionadas um total de 149 amostras dos testemunhos TCV 1A (27 amostras), TCV 2A (25 amostras), TLE (44 amostras) e TTI (53 amostras), extraindo-se em torno de 0,100 gramas de cada amostra, que foram previamente aquecidas em estufa a 40 - 50 °C e posteriormente homogeneizadas com material estéril.

Os métodos de análise utilizados foram a espectrometria de massa associado a uma fonte de plasma (ICP –MS – *Inductively Coupled Plasma with Mass Spectrometry*) e ativação neutrônica instrumental (INAA – *Instrumental Neutron Activation Analysis*). Estes métodos além de serem complementares, possuem alta sensibilidade (permitindo uma análise a ng/g e a ng/kg), de cerca de 60 elementos químicos.

Para a análise utilizando a Ativação Neutrônica Instrumental, as amostras foram irradiadas no Reator Nuclear de Pesquisa - TRIGA IPR-R1: (Potência de 100 KW) com fluxo neutrões de  $6,6 \cdot 10^{11} \text{ n.cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , do Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear da Comissão Nacional de Energia Nuclear - CDTN/CNEN (Figura 28). Após a irradiação os elementos presentes nas amostras foram quantificados através da espectrometria gama utilizando um detector de Germânio ultra puro - GeHP de resolução em energia de 1,87 KeV.

Foram utilizados neste trabalho, os valores orientadores para o Estado de São Paulo, publicados pela CETESB (2001). A adoção desta referência deve-se à facilidade de se encontrar, em um único documento, uma descrição de todos os elementos químicos contaminantes disponíveis, com os seus respectivos valores de toxicidade sendo a mais extensa lista de elementos químicos contaminantes disponibilizada por um órgão ambiental brasileiro.

Foi utilizado o Valor de Alerta estabelecido pela CETESB (2001) que é definido como sendo a média entre os valores de referência e de intervenção e indica um limite a partir do qual o monitoramento da área deverá ser executado. O Valor de Alerta indica uma possível alteração da qualidade natural dos solos e águas subterrâneas e quando excedido, há um potencial poluidor para esses meios, devendo ser exigido um monitoramento, efetuando-se um diagnóstico de qualidade, identificando-se e controlando as possíveis fontes de contaminação, de modo a cessar o aporte de poluentes. Concentrações elevadas de metais podem ocorrer naturalmente em casos específicos, dependendo do arcabouço geológico da área. Entende-se aqui, como Valores de Referência de qualidade para os solos as análises decorrentes de solos coletados com pouca ou nenhuma interferência humana.

Os Valores de Intervenção assim definidos pela CETESB (2001) são derivados com base em riscos à saúde humana. Quando as concentração dos elementos químicos atingem os valores ali estabelecidos, existe um risco potencial de efeitos adversos à saúde humana, indicando a necessidade de uma ação imediata com o objetivo de impedir o livre acesso de pessoas ao local e suspender o consumo de água no local sob possível influência dos contaminantes.

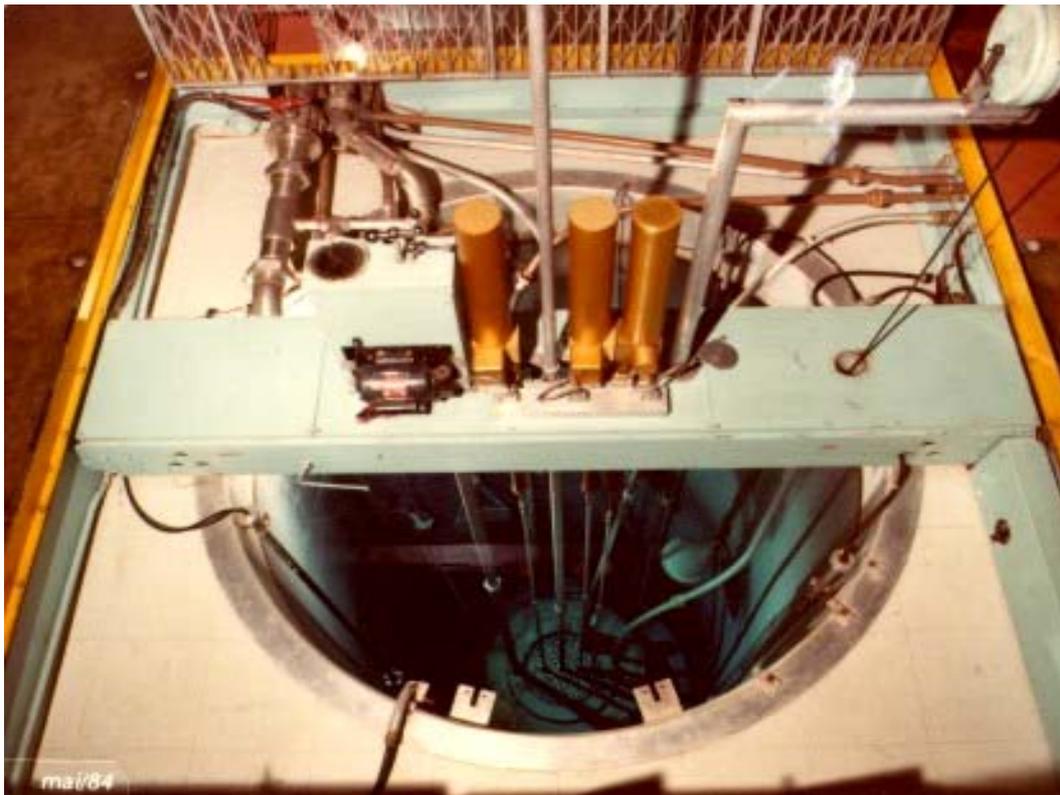


Figura 28 - Reator Triga – CDTN/CNEN, utilizado para a ativação neutrônica instrumental.

Nas análises utilizando o ICP-MS, as amostras (100 mg) foram colocadas em recipientes de teflon juntamente com 3,0 mL de  $\text{HNO}_3$  + 1,0 mL de  $\text{HCl}$  + 1,0 mL de  $\text{HF}$ , colocadas em um forno de microondas de potência de 1000 W a uma temperatura de  $190^\circ\text{C}$ , durante dez minutos. Após o resfriamento as soluções foram volumadas a 50 mL. A amostra líquida foi inserida no ICP-MS que, após

nebulização foi transportada pelo gás argônio a um plasma de temperatura de 8000 °K. onde os elementos químicos são dissociados e ionizados.

Os íons positivos são extraídos e transportados através de um conjunto de filamentos eletromagnéticos, depois selecionadas em função da relação massa/carga, através de um espectrômetro quadrupólo. Os íons de mesma relação massa/carga são detectados por um sistema de multiplicação de elétrons e o sinal é registrado dentro de um sistema de multicanal (6000 canais). As Figuras 29 e 30, abaixo mostram o ICP-MS e o seu princípio de funcionamento.



Figura 29 – Espectrômetro de massa-plasma de alta resolução ICP – MS, utilizado na identificação dos elementos químicos presente nas amostras.

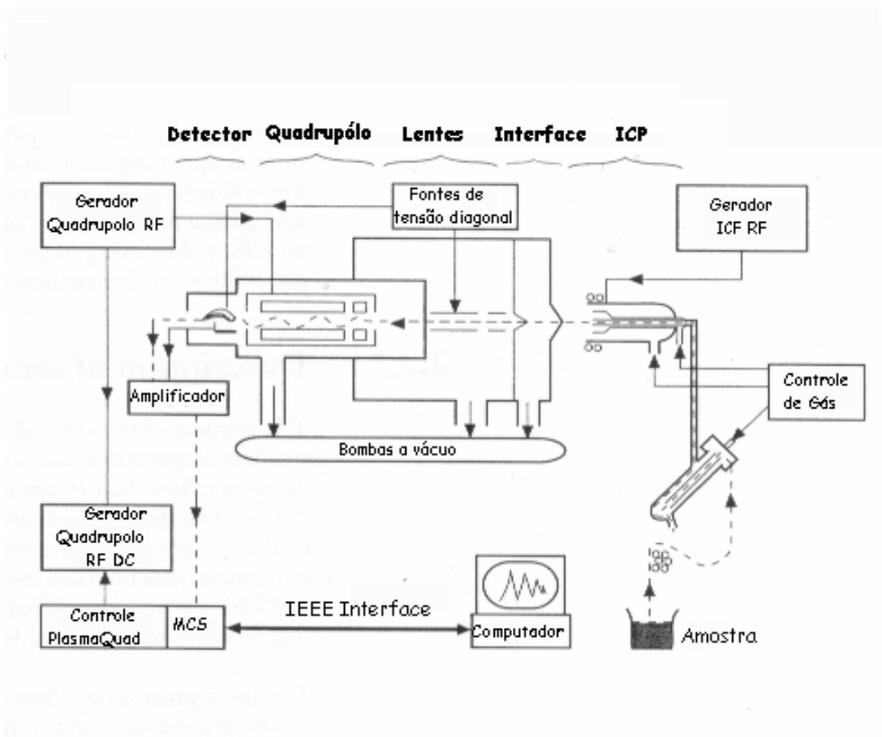


Figura 30 – Diagrama ilustrando os processos analíticos utilizados nas leituras das amostras.

## 5.0 RESULTADOS

Faz-se aqui, necessário, uma descrição dos indicadores socioeconômicos da região Extremo Sul da Bahia, ocorrentes nas últimas décadas, bem como o levantamento histórico da ocupação humana nesta área. Estas informações são relevantes, uma vez que permitem identificar os principais pontos de inflexão resultantes da ação humana na configuração territorial do Extremo Sul sendo, então, possível correlacionar os dados socioeconômicos obtidos na literatura, com os descritores ambientais levantados neste trabalho representados pelos dados provenientes dos testemunhos de sondagem, as análises hidrológicas e os mapas de uso da terra.

### *5.1 Panorama Sócio-econômico do Extremo Sul da Bahia*

Segundo o levantamento censitário realizado pelo IBGE (1996) a região do Extremo Sul da Bahia possuía naquele ano 602.903 habitantes, que significavam 4,8 % da população total da Bahia. A densidade média da região era de 19,6 hab./km<sup>2</sup>, densidade esta inferior à média do Estado baiano que era de 22,1 hab./km<sup>2</sup>. Apenas quatro municípios apresentavam populações acima de 50.000 habitantes: Teixeira de Freitas, Eunápolis, Porto Seguro e Itamaraju. Dados censitários da SEI (2001) baseada nos relatórios do IBGE divulgados no ano de 2000, demonstram um aumento no número de habitantes de 61.947 habitantes em quatro anos. Naquela ocasião o Extremo Sul da Bahia passava a contar com uma população de 664.850 habitantes, perfazendo uma densidade demográfica de 22,58 hab./km<sup>2</sup>, ainda um pouco abaixo da média do Estado, que no ano de 2000 era de 23,0 hab./km<sup>2</sup>.

No mais recente levantamento censitário realizado no ano de 2004 pelo IBGE, o Extremo Sul contava com 732.384 mil habitantes o que perfazia uma densidade populacional de 23,90 hab./km<sup>2</sup>, valor ainda inferior a média do Estado da Bahia que naquele mesmo ano era de 24,23 hab./km<sup>2</sup> (IBGE 2004). Porém, contrariamente ao que vem ocorrendo no conjunto do estado, o Extremo Sul da Bahia tem registrado uma rápida aceleração no seu ritmo de crescimento demográfico entre os anos 1980-1990 e 1991-2000. No primeiro período, a taxa de crescimento demográfico correspondeu a 1,42 % ao ano, enquanto no segundo período o patamar registrado foi 2,48 % ao ano. Este ritmo de crescimento foi bastante superior ao do estado (1,08 % ao ano). É interessante destacar que esta foi a primeira vez em que o crescimento demográfico de uma das regiões econômicas foi superior ao da região metropolitana de Salvador.

A grande maioria dos habitantes (73,27%) reside nas áreas urbanas dos municípios, o que torna o Extremo Sul a segunda região do estado em termo de comportamento citadino. A população urbana da região registrou as maiores taxas de crescimento entre as populações urbanas das regiões econômicas da Bahia, entre 1980 – 1990, seu ritmo de crescimento foi de 9,23% ao ano, e entre 1991-2000, de 4,49% ao ano (Figura 31). Este ritmo acelerado de crescimento demográfico e o comportamento citadino são eventos recentes na história do Extremo Sul.

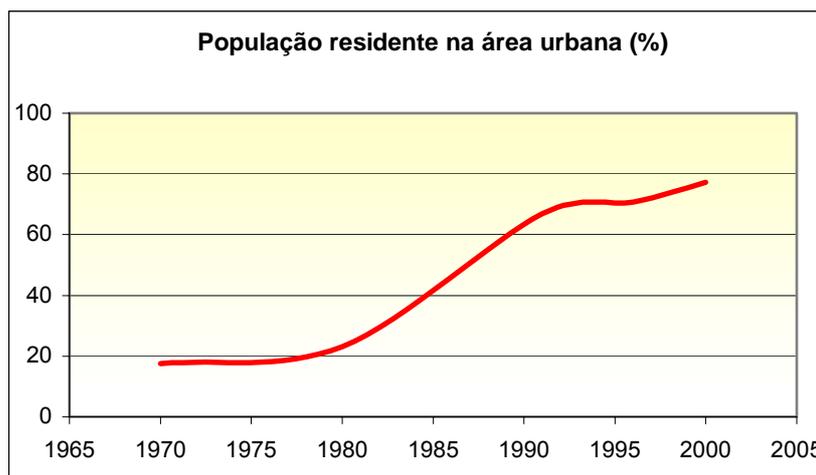


Figura 31 - Percentual da população residente na área urbana na Região do Extremo Sul da Bahia. Fonte Censo Demográfico do IBGE (2000).

Uma análise sob a perspectiva histórica irá apontar para as dificuldades encontradas para adensar o povoamento e consolidar os núcleos urbanos no Extremo Sul da Bahia. Tomemos como exemplo, a citação de Aires do Casal (1947), citado por SEI (2003), ao referir-se a Porto Seguro nas primeiras décadas do século XIX, “*de todas as províncias he esta a que se acha mais atrasada; sendo toda ella quase um bosque*”. A baixa densidade demográfica, aliada às técnicas rudimentares utilizadas pelos madeireiros, bem como o baixo desenvolvimento econômico desta região, que se estendeu até metade do século XX permitiu que grandes extensões de vegetação natural se mantivessem preservadas embora, pontualmente, as áreas de desmatamento já se encontrassem consolidadas desde o Período Colonial (Dean, 1996).

A partir da década 1950, com a maior expansão do cultivo do cacau, da pecuária e da exploração da madeira, desencadeou-se um processo de interiorização da ocupação que gradativamente modificou a estrutura econômica e estimulou o povoamento de áreas pouco habitadas ou sem aproveitamento econômico (SEI, 2003). O cultivo do cacau, no entanto, nunca se consolidou no Extremo Sul da Bahia, exceto em pequenas porções na região de Porto Seguro, em Itamaraju e às margens do rio Mucuri. Isto se deve pela deficiência de solos propícios ao cultivo do cacau, pois o Extremo Sul da Bahia é caracterizado pelas grandes extensões dos Tabuleiros Costeiros (que de maneira geral são solos pobres quimicamente, ácidos e apresentam um horizonte coeso, que limita o desenvolvimento de culturas perenes). A Figura 03 aponta a extensão que o Grupo Barreiras atinge no Extremo Sul da Bahia.

A extração de madeira, iniciada nos primórdios da colonização portuguesa, intensifica-se e amplia suas possibilidades de comercialização, ainda no começo do século XX, com a construção da estrada de ferro Bahia – Minas, que ligava os municípios de Caravelas ao de Teófilo Otoni. A madeira passou a ser retirada, sobretudo nas matas de Mucuri, Alcobaça e Prado, sendo transportada pelo porto de Caravelas. Na década de 1950, a produção madeireira, que já se constituía em uma atividade

econômica destacada, contribuiu para a ação dos pecuaristas, uma vez que estes compravam terras desmatadas para a formação de pastagens (Mori, 1989; SEI, 2003).

Um retrospecto histórico demonstra que a Mata Atlântica do Extremo Sul da Bahia começou a sofrer intervenções mal-sucedidas a partir do século XVII, com a prática dos cultivos agrícolas: primeiro com a cana-de-açúcar que em 1570 a capitania de Porto Seguro contava com cinco engenhos, de um total de 18 operando na Bahia, embora três décadas após o início desta atividade apenas um engenho continuasse em atividade. A seguir, a instalação dos cafezais introduzidos no século XVIII e XIX (a partir de 1720), na região de Caravelas e parte do Extremo Sul da Bahia, e abandonados posteriormente no início do século XX. O primeiro produto agrícola citado ruiu pela concorrência com o Recôncavo Baiano e a limitação de terras férteis no Extremo Sul e o segundo, pela abolição da escravidão, além da limitação de solos férteis e da concorrência do mercado produtor no Sudeste do Brasil, embora a região de Nova Viçosa tenha chegado a contribuir com 90 % das exportações de café realizadas pelo porto de Salvador em 1853 (CAR, 1994).

Aliada a estas monoculturas está o rebanho bovino introduzido nesta área desde o Período Colonial, embora em número bastante reduzido. Segundo Pádua (2002) a produção bovina era limitada devido às “espessas matas” que dificultavam a criação de rezes. O consumo de Ilhéus, por exemplo, em 1789, dependia em grande parte da carne salgada que se importava do Piauí e do Ceará. De qualquer forma, o rebanho bovino, que tinha inicialmente como objetivo a conquista de regiões mais interioranas, adotava como procedimento a expansão da atividade pastoril a partir das margens dos rios Jucuruçu, Itanhém, Peruípe e Mucuri. Isto levou a uma primeira desconfiguração das matas ciliares nesta região. A atividade pastoril tornou posteriormente a região de Medeiros Neto e Itamaraju um dos mais importantes pólos pastoris do estado da Bahia nas décadas de 50 e 60 (CEPLAC, 1976).

Pádua (2002) construiu um histórico eloqüente sobre o processo de destruição da Mata Atlântica no Sudeste da Bahia examinando documentos de alguns importantes personagens políticos do século XVIII e XIX, tais como José Bonifácio de Andrade e Silva, Baltasar da Silva Lisboa, Manuel Ferreira da Câmara Bittencourt e Sá, Francisco Nunes da Costa que se já mostravam preocupados com as conseqüências sociais, econômicas e políticas da destruição florestal que se abatia sobre as matas do Sul e Extremo Sul da Bahia.

As práticas agrícolas adotadas posteriormente nas décadas de 50, 60 e 70, no Extremo Sul da Bahia seguiam em linhas gerais o mesmo padrão. Nos remanescentes florestais encontrados na região de Medeiros Neto, Itamaraju, Itanhém e Ibirapuã após a derrubada seletiva de árvores de valor comercial (maçaranduba, juerana, jatobá, pau-roxo, sucupira, pequi-amarelo, jequitibá e jacarandá), a mata raleada era então queimada para a instalação de pastos que, devido à baixa fertilidade dos solos nesta região, culminava em capoeiras improdutivas em menos de 20 anos. Este processo gerou mudanças significativas na fisiografia do Extremo Sul da Bahia, trazendo consigo modificações na bacia de

drenagem dos rios ali existentes. Ainda assim, a maior pressão sobre os recursos naturais na região do Extremo Sul da Bahia estava apenas se iniciando.

Com a conclusão em 1972 da estrada federal BR-101, foi aberto o caminho para a instalação de um modelo de desenvolvimento que levou a uma maior deterioração dos ecossistemas ali presentes, com a intensificação de práticas agrícolas inadequadas e desmatamento indiscriminado motivados por incentivos fiscais (Pedreira, 2004). A facilidade de circulação proporcionada pela implantação da BR-101 contribuiu, de forma decisiva, para a aceleração do esgotamento das reservas florestais nativas (Dias, 2001).

Em 1971, cerca de 11.000 km<sup>2</sup> da floresta do sul da Bahia, permaneciam intactos, mas no início dos anos 80 restavam menos de 2.000 km<sup>2</sup>. Neste período, havia cerca de 230 serrarias em operação no Extremo Sul da Bahia, empregando sete mil trabalhadores e com capacidade para serrar quase 1,5 milhão de m<sup>3</sup> de madeira por ano (Dean, 1996). Dados gerados pela CEPLAC (1997), demonstram o declínio do percentual de cobertura natural da mata atlântica na região Extremo Sul da Bahia (Figura 32).

No Extremo Sul da Bahia, a partir do final da década de 70, foram introduzidos os primeiros plantios, em escala comercial, de eucalipto. Este sistema de silvicultura em pouco tempo se consolidou regionalmente, ocupando extensas áreas para atender a demanda industrial, uma vez que o Brasil a partir de 1980 passou a ocupar a primeira colocação como produtor e exportador de celulose sulfato branqueada (Lima, 1993), sendo atualmente o cultivo do eucalipto um dos principais elementos da paisagem florestal nesta região. As indústrias de papel e celulose detinham no ano de 2000, o segundo segmento de exportação da Bahia com 15% de participação, ficando atrás apenas do segmento químico e petroquímico (32,7 %) (Oliveira e Ghirardi, 2001). O setor madeireiro prevê investimentos de 6,6 bilhões de reais, no período de 2005-2009, o que perfaz cerca de 34% de todo o investimento privado do estado da Bahia, enquanto o complexo de atividade econômica químico-petroquímico contabiliza em investimentos privados cerca de 16,6 % e transformação petroquímica 20,4% no mesmo período (Bahia, 2006).

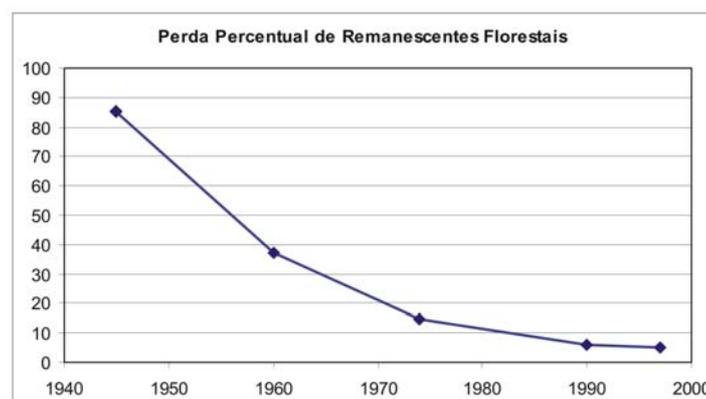


Figura 32 - Perda dos remanescentes florestais existentes no Extremo Sul da Bahia. Modificado de CEPLAC (1997).

Atualmente, as atividades agropastoris, a agricultura de subsistência, a pesca (representada por uma das maiores frotas pesqueiras do estado) e a atividade turística, esta última iniciada a partir da década de oitenta e restrita aos municípios costeiros, se constituem em importantes vetores de desenvolvimento na estrutura econômica regional (Apêndice - Fotos 02, 03 e 04). A instalação do complexo de celulose, contudo, é o principal responsável pelas recentes e bruscas transformações socioprodutivas observadas nesta região (Pedreira, 2004).

O desenvolvimento urbano dos municípios costeiros de Porto Seguro, Santa Cruz de Cabrália, Alcobaça, Nova Viçosa, Mucuri, Caravelas e Prado sofreu um processo de expansão desordenado nas duas últimas décadas, motivado tanto pelas atividades turísticas como também por um aumento da imigração líquida, observada nos cinco primeiros municípios. Tal processo é decorrente das perspectivas de emprego e renda geradas pelas empresas de silvicultura instaladas na região. Essas perspectivas têm gerado uma forte pressão não somente pelos recursos naturais aí existentes como, também, um aumento dos conflitos dos atores sociais aí presentes (Figuras 33 e 34).

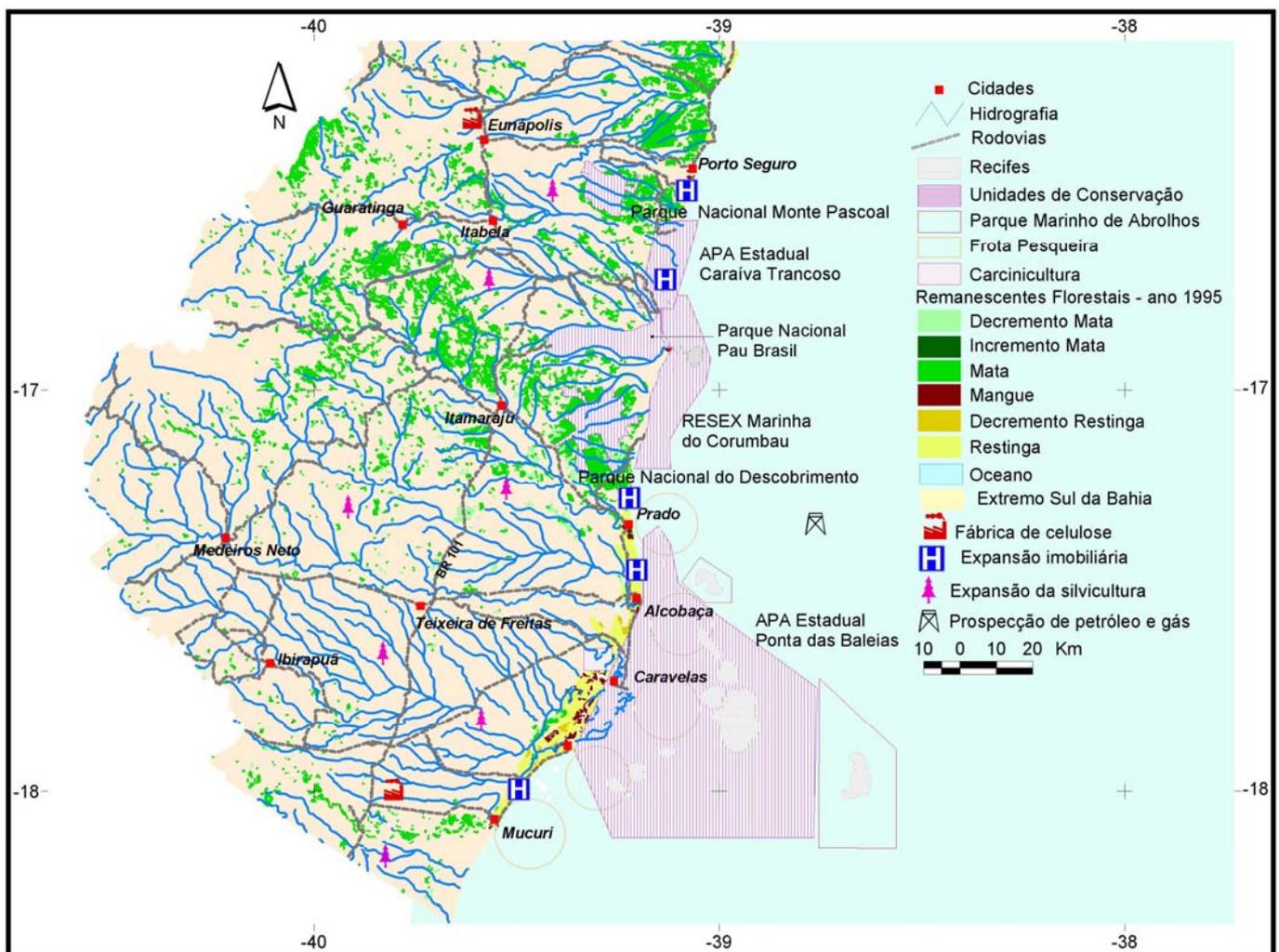


Figura 33 – Tensores atuais causadores de impacto ambiental sobre os recursos naturais do Extremo Sul da Bahia. Remanescentes florestais relativos ao ano de 1995, modificado de MMA (2006).

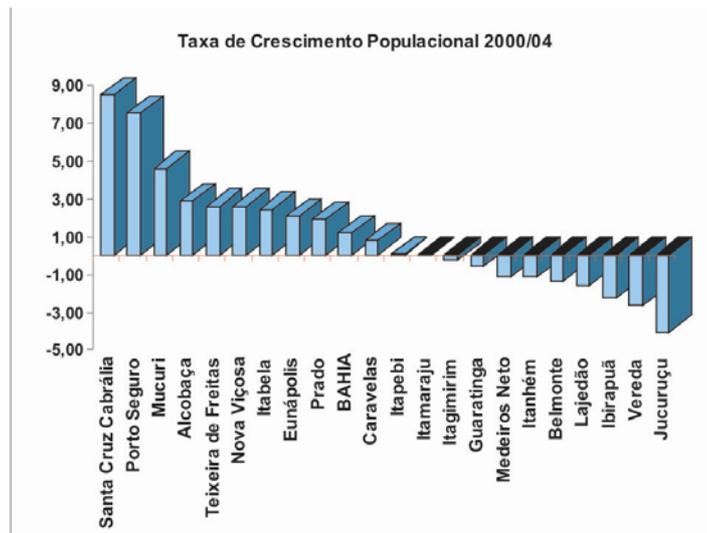


Figura 34 – Taxa de crescimento populacional dos municípios do Extremo Sul da Bahia entre os anos 2000 a 2004.

Fonte IBGE (2005).

O Apêndice 04 trás um panorama sócio-econômico dos municípios da região do Extremo Sul da Bahia, com dados referentes ao Produto Interno Bruto (PIB) municipal, os Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) e Desenvolvimento Econômico (IDE). Estes dados evidenciam uma melhora nos indicadores sócio-econômico dos municípios desta região, na última década, decorrente do panorama sócio-econômico instalado tanto do cenário nacional quanto regional, embora alguns municípios apresentem ainda um quadro de baixo desenvolvimento sócio-econômico.

### 5.2 Caracterização da Fitofisionomia da Área de Estudo

Na década de setenta havia ainda uma série de fragmentos florestais, na faixa central e oeste do Extremo Sul, os quais foram sendo paulatinamente substituídos pela pecuária, implantação de cultivos agrícolas e posteriormente pela silvicultura (Figuras 35, 36 e 37).

Pode-se ver que a matriz na paisagem, desde o início da década de oitenta está representada por áreas de pastagens que, no presente trabalho, foram agrupadas com as áreas de cultivo agrícola e de solo exposto. A metodologia empregada na classificação supervisionada das imagens do satélite Landsat, não permitiu separar, com segurança, os principais tipos de cultivo agrícola (mamão, café e olerícolas), ocorrentes na área de estudo. Os municípios do Extremo Sul localizados na faixa oeste detêm, pelo menos desde a década de sessenta, como principal componente da paisagem, as áreas de pastagens (Figuras 35 e 36). Trabalhos desenvolvidos pela CEPLAC (1976) através de um levantamento fotoaéreo de 1959 já acusava as regiões de Medeiros Neto e de Ibirapuã com grandes áreas de desmatamento, onde os pastos se expandiam sobre a floresta original.

A exploração de madeira em escala comercial se deu a partir do final da década de quarenta, com a instalação de duas madeireiras de grande porte, a Elecunha S/A e a Bralanda instaladas respectivamente nos municípios de Nova Viçosa e Medeiros Neto (Silva e Mendonça 2000). Posteriormente, diversas serrarias oriundas de Minas Gerais e Espírito Santo, se instalaram na região produziram o cenário ideal para a posterior instalação das atividades agropecuárias.

Fazendo-se uma comparação entre os mapas de 1973, 1984 e 2004 observa-se que as áreas de pastagens avançaram sobre as áreas de coberturas florestais entre as décadas de setenta e oitenta, embora, no início dos anos setenta, o território dos municípios que compõem a faixa central e oeste do Extremo Sul da Bahia já possuíssem como matriz dominante da paisagem as áreas de pastagens. Ressalta-se, contudo, que as áreas de pastagens mantêm, ainda hoje, a sua predominância na estrutura fundiária de uso da terra.

A instalação da atividade pecuária sobre os solos dos tabuleiros do Extremo Sul, a partir da década de cinqüenta, resultou de acordo com os relatórios publicados pela CEPLAC (1976a) na formação de uma comunidade substitutiva às matas nativas, designada de agrossistema de pasto sujo ou pasto pobre (Figura 39), que são áreas de pastagens, as quais após uma ou duas décadas foram substituídas por uma vegetação de plantas pioneiras ou invasores de porte arbustivo e subarbóreo.

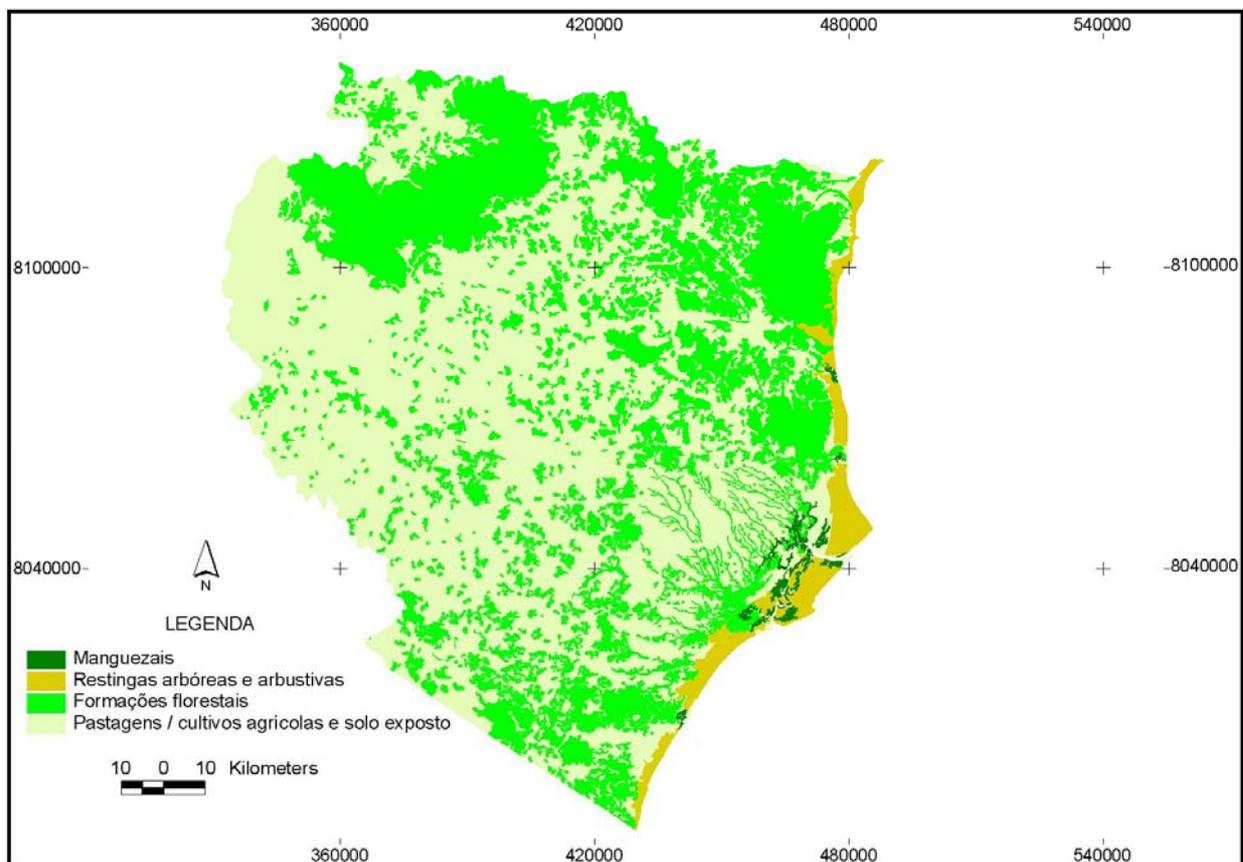


Figura 35 - Mapa de uso da terra, para o ano de 1973, elaborado a partir de imagens Landsat TM.

Já com relação à silvicultura a ocupação maior das áreas de eucalipto se deu sobre as áreas ocupadas anteriormente por pastagens e, secundariamente por formações florestais, o que pode ser evidenciado com os mapas de 1984 e 2004 (Figuras 36 e 37). Os municípios litorâneos de Mucuri, Nova Viçosa, Caravelas e Alcobaça, juntamente com Ibirapoã detêm as maiores áreas destinadas à silvicultura, quando considerada a extensão territorial do município.

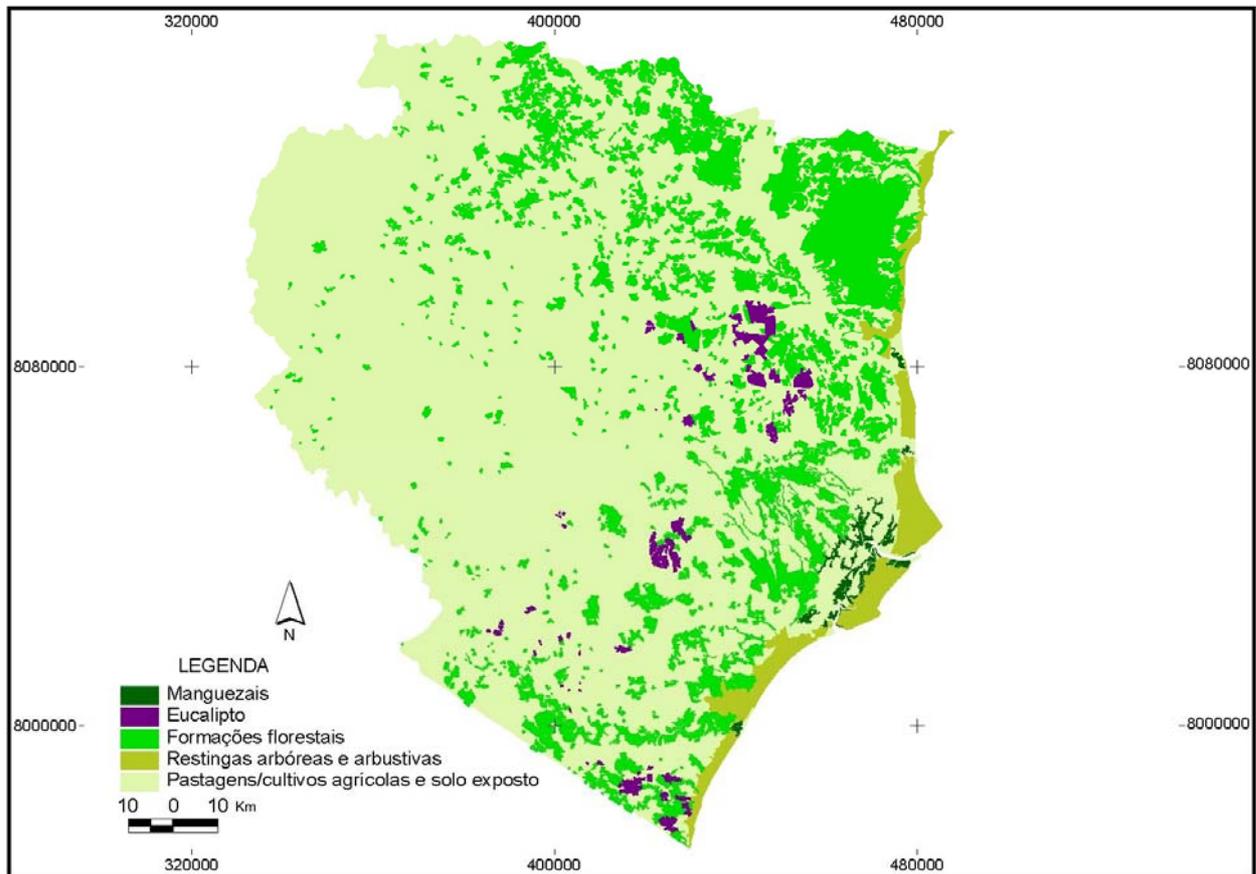


Figura 36 - Mapa de uso da terra, para o ano de 1984, elaborado a partir de imagens Landsat TM.

Os principais tipos vegetacionais naturais que ocorrem na área estudada, e que foram classificados como coberturas florestais durante as etapas de campo, são: os estágios primário e secundário da floresta ombrófila densa, floresta de várzea (vegetação que ocorre em áreas inundáveis, associadas às nascentes e vales nas margens dos rios), campos naturais (formações predominantemente herbáceo-arbustivas), restingas arbóreas, arbustivas e herbáceas e as áreas de cabruca.

Na região do Extremo Sul da Bahia, atualmente os remanescentes naturais de floresta ombrófila densa apresentam-se espalhados na paisagem regional circundada por grandes extensões de pastagens, áreas agrícolas representada pelas culturas de subsistência, café, mamão, coco e olericulturas e maciços florestais de eucalipto (Figura 37).

A fitofisionomia das formações florestais assinaladas para o ano de 2004, na área estudada é composta por um mosaico de pequenas manchas de vegetação primária, com o domínio das áreas de mata atlântica em diversos níveis de perturbação e estágios de regeneração, onde foi realizado o corte seletivo de madeira. Predominam as áreas de mata secundária nos três estágios de regeneração, inicial, médio e avançado, como definido pelo CONAMA (1994).

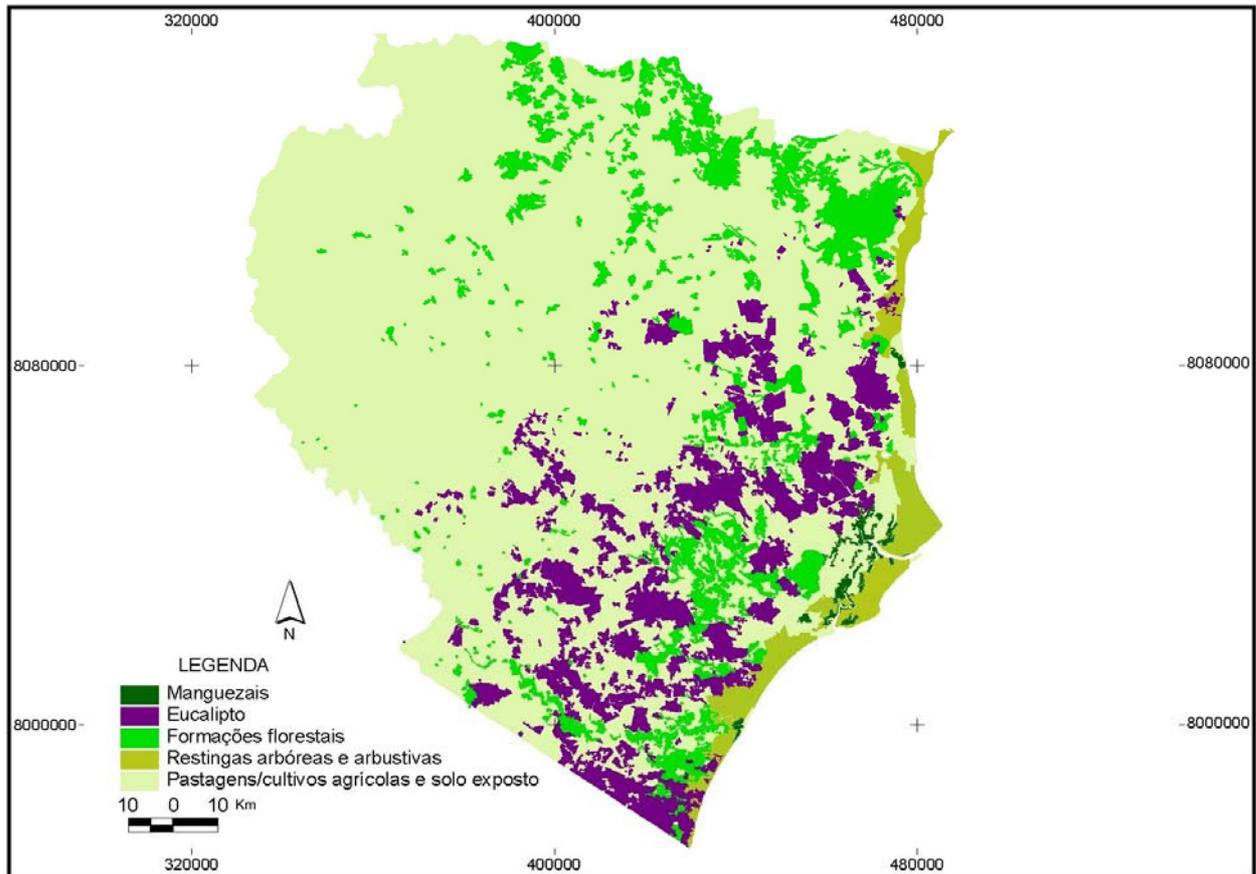


Figura 37 - Mapa de uso da terra, para o ano de 2004, elaborado a partir de imagens Landsat TM.

Devido à falta de uniformidade conceitual, no que diz respeito ao termo desmatamento, será aqui adotado o conceito sugerido por Grainger (1993) que define desmatamento como a retirada temporária ou permanente da floresta para agricultura ou outros propósitos. Contudo, há outros impactos humanos os quais não causam desmatamento, como por exemplo, a retirada seletiva de espécies arbóreas de interesse comercial, o que causa a deterioração temporária ou permanente na densidade ou estrutura da cobertura vegetal. Pelo desmatamento representar uma degradação extrema é fácil acompanhar a sua evolução, diferentemente a retirada seletiva de madeira é um processo que dificilmente poderá ser monitorada eficientemente via satélite.

Quase totalidade de formações florestais do tipo floresta ombrófila densa em estágio primário, encontram-se restritas a área do Parque Nacional do Descobrimento. Criado em abril de 1999, com uma área de 21.129 hectares, localizado no município de Prado, este parque é um dos últimos e maiores remanescentes de mata atlântica presente sobre os tabuleiros costeiros (Mata Higrófila Sul Baiana).

Secundariamente, ocorrem remanescentes de mata atlântica nas áreas montanhosas de Itamaraju e Jucuruçu, no setor norte e noroeste da área estudada. É possível encontrar pequenos remanescentes de mata ombrófila densa, em estágio secundário ao longo dos municípios costeiros e centrais, porém estas áreas raramente ultrapassam 10 hectares e sua estrutura vegetacional e composição florística encontram-se bastante alteradas. As ocorrências das matas de cabruca estão restritas às margens do baixo curso do rio Mucuri, e às serras de Itamaraju.

No ano de 1973, as áreas de formações florestais representavam cerca de 32,34% do território total mapeado, o que corresponde a 18.221,48 km<sup>2</sup>. Onze anos depois, as áreas de formações florestais representavam 17,11% da área mapeada e finalmente no ano de 2004 este tipo vegetacional estava confinado a 10,26% do espaço territorial. Por outro lado, foi observada a escalada das áreas destinadas ao plantio de eucalipto. Enquanto em 1973 não foi registrado qualquer foco desta cultura, no ano de 1984 a área destinada ao plantio de eucalipto representava 1.09% do território. Porém, 20 anos depois, a área destinada a silvicultura já ocupava cerca de 10,42% de todo a área mapeada (Figura 38).

No ranking da produção nacional de madeira para papel e celulose, o Estado da Bahia ocupa a 4º colocação atrás dos estados de São Paulo, Santa Catarina e Paraná (Brasil, 2004). Esta situação somada a instalação de grandes serrarias, ocorrida nas décadas de quarenta e cinquenta na região Extremo Sul, e a contínua expansão das áreas de pastagens que vinham ocorrendo desde a década de cinquenta, provocou uma redução significativa e contínua das áreas de florestas naturais. Atualmente pouco mais de 10% do território é composto de floresta ombrófila densa em diversos estágios de regeneração.

Acompanhando a evolução do uso da terra na região observa-se que a maior parte dos remanescentes florestais encontra-se ou próximos da faixa costeira, que pela presença de solos arenosos e de baixa fertilidade foram negligenciadas pelos proprietários rurais, ou nas áreas de topografia acidentada como na faixa norte e noroeste da região mapeada.

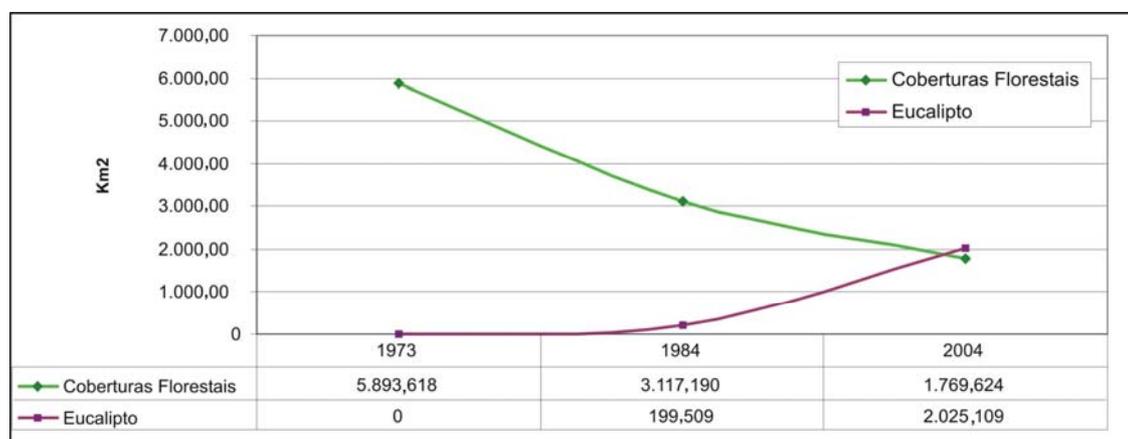


Figura 38 - Relação entre as áreas ocupadas com plantio de eucalipto e coberturas florestais a partir da década de setenta.

As áreas de mata higrófila no entorno e mesmo dentro do Parque Nacional do Descobrimento vêm diminuindo sistematicamente, com o passar dos anos. No ano de 1973, esta área de cobertura florestal contínua que englobava o Parque Nacional do Descobrimento e o seu entorno cobria uma extensão de 627,550 Km<sup>2</sup>, em 1984 esta mesma fitofisionomia representava 547,230 Km<sup>2</sup>, porém em 2004 restavam apenas 259,390 Km<sup>2</sup>.

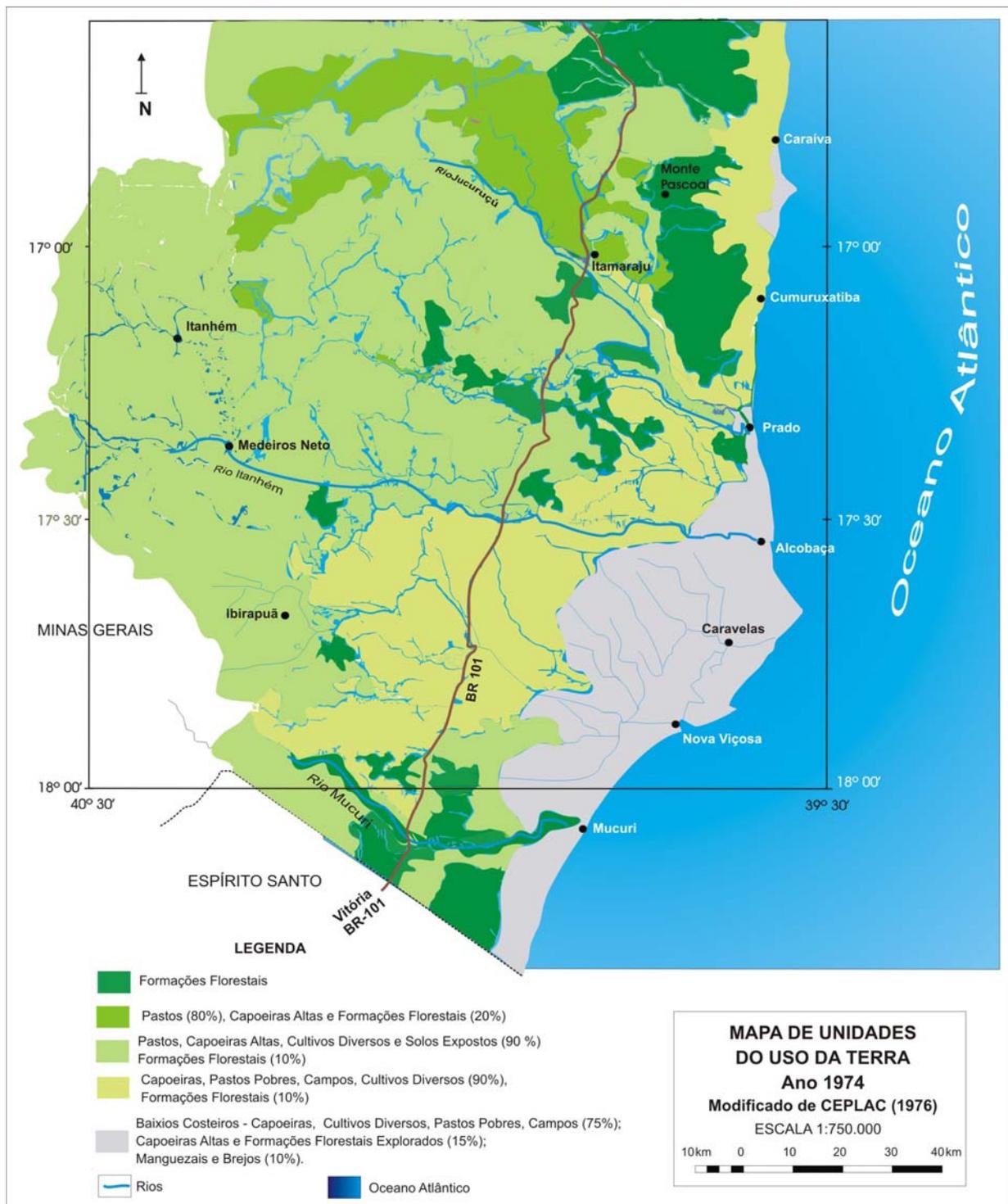


Figura 39 – Mapa de uso da terra, para a região estudada, demonstrando a larga presença de áreas destinadas às pastagens no Extremo Sul já no ano de 1974. Modificado de CEPLAC (1976a).

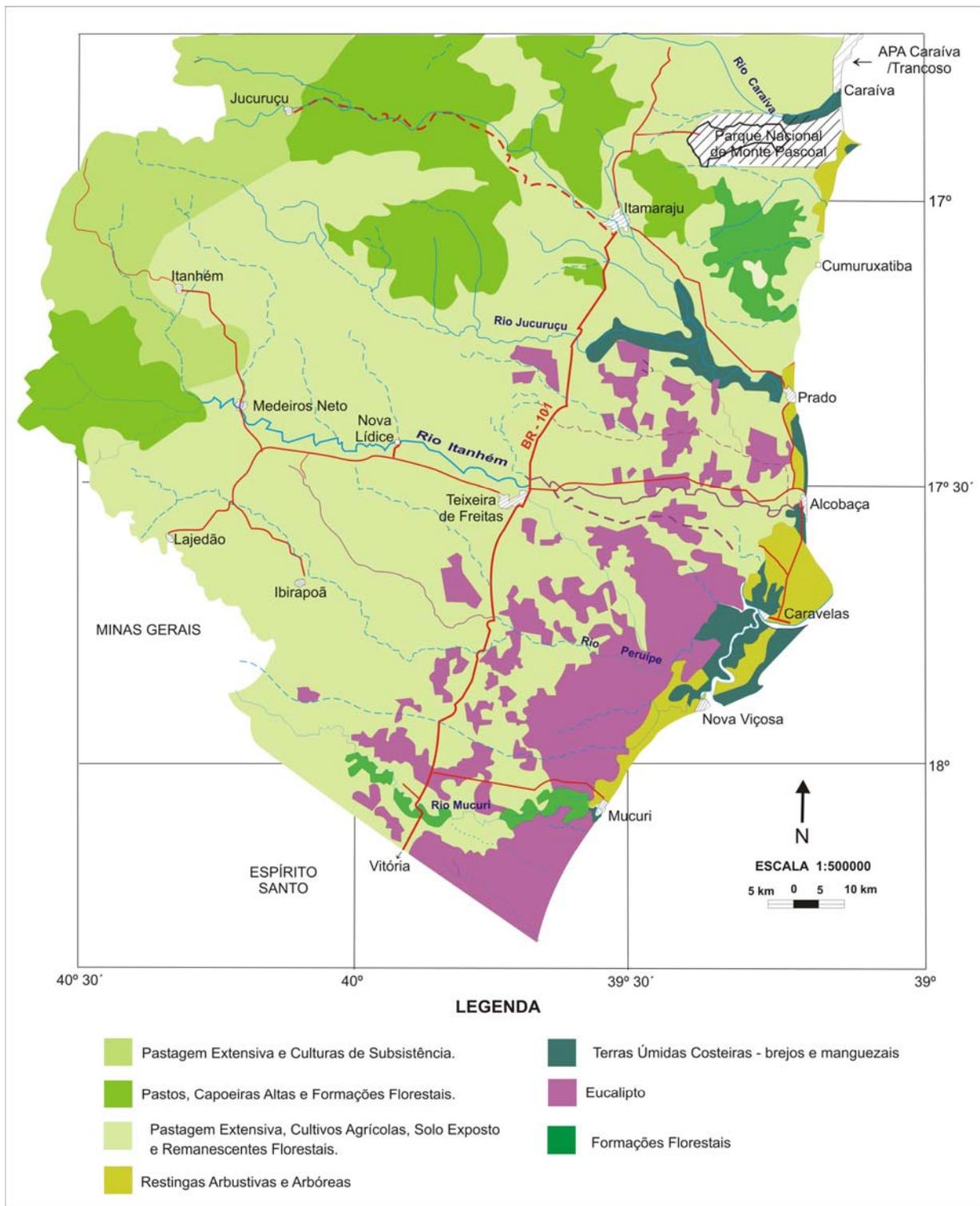


Figura 40 – Mapa de uso da terra para a região estudada, demonstrando a dominância das áreas de pastagens e eucalipto na paisagem do Extremo Sul da Bahia no ano de 1994.

As Figuras 39 e 40, devido a escala de trabalho utilizado na elaboração dos mapas 1:750.000 e 1:500.000 respectivamente, ambos elaborados para todo o Sudeste da Bahia, não acusam a presença de uma série de pequenos fragmentos florestais, geralmente menores que 10 hectares, presentes nas porções central e oeste deste trecho do território baiano entre as décadas de setenta e noventa.

Diferentemente, o mapeamento realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2006), referente ao ano de 1995 (Figura 41), demonstra a presença destes pequenos fragmentos florestais, dispersos na matriz de pastagem. Este mapa corrobora com a evolução da paisagem apresentada aqui, e indicado nas Figuras 36 e 37, bem como o levantamento de cobertura vegetal e uso da terra desenvolvido por Landau *et al.* (2003) com imagens do satélite Landsat referentes aos anos de 1996 – 1997, e apresentado na Figura 23.

Embora sem delimitar as poligonais das áreas florestais as Figuras 39 e 40, indicam que a região de serras e colinas dos municípios de Guaratinga, Jucuruçu e Itamaraju são constituídas predominantemente por pastos e, secundariamente, por capoeiras altas e formações florestais. Conforme indicam as Figuras 23 e 41 esta mesma região, até a década de noventa possuía uma série de fragmentos florestais conservados em virtude da sua topografia acidentada e dificuldade de acesso. Mesmo no mapeamento realizado para este trabalho, referente ao ano de 2004, e indicado pela Figura 37, estão ali presentes uma série de poligonais referentes às coberturas florestais, corroborando, assim, com os dados apresentados no mapeamento de 1995 produzido pelo Ministério do Meio Ambiente.

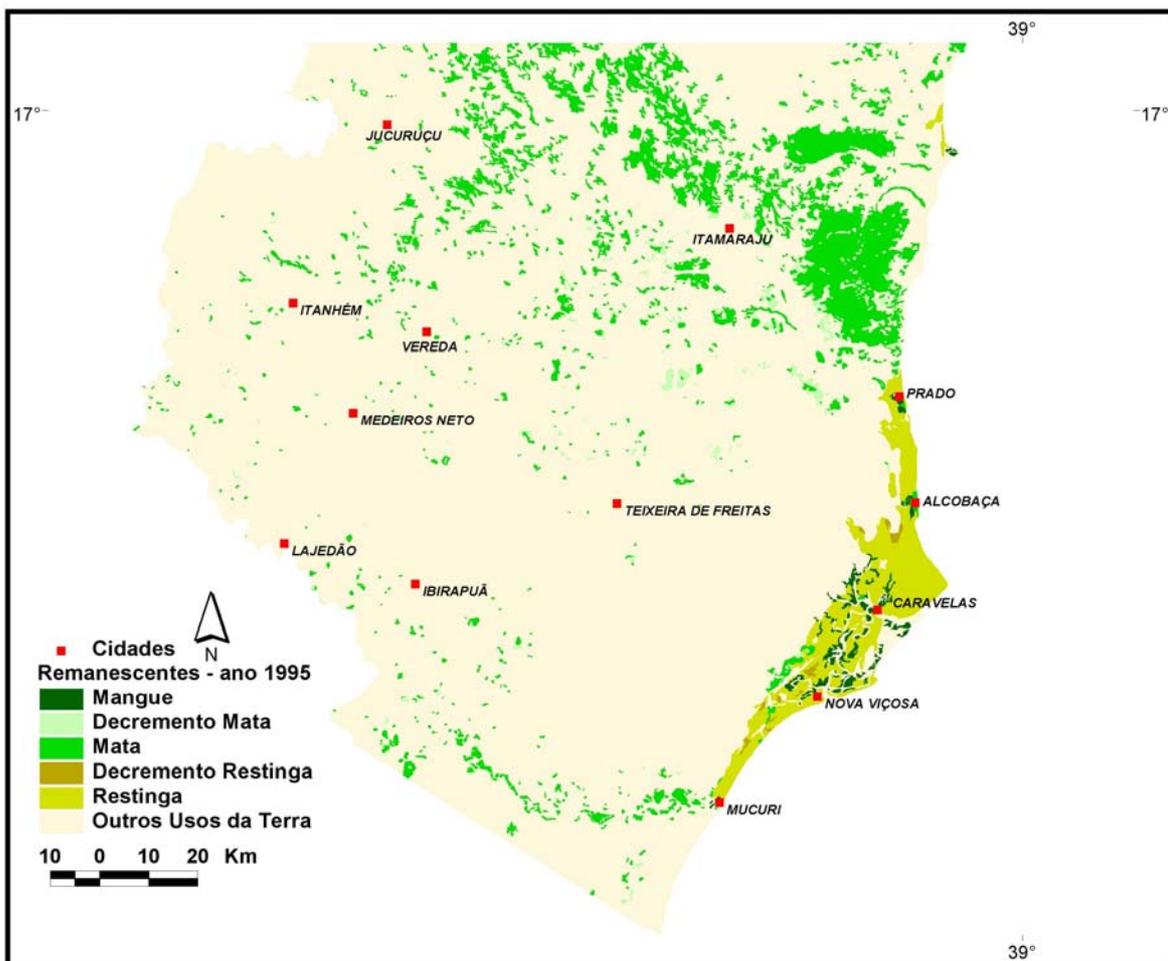


Figura 41 – Fragmentos florestais mapeados no ano de 1995, acrescido dos locais que sofreram incremento e decremento das áreas de mata e restinga, tendo como referência o ano de 1990. Modificado de MMA (2006).

A Figura 41 indica que as áreas no entorno do Parque Nacional do Descobrimento vêm sofrendo um processo de retirada da Mata Higrófila Sul Baiana, indicado pelas áreas de decréscimo de mata quando comparada a uma imagem obtida no ano de 1990. Esta retirada de vegetação natural, para instalação de pastos e plantio de eucalipto pode ser também evidenciada na Figura 37.

Atualmente no trecho litorâneo compreendido entre o norte do município de Mucuri ao sul de Prado, ocorre o desenvolvimento de uma restinga arbórea, intercalada por restinga arbustiva, que atinge uma maior extensão na planície costeira de Caravelas-Alcobaça. O perfil fisionômico – estrutural desta restinga arbórea, indica um dossel variando entre 10 a 15 metros de altura, bastante descontínuo em alguns trechos, indicando a retirada seletiva de madeira. Associada as restingas arbóreas e a mata ombrófila densa, ocorrem as florestas de várzea associadas às áreas inundáveis e baixadas nas margens dos rios.

Ainda inserido no bioma de restinga, nas áreas da planície costeira Quaternária, é observada a presença das zonas úmidas (ou terras úmidas), representadas pelos brejos, que ocorrem nas áreas inundadas ou saturadas por água superficial ou água subterrânea, onde o nível do lençol freático está próximo ou na superfície do terreno.

### *5.3 Análises Hidrológicas*

Os dados de vazões médias, máximas e mínimas são resultados primariamente da variabilidade climática (variações do clima em função dos condicionantes naturais do globo terrestre e suas interações), a qual uma determinada região está submetida e, secundariamente, às mudanças do uso da terra que ocorrem na área da bacia hidrográfica. Embora, os processos hidrológicos sejam regulados, sobretudo pela variabilidade climática, Tucci (2002) demonstra que a ação do homem sobre o uso da terra pode produzir alterações substanciais nos processos hidrológicos como: (i) redução ou aumento da vazão média, máxima e mínima em uma bacia hidrográfica e (ii) alteração da qualidade da água.

Uma compilação de dados apresentados por Tucci e Clark (1997) demonstra que, após a retirada da vegetação natural, há uma tendência de diminuição das médias das vazões mínimas e aumento das vazões máximas e média. Segundo Tucci (2002) alterações na precipitação apresentam impacto diferenciado sobre a vazão de uma bacia hidrográfica. Nos anos mais úmidos, o aumento de precipitação produz maior vazão devido à maior umidade do solo que reduz a taxa de infiltração, como também a evapotranspiração potencial é menor devido ao maior número de dias chuvosos. Nos anos mais secos, com menor frequência de chuvas, ocorre aumento da evapotranspiração e da taxa de infiltração e a bacia responde com menores vazões. O desmatamento de uma determinada área para implantação de culturas anuais tende a aumentar o escoamento médio de uma bacia pela redução da evapotranspiração e maior compactação do solo, gerando uma diminuição da infiltração.

Para a análise das séries de descargas líquidas foram selecionados oito postos fluviométricos. Suas localizações estão indicadas na Figura 25, e seus valores de vazões médias mensais da série temporal analisada, estão expressos na Tabela 07. A partir daí foram construídos oito hidrogramas que expressam as variações das vazões em uma bacia hidrográfica durante o ano. Os hidrogramas permitem o monitoramento quantitativo do escoamento total mensal e anual presente em uma bacia hidrográfica, sendo, portanto, a base para os estudos hidrológicos das bacias.

Nas Tabelas 07 e 08 respectivamente, estão indicados os valores de vazões das médias mensais dos oito postos fluviométricos estudados, e uma comparação entre os três meses com maiores vazões mensais, e os três meses de menores vazões mensais. Nas Figuras 42 e 43 estão representados os postos fluviométricos (indicados na tabela 03), com os valores médios das vazões mensais em  $m^3/s^{-1}$ .

Os dados apresentados nas Figuras 42 e 43 demonstram que os rios Jucuruçu, Itanhém, Peruípe e Mucuri, durante os meses de novembro, dezembro e janeiro, detêm as maiores vazões ao longo do ano. Considerando que o período de maior pluviosidade no Extremo Sul da Bahia, conforme indicam as Figuras 17 e 18, ocorrem entre os meses de outubro a abril, as vazões ocorrem em resposta aos índices de precipitação ocorrente na região. É importante notar que, embora a partir do mês de outubro as precipitações tendam a um aumento, este mês ainda responde com uma baixa vazão. Esta diferença de ajuste entre a precipitação e o aumento da vazão é explicada pelo processo de infiltração de água no lençol freático decorrente dos quatro meses anteriores de julho a outubro serem de baixa pluviosidade no alto e médio curso dos referidos rios. Assim, os meses de agosto e setembro respondem pelas menores vazões mensais ocorridas ao longo do ano.

O rio Peruípe, representado pelo posto Helvécia (55510000), apresenta um comportamento bastante regular de sua vazão ao longo do ano. Este comportamento pode ser atribuído aos seguintes fatores: (i) o fato do posto fluviométrico estar localizado próximo ao litoral e (ii) o fato deste rio ter uma bacia hidrográfica pequena e, portanto, pouco sujeito as diferentes tipologias climáticas.

Tabela 07 – Valores de vazões das médias mensais (m<sup>3</sup>/seg.) de oito postos fluviométricos do Extremo Sul da Bahia.

Estação	Rio	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.
555340000	Jucuruçu	31,4	25,9	26,3	26,6	24,1	21,5	22,3	19,7	18,9	22,9	31,2	38,3
55370000	Jucuruçu	26,8	21,5	20	22,9	20,4	17,5	18,7	16,3	15,8	20	29	35
55380000	Jucuruçu	30,4	24,3	22,4	25,4	22,7	19,9	21,2	18,8	18,1	22,7	32,1	37,6
55460000	Itanhém	27,6	19	20,5	19,3	14,5	13,5	14,2	12,2	11,1	15,1	27,9	35,3
55490000	Itanhém	44,7	31,2	34,9	32,2	26,5	24	25	21,2	19,7	24,9	45,4	59,6
55510000	Peruípe	24,6	20,9	21,7	20,9	18,9	17,4	17,2	15,2	14,2	17,1	22,4	26,5
55630000	Mucuri	147	107,4	105,4	91,6	71,6	62,8	60,9	54,6	49,1	63,6	106,6	155
55700000	Mucuri	160,7	112,8	114,4	91,3	66	55,4	53,9	46,4	39,7	57,9	114,4	178

Tabela 08 – Comparação entre os três meses com maior vazão mensal, comparado com os três meses de menor vazão mensal, valores percentuais.

Estação	Rio	Área (Km <sup>2</sup> )	Extensão temporal (anos)	Vazão média (m <sup>3</sup> /seg.)	Nov./Dez./Jan. (%)	Ago./Set./Out. (%)
55340000	Jucuruçu	3.048	48	25,77	32,65	19,90
55370000	Jucuruçu	830	48	20,00	34,39	19,73
55380000	Jucuruçu	1.981	48	23,47	33,84	20,15
55460000	Itanhém	2.943	50	27,24	39,43	16,68
55490000	Itanhém	5.084	50	32,90	38,45	16,90
55510000	Peruípe	2.841	27	19,30	31,01	19,62
55630000	Mucuri	9.607	61	90,56	37,99	15,55
55700000	Mucuri	14.174	61	117,36	41,53	13,20

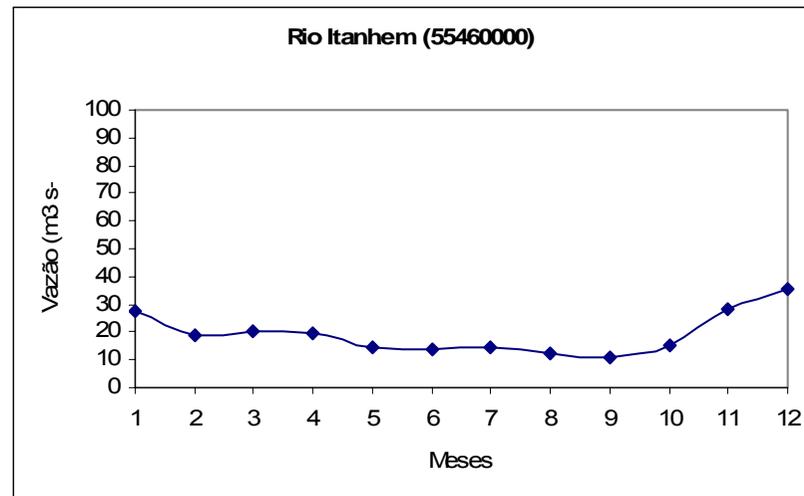
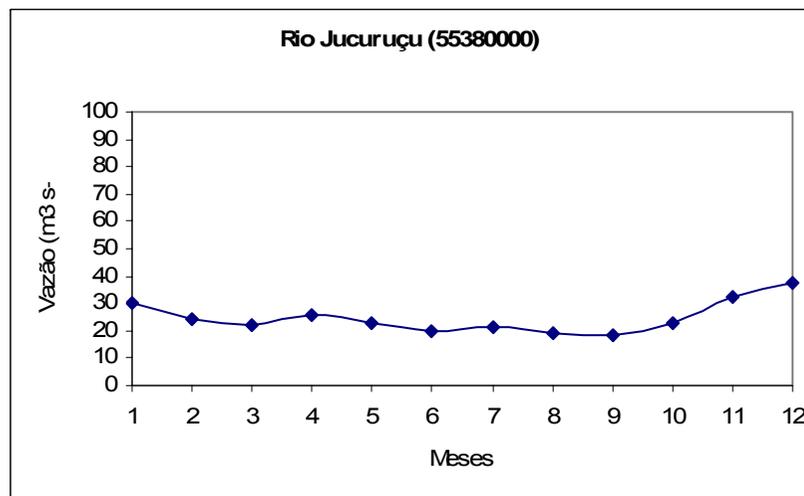
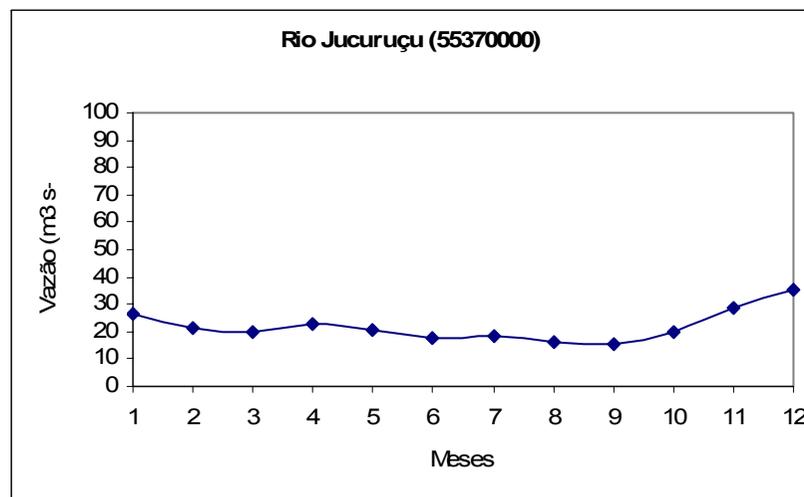
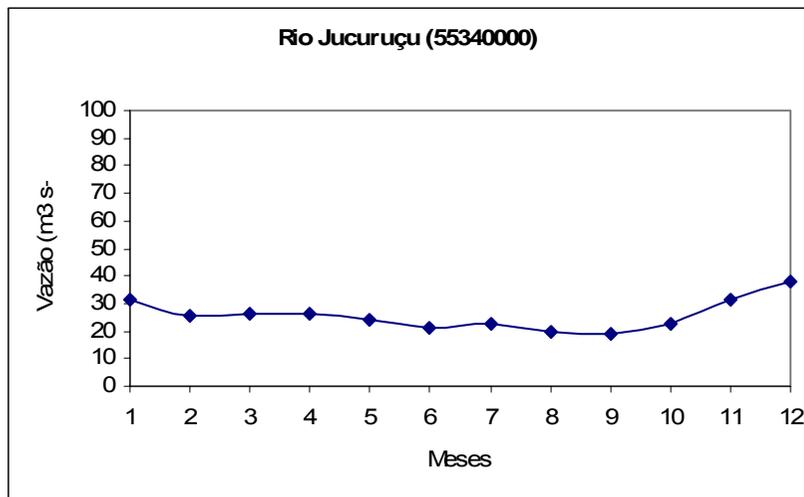


Figura 42 – Vazões médias mensais dos postos fluviométricos estudados.

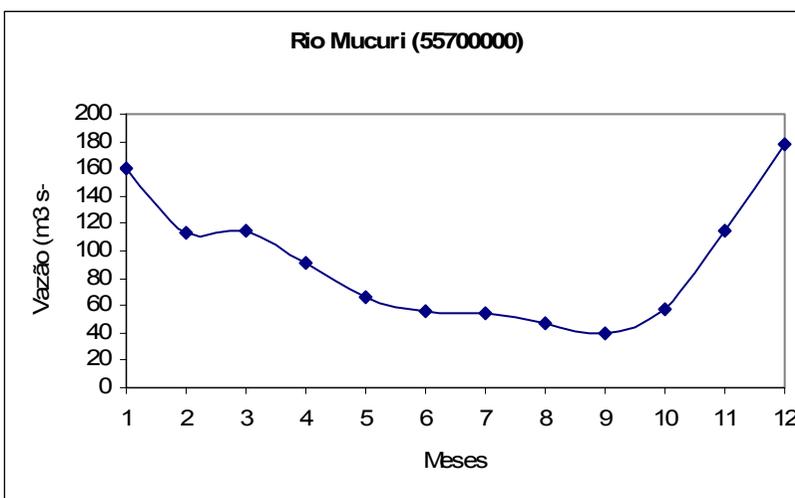
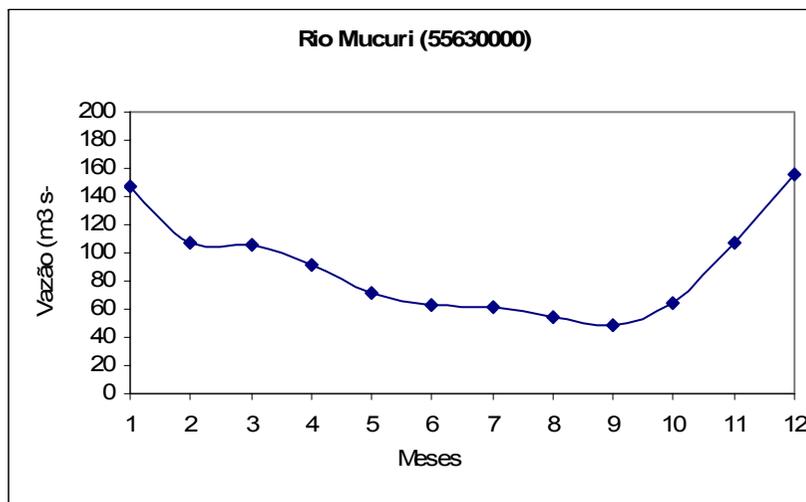
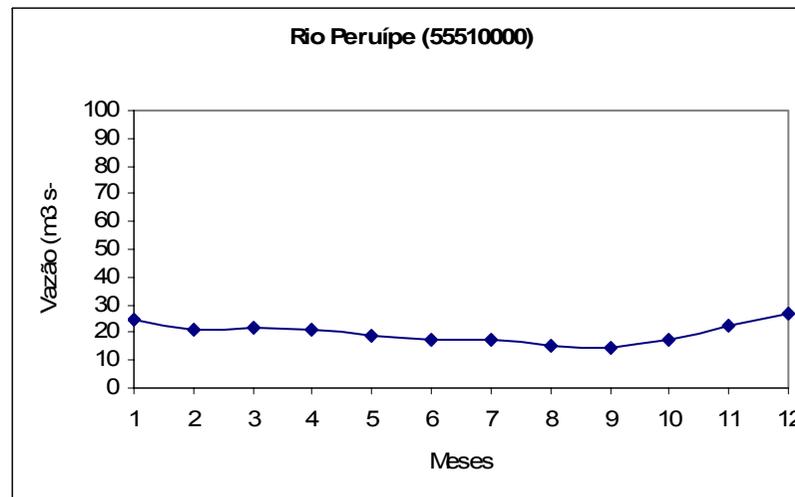
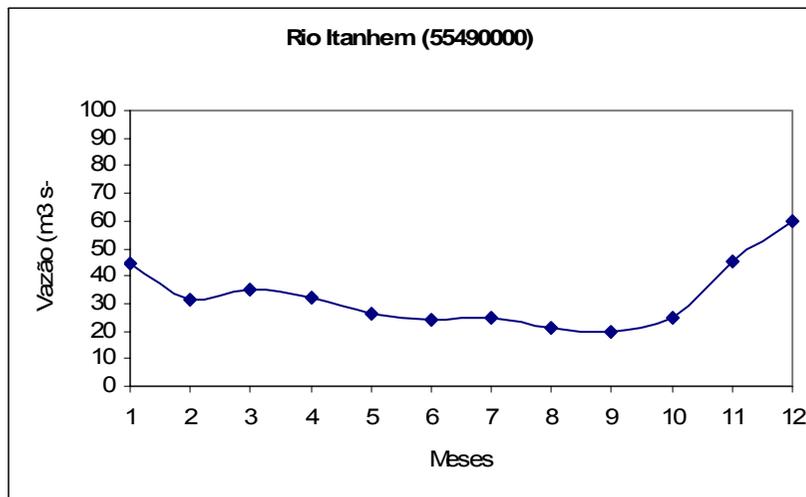


Figura 43 - Vazões médias mensais dos postos fluviométricos estudados.

Considerando intervalos de décadas, percebe-se que a década de setenta e parte da década de oitenta é marcada por uma vazão média relativamente alta, quando comparada as décadas anteriores, e levemente superior quando comparada as décadas seguintes. Os postos fluviométricos com maior período de observações mostraram uma tendência de aumento das vazões médias e máximas em direção aos dias atuais, nestes postos, ainda assim, a década de setenta e a primeira metade da década de oitenta respondem pelo período de maiores vazões (Figuras 44, 45 e 46).

Com relação às vazões máximas em quase todos os postos fluviométricos, há uma tendência de aumento nas vazões máximas, em direção aos dias atuais, às exceções cabem aos postos 55460000 (rio Itanhém), e 55630000 (rio Mucuri). No posto 55700000 (rio Mucuri) esta análise não pôde ser realizada uma vez que a série das vazões máximas encerra o seu registro no início da década de oitenta.

Observa-se, dessa forma, que tanto na série das vazões médias, como nas vazões máximas, os valores obtidos nas décadas de quarenta, cinquenta e sessenta são levemente inferiores aos obtidos a partir da segunda metade da década de oitenta e início do século XXI. Nos postos fluviométricos do rio Mucuri (55700000 e 55630000), no entanto, é observado um decréscimo a partir da década de noventa, quando comparado as duas décadas anteriores, a exceção cabe ao ano de 1992, que registrou o maior índice fluviométricos da década de noventa.

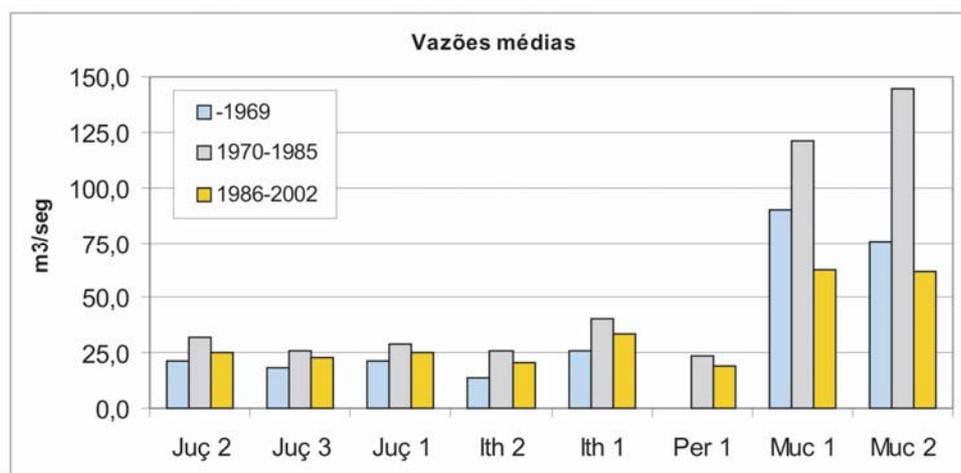


Figura 44 – Comportamento histórico médio das vazões médias nos postos fluviométricos Juç 2 (rio Jucuruçu – 55340000), Juç 3 (rio Jucuruçu – 55370000), Juç 1 (rio Jucuruçu – 55380000), lth 2 (rio Itanhém – 55460000), lth 1 (rio Itanhém - 55490000), Per 1 (rio Peruípe – 55510000), Muc 1 (rio Mucuri – 55700000) e Muc 2 (rio Mucuri – 55630000). Na figura 24 está indicada a localização dos postos fluviométricos.

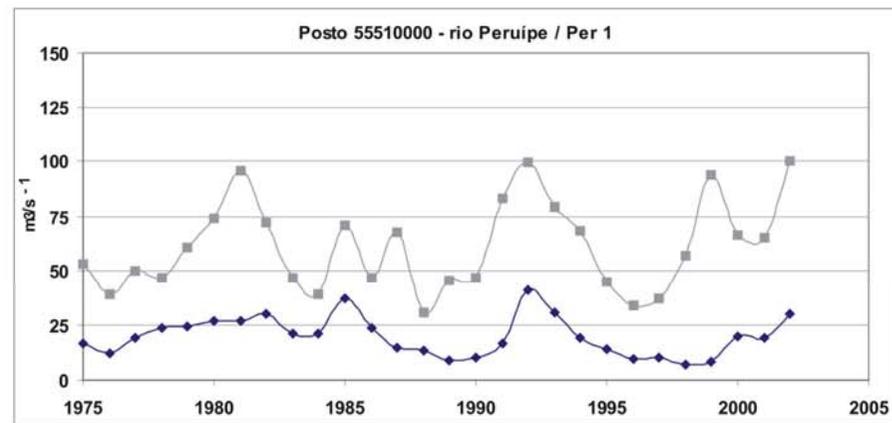
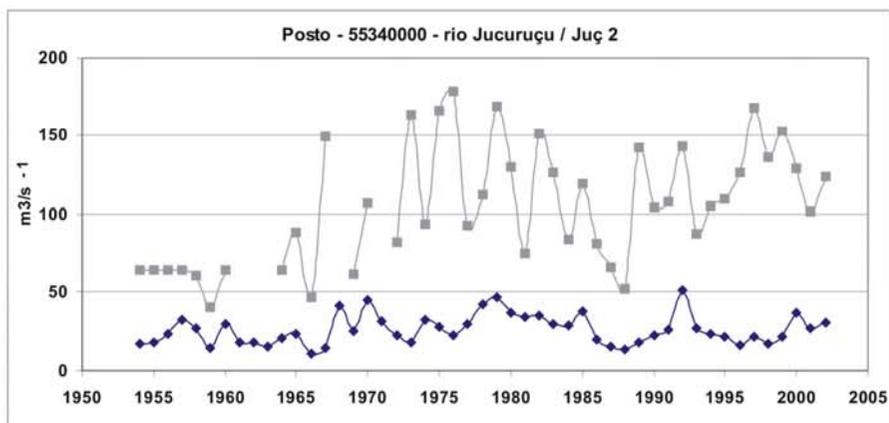
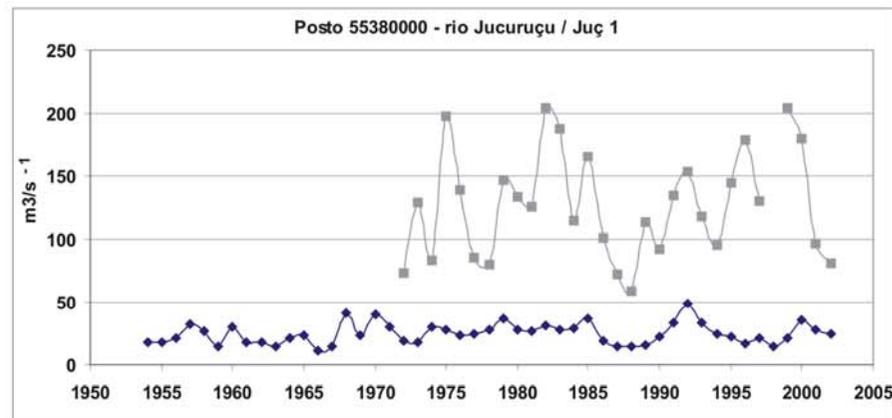
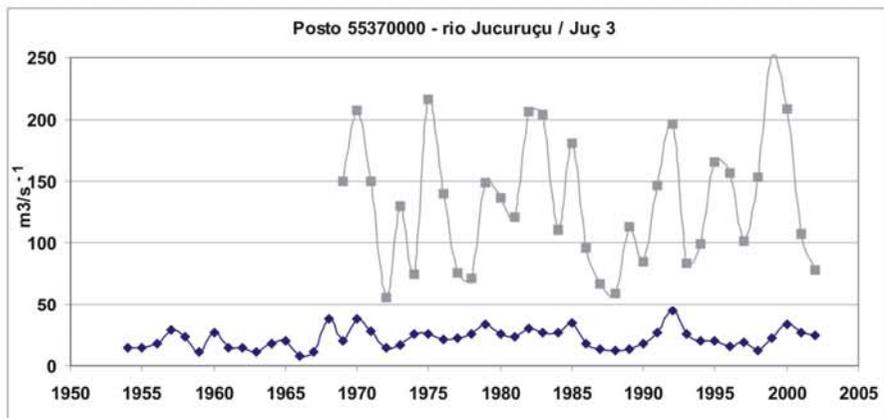


Figura 45 – Comportamento anual das vazões médias (em azul) e máximas (em cinza), dos postos fluviométricos dos rios Jucuruçu, Itanhém e Peruípe. Localização das estações ver figura 25.

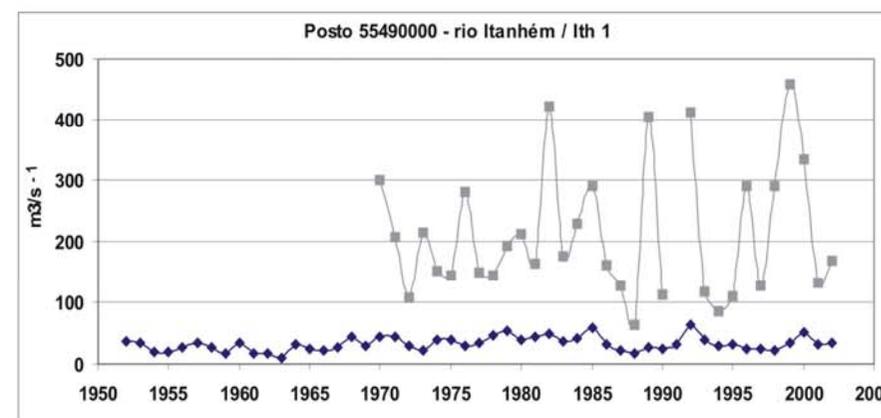
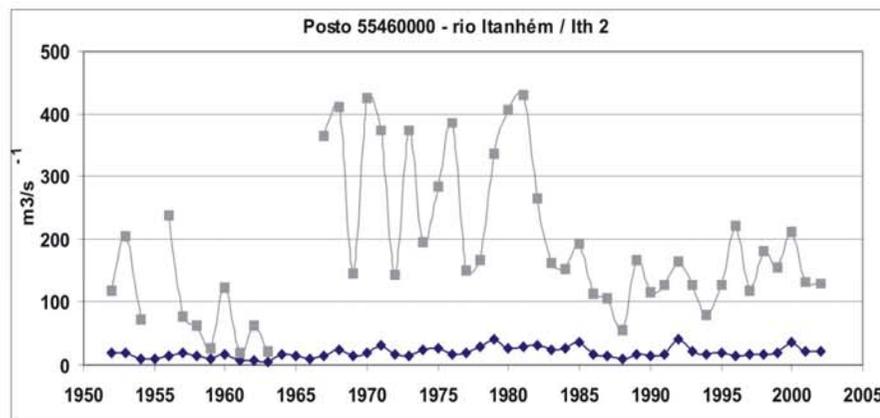
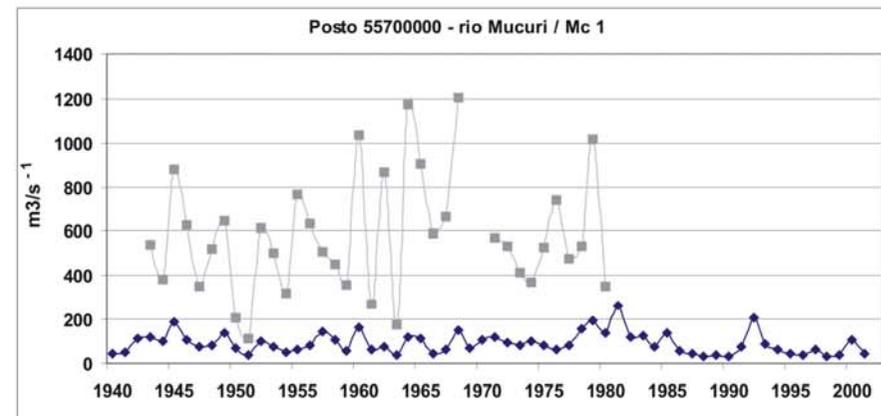
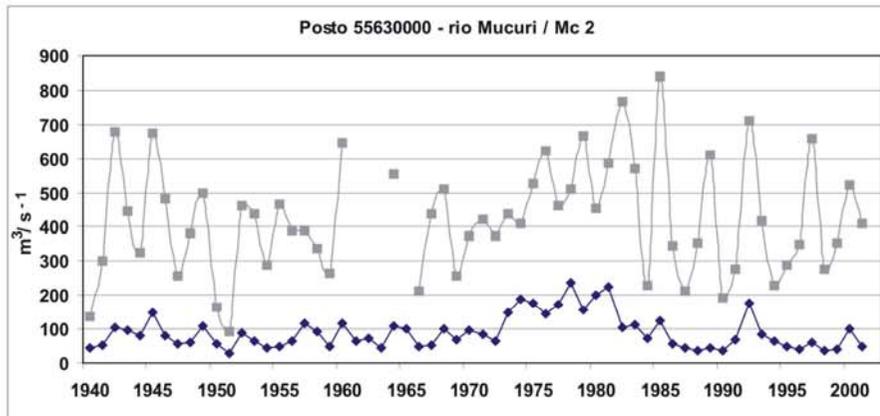


Figura 46 - Comportamento anual das vazões médias (em azul) e máximas (em cinza), dos postos fluviométricos dos rios Itanhém e Mucuri. Localização das estações ver figura 25.

Se considerarmos apenas as vazões médias é observado um aumento a partir do início da década de setenta até meados da década de oitenta, após este período ocorre uma queda abrupta nos valores de vazão, seguido por um aumento também abrupto no ano de 1992, decorrente de um forte evento de *El-Niño* (Figura 47). De qualquer forma, a vazão média observada na década de noventa é levemente superior as décadas de cinquenta e sessenta.

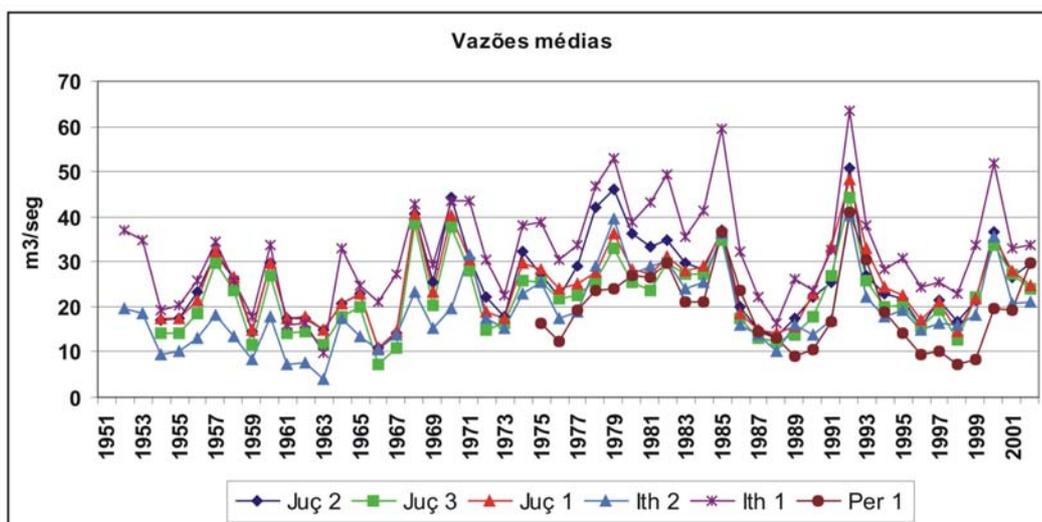


Figura 47 – Comportamento das vazões médias de seis postos fluviométricos, demonstrando uma leve tendência de aumento a partir do final da década de sessenta.

A tendência das precipitações foi de aumento em direção à década de setenta a meados da década de oitenta, a partir deste período foi observado uma queda de 11% nos postos pluviométricos de Helvécia e Itapebi, em cerca de 9,3% no posto de Itamaraju e de 15% no posto de Mundo Novo, conforme indica a Tabela 9.

Tabela 9 – Índices de chuvas totais mensais e máximas mensais (mm/ano) ocorridas em quatro postos pluviométricos.

Postos	1942 a 1969		1970 a 1985		1986 a 2006	
	Totais mensais	Máximas mensais	Totais mensais	Máximas mensais	Totais mensais	Máximas mensais
Helvécia	1424,0	73,11	1465,7	85,27	1302,4	85,43
Itapebi	1263,6	67,93	1284,7	71,39	1144,9	81,45
Itamaraju <sup>(1)</sup>	1471,1	71,51	1421,2	78,43	1288,5	77,09
Mundo Novo <sup>(2)</sup>	1087,8	70,33	1263,4	76,36	1073,9	77,53
Faz. Nancy <sup>(2)</sup>	940,13	54,32	1261,71	63,04	1089,75	78,18

(1) série histórica do posto Itamaraju engloba os anos de 1955 a 2006.

(2) série histórica do posto Mundo Novo engloba os anos de 1963 a 2006.

As séries históricas das estações pluviométricas Helvécia (1942 – 2006), Itamaraju (1955 – 2006), Mundo Novo (1963 – 2005) e Itapebi (1944 – 2005), todas situadas entre as isoietas de 1100 a

1600 mm/ano indicam um leve decremento no volume das chuvas iniciado no final da década de oitenta. Como indicado anteriormente, um importante evento *El-Niño*, ocorrido nos anos de 1991 e 1992, gerou um aumento anômalo das precipitações neste período, levando uma pequena alteração na tendência de diminuição das chuvas, conforme indica a Figura 48. Grande parte das décadas de setenta e oitenta estavam acima da média pluviométrica de longo período.

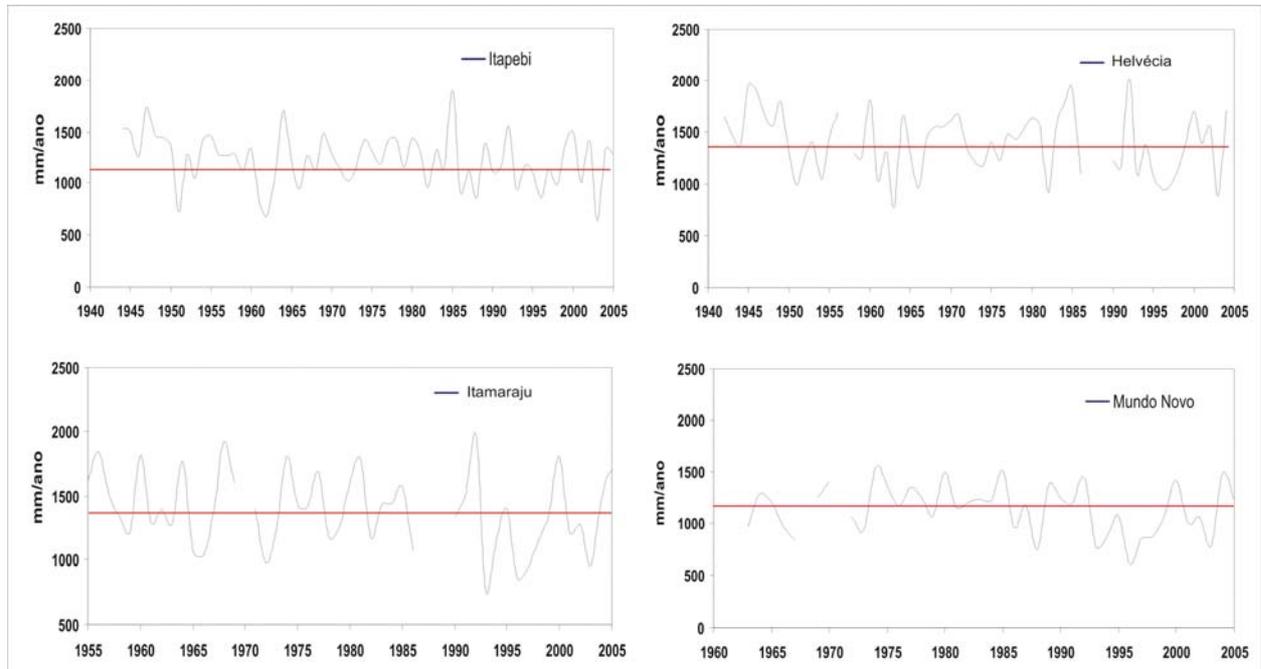


Figura 48 – Variabilidade da precipitação média anual dos postos Itapebi, Helvécia, Itamaraju e Mundo Novo. A linha em vermelho refere-se à média histórica das estações pluviométricas.

Os resultados expressos na Tabela 9 demonstram com relação às médias anuais pluviométricas, que o período correspondente de 1940 a 1969 os índices de chuva foram superiores ao período pós-1985. Diferentemente o período que antecede a década de setenta as vazões médias se mostraram sempre inferiores ao período pós-1985, salvo as estações fluviométricas do rio Mucuri, conforme indica a Figura 44.

Embora os dados fluviométricos demonstrem que as décadas de setenta e oitenta respondam pelas maiores vazões, a análise dos dados pluviométricos, no que tange as chuvas máximas, indicam uma tendência do aumento da intensidade das chuvas em direção aos dias atuais, conforme indica a Tabela 10.

Tabela 10 - Altura das chuvas máximas (mm) em quatro postos pluviométricos do Extremo Sul da Bahia.

Período	Helvécia	Itapebi	Itamaraju	Mundo Novo	Faz. Nancy
- 1969	73,11	67,93	71,51	70,33	54,32
1970-1985	85,27	71,39	78,43	76,36	63,04
1986-2006	85,43	81,45	77,09	77,53	78,18

Ainda com relação a altura das chuvas máximas, o único posto pluviométrico em que o período correspondente à década de setenta e parte da década de oitenta se mostra levemente superior é o posto Itamaraju. No Extremo Sul da Bahia, os maiores índices fluviométricos ocorrem entre os meses de novembro e dezembro, período no qual ocorrem também as máximas mensais, conforme indica a Figura 49.

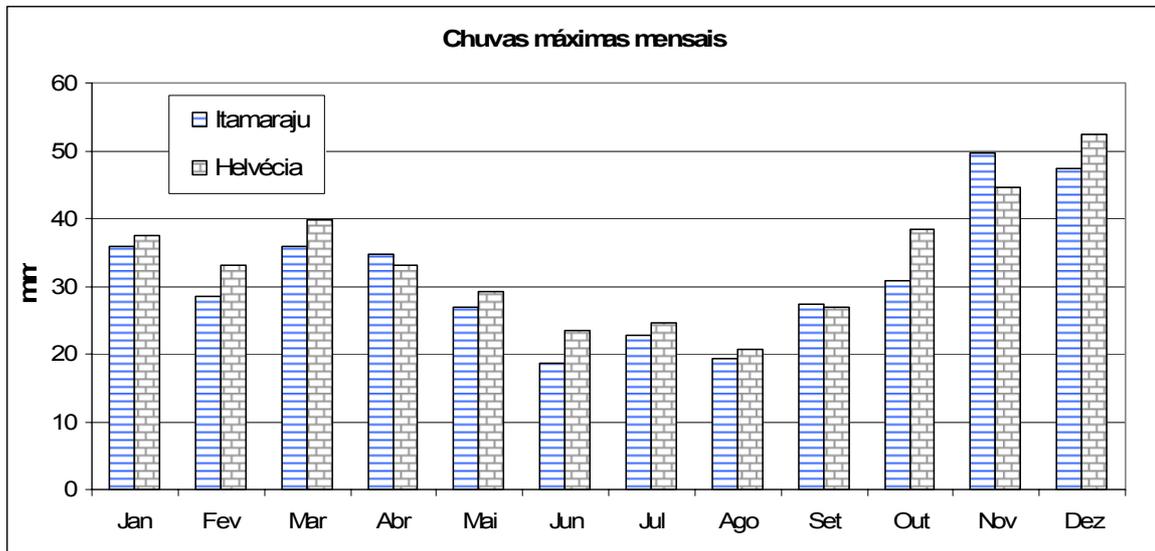


Figura 49 – Altura das chuvas máximas ocorridas nos postos Itamaraju (1955 a 2006) e Helvécia (1942 a 2006).

Os valores de precipitação média e vazão média para o posto Helvécia na bacia do rio Peruípe, indicada na Figura 50, mostra a correspondência entre estas duas variáveis, contudo, esta relação está sujeita à atuação de outras forçantes como características pedológicas, cobertura vegetal, tamanho da bacia de drenagem, entre outros fatores, que impedem um melhor ajuste entre a precipitação e a descarga líquida medida na bacia de drenagem.

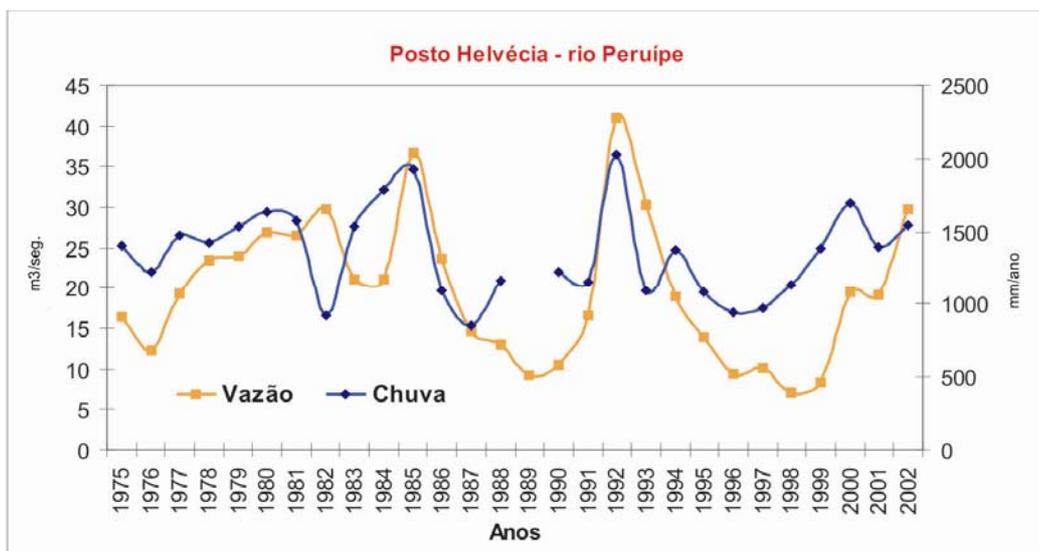


Figura 50 – Relação entre chuva e vazão exemplificado pelo posto hidrológico Helvécia

#### *5.4 Cálculo das Taxas de Sedimentação dos Testemunhos do Estuário e do Arco Costeiro de Abrolhos, Através do Método Geocronológico Pb<sup>210</sup>.*

Dos seis testemunhos coletados na região do Complexo Recifal de Abrolhos, em quatro deles foi possível determinar as taxas de sedimentação (TCV 2A, TLE, LIX e TTI), nos outros dois testemunhos (TCV1A e PGS), os valores de sedimentação não puderam ser obtidos, no primeiro por que a atividade do Pb<sup>210</sup> foi praticamente constante ao longo do testemunho, o que indica uma possível remobilização das camadas sedimentares, no segundo testemunho, a atividade do Pb<sup>210</sup> [total] mensurável, não apresentou qualquer tendência de decréscimo, o que deveria ser esperado, o que indica possivelmente também, remobilização das camadas sedimentares. A Figura 51 aponta a atividade do Pb<sup>210</sup> presente ao longo das quatro colunas testemunhadas, onde foram obtidas as taxas de sedimentação.

Como a cronologia no testemunho TCV 1A não pôde ser estabelecida decorrente do processo de remobilização das camadas sedimentares, os resultados das análises deste testemunho será plotado de acordo com a sua profundidade.

Os resultados obtidos em apenas duas alíquotas do testemunho PGS indicavam uma baixa taxa de sedimentação para esta região, dessa forma, será adotada a cronologia obtida em um testemunho retirado no arco externo de Abrolhos, próximo as ilhas do Arquipélago dos Abrolhos. Neste testemunho a atividade do Pb<sup>210</sup>[excesso] foi detectada até a profundidade máxima de 10 cm, e indicou taxas de sedimentação da ordem de  $1,30 \pm 0,052 \text{ mm/a}^{-1}$ .

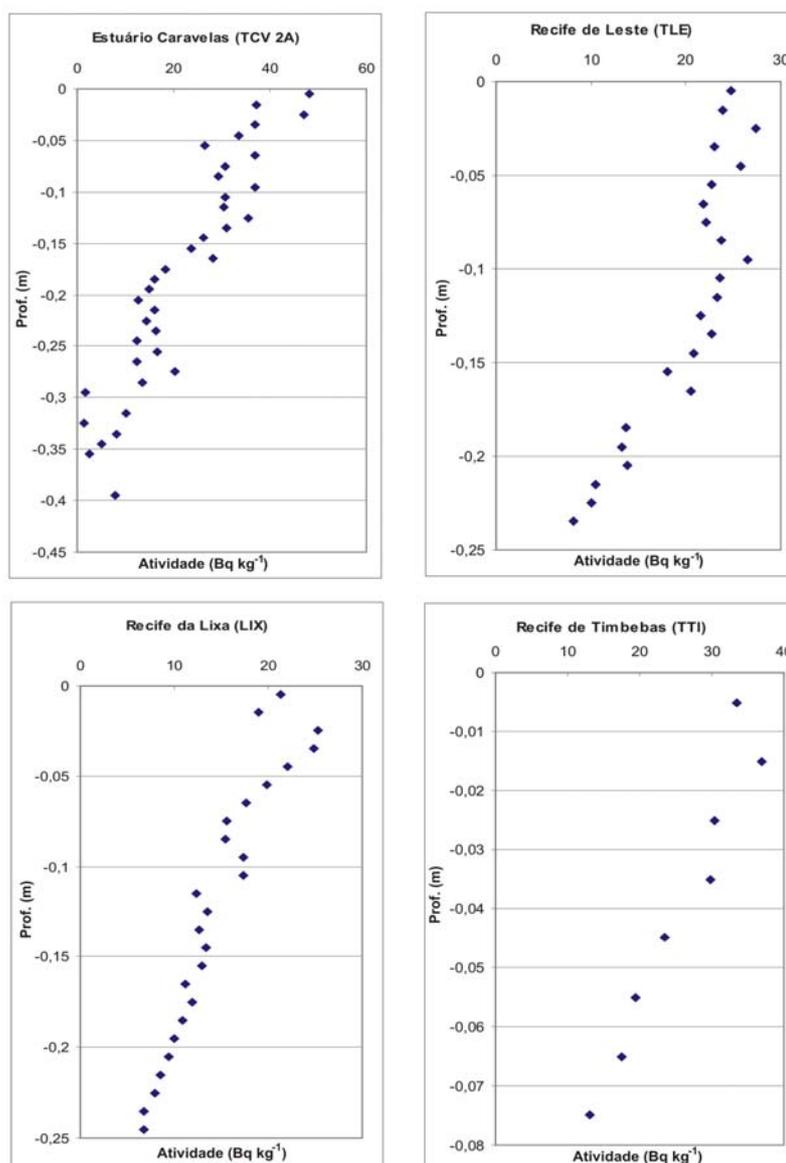


Figura 51 – Atividade do  $Pb^{210}$  presente nos testemunhos TCV 2 A, Recife da Lixa, Recife Pedra de Leste e Recife de Timbebas, plotados em função da profundidade em metros.

As variações na atividade Becquerel do  $Pb^{210}$ , nos quatro testemunhos, não expressam em qualquer momento mudanças nas taxas de sedimentação, nem mesmo nos testemunhos TCV 2A e TLE. O espalhamento da atividade Becquerel, encontrado nestes testemunhos, corresponde a um desvio padrão que inclui erros associados com as análises estatísticas e calibração do equipamento.

Na tabela 11 estão apresentadas as taxas média de acumulação dos testemunhos estudados, obtidos através da atividade do  $Pb^{210}$ , bem como sua respectiva cronologia expressa em anos.

Tabela 11 – Resultados das taxas de deposição sedimentar dos testemunhos estudados. A taxa média de acumulação refere-se a deposição em milímetro/ano e a cronologia equivale a 01 centímetro de deposição ao longo dos testemunhos coletados no sedimento do entorno recifal e no estuário.

Nome da estação	Código da estação	Distância linear da costa (km) <sup>(2)</sup>	Taxa média de acumulação (mm/a <sup>-1</sup> )	Cronologia em anos (01 cm/testemunho)
Pedra de Leste	TLE	12,04	3,98 ± 0,32	2,6
Timbebas	TTI	18,0	1,86 ± 0,12	5
Ponta Grande Sul <sup>(1)</sup>	PGS	31,7	1,30 ± 0,05	8
Lixa	LIX	20,0	5,71 ± 0,33	2
TCV 1A	TCV 1A	-	-	-
TCV 2A	TCV 2A	-	6,68 ± 0,46	1,6

(1) Para o testemunho de Ponta Grande do Sul, o estudo da concentração do Pb<sup>210</sup> não resultou em uma curva que permitisse o cálculo da taxa de sedimentação. Neste caso, utilizou-se o valor verificado para o Arquipélago de Abrolhos, devido a similaridade das condições oceanográficas existente entre as duas áreas recifais.

(2) Distâncias obtidas a partir de Dutra (2003).

Na tabela 12 estão indicadas as profundidades máximas de detecção na leitura da atividade do Pb<sup>210</sup> nas colunas testemunhadas. Este limite de detecção depende da concentração do Ra<sup>226</sup> presente nos sedimentos que compõe os testemunhos e da precisão do equipamento utilizado.

Tabela 12 - Resultados para as profundidades máximas de leitura através da radiação gama do Pb<sup>210</sup>, nos quatro testemunhos estudados.

Testemunho	Limite de detecção do Pb <sup>210</sup> (cm.)
TCV 2A	39,5
Lixa	25,5
Pedra de Leste	23,5
Timbebas	8

## 5.5 Sedimentos dos Testemunhos do Estuário do Rio Caravelas.

### 5.5.1 Textura

Como indicado anteriormente, a planície costeira de Caravelas é constituída por pequenos rios da ordem de poucas dezenas de quilômetros de extensão, a confluência destes pequenos cursos d'água formam o estuário do rio Caravelas. O testemunho TCV1A foi coletado em uma porção deste complexo estuarino chamada de Largo, a montante do segundo, TCV 2A, que foi coletado em um meandro do rio, a cerca de 10 km da desembocadura do rio Caravelas. Ambos testemunhos estão circunjacentes aos Terraços Marinhos Holocênicos e Pleistocênicos, Terraços Laguranes, Terras Úmidas Costeiras e a pouco mais de 5 quilômetros de distância encontra-se o Grupo Barreiras.

Os resultados da análise granulométrica indicam que as concentrações de areia, silte e argila presentes nos testemunhos são bastante diferentes entre si, como indica a Figura 52. O testemunho TCV 2A apresenta uma concentração mais elevada de argila (cerca de 80%), quando comparado ao testemunho TCV 1A (cerca de 50%). No primeiro testemunho, a deposição de sedimentos arenosos se mostra bastante irregular, marcada por elevação episódica nos teores de areia.

Em ambos testemunhos foi possível identificar espessuras de sedimento onde ocorrem marcantes mudanças na sedimentação aqui designados de Intervalos. Assim, enquanto, no testemunho TCV 2A foram individualizados quatro intervalos, no testemunho TCV 1A foi possível identificar apenas três intervalos bem definidos.

No testemunho TCV 2A o Intervalo I, correspondente aos primeiros 13 centímetros (de 50 a 37 cm, na base do testemunho), é caracterizado por uma acumulação superior de argila quando comparado ao Intervalo II, imediatamente acima dele (37 a 30 cm). A média percentual na concentração de sedimentos argilosos cai de 76,0% no Intervalo I, para 55,5% no intervalo ulterior.

No Intervalo II do testemunho TCV 2A, há um rápido incremento na contribuição de sedimentos arenosos em um curto intervalo de tempo, com um pico na deposição de sedimentos arenosos em torno de 57,5% ocorrendo na profundidade de 32 cm, que equivale ao período de meados da década de cinquenta. Esta situação contrasta com o que ocorre no Intervalo III, da profundidade de 30 até 18 cm que corresponde a aproximadamente 15 anos, entre o início da década de sessenta a meados da década de setenta, quando ocorre, apenas a deposição de sedimentos siltosos e argilosos. No topo do testemunho TCV 2A, aqui designado de Intervalo IV ocorrem bruscas variações texturais. Estes últimos 18 centímetros do testemunho atestam aumento da deposição de sedimentos arenosos.

Com relação ao testemunho TCV 1A o Intervalo I, que delimita os primeiros 16 centímetros da porção basal, assim como ocorreu no Intervalo IV do testemunho TCV 2A, as variações granulométricas ocorrem de forma mais marcantes, com uma tendência de maior concentração de argila. Embora, neste trecho do testemunho ocorra um pico na deposição de areia correspondente à profundidade de 48 centímetros, onde a concentração de areia é de cerca de 58,7%, este percentual contrasta com a média dos sedimentos arenosos para o referido intervalo que é de 39%.

Ainda com relação ao testemunho TCV 1A a fase seguinte, correspondente ao Intervalo II, ocorre uma diminuição de sedimentos argilosos em detrimento dos sedimentos arenosos. Neste trecho do testemunho, a média dos sedimentos arenosos aí depositados é da ordem de 46,9%. Apesar da maior acumulação de sedimentos arenosos no Intervalo II, neste trecho há uma tendência de se manter constantes as concentrações de areia, silte e argila. Por fim, no Intervalo III há uma leve tendência de diminuição dos sedimentos arenosos em direção ao topo, a média dos sedimentos arenosos aí depositados encontra-se em torno de 36,6%, ou seja, inferior à média obtida no Intervalo I. Dado que

não se logrou obter uma curva de decaimento do  $Pb^{210}$  no testemunho TCV1A, não existe correspondência temporal deste testemunho com o anterior.

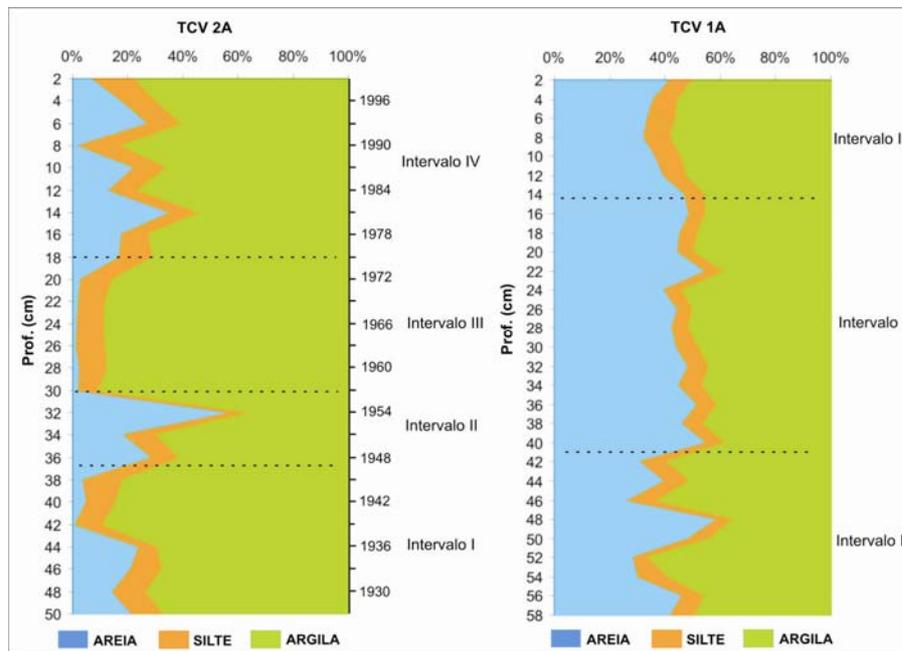


Figura 52 - Variação granulométrica nos teores de areia, silte e argila encontrada nos testemunhos TCV 2A e TCV1A.

### 5.5.2 Teor de Matéria Orgânica

O teor percentual de matéria orgânica presente nos testemunhos variou entre 7,7% a 12% no testemunho TCV 2A e entre 4,1% a 9,8% no testemunho TCV 1A (Figura 53). A concentração média da matéria orgânica ao longo do testemunho TCV 2A foi de 9,8%, enquanto no TCV 1A foi de 7,2%. Neste último testemunho é observado um aumento nas concentrações de matéria orgânica da base em direção ao topo com pequenas variações ao longo deste padrão. Contudo, é imperioso lembrar que o decaimento do  $Pb^{210}$  não forneceu uma cronologia para o testemunho TCV 1A.

No testemunho TCV 2A, foram delimitados três segmentos, designados de Intervalos I, II e III que possuem características conspícuas. No Intervalo I correspondente à base do testemunho, (abrangendo um lapso de tempo de cerca de 25 anos, entre as décadas de 30 e 50), ocorre uma tendência de diminuição na concentração de matéria orgânica. Na parte média (ao longo de cerca de 30 anos, entre meados da década de 50 e meados da década de 80) ocorre a tendência generalizada de aumento na concentração de matéria orgânica delimitando assim, o Intervalo II. Esta tendência de aumento sofre uma alteração nos últimos 10 e 12 centímetros de deposição sedimentar (acumulados nos últimos 20 anos aproximadamente) onde há uma tendência de diminuição no teor de matéria orgânica.

O Intervalo I no testemunho TCV 2A tem concentração média de matéria orgânica de cerca de 9,3%. Nos Intervalos II e III a concentração média de matéria orgânica registrou, respectivamente, valores de 10,8% e 8,7%.

No testemunho TCV 1A, a despeito da não determinação da cronologia, ocorre um incremento do conteúdo de matéria orgânica no intervalo de 58 a 26 cm e a partir daí, a estabilização nesse conteúdo, com uma redução de cerca de 2% na profundidade de 12 cm.

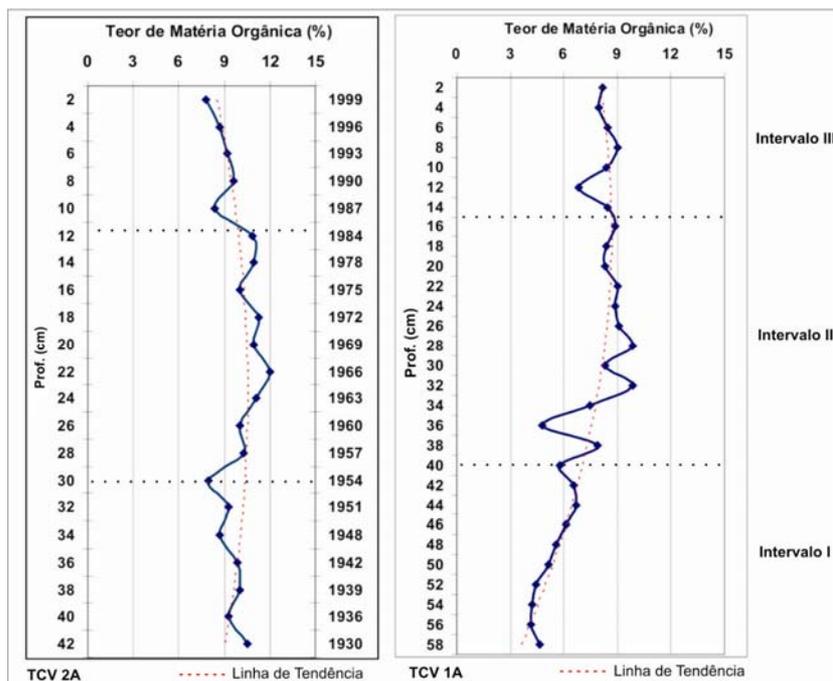


Figura 53 - Variação no teor de matéria orgânica encontrada nos testemunhos TCV 2A e TCV 1A, evidenciando os três intervalos de mudança no teor de matéria orgânica. Linha de tendência polinomial de ordem 2.

### 5.6 Sedimentos dos Testemunhos dos Recifes Costeiros.

O resultado apresentado na Figura 54 mostra que a concentração de sedimentos siliciclásticos na fração granulométrica areia muito fina pode ser considerada irrelevante. A média de grãos siliciclásticos presentes nesta fração, em ambos os testemunhos, ficou abaixo de 1%. Na fração silte grosso, a contribuição dos grãos siliciclásticos é mais importante que na areia muito fina, pois chega a atingir percentuais de até 10%. No testemunho de Pedra de Leste (TLE), tanto na fração areia muito fina como na fração silte grosso, as concentrações de sedimentos siliciclasticos foram levemente superiores à concentração de siliciclásticos encontrados no testemunho de Timbebas (TTI), mesmo diante do fato que a coluna sedimentar do testemunho TLE corresponde a cerca da metade superior da espessura de sedimento do testemunho TTI. A média de sedimentos quartzosos na fração silte grosso ao longo do testemunho TLE foi de 3,27%, contra uma média de 1,57% registrado no TTI.

No testemunho TTI, na fração silte grosso houve um leve acréscimo de sedimentos quartzosos da base em direção ao topo. Esse acréscimo inicia-se mais ou menos na amostra 27 (profundidade de 45 cm em TLE). Este nível na profundidade dos testemunhos corresponde aproximadamente ao final do século XIX. Em TLE não existe tendência de crescimento na concentração de siliciclastos, mas as variações positivas de ambos os testemunhos são correspondentes e contemporâneas Figura 54.

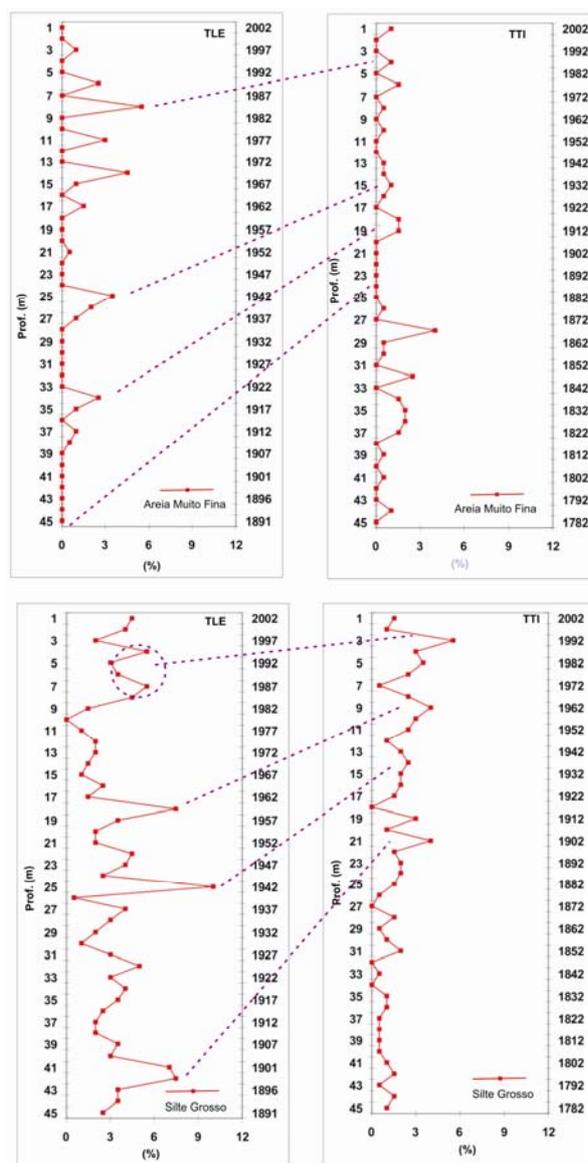


Figura 54 – Variação dos sedimentos siliciclásticos, nos testemunhos TLE e TTI nas frações granulométricas areia muito fina e silte grosso. Linhas em roxo indicam a correspondência temporal entre os testemunhos.

No testemunho TLE, picos na deposição de sedimentos siliciclásticos na fração areno-siltosa ocorreram em níveis correspondentes ao início do século XX, no início da década de 40, final da década de 50 e mais pronunciadamente nas décadas de 80 e 90 (Figura 54). Variações positivas similares ocorrem em TTI.

### 5.6.1 Carbonato de Cálcio da Lama Total nos Testemunhos Recifais

A quantificação do conteúdo de  $\text{CaCO}_3$  (carbonato de cálcio) presente na fração lamosa e da lama total tiveram como objetivo complementar a avaliação do aporte de sedimentos siliciclásticos, para os recifes do arco interno de Abrolhos, ao longo do último século. Este incremento poderia estar relacionado às crescentes intervenções humanas na zona costeira de Caravelas e adjacências.

Na tabela 13 estão indicadas as concentrações médias de carbonato de cálcio e da fração lamosa, nos testemunhos estudados. Esta tabela mostra que na estação de Pedra de Leste o sedimento é mais grosso, com uma frequência média de lama inferior a 25%. Os testemunhos TTI e PGS possuem valores de lama quase três vezes superiores ao testemunho TLE, conforme indica a Tabela 14. Naqueles sítios (Timbebas e Pedra Grande do Sul) o conteúdo da fração lama no sedimento é similar, superior a 65%, mas difere no conteúdo de carbonato na fração lama, maior na parte sul do Parcel das Paredes (Ponta Grande do Sul, superior a 75%).

A comparação do comportamento da frequência da lama total e de carbonato de cálcio ao longo dos testemunhos mostra que em Timbebas esses parâmetros têm maior variabilidade, apresentando frequentemente oscilações de curto prazo (em duas ou três amostras) da ordem de 10% (Figura 55). No testemunho de Pedra de Leste, as variações de maior frequência são da ordem de menos de 5%. No testemunhode Ponta Grande do Sul, a variabilidade entre amostras sucessivas não ultrapassa cerca de 3%.

Em todos os três testemunhos houve uma tendência de diminuição nas concentrações de lama em direção ao presente. Essa tendência se acentua principalmente no topo dos testemunhos, principalmente no intervalo correspondente à acumulação ocorrida no século XX (34 cm a 4 cm em TLE, 17 cm ao topo em TTI e 13 cm ao topo em PGS, Figura 55). No testemunho PGS, essa tendência inicia-se a partir de 25 cm para o topo, ou seja, no intervalo depositado nos últimos 200 anos. Embora esta tendência esteja evidente em todos os três testemunhos, no testemunho de Pedra de Leste houve um incremento de lama siliciclástica nos 5 cm superiores, depositados na última década, acompanhado, neste mesmo período, de uma diminuição nos valores de carbonato de cálcio.

Tabela 13 - Médias dos resultados das análises dos sedimentos dos testemunhos, com o desvio padrão (DP) e o número de amostras analisadas (N).

	TLE			TTI			PGS		
	Média	DP	N	Média	DP	N	Média	DP	N
<b>CaCO<sub>3</sub></b>	73,4	1,3	45	68,7	3,1	54	76,4	1,1	53
<b>Lama</b>	24,6	3,7	45	69,1	6,2	54	70,8	6,9	53

O conteúdo de carbonato de cálcio e de lama dos testemunhos TLE, TTI e PGS, foram colocados sob uma mesma escala cronológica, com base nas taxas de sedimentação medidas, de forma

que os padrões pudessem ser mais claramente analisados. Assim sendo, foi possível definir seis intervalos, sendo que em pelo menos três destes, o mesmo padrão de sedimentação está representado nos três testemunhos.

No terço inicial do testemunho PGS as concentrações de lama e carbonato de cálcio praticamente se mantêm inalteradas. A parte superior deste segmento no testemunho PGS delimita o Intervalo I indicado na Figura 55 onde ocorre um pico na deposição de lama com uma pequena redução na concentração de carbonato de cálcio na amostra dos 35 cm de profundidade, correspondente ao período da década de trinta do século XVIII. Este pico ocorre de forma mais pronunciada no testemunho TTI, na profundidade de 50 cm.

O Intervalo II delimitado mais claramente no testemunho TTI é caracterizado por grandes variações tanto na textura como no conteúdo de carbonato do sedimento lamoso, variações que pode chegar a 10%. Esta tendência persiste por cerca de 16 cm (50 cm a 34 cm) que corresponde a cerca de pouco mais de oito décadas. A correspondência do limite superior deste intervalo no testemunho PGS deve ocorrer no nível da amostra 21.

O Intervalo III, no testemunho TTI, é caracterizado por um decréscimo nas concentrações de lama e carbonato de cálcio, dos 34 cm até os 19 cm quando se inicia uma oscilação positiva de lama, de cerca de 10%, atingida na amostra 17 cm. A primeira variável decai de 74,1% para 68,9%, enquanto a segunda variável decresce de 69,6% para 68,5% esta situação perdura até aproximadamente o início do século XX. No testemunho PGS, o início do Intervalo III ocorre com a única inflexão apreciável no teor de  $\text{CaCO}_3$ , entre as amostras 21 e 20. Nesse mesmo ponto inicia-se o declínio acentuado na frequência de lama que varia de 75,9% até cerca de 60% na amostra 13.

O intervalo IV apresenta comportamentos distintos entre os testemunhos mais próximos da costa (TLE e TTI) e do mais afastado (PGS). Nos dois primeiros, a quantidade de lama tem uma tendência de diminuição, acompanhando um aumento no teor de  $\text{CaCO}_3$ , entre as amostras 36 e 23 (primeiras quatro décadas do século XX). No testemunho PGS, ambas características tendem à estabilidade; o teor de lama fica em cerca de 65% e o de  $\text{CaCO}_3$  tem valor de cerca de 82%.

O Intervalo V é marcado pelas maiores variações em amostras sucessivas no testemunho TLE, entre as amostras 23 e 11, correspondente ao período de cerca de 40 anos, até o final da década de 70. No testemunho TTI, há um aumento no teor de lama de cerca de 10% e o carbonato mantém-se estabilizado, com uma tendência muito tênue de diminuição. Por fim, no testemunho PGS, este intervalo é caracterizado por uma acentuada diminuição de lama, com ligeira elevação na concentração de  $\text{CaCO}_3$ .

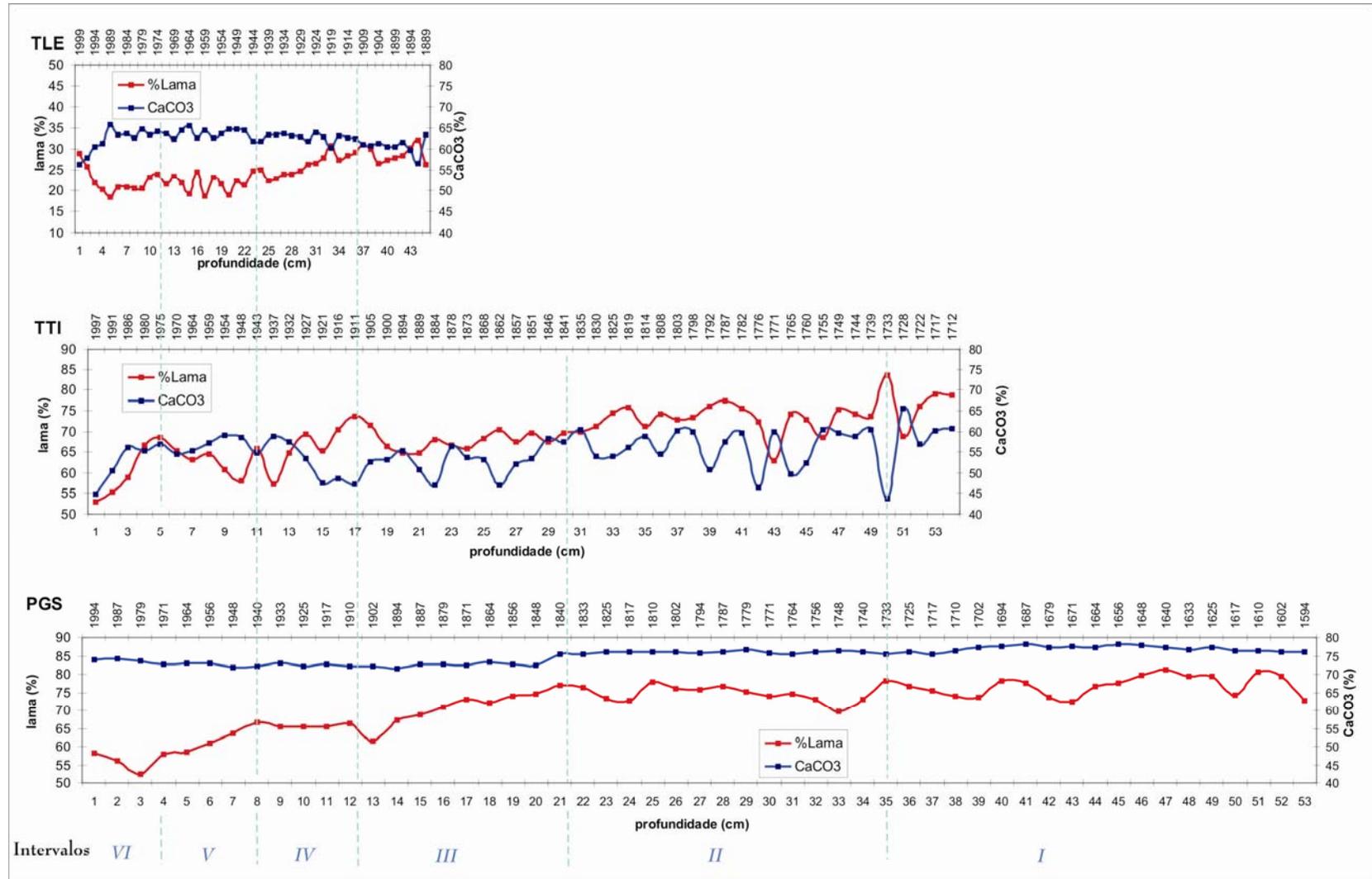


Figura 55 - Variação percentual no conteúdo da lama total e de carbonato de cálcio, presente nos testemunhos coletados nos recifes de Pedra Grande do Sul (PGS), Pedra de Leste (TLE) Timbebas (TTI). Barras azuis indicam os seis intervalos onde ocorrem mudanças simultâneas ou individuais na deposição de lama ou produção de carbonato.

O sexto e final intervalo corresponde a um comportamento similar em TLE e TTI no que tange o teor de CaCO<sub>3</sub>. A parte inicial deste intervalo, amostras 11 a 6 em TLE e 5 a 3 em TTI apresenta relativa estabilidade na sua textura, intervalo que corresponde a mais ou menos uma década. Depois disso, até a amostra do topo, há uma diminuição acentuada de carbonato de cálcio, mas acompanhada de tendências opostas quanto ao teor de lama.

Em síntese, o testemunho com menor taxa de acumulação denota três grandes períodos na sedimentação em que há, sucessivamente, redução no conteúdo de CaCO<sub>3</sub> no sedimento: o primeiro até cerca de 300 anos atrás, o segundo até meados do século XIX e o terceiro até hoje. A concentração de lama permaneceu relativamente estabilizada durante os dois primeiros períodos e diminuiu acentuadamente (cerca de 20%) até cerca de 30 anos atrás, apresentando pequena elevação (cerca de 7%) neste período mais recente. Nas regiões mais próximas da costa, a tendência de diminuição de CaCO<sub>3</sub> é maior em Timbebas, e a redução na lama nos últimos 300 anos também é notável, como também é conspícua a variabilidade textural da lama e a concentração de CaCO<sub>3</sub> nesta estação.

No início da década de 80 do século XX a tendência de diminuição da lama se reverte na estação mais próxima do continente e situada na retaguarda do complexo recifal de Paredes, em Pedra de Leste, onde o teor de carbonato de cálcio no sedimento é mais baixo entre as três estações. Nessa estação, bem como em Timbebas, o conteúdo de CaCO<sub>3</sub> no sedimento diminui, atingindo seus níveis mínimos em toda a extensão do testemunho, o que significa que o sedimento siliciclástico na fração lamosa aumenta no período mais recente.

#### *5.7 - Comportamento das Argilas Presentes nos Testemunhos TLE (recife Pedra de Leste) e TTI (recife de Timbebas) e PGS (Pedra Grande Sul).*

Os argilominerais aqui quantificados possuem como área fonte o Grupo Barreiras, as planícies fluviais (depósitos Quaternários indiferenciados), e rochas graníticas alteradas (Gnaisses). No Sul e no Extremo Sul da Bahia, os depósitos de argilas caulínicas são encontrados, sobretudo nos sedimentos aluvionares quaternários, nos fundos dos vales atuais, na forma de argilas de várzea, caulínicas e plásticas, neste ambiente as argilas associam-se, via de regra, a sedimentos orgânicos (CBPM 2003).

A análise de difratometria de raios-X, quando aplicada aos testemunhos TLE, TTI e PGS, não demonstrou nenhum aumento na contribuição de argilominerais de proveniência continental que possa ser atribuída ao processo de modificação da paisagem no Extremo Sul, nem mesmo durante os últimos 50 anos, quando as intervenções humanas se fizeram mais marcantes.

A contribuição dos argilominerais caulinita, mica e illita no testemunho TLE, não difere significativamente entre as amostras que abrangem um período de tempo iniciado na década de 1890.

Da mesma forma, os resultados obtidos no testemunho TTI não acusam mudanças nos argilominerais ao longo do tempo, salvo a amostra 23 (correspondente ao início da década de quarenta), que indica uma redução dos teores de aragonita e calcita (Figuras 56 e 57).

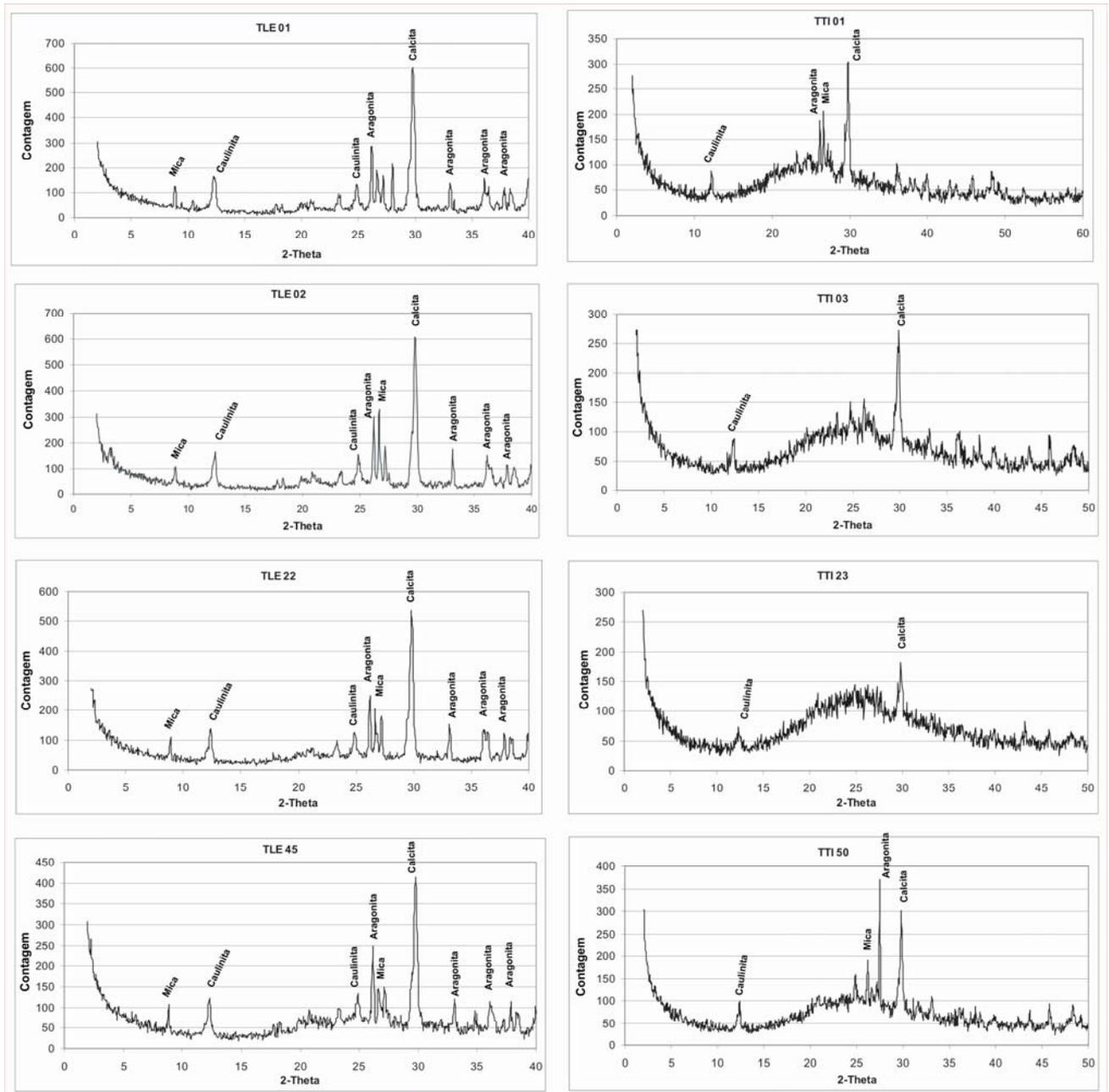


Figura 56 – Resultados da análise de difratometria de raios-X em diferentes amostras dos testemunhos de Pedra de Leste (TLE) e Timbebas (TTI).

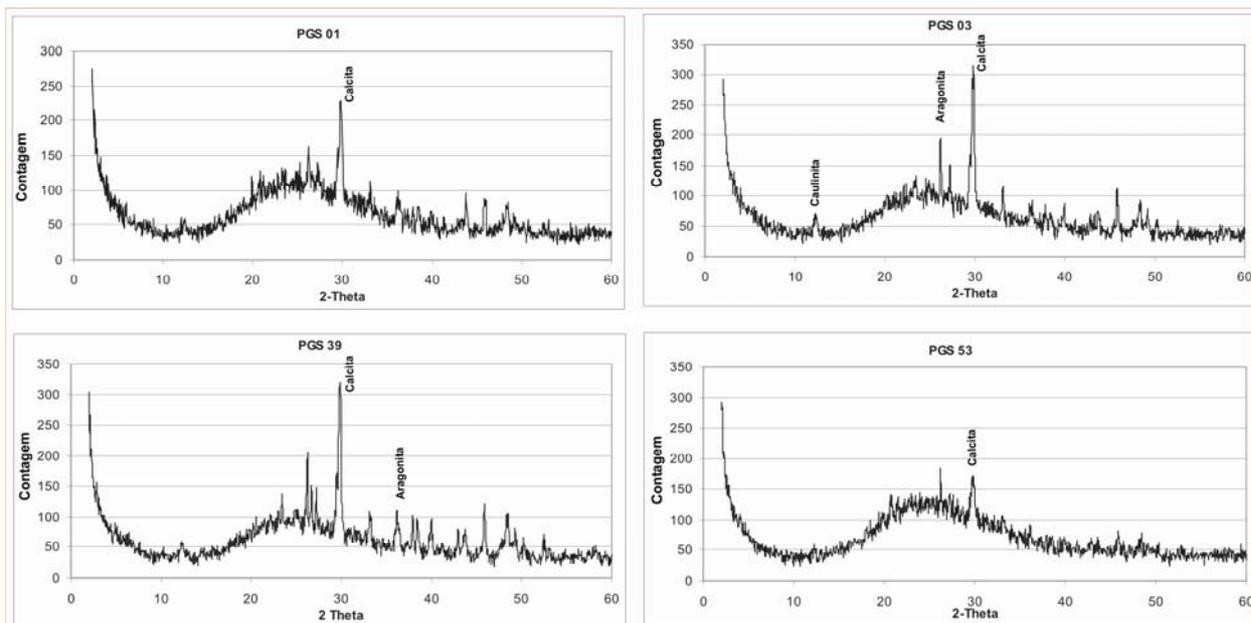


Figura 57 – Resultados da análise de difratometria de raios-X aplicado a quatro amostras do testemunho de Pedra Grande do Sul (PGS).

Porém um dado interessante foi obtido com a alíquota basal PGS 53, onde não foi registrada a presença de caulinita (argilomineral que tem como fonte principal o Grupo Barreiras e secundariamente o Embasamento Cristalino), esta, porém, foi a única amostra do testemunho a apresentar tal comportamento, não sendo possível especular com segurança sobre as razões para a inexistência da caulinita neste período. De uma maneira geral, os dados levantados por esta análise, não indicaram quaisquer alterações de mudanças na composição dos argilominerais que chegam aos recifes do arco costeiro de Abrolhos.

As análises químicas empregadas através da técnica de fluorescência de raios – X nos argilominerais presentes no testemunho PGS indicam uma tendência de aumento da base em direção ao topo. Este comportamento crescente, não se aplica aos óxidos de cálcio e magnésio, o que é esperado devido ao efeito limitante que a descarga de material clástico ocasiona ao desenvolvimento dos organismos bentônicos marinhos, que possuem suas partes mineralizadas composta de cálcio e magnésio. Entre as décadas de vinte e sessenta, ocorre um aumento acentuado nas concentrações dos óxidos, afora novamente os óxidos de cálcio e magnésio, contudo, a partir da década de setenta os teores dos óxidos (à exceção do óxido ferroso), tendem a uma diminuição dos seus valores percentuais (Figura 58).

As concentrações de óxido ferroso obtidas no testemunho PGS se mostraram bastante uniformes ao longo do tempo, embora se observe uma leve tendência de aumento da base para o topo do testemunho.

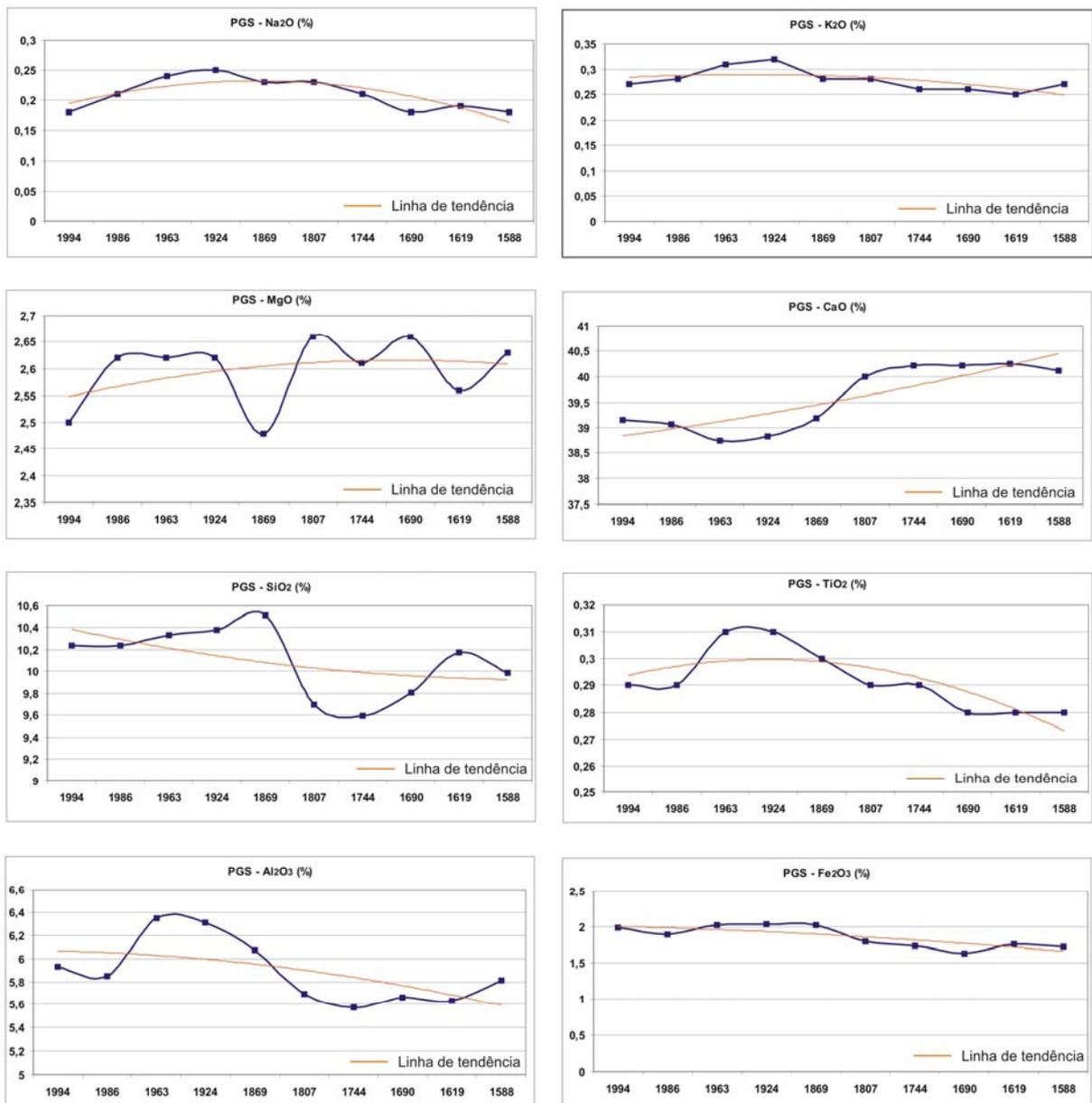


Figura 58 – Comportamento dos óxidos presentes no testemunho de Pedra Grande do Sul (PGS). Valor percentual em peso. Linha de tendência polinomial de ordem 2.

A deposição de óxido de cálcio, no testemunho PGS se manteve regular entre os anos de 1588 a 1807, desde então tem havido um decréscimo na deposição deste óxido, o que pode ser um indicativo que após o período citado, as condições ambientais se tornaram menos propícias ao desenvolvimento dos organismos recifais. Notar que, a partir do ano de 1807 há um maior acréscimo na contribuição dos demais óxidos, o que nos leva a crer, que alguma força física, provavelmente de caráter meteorológico/oceanográfico, estivesse atuando, promovendo um aumento da deposição e/ou ressuspensão de argilominerais de origem continental sobre este recife.

Os resultados observados para o testemunho TLE indicam, de uma maneira geral, um comportamento contrário ao observado no testemunho PGS. Assim, os valores dos óxidos (exceto os

óxidos de sódio e cálcio), tendem a diminuir em direção aos dias atuais (Figura 59). Na Tabela 14 estão expostos os valores médios presentes nos testemunhos TLE e PGS, observar que os percentuais estão basicamente no mesmo patamar numérico, em ambos os testemunhos, embora, o testemunho TLE possua valores levemente superiores ao PGS, salvo para o óxido de potássio que tem sua origem nas argilas caulínicas-ilíticas e possui uma concentração três vezes maior no testemunho PGS que o observado no testemunho TLE.

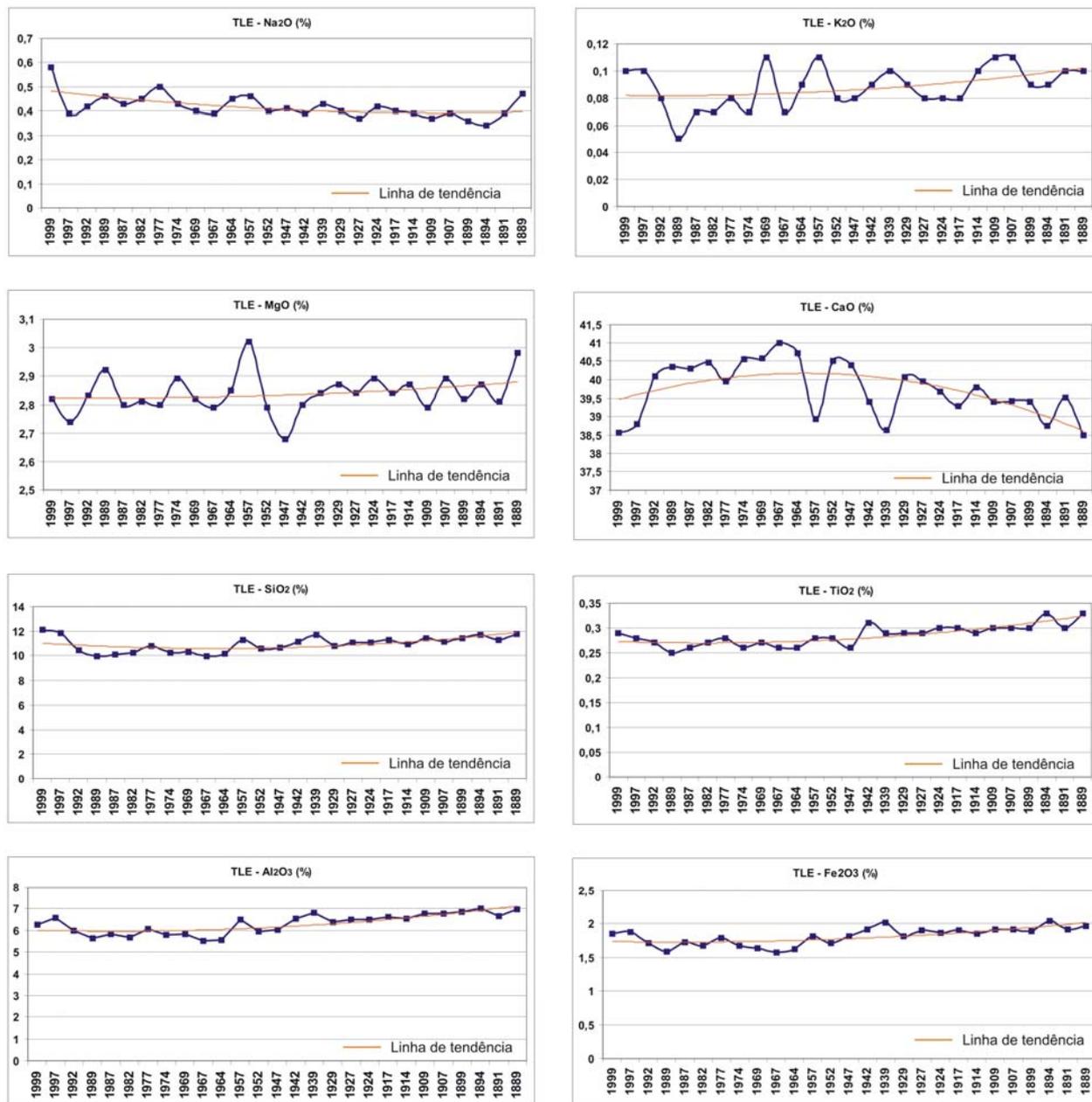


Figura 59 – Comportamento dos óxidos presentes no testemunho Pedra de Leste (TLE). Valor percentual em peso. Linha de tendência polinomial de ordem 2.

Os dados do testemunho PGS indicam que, do início do século XIX ao início da década de oitenta houve uma tendência ascendente na deposição dos óxidos de Na<sub>2</sub>O, K<sub>2</sub>O, TiO<sub>2</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> e SiO<sub>2</sub>. Diferentemente, o topo deste testemunho é marcado por uma inflexão descendente nas

concentrações dos óxidos, esta situação contrasta com os resultados obtidos para o mesmo período no testemunho TLE.

Tabela 14 - Valores médios dos óxidos presentes nos testemunhos de sondagem TLE e PGS.

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O
<b>TLE</b>	10,95	6,30	1,81	0,29	39,74	2,84	0,09	0,42
<b>PGS</b>	10,10	5,89	1,86	0,29	39,58	2,60	0,28	0,21

#### 5.8 - Variação nas Concentrações de Metais Pesados ao Longo dos Testemunhos de Sondagem Provenientes da Planície Costeira de Caravelas e dos Recifes do Arco Costeiro de Abrolhos (BA).

Os resultados indicam que de uma maneira geral, no que tange aos metais pesados encontrados ao longo das colunas testemunhadas, os valores médios encontram-se dentro do estabelecido entre o nível de referência e o nível de alerta, estabelecidos de acordo com a CETESB (2001). Algumas amostras, no entanto, apresentam valores acima dos níveis de intervenção como o arsênio nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A e acima dos valores de alerta como cromo, cobre, níquel e chumbo. A Tabela 16 indica os valores encontrados nos testemunhos analisados comparados com os valores orientadores para o Estado de São Paulo e países da Comunidade Européia.

Tabela 15- Valores orientadores para referência, alerta e intervenção para os solos no Estado de São Paulo (SP) e para países da Comunidade Européia. Solos (mg.kg<sup>-1</sup>), baseado em CETESB (2001).

Elemento químico	Referência (SP)	Alerta (SP)	Intervenção (SP)	CEU <sup>(1)</sup>	TCV 1A <sup>(2)</sup>	TCV 2A <sup>(2)</sup>	TLE <sup>(2)</sup>	TTI <sup>(2)</sup>
<b>Arsênio</b>	3,50	15	25		45,71	31,51	7,43	7,89
<b>Chumbo</b>	17	100	200	50-300	70,53	61,86	45,82	23,90
<b>Cobalto</b>	13	25	40		7,65	6,81	10,60	8,87
<b>Cobre</b>	35	60	100	50-140	27,02	27,45	47,27	13,49
<b>Cromo</b>	40	75	300	100-150	98,11	101,36	37,26	43,46
<b>Níquel</b>	13	30	50	30-75	26,55	24,98	16,58	17,42
<b>Zinco</b>	60	300	500	150-300	202,98	109,29	111,08	96,71

(1) Valores de referência estabelecidos para os solos dos países da Comunidade Européia.

(2) Valores médios para os testemunhos estudados.

Nas Figuras 60 e 61 estão apresentados apenas os elementos químicos encontrados nos testemunhos de sondagem retirados no estuário da planície costeira de Caravelas e nos recifes do arco costeiro de Abrolhos cujos valores encontram-se acima do estabelecido pela legislação do Estado de São Paulo como passíveis de risco a saúde humana.

O cromo e o cobre foram os elementos químicos com valores mais próximos aos limites de intervenção. Com relação ao cromo, no testemunho TCV 2A todos os valores estavam acima do valor de alerta, indicando que desde a década de vinte seu teor estava acima do permitido pela legislação do Estado de São Paulo. Situação similar para este elemento fora obtida no testemunho TCV 1A que contou com apenas 04 amostras de um total de 26 investigadas, que estavam com valores abaixo dos níveis de

alerta. Já o cobre apresentou em três e doze alíquotas do testemunhos TCV 2A e TLE, respectivamente, valores acima do nível de alerta.

Quanto ao arsênio, ambos os testemunhos retirados no estuário da planície costeira de Caravelas apresentaram valores acima dos níveis de alerta e também dos níveis de intervenção, os dados demonstram que na região testemunhada, desde o início do século XX, os valores do arsênio sempre estiveram acima do permitido pela legislação do Estado de São Paulo (Figura 60).

O chumbo apresentou para o testemunho TCV 1A, valores acima dos níveis de referência apenas no seu topo e na porção mediana do mesmo (aproximadamente a 30 centímetros de profundidade). Em ambos os testemunhos retirados na planície costeira de Caravelas, há um marcante aumento das concentrações médias de chumbo, a partir de meados da década de cinquenta. Nos testemunhos TLE e TTI, este comportamento não é observado, embora, ocorra uma leve tendência de aumento para as últimas décadas. O zinco apresentou apenas para o testemunho TCV 1A, um marcante aumento das suas concentrações na sua camada superior, nos demais testemunhos os valores obtidos oscilavam dentro dos valores de referência estabelecidos pela CETESB (2001).

A variação nos níveis de concentrações dos metais do testemunho TCV1A foi superior ao TCV2A, exceto para os elementos cobre e cromo. Em ambos os testemunhos há um comportamento similar de aumento das concentrações dos metais, da base em direção ao topo do testemunho, para os elementos chumbo e níquel. No TCV1A este comportamento também foi observado para os elementos cromo, zinco e cobre, indicando um aumento das concentrações destes metais em direção ao topo. Diferentemente, no testemunho TCV2A foi observado que, para os elementos cromo, zinco e cobre, houve uma pequena redução nas suas concentrações destes elementos ao longo do tempo.

O Bário, no testemunho TCV 1A apresentou em duas amostras concentrações médias próximas ao valor de intervenção e em cinco amostras do testemunho TCV 2A, sua concentração média estava acima do nível de alerta. As concentrações de manganês, ferro e alumínio não apresentaram uma tendência de aumento ao longo do tempo, embora no primeiro elemento químico seja observado um aumento das concentrações em direção ao presente nos testemunhos TCV 2A e TTI e para o ferro no TCV 1A é observado um aumento na sua concentração média em direção ao topo.

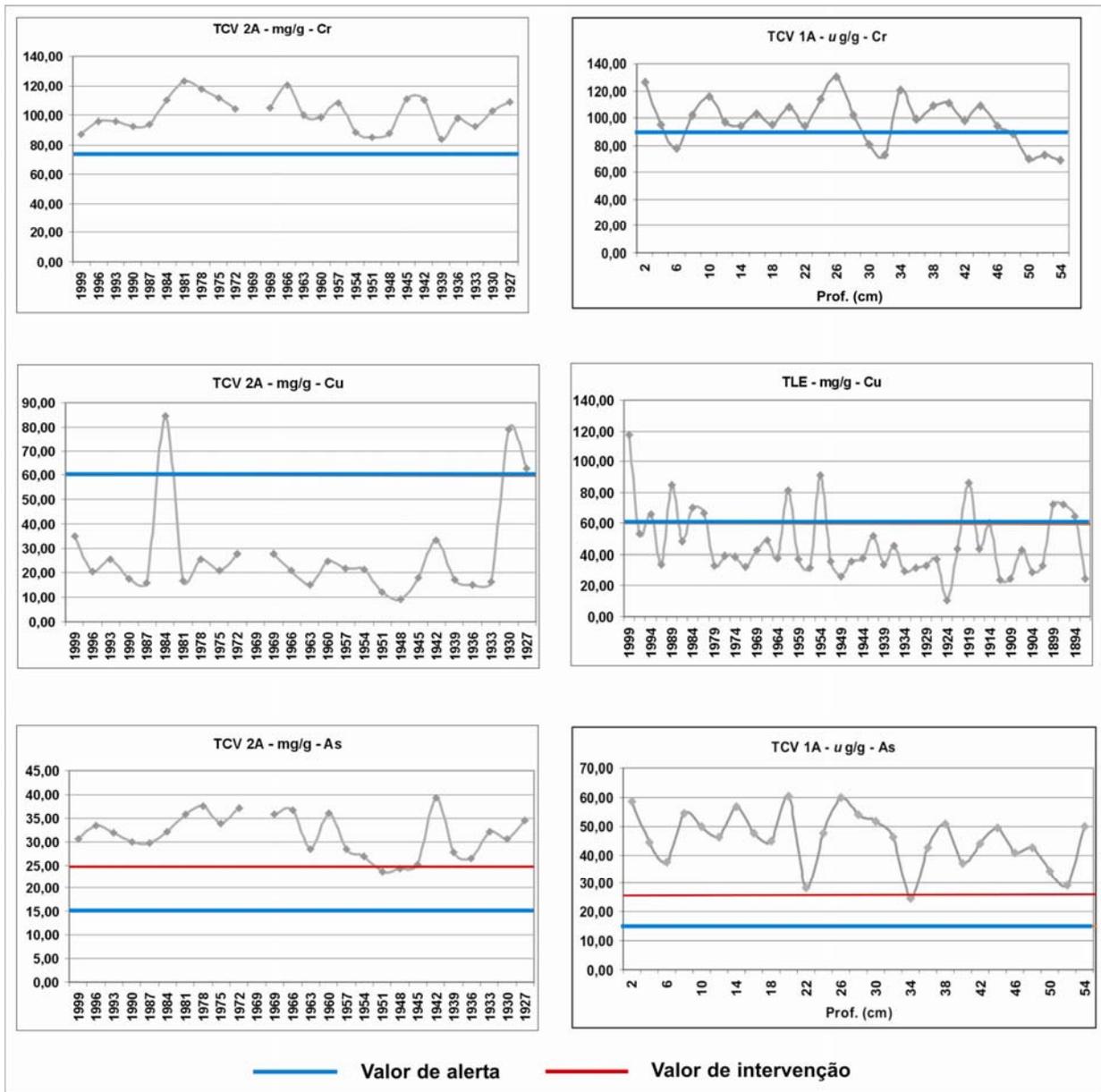


Figura 60 – Comportamento dos elementos químicos cromo (Cr), Cobre (Cu), e Arsênio (As) nos testemunhos onde seus valores estão acima do valor de alerta (linha em azul), e intervenção (linha em vermelho), estabelecido pela CETESB (2001).

As concentrações dos elementos químicos cobalto, níquel, zinco, arsênio, vanádio, bário, chumbo e ferro são superiores no testemunho TCV 1A, quando comparado ao testemunho TCV 2A, a situação oposta ocorre com o cromo, manganês, alumínio, magnésio. Os valores de cobre são bastante similares em ambos os testemunhos (Figuras 62, 63 e 64).

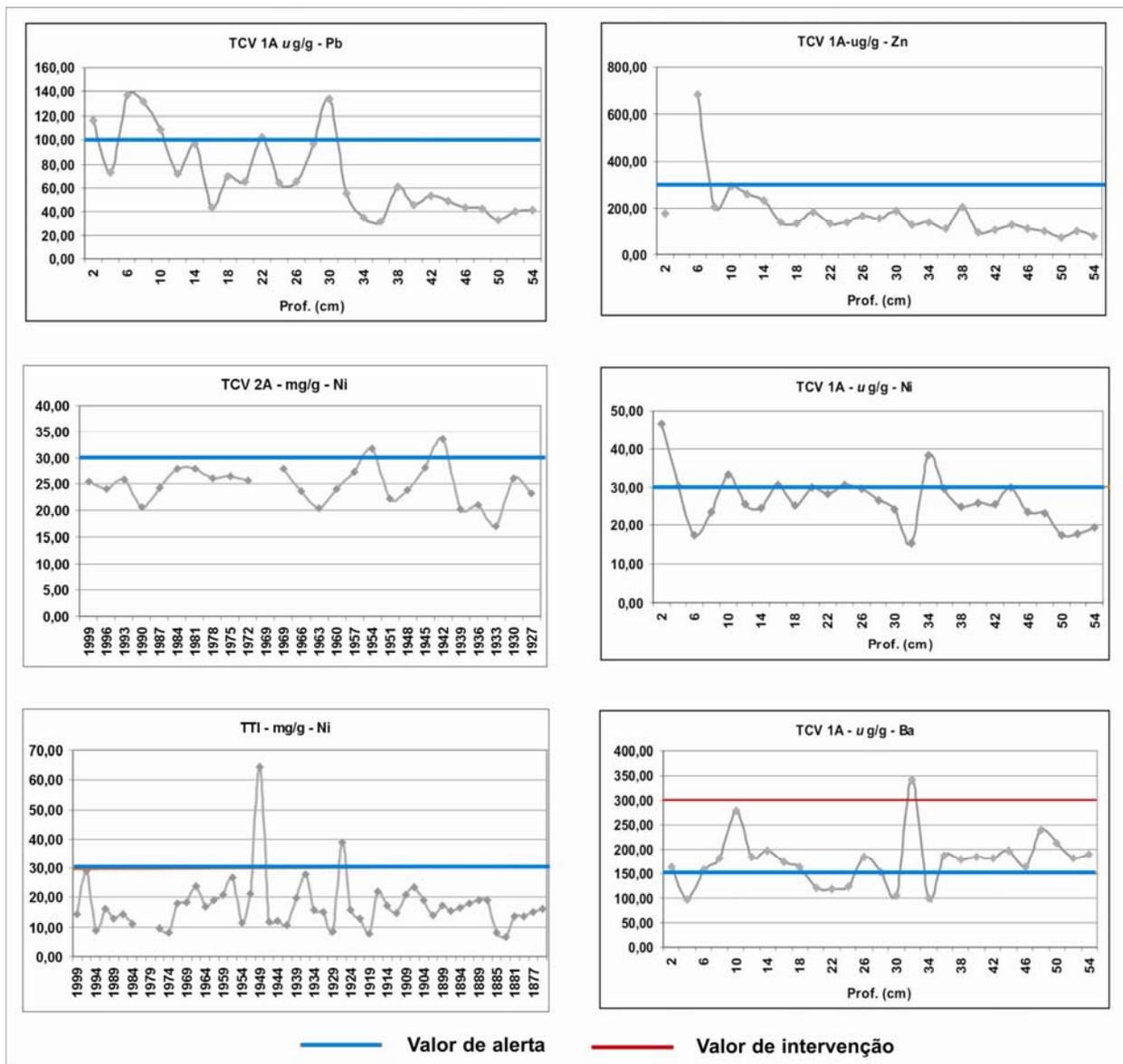


Figura 61 - Comportamento dos elementos químicos Chumbo (Pb), Zinco (Zn), Níquel (Ni), Bário (Ba) nos testemunhos onde seus valores estão acima do Valor de intervenção (linha em vermelho), e Valor de alerta (linha em azul) estabelecido pela CETESB (2001).

Os valores encontrados nas concentrações dos metais-pesados cromo, níquel e chumbo são sempre superiores no estuário quando comparados aos recifes do arco costeiro de Abrolhos, assim como os elementos químicos arsênio, alumínio, ferro, manganês e vanádio. Já os elementos magnésio, cobalto e o cobre (apenas no testemunho TLE) suas concentrações são superiores nas áreas recifais. O elemento zinco não apresentou diferenças nas concentrações entra as áreas recifais e as estuarinas.

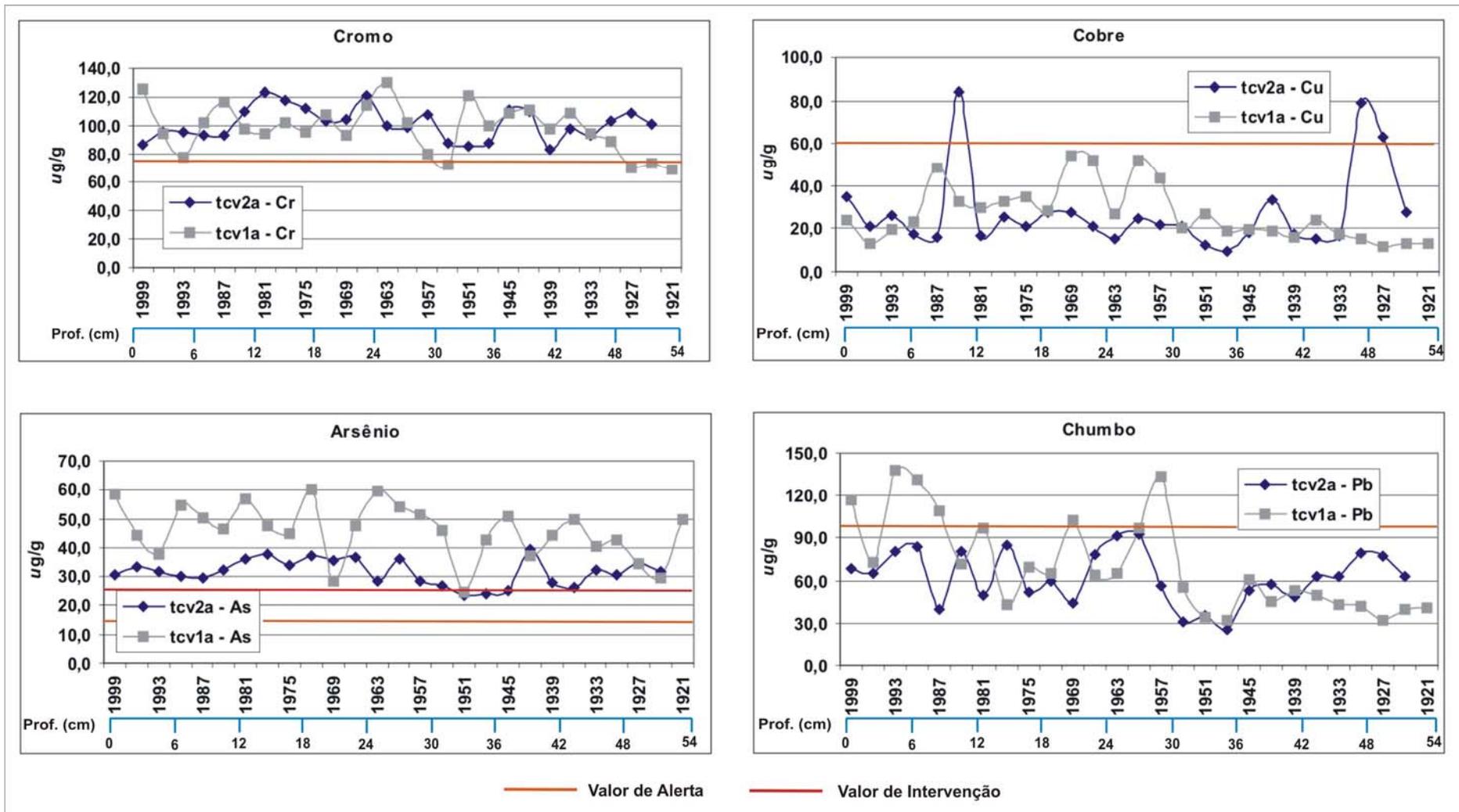


Figura 62 – Concentrações do cromo, cobre, arsênio e chumbo presente nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A.. No eixo X está indicada a cronologia para TCV 2A e a profundidade para TCV 1A.

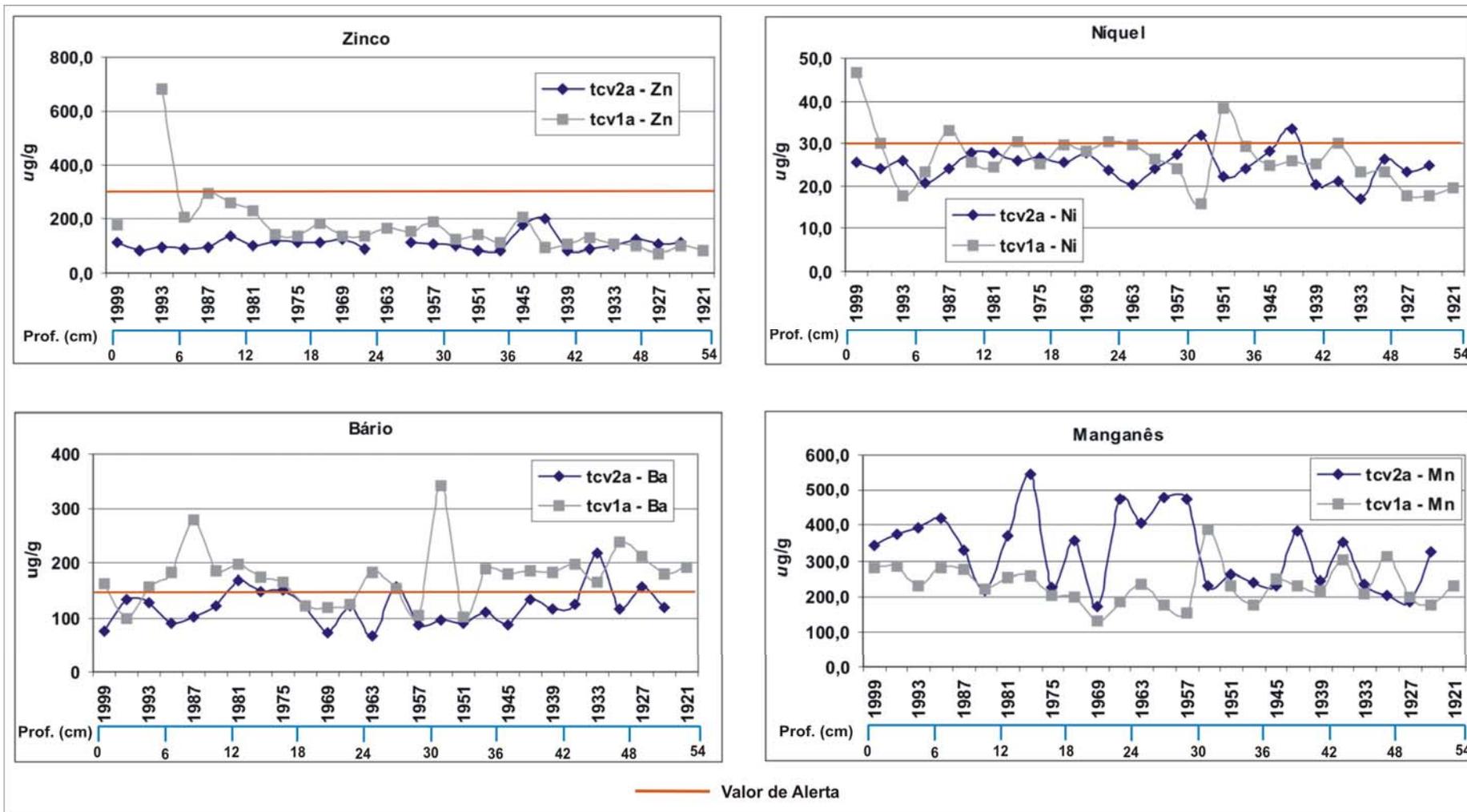


Figura 63 - Concentrações do zinco, níquel, bário e manganês presente nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A. No eixo X está indicada a cronologia para TCV 2A e a profundidade para TCV 1A.

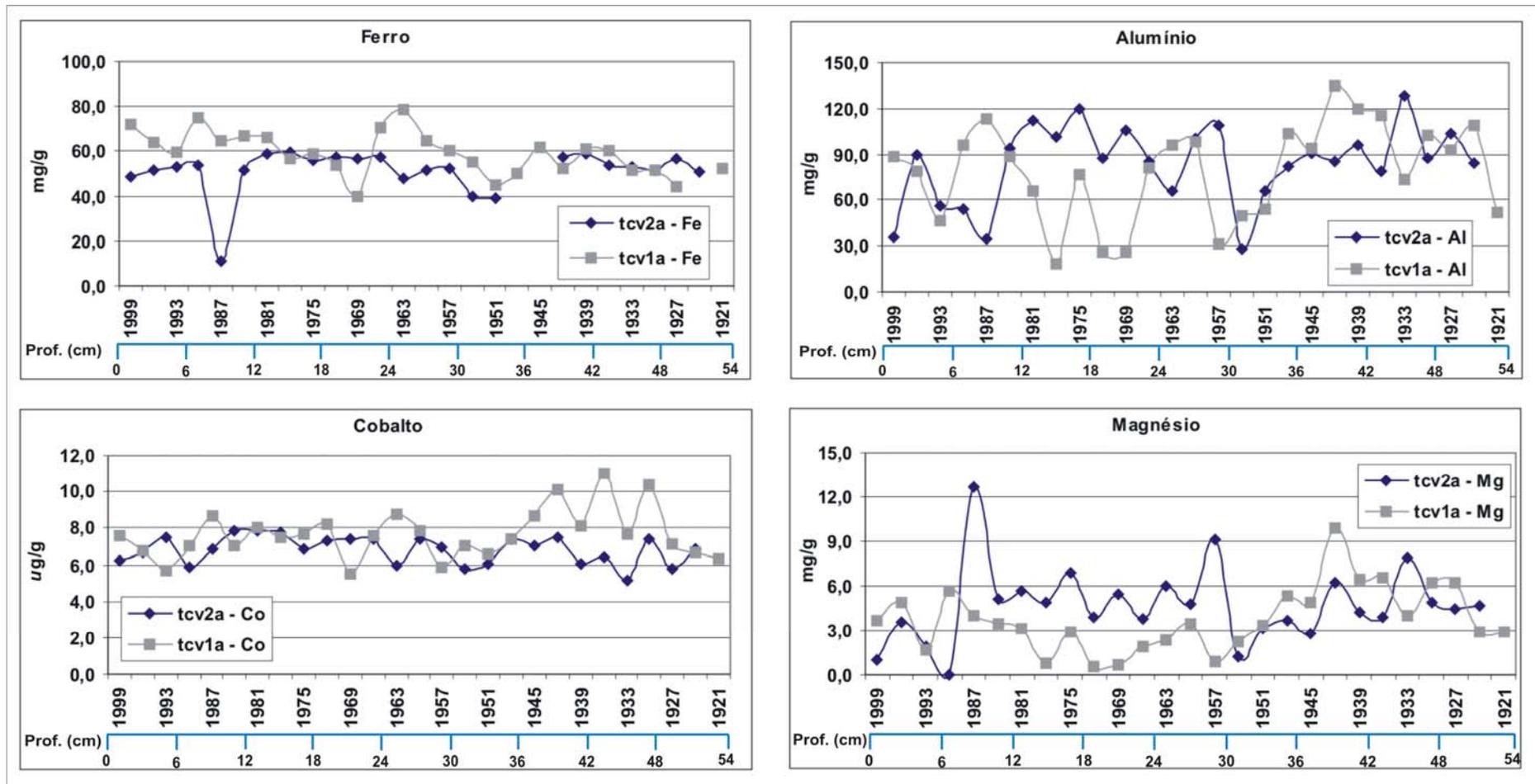


Figura 64 – Concentrações do ferro, alumínio, cobalto e magnésio presente nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A. No eixo X está indicada a cronologia para TCV 2A e a profundidade para TCV 1A.

## 6.0 DISCUSSÃO

Apesar da destruição da mata atlântica ter se iniciado já no começo da colonização do Brasil, as principais iniciativas para sua proteção surgiram somente a partir da década de setenta. Foi a partir deste período que ocorreram, no contexto mundial, novas reflexões para a consolidação do movimento ecológico, desencadeadas pela publicação do primeiro relatório *The Limits to Growth*, financiado pelo Clube de Roma, e pela primeira Conferência das Nações Unidas (ONU) sobre o meio ambiente, realizada em Estocolmo, Suécia. No Brasil, a partir de meados da década de 80, iniciou-se uma maior mobilização da sociedade civil pela preservação da mata atlântica. O movimento ambientalista, no entanto, contava com poucas informações consistentes sobre a área original, a dimensão e a distribuição espacial, a estrutura e a situação dos remanescentes florestais deste bioma (SOS Mata Atlântica, 2002).

Ambientes naturais anteriormente dispostos de forma contínua, atualmente passam a ocorrer unicamente como manchas ou fragmentos isolados, imersos em uma ampla matriz de áreas modificadas pelo homem. Estimativas da FAO (*Food and Agriculture Organization*) para o ano de 2002 indicavam que os seres humanos naquele ano já haviam alterado 50% da superfície terrestre, removendo habitats nativos e introduzindo novas formas de cobertura da terra (Metzger, 2007). Segundo Raw (2001) um dos acontecimentos mais notáveis neste planeta é que, cerca de quarenta anos atrás, tínhamos um mundo natural, com várias áreas modificadas pelas atividades humanas, enquanto hoje vivemos em um mundo cuja maior parte é dominada ou influenciada por seres humanos com alguns remanescentes inalterados.

A fragmentação é particularmente preocupante nas florestas tropicais, as quais, juntas, abrigam mais da metade do total de espécies de plantas e animais que habitam a Terra. Entre as florestas tropicais mais fragmentadas em todo o mundo encontra-se a mata atlântica. Calcula-se que dos quase 1,3 milhões de km<sup>2</sup> de florestas distribuídas numa faixa de 4.000 km ao longo da costa brasileira, no ano de 1500, restam atualmente cerca de 7,6% (MMA, 1999). Um aumento vertiginoso da perda de florestas tropicais não é problema exclusivo do Brasil. Diversas áreas tropicais, com destaque para a Ásia, vêm registrando, desde a segunda metade do século XX, uma perda considerável de seus recursos florestais.

A mata atlântica caracteriza-se por um alto índice de endemismo e riqueza de espécies abrigando aproximadamente cerca de 7% de todas as espécies conhecidas em todo o mundo. Estas características a colocam entre as florestas mais ameaçadas em todo o mundo e entre as áreas mais prioritárias dentro de estratégias de conservação em escala mundial.

A floresta úmida do Sudeste da Bahia (área que engloba o Sul e o Extremo Sul da Bahia), possui um alto percentual de espécies endêmicas. Recentes pesquisas demonstram que a diversidade de árvores desta região é uma das mais altas conhecidas, com 440 espécies com mais de 5 cm de dbh (diâmetro médio na altura do peito) por hectare (Thomas, 2003). Cerca de 53% das espécies de árvores

podem ser endêmicas da floresta atlântica costeira do Brasil, com um grande, mas ainda indeterminado, percentual de espécies restritas ao Sudeste da Bahia (Mori, 1989).

Estima-se atualmente que apenas 0,4% da floresta ombrófila densa costeira no estado da Bahia permaneça intacta, outros 3,1% remanescentes existentes encontram-se em fragmentos menores que 400 hectares e com algum tipo de mudança na sua estrutura vegetacional já implantada (SOS Mata Atlântica, 1992).

Esta situação de fragmentação e deterioração não é exclusiva deste trecho da mata atlântica. Segundo Coimbra-Filho e Câmara (1996), a atual situação de extensa e profunda degradação da mata atlântica presente na região nordeste do Brasil é interpretada como basicamente de origem antrópica, decorrente do ininterrupto processo destrutivo da vegetação silvestre original no último século. Os autores discordam do termo semi-árido aplicado a extensas áreas do Nordeste do Brasil como uma condição natural. O que julgam ter ocorrido durante as últimas quatro décadas, embasados em observações, consulta bibliográfica, mapas históricos e relatos de historiadores naturais do século XVII e XVIII e cronistas clássicos, foi um processo contínuo, de degradação ambiental de origem antropogênica.

Um trabalho pioneiro foi desenvolvido por cientistas do Instituto Agrônomo de São Paulo, em Campinas. Utilizando fotografias aéreas de 1962, eles fizeram, pela primeira vez no Brasil, uma estimativa do desmatamento da mata atlântica, e concluíram que naquele período o Estado de São Paulo, possuía 13,7% da sua área com floresta natural e outros 1,5% ocupados com reflorestamento, sobretudo os gêneros *Eucalyptus* e *Pinus* (Borgonovi *et al.*, 1967). Posteriormente, no ano de 1973, a tarefa foi repetida por uma equipe do Instituto Florestal, juntamente com pesquisadores da UNESP, Campinas, e naquela oportunidade restavam pouco menos de 10 % da mata atlântica original no Estado de São Paulo.

Os dados apresentados pela CEPLAC (1997), indicados no Apêndice 01, dão uma idéia da magnitude da velocidade do processo de desmatamento que se abateu sobre o Extremo Sul da Bahia, embora a escala de trabalho adotada pelo referido trabalho, tenha sido o maior impedimento para não registrar uma série de poligonais referentes a fragmentos florestais ainda presentes neste território, na década de setenta. Esta limitação faz-se presente também nos mapas produzidos pela CEPLAC (1976a) e CEI (1994). Desta forma, subestimou-se a área ocupada pela mata atlântica na região, à época do levantamento.

O mapeamento realizado neste trabalho e apresentado nas Figuras 35, 36 e 37, juntamente com os mapas de uso e ocupação do solo produzido por Landau *et al.* (2003), e dos remanescentes florestais produzidos pelo MMA (2006) (Figuras 23 e 41, respectivamente), demonstram que o aumento do processo de fragmentação da mata atlântica ocorreu após a década de sessenta, uma vez que na

década seguinte, apenas a faixa oeste da região Extremo Sul da Bahia detinha grande parte do seu território destinado às áreas de pastagens.

A velocidade de desmatamento, no Extremo Sul da Bahia tem diminuído, nos últimos 20 anos, em função da mobilização social em defesa dos seus recursos naturais, o que tem impelido o Estado à aplicação de instrumentos legais, punitivos e restritivos, que potencialmente podem frear práticas inadequadas de degradação ambiental. Em apenas 11 anos, entre os anos de 1973 a 1984, houve uma perda de 2.776,428 km<sup>2</sup>, o que equivale a uma taxa de desmatamento anual de 252,402 km<sup>2</sup>, mas nos vinte anos seguintes, de 1984 a 2004 foram perdidos cerca de 1.347,566 km<sup>2</sup> o que corresponde a uma taxa de desmatamento anual de 67,378 km<sup>2</sup>.

Thomas *et al.* (1997) argumentam que os atuais remanescentes de florestas úmidas do sudeste da Bahia ocorrem predominantemente sobre as áreas de solos pobres, ou de difícil acesso devido à declividade do terreno ou à falta de estradas. Além disso, devido ao processo de fragmentação, somente de 2 a 5% da floresta atlântica costeira neste trecho do litoral baiano, no ano de 1982, tinham condições de serem convertidas em unidades de conservação viáveis à manutenção dos recursos naturais ali presentes.

#### *6.1 Intensificação dos Processos Erosivos Decorrente de Mudanças no Uso da Terra.*

A supressão de áreas florestais e a sua substituição por outras coberturas vegetacionais podem contribuir de forma significativa para os processos de geração, transporte e deposição de sedimentos nas bacias hidrográficas. A redução de cobertura florestal na região estudada declinou de 32% no ano de 1973 para 10% em 2004. Apesar da desaceleração no desmatamento, o mapeamento de quase totalidade do Extremo Sul da Bahia realizado pela CEPLAC (1997) indica uma redução na cobertura florestal de 1945 a 1997 da ordem de 85,3% para 4,8%, em 52 anos.

As mudanças ocorridas na paisagem regional no Extremo Sul da Bahia, para a instalação de pastagens e plantios de eucalipto levaram em pouco mais de três décadas a retirada de cerca de 70% da cobertura florestal original. Estes valores estão na mesma ordem de grandeza dos dados produzidos pela CEPLAC (1997) que entre 1974 e 1997 indicam uma perda de 67% de Mata Atlântica na região que se estende do sul do rio Jequitinhonha em Belmonte, até os limites políticos com os estados do Espírito Santo e Minas Gerais (Apêndice 01).

Embora atualmente o componente dominante da paisagem, na região trabalhada ainda sejam as áreas de pastagens sob regime de pecuária extensiva, a ascensão da silvicultura destinada ao plantio de eucalipto nos últimos 25 anos na faixa costeira, tornou esta cultura a principal fitofisionomia neste trecho da região. Adicionalmente, a larga extensão que o Grupo Barreiras e os depósitos Quaternários

alcançam nesta região, alocados sob cotas altimétricas inferiores a 200 metros, além das suas propriedades edáficas tornam estes tipos litológicos os mais utilizados pela silvicultura do eucalipto.

Nesta mesma área estão alocados importantes remanescentes de floresta higrófila, seja constituída por mata primária, representada pela área do Parque Nacional do Descobrimento, mata secundária com corte seletivo de madeira, em diferentes estágios de regeneração ou ainda restingas arbóreas na faixa litorânea que, devido às suas características estruturais, assemelham-se muito à floresta higrófila. Uma importante faixa de formações florestais ocorre nas áreas serranas de Itamaraju e Jucuruçu, sob cotas topográficas superiores a 400 metros.

O Extremo Sul da Bahia tem experimentado um contínuo processo de crescimento populacional, desde a década de oitenta, aliado a importantes mudanças sócio-produtivas observadas nesta região, o que tem acarretado uma intensificação do uso da terra. Em decorrência destas mudanças, esta região esteve sujeita a uma intensificação dos processos erosivos com o aumento da retirada da vegetação natural, o que tem gerado um impacto acumulativo de mudanças ocorridas no passado e no presente que tendem a alterar a forma e o funcionamento destes sistemas naturais (Apêndice - Fotos 5 e 6).

A presença da vegetação original mantém os níveis de erosão estabilizada. Além disso, a presença da vegetação regula o fluxo e a qualidade de água que chega ao ambiente marinho, uma vez que os processos de evapotranspiração e percolação da água para o lençol freático são determinados pelos estágios vegetacionais presentes em uma bacia hidrográfica (Tucci, 2002).

Quando ocorre o desmatamento sobre uma determinada área, que a seguir tende a recuperar a sua cobertura, num primeiro estágio ocorre aumento na vazão média dos rios, como resultado da redução da evapotranspiração, devido à retirada da cobertura vegetal. Caso não haja mais alterações, com o crescimento da vegetação o balanço hídrico tende a voltar às condições de pré-desmatamento (Bruijnzeel 1993).

Tuan (1993) avaliando o impacto do desmatamento sobre a bacia hidrográfica do rio Hoa Binh, no Vietnã, que contava em 1943 com cerca de 77,4% de cobertura vegetal, sendo reduzida para 14,1% em 1972, e posteriormente para 8,9% em 1981, e comparando com as descargas sólidas da mesma bacia entre os anos de 1965 a 1985, chegou às seguintes conclusões: até 1973 houve um aumento na concentração de sedimentos em quase toda a bacia, o que foi atribuído ao processo de desmatamento das áreas com topografia mais elevada; no período entre 1974 a 1985, a concentração de sedimentos aumentou em quase todos os tributários da bacia, mas no rio principal houve um decréscimo da descarga sólida após a instalação de uma grande represa hidroelétrica.

Como uma resposta após o desmatamento, ocorre uma ampliação significativa no escoamento superficial. Para diagnosticar a carga de sedimento carregada por pequenos rios faz-se necessário o entendimento das interações de numerosos fatores, o que incluem o clima, os valores médios e os picos de precipitação, descarga (volume e velocidade), o tamanho da bacia de drenagem, o arcabouço geológico e atividades humanas. As combinações destas variáveis são numerosas e complexas tornando difícil a compreensão e a quantificação do funcionamento destes sistemas quanto à produção de sedimentos (Milliman e Syvitski, 1992).

Se mantivermos todos os fatores citados acima constantes, e mudarmos apenas a cobertura vegetal com a retirada da vegetação original para instalação de pastagens, ou plantio de eucalipto, é de se esperar, num primeiro momento, um aumento da atuação dos processos erosivos atuantes sobre o solo. O desmatamento é considerado por Bruijnzeel (1993) como um distúrbio de alto impacto, pois ocorre uma amplificação significativa no escoamento superficial como uma resposta após o desmatamento.

Dentre os condicionantes geológicos-geomorfológicos, a erodibilidade do solo é um outro fator de destaque, uma vez que confere uma maior ou menor tendência à atuação dos processos erosivos. Este parâmetro quantitativo reflete a suscetibilidade de um solo ao processo de erosão provocado pelo efeito integrado de agentes erosivos, com destaque para as chuvas e o escoamento. As características pedológicas do Grupo Barreiras, apesar de geralmente friáveis e suscetíveis à desagregação mecânica, apresentam erodibilidade fraca devido principalmente, aos valores elevados de permeabilidade apresentados nos perfis de solo (Queiroz, 2003).

Os solos de Tabuleiros Costeiros, por possuir uma topografia plana na região Nordeste do Brasil têm sido utilizados para o cultivo da cana-de-açúcar (Silva *et al.*, 2005) e do eucalipto. Contudo, o processo de mecanização para o preparo do solo e colheita contribui para aumentar as áreas com problemas de compactação do solo (Silva, 2003), resultando num aumento da densidade do solo e redução do volume dos poros (Hillel, 1980).

Além da compactação causada por pressões externas, o acúmulo de argila em subsuperfície pode originar camadas mais adensadas e provocar mudanças importantes nas propriedades físicas do solo, como redução da condutividade hidráulica, aumento da coesão e restrição à penetração de raízes (Mullins *et al.*, 1990). A deposição de argila nas paredes dos poros e sobre os grãos de quartzo causa um arranjo mais compacto de partículas, aumentando o adensamento das camadas subsuperficiais (Mitchell, 1976). As modificações nestas propriedades do solo podem, assim, limitar o desenvolvimento do sistema radicular, bem como aumentar o escoamento superficial, potencializando a ação dos processos erosivos pela perda de macroporos, canais tubulares, serrapilheira e, por fim, os argilominerais tendem a selar os poros, o que reduz ainda mais a capacidade de infiltração/retenção da água.

A partir daí, a erosão em sulcos constitui a segunda fase evolutiva do processo físico da erosão hídrica do solo, que é marcada pela mudança da forma do escoamento. Quando isso ocorre, a lâmina d' água desenvolve maior tensão de cisalhamento pelo aumento de espessura, elevando, portanto, a capacidade do escoamento em desagregar o solo (Cantalice *et al.* 2005).

Salgado e Magalhães Júnior (2006) investigaram as relações existentes entre a silvicultura do eucalipto, a intensificação dos processos erosivos e o aumento nas taxas de turbidez das águas fluviais em duas bacias hidrográficas no município de Caeté em Minas Gerais. Estes autores indicam que durante o período de corte das árvores e o período imediatamente posterior a este corte, as taxas médias de turbidez das águas monitoradas tenderam a aumentar significativamente.

Experimentos conduzidos por Melo-Ivo e Ross (2006) avaliando o efeito do processo seletivo de retirada de madeira na Amazônia Central sobre latossolos amarelos demonstraram que as áreas de trilha de trator foram as mais afetadas pela colheita seletiva de madeira, com aumento da densidade do solo e da resistência à penetração e diminuição da macroporosidade e da disponibilidade de água. No entanto, as demais classes de perturbação, centro da clareira, borda clareira/floresta, borda floresta/clareira e floresta remanescente foram menos afetadas, não se estabelecendo diferenças significativas para as características físicas do solo entre estas áreas e a floresta-controle. Porém, estudos conduzidos por van der Plas e Bruijnzeel (1993) observaram que após doze anos de colheita seletiva de madeira na Malásia, não houve recuperação da estrutura do solo nas trilhas utilizada pelo trator.

Um estudo realizado por Moreau *et al.* (2006) em solos dos Tabuleiros Costeiros no Extremo Sul da Bahia, demonstrou que no perfil de argissolo amarelo distrófico, ocupado por mata, houve uma maior eficiência da vegetação na reciclagem de nutrientes, reduzindo assim, a sua perda por lixiviação e ou, erosão, quando comparada aos demais solos sob cultivo do eucalipto.

Identicamente ao que é visto na Amazônia brasileira atualmente, regiões do Nordeste incluindo também o Extremo Sul da Bahia foram desmatadas para a conversão em pastagens de baixo valor, com a conseqüente degradação do solo, o que implica em alterações químicas, físicas e biológicas do solo (Fearnside, 1989). O fenômeno da compactação pelos animais, promovido pela superlotação, têm também como conseqüências, a redução na taxa de infiltração da água no solo o que gera um aumento na taxa de erosão hídrica.

As relações existentes entre a retirada de vegetação e as mudanças no regime de vazão, inspiram opiniões divergentes sobre a intensidade deste processo. Segundo Alvim (1994), o regime hídrico de uma região coberta por uma floresta só se altera significativamente em termos de taxa de escoamento superficial, erosão, volume dos cursos d'água e freqüência das enchentes, quando as

florestas são substituídas por pastagens, cultivos de ciclo curto ou qualquer tipo de vegetação de pequeno porte.

Para exemplificar esta dubiedade, pesquisas realizadas por Campos (1995), nas proximidades de Teixeira de Freitas (BA), caracterizaram os deflúvios de três bacias hidrográficas com diferentes predominâncias de cobertura: uma com eucalipto, outra com pastagem e uma terceira com mata natural (composta por fragmentos de mata atlântica). Este estudo concluiu que os deflúvios da bacia hidrográfica com predominância de eucalipto assemelhavam-se em muito com os da mata natural, enquanto na cobertura com pastagens havia perdas de argila e muitos nutrientes, principalmente os monovalentes como o potássio. Campos (1995) demonstrou também, que a perda de ácidos orgânicos era maior na cobertura de pastagem quando comparado com as bacias cobertas com eucalipto e mata natural, demonstrando a eficiência dos povoamentos de eucalipto em facilitar a infiltração da água no solo, reduzindo o seu escoamento superficial.

Estes estudos, muitos deles contraditórios, demonstram que o escoamento superficial, como resultante de uma menor percolação de água para o lençol freático, depende de uma série de fatores. Mesmo em solos onde ocorre o processo de mecanização no trato cultural, a compactação parece ocorrer apenas de forma pontual. Diversos fatores coadunam para proporcionar uma maior ou menor perda de solo com destaque para declividade e erodibilidade dos solos, precipitação (intensidade e duração), aliados ao tipo de cobertura vegetal e ao uso da terra pelas atividades humanas.

Um trabalho realizado por Carvalho *et al.* (2001) no alto da bacia do rio São Francisco, indicou que o risco de maior erosão do solo parece estar mais relacionado à intensificação da agricultura ocasionado pelo aumento da população do que a mudanças no regime da precipitação.

Patchineelam e Smoak (1999) examinaram as taxas de sedimentação na plataforma continental interna no sudeste da Bahia e norte do Espírito Santo associada à origem do material depositado na zona costeira e às condições hidrológicas, e ressaltam que as relações entre o aumento na produção de sedimentos decorrente das atividades humanas nas bacias de drenagem e a deposição gerada por este escoamento na plataforma continental interna precisa ser ainda melhor entendida.

A descarga fluvial é uma variável hidrológica de grande importância para que ocorram os processos físicos, químicos, biológicos e geológicos na zona costeira. Além da descarga líquida, as drenagens têm o papel natural de transportar os sedimentos que foram erodidos no interior das bacias. Ao chegar à zona costeira, os sedimentos podem ser filtrados e depositados na zona estuarina, ou serem distribuídos ao longo da costa pelas correntes de deriva, ou ejetados até a plataforma continental externa nos episódios de alta energia. Esta última condição ocorre, geralmente, nos períodos de enchente fluvial, onde um grande volume de sedimento pode se movimentar em um curto período de tempo (Wolanski *et al.* 1996).

## 6.2 Precipitação, Vazão e Produção de Sedimentos para as Zonas Costeiras.

As séries históricas dos dados pluviométricos indicam que o intervalo dos últimos 19 anos (correspondente a 1986 a 2005) apresentam uma tendência de redução das precipitações, comparando-o com a extensão das séries que retrocedem à década de 1970. Apenas nos anos de 1991 e 1992, há um aumento considerável na pluviosidade, contrastando com o restante do intervalo. Diferentemente, os dados fluviométricos indicam uma vazão média relativamente alta neste mesmo período, embora as maiores vazões, média e máxima, tenham sido obtidas no período correspondente aos anos de 1970 a 1985. As décadas de cinquenta e sessenta respondem pelas menores vazões média e máxima, salvo os postos fluviométricos Carlos Chagas e Nanuque localizados no rio Mucuri.

Até a década de sessenta, conforme indicam dados da CEPLAC (1997), grande parte do Extremo Sul da Bahia estava, ainda, sob o domínio da mata atlântica, o que pode ser um indicativo que grande parte do regime de chuva poderia estar sendo interceptado pela vegetação arbóreo-arbustiva através do processo de evapotranspiração e percolando para o lençol freático diminuindo, assim, o escoamento superficial.

Com a tendência geral de aumento na altura das chuvas máximas em direção aos dias atuais, o que associadas aos processos de alteração da cobertura vegetal e degradação dos solos evidenciadas após a década de setenta, em conjunto, estes fatores podem potencialmente produzir uma maior carga dos sedimentos que aportam nas bacias hidrográficas.

A produção de sedimentos gerada pelos processos erosivos atuantes no continente e carreada para as bacias hidrográficas não foi aqui analisada. Entretanto, pode-se especular sobre a carga de sedimentos que chegam às bacias através dos dados de vazão e precipitação.

Como as vazões médias dos postos fluviométricos tenderam a um discreto aumento, assim também como as chuvas máximas mensais (Tabela 9) é de se esperar que com a retirada da cobertura vegetal e a intensificação do uso da terra, ocorridas no Extremo Sul da Bahia ao longo das últimas três décadas, esteja havendo, possivelmente, um aumento da produção de sedimentos para as bacias hidrográficas da região.

Uma análise das séries históricas das vazões médias nos rios do Extremo Sul apontou para a existência de três períodos bem definidos: o primeiro antecede a década de setenta, o segundo período é representado pela década de setenta até meados da década de oitenta e o terceiro e último período correspondente às duas últimas décadas (Figuras 44 e 47). Neste último período assinalado, um importante evento de *El-Niño* ocorrido em 1992 elevou consideravelmente os valores da vazão média.

Em decorrência do observado nas Figuras 45 e 46, a discreta tendência de aumento das vazões médias pode ser atribuída tanto a fatores globais quanto locais. Da mesma forma, a atuação de condicionantes locais como o aumento do escoamento superficial devido a uma maior área com solos expostos tende a gerar um aumento da vazão média e aumento ou diminuição das vazões mínimas, dependendo das características do solo e da intensidade do desmatamento.

Carvalho *et al.* (2001) demonstrou que no alto curso do rio São Francisco houve um aumento da precipitação na região, nos últimos 50 anos. Em decorrência, a vazão apresentou também uma tendência de aumento. Estes autores, observaram ainda que com o regime de cheias está havendo uma tendência de aumento dos valores de pique, o que equivale dizer que uma determinada cheia teve seu tempo de recorrência diminuído.

Almeida (2002) levantou os dados mensais e anuais de precipitação pluvial para o posto de Uruçuca, no sudeste da Bahia, que conta uma série histórica desde a década de quarenta, e conclui que as décadas de cinquenta e sessenta foram as que apresentaram os maiores desvios negativos e números de anos com chuvas abaixo da média histórica. Dados levantados por Tucci (2002), para as décadas de quarenta, cinquenta e sessenta demonstram também, um baixo índice de precipitação ocorrendo nas bacias hidrográficas do sul e sudeste do Brasil.

Diferentemente, os postos pluviométricos Helvécia e Itapebi, indicados na Figura 25 que contam com uma série histórica a partir do início da década de quarenta e o posto Itamaraju, que dispõe de dados registrados a partir de 1955, não apresentam um comportamento similar ao que foi descrito por Almeida (2002) e Tucci (2002), como está indicada na Figura 48 e na Tabela 9. Embora as vazões médias estivessem abaixo da média histórica de longo período (Figura 44), as alturas de chuvas correspondentes a este período estiveram em um patamar próximo ao registrado para as décadas de setenta e oitenta.

Os postos fluviométricos Carlos Chagas (55630000) e Nanuque (55700000) alocados no rio Mucuri como mostrado na Figura 44 contrariamente aos demais postos fluviométricos apresenta uma vazão média para o período anterior a década de setenta, maior que o período compreendido pós - 1986. É possível que o regime pluviométrico, aí observado, seja uma resposta tanto do tamanho da bacia hidrográfica do rio Mucuri (15.384 km<sup>2</sup>) alocada em diferentes tipologias climáticas com diversos compartimentos geomorfológicos, quanto às variações climáticas que acometem esta região. Tucci (2002) salienta que as relações entre pluviosidade e mudanças do uso da terra alterando as vazões hidrológicas são mais fáceis de serem estudadas em pequenas bacias hidrográficas devido a menor quantidade de fatores de ordem natural e antropogênica envolvidas.

Queiroz (2003), ao levantar os dados de precipitação adimensional para o posto Carlos Chagas, da bacia do rio Mucuri, mostrou uma tendência de incremento da chuva entre os anos de 1966 e 1984,

registrando um aumento de 74,5% no total das precipitações com relação ao ano inicial, com uma taxa de crescimento em torno de 4,0% ao ano. A partir de 1985, registra-se uma queda brusca nos totais das precipitações, com valores de 15% abaixo da precipitação de longo período. O autor argumenta que esta redução observada nas precipitações, a partir da década de oitenta, podem estar relacionadas à maior frequência de eventos do tipo *El-Niño* no período pós 1985. Este decréscimo na precipitação a partir de meados da década de oitenta foi observado em todas as estações pluviométricas estudadas.

As diferenças encontradas entre as estações pluviométricas, no sudeste da Bahia podem ser explicadas devido à posição geográfica do Extremo Sul da Bahia, limite entre as regiões sudeste e nordeste do Brasil se estabelece aí, uma zona de transição, sofrendo influência de praticamente todos os sistemas meteorológicos tropicais e extratropicais que atuam sobre a América do Sul. Nesta região, existe uma grande variabilidade interanual no número de frentes frias que impõe uma maior intensidade aos ventos de sudeste entre o outono e o inverno, bem como dos vórtices ciclônicos em altos níveis (VCAN), que atuam com maior incidência entre os meses de dezembro a março, provocando tempo seco e impedindo a penetração de sistemas frontais (Gan, 1982, citado por Teixeira, 2006).

Para exemplificar este fato, Almeida (2002) demonstrou que o fenômeno oceânico e atmosférico *El Niño* – Oscilação Sul (ENSO) na região Sudeste da Bahia produziu resultados bastante irregulares. Este autor, ao fazer uma análise comparativa para os anos de 1982 e 1992 (*El Niño*) e 1988 e 1996 (*La Niña*) observou que para o evento *El Niño*, a quantidade de chuvas mensais acima da média (1935 – 1999), foi verificada em cinco meses de 1982 e em sete meses de 1992. Já nos anos de *La Niña* quando se esperava que chovesse acima da média, choveu abaixo em sete meses de 1988 e em nove de 1996. O autor argumenta que não se pode afirmar, com exatidão que a quantidade de chuva para o sudeste da Bahia será maior ou menor nos anos de *La Niña* e *El Niño*, respectivamente.

O aumento da altura das chuvas, como indicado na Tabela 10, atuando em conjunto com uma menor abundância de cobertura vegetal, além de uma maior parcela de solos expostos, devido à larga ocorrência de pastos mal-manejados e solos mecanizados pela ação da silvicultura provavelmente tem potencializado uma maior erodibilidade dos solos desta região. Possivelmente, a produção de sedimentos para as bacias hidrográficas nas últimas décadas tenha aumentado devido ao aumento da altura das chuvas máximas o que gerou um maior aumento do escoamento superficial com tensão de cisalhamento suficiente para desagregar o solo. Um estudo realizado por Carvalho *et al.* (2001) no alto curso do rio São Francisco, demonstra, também, um aumento das chuvas máximas em direção aos dias atuais.

Como as chuvas mensais máximas coincidem com o período de maior pluviosidade, as maiores vazões médias mensais dos rios da região ocorrem entre os meses de novembro a março. Considerando ainda que todas as bacias hidrográficas estudadas extrapolam os limites da região costeira, é lícito supor que no período acima citado, a maior intensidade das chuvas gere um maior escoamento para as bacias

hidrográficas e maior erodibilidade dos solos. Este problema é acentuado pelo fato de que as chuvas de verão tendem a ser de natureza torrencial, concentradas e de alta intensidade.

Neste cenário, a redução da cobertura vegetal ocorrida após a década de sessenta pode explicar o comportamento dos registros fluviométricos dos rios Jucuruçu, Mucuri e Itanhém, apresentados nas Figuras 45 e 46, nos quais este período responde por vazões médias e máximas acima dos valores obtidos na pré-década de setenta.

Aqui podemos traçar algumas conjecturas para explicar os baixos índices de vazão observados durante as décadas de cinquenta e sessenta, período associado a um maior índice de cobertura vegetal na região. O aumento dos processos de evapotranspiração e diminuição do escoamento superficial tendem a amortizar os picos de vazões máximas e manter as vazões médias regulares, devido à diminuição do escoamento superficial. O comportamento observado por Queiroz (2003) e ratificado pelas estações pluviométricas aqui trabalhadas, de diminuição das precipitações médias a partir de meados da década de oitenta, não encontra correspondência nas vazões. Neste mesmo período, houve um aumento, na maior parte dos postos das vazões médias e máximas o que pode ser explicado em decorrência de um solo potencialmente exposto.

A Figura 65 descreve a altura das chuvas no posto pluviométrico Helvécia (rio Peruípe), e indica que no período correspondente entre a 1985 e 2000 houve uma maior concentração de pontos onde a precipitação estava preferencialmente abaixo da média histórica (indicada no gráfico pela linha vermelha). As oscilações de caráter climático atuando em pequenas bacias hidrográficas, como do rio Peruípe provocaram uma diminuição das vazões médias e aumento das vazões máximas na década de noventa, como indica a Figura 45. Dessa forma, sugerindo que, neste posto fluviométrico, as mudanças no uso da terra têm provocado um aumento apenas da vazão máxima.

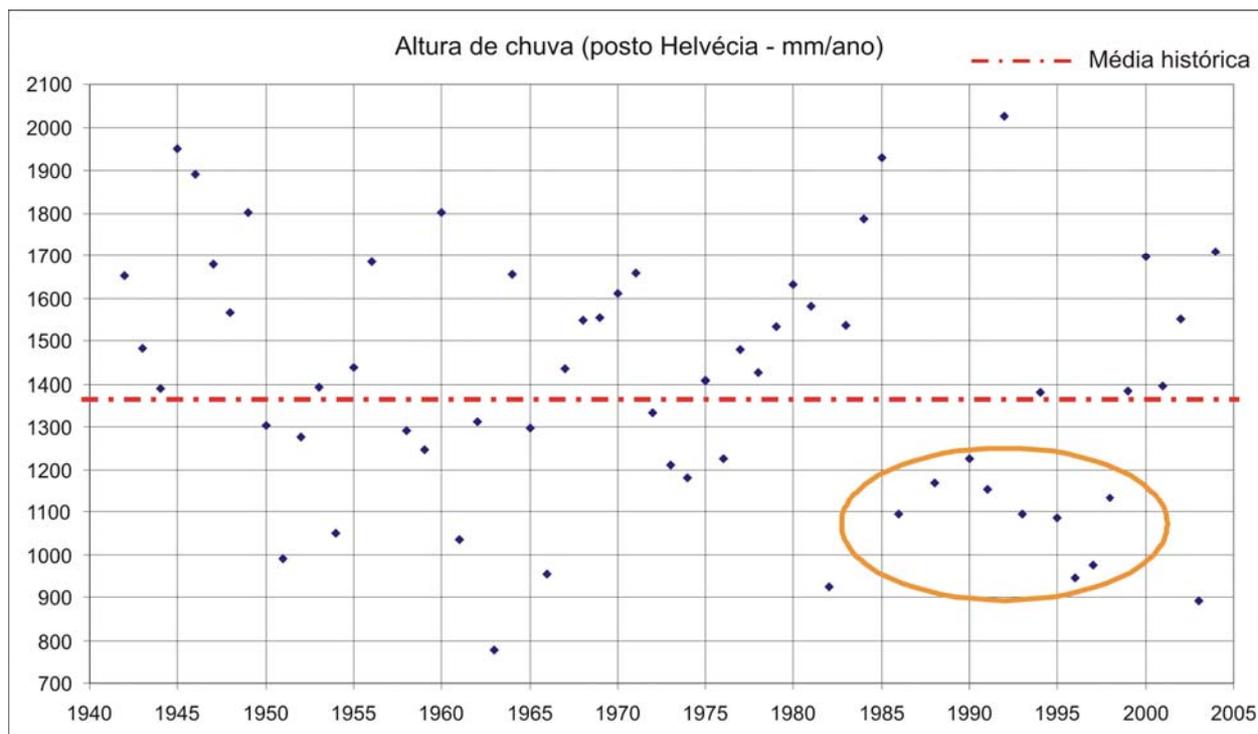


Figura 65 – Altura de chuva do posto Helvécia, demonstrando uma concentração de pontos entre 1985 e 2000 (em laranja) abaixo da média histórica em vermelho.

Queiroz (2003) avaliou a descarga sólida no posto Carlos Chagas (rio Mucuri), no período correspondente de 1970 a 1999 e constatou que a maior parte da descarga sólida ocorre nos meses de novembro a fevereiro, equivalente a 74,5% da descarga média anual. Segundo este autor observa-se que entre os anos de 1972 e 1985 valores elevados de concentração de sedimentos em suspensão (226,4 mg/l) sofrem acentuada queda no período correspondente a 1985 e 1999 (51 mg/l).

A avaliação das séries históricas do posto hidrossedimentométrico de Carlos Chagas realizada por Queiroz (2003) demonstrou que nas últimas duas décadas, ocorreu uma redução da ordem de 20% das vazões médias anuais e uma redução da ordem de 78% na descarga média anual de sedimento total. Estas alterações estão associadas à redução das precipitações e, conseqüentemente, do potencial erosivo das chuvas.

O escoamento de sedimentos para uma bacia hidrográfica é função, sobretudo, da topografia, chuva (quantidade, duração, intensidade e freqüência), cobertura e uso da terra e a erodibilidade do solo. Quanto maior o declive e menor a cobertura do solo, maior é a erosão e, conseqüentemente o transporte de sedimentos para os rios aumenta consideravelmente.

É possível que, embora com a tendência de aumento da atuação dos processos erosivos, condicionados pelas mudanças na paisagem à qual foi submetida a região do Extremo Sul da Bahia, o fluxo de carga sedimentar que chega as bacias hidrográficas não tenha sido efetivamente transportado

para as regiões mais a jusante. Isto pode ser explicado pelo trabalho desenvolvido por Milliman e Syvitski (1992) que, ao fazerem uma compilação da descarga de 280 rios, argumentam que a carga/produção de sedimentos é fortemente influenciada pelo tamanho da bacia hidrográfica e a sua elevação topográfica e os fatores como clima e escoamento possuem uma importância secundária. O controle geomorfológico/tectônico assumiria, assim, o fator mais importante na descarga de sedimentos. Não se pode, no entanto, desconsiderar a importância da erodibilidade dos solos, a cobertura vegetal e as atividades humanas nas bacias de drenagem, como fatores fundamentais quando a topografia da rede de drenagem não é tão expressiva. Altas taxas de erosão no sudeste da Ásia e da Oceania são observadas decorrente de uma utilização inadequada dos solos (Milliman e Syvitski, 1992).

A Figura 66 ilustra bem as relações existentes entre tamanho da bacia hidrográfica e vazão hidrológica. A bacia do rio Mucuri, além de possuir a maior área de drenagem, grande parte do seu alto e médio curso está alocada no estado de Minas Gerais em cotas altimétricas superiores a 500 metros, o que lhe confere a maior vazão hidrológica quando comparada às demais bacias hidrográficas situadas na área do Complexo dos Abrolhos. Já a bacia do rio Jucuruçu, embora um pouco menor que a bacia do rio Itanhém, por possuir uma maior área alocada em cotas superiores a 400 metros de altitude, apresenta maiores vazões.

Milliman (1977) já apontava que no nordeste do Brasil, apenas os rios São Francisco e Jequitinhonha e, mais ao sul, o rio Doce, as concentrações de sedimentos terrígenos que atingem as águas costeiras chegavam a 1 mg/litro. Nas demais áreas o valor médio estava em torno de 0,06 mg/litro. Naquela oportunidade, o referido autor já salientava os motivos para a baixa concentração de matéria em suspensão nas águas costeiras, indicando que pouco material de origem terrígena alcança a plataforma continental, devido ao fato de uma predominância topográfica suave no continente, que amortiza, sobremaneira, as descargas hidrológicas. Dessa forma, uma grande parte dos sedimentos carregados pelos rios fica, então, trapeado nos estuários ou confinada na parte inicial da plataforma continental interna.

Nesta mesma linha de trabalho Ovalle *et al.* (1999), ao levantar dados geoquímicos na coluna d'água entre Canavieiras e o norte do Espírito Santo, relatam que pequenos rios com complexos estuarinos, bordejados por vegetação de manguezais disponibiliza nutrientes orgânicos e inorgânicos para as águas costeiras a profundidades inferiores a 10 metros. Estes autores levantam a hipótese de que a atividade metabólica nas áreas costeiras não pode ser mantida somente, pela contribuição das águas oligotróficas da Corrente do Brasil, ou dos rios com grandes vazões mas, também, com contribuição do efeito das marés que atuam sobre os pequenos rios, disponibilizando nutrientes orgânicos para a cadeia trófica no ambiente marinho raso.

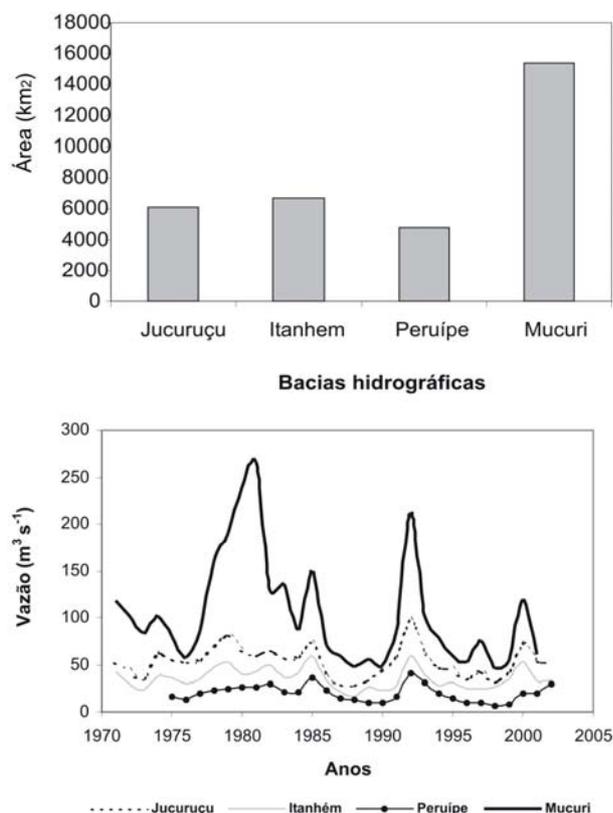


Figura 66 – Relação entre o tamanho da bacia hidrográfica e respectivas vazões médias. Observar a concordância entre os picos das vazões médias nas diferentes bacias hidrográficas da região.

Leipe *et al.* (1999) expõe que há uma pequena influência das águas continentais sobre os recifes do arco costeiro de Abrolhos. Esta influência afetaria pouco estes recifes, mas isso não eliminaria a possibilidade de que durante os eventos de alta pluviosidade, que geram uma maior descarga dos rios próximos aos recifes de Abrolhos, esta situação seja modificada.

Para corroborar esta asserção, Evangelista *et al.* (2007) ao analisarem o comportamento espectral da radiação luminosa com comprimento de 490 nanômetro (K490 - correspondente a cor azul), encontraram para a região de Abrolhos valores altos de K490, associado com uma alta turbidez da água, durante os meses de junho e julho, justamente o período onde a descarga hidrológica dos rios aqui examinados alcançam os menores valores. Para estes autores, a frequência e a intensidade dos ventos de sul e sudeste são os principais causadores de turbidez, na região de Abrolhos, devido à ressuspensão da carga sedimentar.

O relatório emitido pelo CEPEMAR (2005) que teve como objetivo a investigação da variabilidade temporal e espacial da turbidez na zona costeira de Caravelas, ao longo de três anos de monitoramento, demonstrou que a turbidez na região foi mais elevada durante a atuação dos ventos de sul e sudeste. Este monitoramento hidrodinâmico, realizado em dois pontos do arco costeiro de Abrolhos, através do uso de dois correntômetros, resultou em um conjunto de trabalhos, tais como

CEPEMAR (2005), Lessa *et al.* (2005), Texeira (2006) e Lessa e Cirano (2006), que descrevem as correntes costeiras atuantes no arco costeiro dos Abrolhos.

Apesar de todas as alterações sofridas na paisagem do Extremo Sul, a carga de sedimentos transportada para as zonas costeiras não foi maior, provavelmente devido à grande extensão da planície costeira do rio Itanhém e de grande parte das bacias hidrográficas estudadas possuírem sua rede de drenagem situada geralmente em cotas topográficas inferiores a 200 metros (Tabela 16). Aliada a este fato, a larga extensão dos estuários nas desembocaduras dos rios ali presentes, atuam retendo sedimentos pelíticos que potencialmente chegariam aos recifes do arco costeiro de Abrolhos. Milliman e Syvistki (1992) relatam a importância destes ambientes estuarinos retendo material clástico de origem continental.

Esta situação geomorfológica, de drenagem em cotas altimétricas inferiores a 200 metros sobre o Grupo Barreiras tem sido uma das principais razões para que grande parte da carga sedimentar produzida no continente não alcance a plataforma continental, através das bacias hidrográficas dos rios Peruípe, Jucuruçu, Itanhém e Mucuri. O próprio rio Peruípe ao chegar à planície costeira de Caravelas apresenta um marcante caráter meandrante, o que tende a amortizar a carga de transporte sedimentar.

Tabela 16 – Área percentual das bacias de drenagem ocupadas sobre as unidades geomorfológicas e cotas altimétricas até 200 metros, no estado da Bahia.

Bacias hidrográficas	Depósitos Quaternários	Grupo Barreiras	Embasamento Cristalino	% da bacia de drenagem até os 200 metros	% da bacia inserida no estado - BA
Mucuri	0,67	99,33	0	97	6,2 <sup>(1)</sup>
Peruípe	4,42	95,58	0	86	100
Itanhém	6,51	54,04	39,32	59	77,5
Jucuruçu	5,9	14,35	79,74	57	84,7

(1) valor aproximado.

Queiroz (2003), ao estudar a produção de sedimentos e as alterações no regime hidrossedimentológico na bacia do rio Mucuri, discorre que a região do Alto Mucuri, apesar das fortes declividades, apresenta valores de perda de solo menor quando comparada com a região do Médio Mucuri, tendo em vista que a cobertura vegetal está mais preservada naquela primeira região. A região do Médio Mucuri, com predomínio de pastagens, apresenta o maior volume de produção de sedimento, sendo responsável, também, pelo maior potencial de produção de sedimentos da bacia. Ainda segundo este autor, a região do baixo Mucuri, recoberta em sua maior parte pelo Grupo Barreiras, responde apenas por 2,68 % da produção de sedimentos da bacia.

Esta baixa produção de sedimentos no baixo curso do rio Mucuri, que é dominada por maciços florestais de eucalipto pode ser resultado da interação dos seguintes fatores: cotas topográficas

inferiores a 200 metros, que conferem aos tabuleiros costeiros um relevo predominantemente plano e suavemente ondulado, além das características pedológicas do Grupo Bareiras que facilitam os processos de infiltração, e presença de formações florestais nas margens do rio Mucuri que, juntos, diminuem o escoamento superficial e, portanto, à atuação dos processos erosivos atuantes sobre o solo.

### *6.3 Carga de Sedimentos Clásticos que Aportam na Zona Costeira – Estuário e Plataforma Continental Interna.*

A razão carbonato/siliciclásto presente nos testemunhos TLE, TTI e PGS não atesta uma tendência de aumento da contribuição de partículas de origem continental da base do testemunho, em direção ao topo. Tanto a contagem de grãos, quanto o percentual no conteúdo de lama e carbonato de cálcio não acusaram as alterações sofridas no continente adjacente aos recifes do arco interno de Abrolhos.

Porém, de maneira sintética, ao confrontarmos os valores encontrados de carbonato de cálcio, com os dados de granulometria média, indicados na Figura 55, podemos sugerir que ao longo do tempo, no testemunho de Pedra de Leste tem havido uma maior deposição de sedimentos arenosos carbonáticos quando comparado aos outros dois testemunhos.

No testemunho PGS o Intervalo VI indica uma situação favorável para o desenvolvimento da comunidade coralínea. Os teores de lama encontram-se em torno de um valor médio de 59,2%, os menores de todo o testemunho. Assim como no testemunho TTI o intervalo VI também é caracterizado por um decréscimo nas concentrações de lama e de carbonato de cálcio.

Os intervalos I a VI delimitados nos três testemunhos recifais indicam que embora o testemunho TTI apresente uma maior oscilação nas concentrações de lama e de carbonato de cálcio que os demais e juntamente com o testemunho PGS os valores médio na concentração de lama estejam quase sempre acima de 60%, é evidenciado em ambos os testemunhos uma redução destas concentrações em direção ao presente. Este fato por si só assegura um melhor desenvolvimento das comunidades fotossintetizantes ali presentes.

No testemunho estuarino TCV 2A, o Intervalo III, demonstra que o período correspondente a toda a década de sessenta houve à atuação de eventos climáticos que produziram deposição majoritária de sedimentos siltosos e argilosos. Esta década coincide com um período climático de baixa pluviosidade quando consideramos o intervalo de tempo correspondente as décadas de quarenta, cinquenta e setenta.

O testemunho TCV 2A apresenta picos na deposição de sedimentos arenosos ocorrendo na primeira metade da década de cinquenta e a partir do início da década de oitenta, correspondente aos

intervalos II e IV, respectivamente. No primeiro intervalo, não há uma correspondência com os dados de precipitação média e vazões média e máxima dos rios, diferentemente, o segundo intervalo é caracterizado por uma tendência de aumento tanto das precipitações médias e altura das chuvas máximas quanto das vazões médias e máximas. Esta análise não pôde ser extrapolada para o testemunho TCV 1A, uma vez que as frações granulométricas areia e argila se mantiveram ao longo do testemunho sem modificações de grande vulto, o que contrasta com o comportamento sedimentológico do TCV 2A.

O comportamento da matéria orgânica presente nos testemunhos TCV 2A e TCV 1A está bem ajustado aos dados fluviométricos. O Intervalo II que engloba as décadas de sessenta, setenta e início da década de oitenta há um aumento na deposição de carbono coincidindo com o período onde houve um maior aporte de matéria orgânica associado aos períodos de maiores vazões, gerados por uma maior pluviosidade. Após este período há uma diminuição nas concentrações de matéria orgânica em resposta, também a uma diminuição da pluviosidade.

É importante lembrar que o estuário do rio Caravelas é constituído por rios da ordem de poucas dezenas de extensão, estando desta forma fortemente influenciado pelas chuvas ocorrentes na zona litorânea.

O teor de matéria orgânica no testemunho TCV 1A indicou um contínuo incremento nos Intervalos I e II, possivelmente decorrente da adição do carbono orgânico vegetal proveniente das mudanças do uso e ocupação do solo ocorrida na planície costeira de Caravelas. Embora, os últimos 15 centímetros do topo dos testemunhos TCV 1A e TCV 2A representados pelo Intervalo III, ocorra uma inversão desta tendência, como observado na Figura 53.

É importante salientar que inversões nas concentrações de matéria orgânica em manguezais ao longo de um depósito sedimentar ocorram simplesmente em função de fatores naturais, tais como, diferentes texturas granulométricas. Esta repartição desordenada, muitas vezes inviabiliza especulações sobre aumento ou diminuição de produtividade no ambiente estuarino.

O conteúdo orgânico presente nos sedimentos geralmente aumenta quando os grãos que o constituem tornam-se mais finos. As argilas possuem, comumente, cerca de duas vezes mais matéria orgânica que as areias muito finas (Barcellos e Furtado 1999). A principal razão para este padrão está na semelhança entre a velocidade de deposição dos constituintes orgânicos particulados e das partículas minerais finas. O conteúdo orgânico, desta forma, pode ser diretamente correlacionado com a média dos sedimentos. Assim, observa-se uma maior concentração nos níveis de matéria orgânica presente no testemunho TCV 2A onde os níveis argilosos são maiores quando comparados ao testemunho TCV 1A.

Em síntese, as variações granulométricas observadas em ambos os testemunhos TCV 1A e TCV 2A, não atestam as alterações de mudanças vegetacionais sofridas nesta região no último século. Apenas o aumento no teor de matéria orgânica presente nos testemunhos TCV 2A e TCV 1A, correspondente ao Intervalo II é um possível indício de incremento de carbono no sistema, decorrente do processo de mudança vegetacional ocorrida na área de entorno dos testemunhos.

O testemunho recifal TLE mostra também um bom ajuste aos dados de descarga líquida, com picos nas concentrações de areia muito fina ocorrendo entre as décadas de setenta e oitenta, muito possivelmente como resultante dos aumentos das vazões máximas ocorrido neste período.

Do ponto de vista dos impactos que o desmatamento na zona costeira, ocorridos nos 50 últimos anos, estariam provocando no ecossistema recifal, não se encontrou evidências que pudessem confirmar esta hipótese de modo inquestionável. Apenas o incremento de lama e a concomitante redução de  $\text{CaCO}_3$  no testemunho de Pedra de Leste (recife este, que se encontra localizado mais próximo do continente, à aproximadamente 12,4 km da desembocadura do rio Peruípe) indica que houve um aumento no aporte de sedimento continental para esta área, mas num período bem mais recente que o esperado. Esta constatação, no entanto, pode ser um indício interessante a sugerir um viés de raciocínio a ser explorado mais cuidadosamente. Propõe-se como hipótese a possibilidade de que o sedimento que porventura esteja sendo aportado pelos rios esteja sendo retido nos respectivos estuários. Esta seria uma das razões, juntamente com o tamanho e elevação topográfica das bacias de drenagem, para que, a carga sedimentar gerada nas regiões mais interioranas não tenha alcançado efetivamente os recifes do arco costeiro, distante mais de 12 km da costa. Este mecanismo de retenção de sedimentos pelos estuários foi sugerido por Kikuchi (2000), quando realizou seu estudo no Litoral Norte da Bahia.

Linton e Warner (2003) apontam também para a importância das florestas de mangue retendo sedimentos e nutrientes, carregados durante o escoamento superficial no continente, mantendo dessa forma as condições oligotróficas da coluna d'água, nos quais os recifes devem florescer.

Os estuários são tidos como depósitos para sedimentos até que a bacia deposicional seja completamente preenchida (Gao e Collins, 1991), o ambiente estuarino pode trapear uma quantidade significativa de sedimentos finos, além de favorecer, também, a deposição de elementos químicos contaminantes e o excesso de nutrientes devido às suas cargas tenderem a se depositar em conjunto com os minerais de argila. Além disso, como descreve Jones *et al.* (2003), o marcante aumento na salinidade encontrado pelos rios ao carrear sedimentos dentro do ambiente estuarino causa uma rápida floculação da matéria orgânica particulada em suspensão. Estes fatores terminam por favorecer os recifes costa afora, uma vez que mantêm as águas circundantes aos recifes com baixos teores de material em suspensão.

Possivelmente, na última década do século passado, a capacidade de retenção de sedimento pelos estuários estaria atingindo seu limite e/ou os manguezais que ali se desenvolvem estariam sendo mais intensamente degradados, permitindo a exportação desse sedimento para o mar e, por fim, para os recifes. Porém, a possibilidade de que os manguezais da planície costeira de Caravelas estejam sendo degradados não encontra amparo pelo mapeamento feito com as imagens de satélite entre os anos de 1984 e 2004 que indicam uma redução em torno de 4% da área deste bioma neste período.

É possível, que a pequena variação de partículas clásticas de origem continental observada na última década no testemunho TLE, seja decorrente do avanço do cultivo do eucalipto sobre o Grupo Barreiras, próximo à linha de costa. Via de regra, o preparo dos solos nos tabuleiros costeiros para culturas perenes e semiperenes é realizado com o uso de subsoladores, que revolvem o solo destruindo a camada coesa. A coesão é um importante impedimento de caráter físico, que limita sobremaneira, a utilização do solo sobre o Grupo Barreiras para práticas agrícolas. Esta coesão é definida como um horizonte pedogenético, muito duro ou extremamente duro quando seco e normalmente friável quando úmido.

De acordo com Balastreire (1990), os subsoladores são implementos utilizados sob a superfície do solo para promover a desagregação de camadas compactadas, a fim de facilitar a penetração das raízes das culturas e da água para as camadas mais profundas do solo. Ocorre que com o avanço e intensificação da cultura do eucalipto sobre o Grupo Barreiras, sobretudo nas áreas próximas à linha de costa (Figura 67) há uma enorme possibilidade do uso intensivo de maquinário tender a compactar estes solos, dificultando a percolação de água em direção ao lençol freático. Isso potencializa os riscos de erosão e aumenta a carga sedimentar para as zonas costeiras. Esse fenômeno, no entanto, não foi constatado por Queiroz (2003) em seu estudo hidrossedimentológico devido à localização do posto Carlos Chagas.

Dessa forma, é provável que o aumento de lama siliciclástica, composta por argilas do Grupo Barreiras, visto a partir do início da década de noventa, no testemunho TLE esteja ela, em grande parte, relacionada à expansão das atividades de silvicultura na região costeira do Extremo Sul da Bahia. Os estudos hidrossedimentológicos desenvolvidos por Queiroz (2003) mostraram que a carga sedimentar do rio Mucuri reduziu na última década do século XX. Considerando que a fração lamosa aumentou na última década no testemunho coletado no recife Pedra de Leste e que a pluviosidade foi mais baixa neste mesmo período, deve-se, portanto, esperar um aumento na carga sedimentar se, após as modificações encontradas no uso da terra, houver uma tendência de aumento na pluviosidade média anual na região.

Contudo, não se pode descartar, também, a possibilidade de que esta pequena variação observada na última década, nos referidos testemunhos, seja decorrente de uma variação natural à qual estes recifes estão submetidos, não indicando, necessariamente, a ação de tensores ambientais de

origem antropogênica. Variações similares de pequena amplitude foram identificadas ao longo deste testemunho em épocas anteriores ao aumento das intervenções humanas na região.



Figura 67 – Estuário da planície costeira de Caravelas, em primeiro plano, vegetação de mangue e ao fundo maciços florestais de eucalipto.

Muito provavelmente, os resultados obtidos com as concentrações de carbonato de cálcio ( $\text{CaCO}_3$ ), a granulometria e a contagem de grãos observada nos testemunhos TLE, TTI e PGS sejam uma conseqüência de atuação das forçantes oceanográficas como o efeito da corrente longitudinal ao longo da costa, juntamente com a configuração morfológica dos recifes do arco interno e a distância da linha de costa.

Leipe *et al.* (1999) comentam que a limitada troca de material particulado em suspensão observada entre a costa e os recifes do arco interno deve-se ao efeito “parede hidrodinâmica” gerada pelo fluxo de massas d’água que acompanham a Corrente do Brasil, que direcionada para sul é potencializada pelo estreito Canal de Sueste. Esta situação, juntamente com a corrente de maré vazante ali existente tem amortecido a deposição de sedimentos de origem continental sobre os recifes do arco interno de Abrolhos. O recife Pedra de Leste, pela sua proximidade com a costa, tem registrado uma maior deposição de sedimentos siliciclásticos. Leipe *et al.* (1999), ao realizarem um transecto da região estuarina da planície costeira de Caravelas em direção às águas oceânicas, encontraram as maiores concentrações de matéria em suspensão no Banco de Caravelas (limitado por isóbatas inferiores a 10 metros), indicando uma forte ressuspensão e remobilização de matéria orgânica e inorgânica particulada em direção a sudoeste, demonstrando que a forte corrente paralela à linha de costa gerada pelo canal de Sueste, auxiliada ainda pela topografia dos recifes de Paredes formam uma eficiente barreira hidrodinâmica e geomorfológica no transporte de sedimentos costa a fora.

Adicionalmente, além das intrusões de águas provenientes dos meandros da Corrente do Brasil sobre a plataforma, que atuam potencializando o efeito “parede hidrodinâmica”, trabalhos realizados por Lessa e Cirano (2006), destacam o efeito das marés, que possuem a maior amplitude de toda a costa leste brasileira. As características oceanográficas descritas acima podem explicar a inexistência de um indicador sedimentar claro nos testemunhos retirados nos recifes do arco costeiro de Abrolhos que ateste as modificações de caráter antropogênico ocorrido na área continental.

Provavelmente, a maior fonte de sedimentos em suspensão para a coluna d’água, observada com frequência no Banco de Caravelas, são os sedimentos do fundo, periodicamente ressuspensos pela ação das correntes de maré que atingem uma grande amplitude, e pela convergência das correntes de deriva costeira que ai ocorrem, além da ação de ondas na zona costeira e erosão da linha de costa. Esta contínua ressuspensão é facilmente observada em imagens de satélite, mesmo em situações de tempo bom (Figura 68). Adicionalmente, grande parte dos recifes do arco costeiro de Abrolhos situa-se em profundidades inferiores a 15 metros e, dessa forma, a ação das correntes costeiras torna-se apreciável, deslocando para sudoeste os sedimentos pelíticos ressuspensos na coluna d’água.

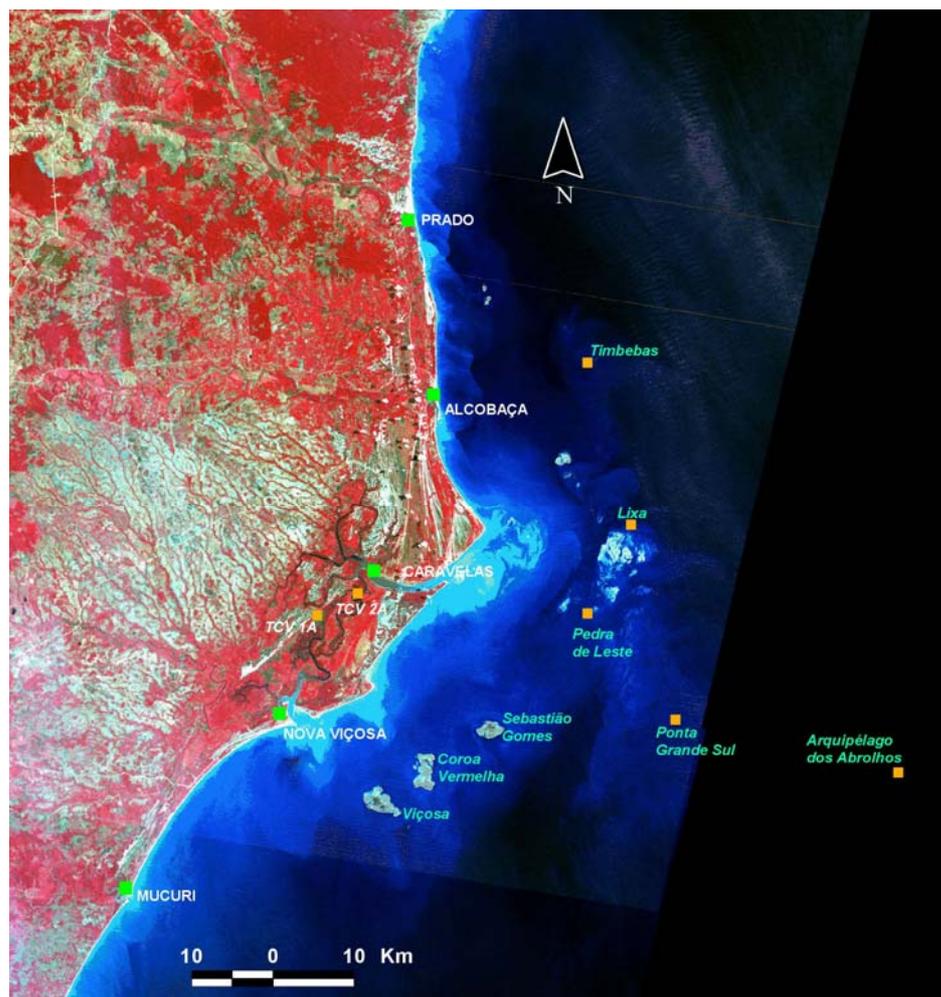


Figura 68 – Efeito parede hidrodinâmica atuando sobre o Complexo Recifal dos Abrolhos.

Teixeira (2006) ao analisar as correntes costeiras que atuam no arco costeiro de Abrolhos, através de dois correntômetros dispostos, um no canal de Sueste (estação 106), e o outro a noroeste do recife de Sebastião Gomes (estação 506), aponta que a magnitude média das correntes observadas para toda a série de dados foi de  $0,18 \pm 0,10 \text{ m.s}^{-1}$  na estação 506 e de  $0,23 \pm 0,13 \text{ m.s}^{-1}$  na estação 106, com velocidades máximas alcançando  $0,66 \text{ m.s}^{-1}$  e  $0,93 \text{ m.s}^{-1}$ , respectivamente.

Ainda segundo, Teixeira (2006), a estação 106 apresentou maiores velocidades devido ao local do fundeio do correntômetro, no Canal de Sueste, que se apresenta estreito e pouco profundo, o que gera um afunilamento no fluxo da corrente costeira resultando em maiores velocidades. O eixo principal (eixo de maior variância) das correntes ficou orientado na direção do Canal de Sueste com um ângulo próximo a  $40^\circ$  em relação ao norte verdadeiro em ambas estações, conforme indicam as Figuras 69 e 70. A distribuição de freqüência das direções de corrente para as estações 106 e 506 mostra-se nitidamente bimodal, orientada ao longo de um eixo nordeste-sudoeste.

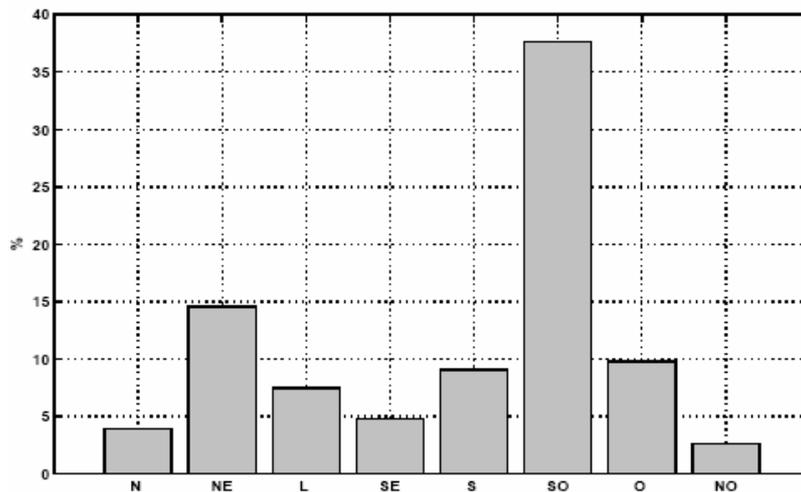


Figura 69 – Histograma de freqüência das direções das correntes para estação 106. Extraído de Teixeira (2006).

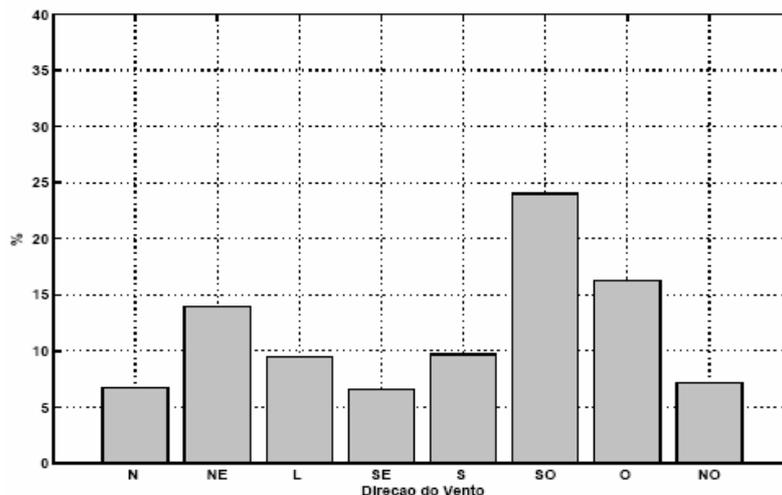


Figura 70 – Histograma de freqüência das direções das correntes para estação 506. Extraído de Teixeira (2006).

Como ilustra a Figura 54, a quantidade de partículas siliciclásticas na fração areia muito fina e silte grosso, presente nos testemunhos TLE e TTI, além de terem sido muito baixas, ratifica a atuação dos fatores “parede hidrodinâmica” que tem exercido de fato um obstáculo para a migração *off-shore* de sedimentos de origem continental. Além disso, a maior proximidade da linha de costa que a região onde o testemunho TLE foi coletado, se comparada à localização do testemunho TTI, pode ser um fator a favorecer a maior acumulação de partículas finas siliciclásticas no primeiro testemunho. Além disso, as desembocaduras dos rios Peruípe e Itanhém estão também mais próximas, do recife de Pedra de Leste.

Nas análises onde se procurou entender a razão carbonato/siliciclástico presente nos testemunhos o comportamento esperado era que, com o aumento da retirada da vegetação natural e a maior atuação dos processos erosivos, houvesse uma tendência de incremento de sedimento de origem continental em direção ao presente. Contudo, o comportamento observado indicou que as concentrações de sedimentos siliciclásticos (na fração areia ou na de pelitos) nos testemunhos retirados dos recifes de Timbebas e Pedra de Leste não atestam este registro de ocupação histórica. Apenas a concentração de silte grosso, no testemunho de Timbebas, na última década do século XX, pode refletir parcialmente uma escalada acelerada da devastação florestal na região. É provável que os argumentos anteriormente delineados, em relação aos controles hidrológicos e oceanográficos, sejam os fatores controladores para a baixa carga de material sedimentar de origem continental que chegam aos recifes.

A carga sedimentar produzida no continente e carregada pelas bacias hidrográficas da região, ao atingir a zona costeira, nos meses de novembro a abril período onde ocorrem as maiores vazões hidrológicas, juntamente com os ventos predominantes de nordeste e leste, atuantes neste mesmo período, tendem a depositar as partículas clásticas de origem continental no Canal de Sueste (situado entre a linha de costa e os recifes do arco costeiro de Abrolhos), ou deslocar esta carga sedimentar para sul/sudoeste.

Lessa *et al.* (2005) ao realizarem um monitoramento através do projeto de dragagem do delta de maré vazante defronte ao Canal do Tomba, para a empresa Aracruz Celulose, num período de três anos, demonstrou que as taxas de sedimentação presentes nos recifes do arco interno de Abrolhos, aumentam de norte para sul. Os recifes de Pedra de Leste e Lixa situados mais ao norte possuem as menores taxas de deposição sedimentar, quando comparado aos recifes de Sebastião Gomes, Coroa Vermelha e Viçosa, localizados mais ao sul, conforme indica a Figura 71. A localização destes recifes está indicada na Figura 01.

É preciso lembrar que a plataforma interna em grande parte do nordeste do Brasil, é constituída por uma típica zona de mistura de sedimentos siliciclásticos e carbonáticos. E que os sedimentos siliciclásticos ai presentes possuem a sua origem não somente a partir das descargas dos rios mas, também dos trechos litorâneos em erosão e depósitos relíquias retrabalhados formados em um nível de mar mais baixo (Leão *et al.* 2003).

Leão e Ginsburg (1997) realizaram três transsectos com coletas de sedimentos superficiais do fundo marinho, entre os recifes do arco interno e o arco externo de Abrolhos, e revelaram que, o conteúdo de sedimentos siliciclásticos predomina próximo à costa, com teores superiores a 70%, no entorno dos recifes do arco costeiro esta proporção oscila entre 30 e 70%. Os grãos de quartzo são abundantes ao longo de toda a área costeira, com mica e os minerais de argila sendo depositados preferencialmente nas áreas de depressão do arco costeiro. A lama siliciclástica alcança os maiores valores no lado recifal voltado para o continente.

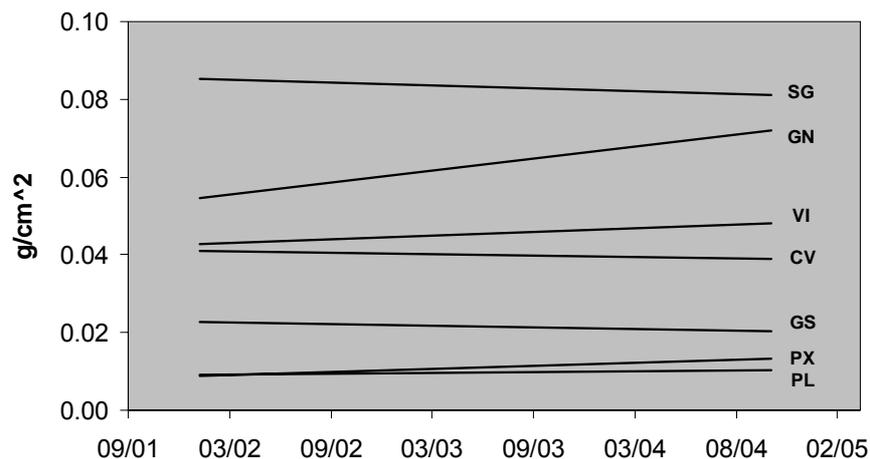


Figura 71 - Retas de tendência das taxas de deposição de sedimentos nos sete recifes investigados (GN-Guaratiba Norte, GS-Guaratiba Sul, VI-Viçosa, CV-Coróa Vermelha, SG-Sebastião Gomes, PX-Pedra da Lixa, PL-Pedra de Leste). Dados extraídos de Lessa *et al.* (2005).

A composição dos sedimentos encontrados nos testemunhos TLE e TTI são resultados de duas fontes principais: (i) sedimentos siliciclásticos, predominantemente arenosos quartzosos transportados ao longo da costa por correntes litorâneas geradas por ondas e pelitos transportados em suspensão pelas correntes costeiras e (ii) sedimentos de origem biogênica via de regra produzidos no próprio ambiente deposicional através da atividade fisiológica dos organismos marinhos que secretam  $\text{CaCO}_3$ .

Santos (2006) evidenciou uma série de trechos litorâneos sofrendo erosão na planície costeira de Caravelas. Esta carga de sedimentos pode ser importada, juntamente com uma parcela bem maior disponibilizada pelas bacias hidrográficas, para o ambiente marinho raso. Cabe ressaltar que estes trechos atualmente em erosão são decorrentes de processos naturais, relacionados a zonas de divergências no sentido da deriva litorânea (Bittencourt *et al.* 2000).

Por sua vez, os fatores que determinam a dispersão dos sedimentos em maior ou menor amplitude ao longo da linha de costa são: (i) as vazões hidrológicas das bacias hidrográficas, (ii) a intensidade e a distribuição de energia dos raios de ondas, que geram o modelo de circulação costeira que por sua vez é influenciada pelas características topográficas do fundo marinho e pela orientação da

linha de costa (iii) os efeitos da maré, e dos movimentos de massa d'água gerado pela corrente oceânica e (iv) as características físico-químicas da coluna d'água, que também irão definir a distribuição das partículas sedimentares ao longo da faixa costeira, sobretudo até uma profundidade aproximada de 20 metros.

Dados disponibilizados pelo BNDO (Banco Nacional de Dados Oceanográficos) e representado pela Figura 72, demonstram que as amostras coletadas em trechos da plataforma interna, limitada pela isóbata de 10 metros, ao norte de Prado e entre Caravelas e Nova Viçosa apresentam uma faixa de lama siliciclástica bem definida, seguida por uma outra faixa de areia siliciclástica com teores superiores a 70%, corroborando os resultados de Leão e Ginsburg (1997).

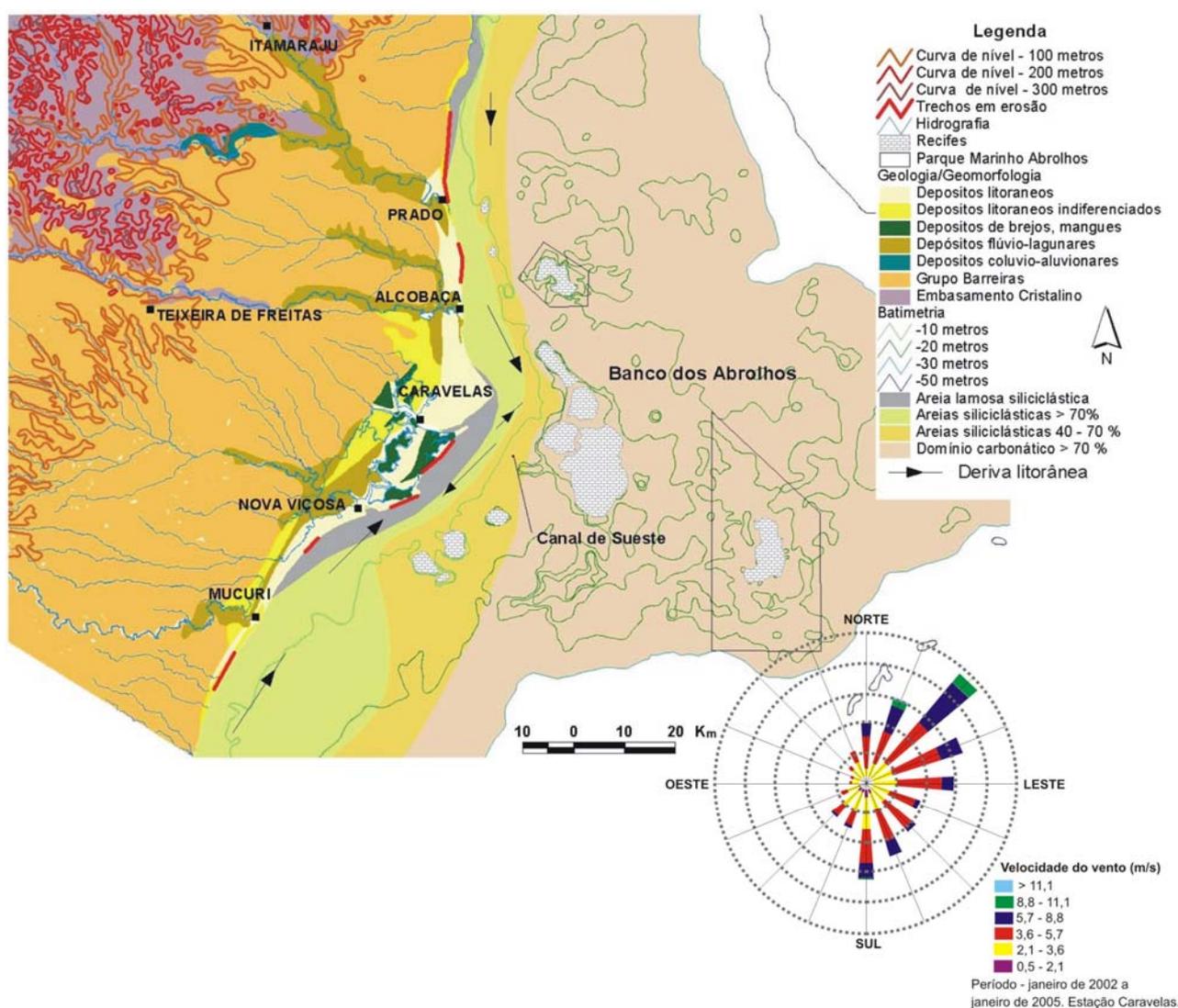


Figura 72 – Mapa síntese dos parâmetros físicos envolvidos na produção e acumulação de sedimentos na zona costeira dos recifes de Abrolhos. Dados modificados de: geologia/geomorfologia e hidrografia CBPM (2000a); curvas de nível IBGE (2002); trechos em erosão Santos (2006); deriva litorânea Bittencourt *et al.* (2000); sedimentos superficiais da plataforma continental Leão (1982) e BNDO (dados disponibilizados para este trabalho). Ventos obtidos a partir de Teixeira (2006).

Na contraparte continental, a granulometria do testemunho TCV2A (Figura 73) não atestou qualquer tipo de variação granulométrica crescente ou decrescente ao longo dos testemunhos que possa ser atribuída a mudanças do uso da terra implementadas nas últimas décadas no Extremo Sul da Bahia, embora o intervalo de tempo decorrido durante a acumulação do sedimento no testemunho TCV2A englobe o período em que ocorreram as principais mudanças na paisagem local. O comportamento da matéria orgânica no testemunho TCV 2A apresenta uma tendência na diminuição dos teores de matéria orgânica nos últimos 25 anos como observado na Figura 53.

A matéria orgânica, presente na fração lamosa é formada por inúmeros compostos carboidratos, proteínas, lipídios, compostos húmicos, em diferentes estágios de decomposição. Uma fonte considerável de matéria orgânica constitui os solos superficiais das matas marginais que são drenados pela bacia hidrográfica. Outra fonte importante de matéria orgânica são as terras úmidas costeiras (brejos e manguezais), nestas áreas as macrófitas aquáticas produzem grande quantidade de biomassa que no período de grandes cheias é drenada para as regiões costeiras.

A origem da matéria orgânica possui tanto proveniência continental, quanto produção *in situ*. A matéria orgânica terrestre associada a argilominerais é transportada para o ambiente marinho e sua velocidade de deposição está diretamente ligada a mudanças de pressão na coluna d' água. Por outro lado, a matéria orgânica de origem autóctone depende diretamente dos processos físicos, químicos e biológicos associados ao transporte e deposição nos sedimentos (Meyers, 1997).

Um estudo realizado por Berner (1989) calculou a razão de preservação de matéria orgânica em sedimentos e estimou que 82% do carbono orgânico depositado nos sedimentos ocorrem em regiões próximas a desembocaduras de rios e apresentam origem terrestre.

A matéria orgânica observada nos substratos de manguezais é derivada, principalmente, das folhas, raízes e troncos das árvores de mangue, a acumulação dessa matéria orgânica é facilitada pelas características intrínsecas do ambiente. Os troncos e folhas das árvores de mangue após a queda e decomposição, são degradados durante o metabolismo de bactérias em condições geralmente redutoras e incorporados á superfície do substrato, enquanto as raízes decompostas podem propiciar a adição de matéria orgânica ao sedimento a várias profundidades.

Oliveira (2000) estudando zonas de manguezais da baía de Camamu – BA encontrou teores de matéria orgânica que variavam de 3,85% a 19,94%, estes valores estão dentro das concentrações médias encontradas nos testemunhos TCV 1A e TCV 2A que foi respectivamente 4,1 a 9,8% e 7,7 a 12%. A Tabela 17 indica alguns trabalhos com os valores mínimos e máximos de matéria orgânica, associado aos valores encontrados neste trabalho.

Tabela 17 - Valores percentuais de matéria orgânica (M. O.), presente nos sedimentos encontrados nas regiões de manguezais.

Trabalho	Local	Valores mínimos de M.O. (%)	Valores máximos de M.O. (%)
Mochel (1995)	Coroa Grande - RJ	0,51	4,73
Souza (1997)	Coroa Grande - RJ	-	3
Santos (1997) <sup>(1)</sup>	Litoral Norte de Bahia	-	25,82
Araújo (2000) <sup>(2)</sup>	Alcobaça	-	26
Oliveira (2000)	Baía de Camamu – entorno	2,63	27,64
Oliveira (2000)	Baía de Camamu – ilhas Grande e Pequena	2,90	12,71
Queiroz <i>et al.</i> (1998)	Rio Itapicuru, litoral norte da Bahia.	0,4	2,3
Este trabalho	TCV 1A	4,14	9,83
Este trabalho	TCV 2A	7,96	12,00

(1) O autor atribui estes valores elevados à adição de produtos oriundos do esgotamento sanitário local.

(2) Segundo o autor estes valores altos podem está associados ao material orgânico originado da produção pesqueira local, bem como ao despejo de esgotamento sanitário.

Recentemente, um levantamento dos teores de carbono e matéria orgânica realizado por este autor, no leito do rio Jaburuna, um pequeno curso fluvial que compõe o estuário da planície costeira de Caravelas, revelou valores entre 0,64 a 11,48% de matéria orgânica, presentes naqueles sedimentos. Os maiores valores de matéria orgânica estavam associados à proximidade da margem do rio associado à presença da vegetação de mangue instalado sobre um substrato argiloso. Valores de matéria orgânica superiores a 20% têm sido apontados por Santos *et al.* (1998) no estuário do rio Joanes, litoral norte da Bahia, como áreas sujeitas a impacto de atividades humanas como, por exemplo, despejo de efluentes domésticos.

A par da ausência de tendência clara quanto à produtividade ou de indícios de interferência das atividades humanas no sedimento do estuário do rio Caravelas, o estudo palinológico de Oliveira (2003) no testemunho TCV 1A mostrou a ocorrência de tipos polínicos autóctones representando a flora local de manguezal (*Avicenia*, *Rhizophora* e *Dalbergia ecastophyllum*) e também de elementos alóctones, com representantes da flora de mata higrófila e restingas (*Alchornea*, *Jacaranda* e *Zanthoxylum*). Contudo, um aspecto importante levantado por esse autor foi a presença de uma grande quantidade de tipos polínicos de espécies relacionadas a ecossistemas degradados, onde foram observados grãos de pólen de espécies pioneiras incorporados ao testemunho, confirmando o processo de modificação da estrutura vegetacional na área de entorno do testemunho. A Figura 73 aponta a localização dos testemunhos estuarinos, além da geomorfologia presente no seu entorno.

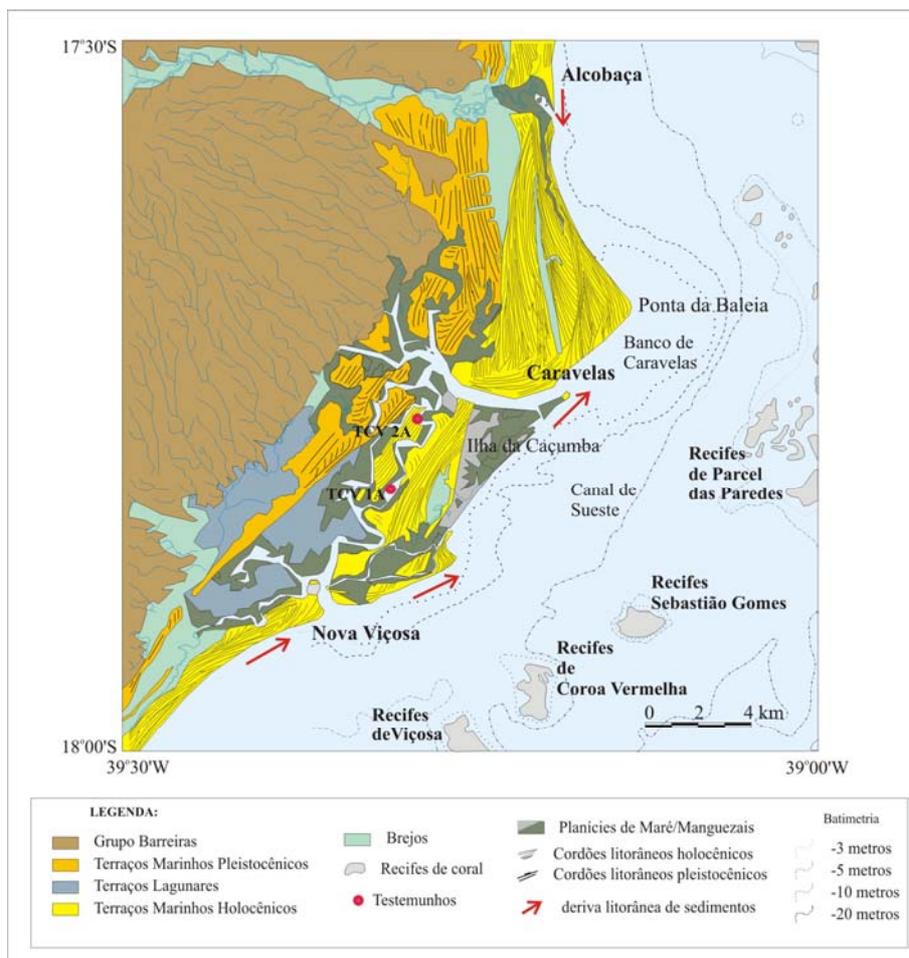


Figura 73 – Geomorfologia da planície costeira de Caravelas, indicando as localizações dos testemunhos TCV 1A e TCV 2 A. Adaptado de Andrade (2000).

#### 6.4 Fatores Controladores na Produção e Deposição de Sedimentos para as Zonas Costeiras.

O entendimento dos processos hidrodinâmicos e sedimentares e suas variações temporais e espaciais, além do arcabouço geológico é extremamente necessário para os programas de pesquisa biológica e estratégias de manejo que possuam como foco os recifes de coral (Larcombe *et al.* 1995; Wolanski e Spanol, 2000). Embora, estas áreas de conhecimento tem sido um tanto negligenciadas em alguns trabalhos que tratam do bioma recifal.

O processo de sedimentação é apontada por Macintyre (1988), como o principal efeito controlador na distribuição dos organismos recifais, bem como no desenvolvimento global do recife. A sedimentação na zona costeira, e em especial nos recifes de corais, é o parâmetro ambiental que reflete mais direta e intensamente a utilização que vem sendo feita do ambiente terrestre (Wilkinson e Buddemeier, 1994).

Embora se discuta bastante o efeito do aumento da sedimentação sobre o ambiente recifal, como argumenta Rogers (1990) um conhecimento preciso sobre estes efeitos é bastante limitado devido à falta de pesquisas diretas. Geralmente não há um acompanhamento dos dados antes, durante e depois dos eventos de dragagens e aumento do escoamento terrestre, decorrente dos processos erosivos atuantes no continente, dados quantitativos são raros e a maior parte das evidências de danos aos corais decorrente do aumento da carga de sedimentos é bastante circunstancial.

Há pouca avaliação científica detalhada disponível sobre os efeitos do *runnof* em recifes de coral. Em alguns casos isto é determinado pela dificuldade de determinar se a morte ou branqueamento proveniente da perda das zooxantelas é em resposta às partículas sedimentares ou o aumento da água de origem continental (Rogers, 1990).

A despeito do *status* dos recifes costeiros brasileiros, uma série de publicações foram realizadas atestando o declínio da vitalidade destes recifes quase sempre relacionados a intervenções humanas inadequadas. Maida *et al.* (1997) e Leão e Kikuchi (2005), exemplificam muito bem esta situação ao argumentar que devido ao uso desordenado das áreas costeiras ao longo dos anos, diversos recifes brasileiros, principalmente os costeiros encontram-se em acelerado processo de degradação. Evidências indicam que o uso impróprio destes ecossistemas pela pesca, atividades turísticas, o mau uso da terra na zona costeira e nas margens dos rios (causando o aumento do aporte dos sedimentos de origem continental) e da poluição costeira, podem estar comprometendo o futuro destes ambientes.

Em um refinado trabalho de valoração ambiental Hodgson e Dixon (2000), delinearam os efeitos da retirada seletiva de madeira sobre o ambiente recifal, particularmente o impacto do aumento siltação, sobre os recursos pesqueiros e o turismo subaquático na localidade de El Nido, nas Filipinas. Estes autores avaliaram os ganhos econômicos com as três atividades produtivas, num intervalo de dez anos e verificaram que, embora a retirada de madeira fosse produzir cerca de 8.6 milhões de dólares iria gerar sérios impactos ecológicos e econômicos sobre as outras duas atividades, que juntas somariam cerca de 20,1 milhões de dólares.

Cortés e Risk (1985) demonstraram que as taxas de crescimento dos recifes de coral do Parque Nacional Cahuita, na Costa Rica, são baixas e estão inversamente correlacionadas com as taxas de sedimento em suspensão ali ocorrentes. O processo de desmatamento que se estabeleceu nesta região num período de quinze anos gerou uma quantidade alta de matéria particulada orgânica e inorgânica sobre o recife, comprometendo o seu desenvolvimento.

A sedimentação excessiva pode afetar de forma adversa a estrutura e função dos ecossistemas recifais através da alteração dos processos físicos e biológicos. Rogers (1990) classifica como elevadas taxas de sedimentação com valores superiores a  $10 \text{ mg.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$  (Rogers, 1990). Para os recifes de

corais do Complexo de Abrolhos, o alto teor de sedimentos siliciclásticos parece influenciar, de forma negativa, a vitalidade dos recifes mais próximos à linha de costa (Dutra, 2003).

Wolanski e Spagnol (2000) levantam a possibilidade do aumento em 1,5 metros de deposição de lama siliciclástica em uma laguna recifal da Grande Barreira de Corais ocorrida nos últimos 100 anos estar associada ao processo de intensificação no uso da terra na região, além da retirada da vegetação de mangue. Segundo estes autores, este depósito lamoso vem causando pulsos de turbidez, ocasionando deterioração do ambiente recifal, quando os fatores oceanográficos e meteorológicos se coadunam para ressuspender esta carga sedimentar.

Ramos (2003) demonstrou que a deposição de sedimentos no banco dos Abrolhos é relativamente alta quando comparada a outras áreas recifais do mundo e esta deposição se mostrou bastante variável no espaço, sendo a distância da linha de costa o principal fator controlador desta variável. Esta mesma autora comparou os radioisótopos  $K^{40}$ ,  $Ra^{226}$  e  $Ra^{228}$  aprisionados em armadilhas de sedimentos e não encontrou diferenças sazonais entre o período de verão e de inverno, indicando que ao longo do ano os parâmetros oceanográficos e meteorológicos que atuam sobre o banco de Abrolhos depositam e remobilizam uma carga sedimentar que teve uma origem comum para todo o período analisado.

Dutra (2003) ao medir a taxa de sedimento acumulado em armadilhas submersas por 30 dias, nos recifes de Pedra de Leste, Timbebas, Lixa e Pedra Grande Sul demonstrou também que a localização dos recifes em relação à linha de costa é a principal causa da exposição dos corais aos efeitos deletérios do acúmulo de sedimentos. Quando a distância da linha de costa é constante para todos os recifes, outros dois fatores assumem um papel predominante no acúmulo de sedimentos que são a morfologia recifal e a localização dos recifes em relação às correntes costeiras de transporte de sedimentos.

As diferentes taxas de acumulação sedimentar encontrado nos recifes de Abrolhos são explicadas pelas morfologias que estes recifes assumem. Alguns destes recifes estão protegidos dos ventos de nordeste e de leste que são dominantes durante o ano, mas estão expostos durante as tempestades de inverno que chegam juntamente com os ventos de sul e sudeste (Leão, 1996a; Dutra 2003). Sendo assim, a localização do recife em relação ao cinturão de ventos e a sua própria morfologia tem determinado diferentes graus de aprisionamento dos sedimentos que chegam via descarga fluvial, relíquia ou ainda produzidos *in-situ*.

Os bancos recifais que compõe os recifes de Pedra de Leste e Lixa têm funcionado como uma barreira, bloqueando o fluxo de água oriunda do mar aberto e agem como armadilhas retendo uma maior carga de sedimentos proveniente do continente. Diferentemente, os recifes de Timbebas e Ponta Grande

Sul são recifes, constituídos por chapeirões isolados, onde a água circula mais livremente, isto implica em uma menor retenção de sedimentos.

Dutra (2003) quantificou os valores atuais de acumulação de sedimentos, nos mesmos locais onde foram retirados os testemunhos e ao comparar os resultados entre as diferentes taxas de acumulação obtidas entre os recifes estudados descreve que os recifes mais costeiros TLE e LIX são aqueles que apresentam os maiores valores para as taxas de acumulação de sedimento (média entre os períodos seco e chuvoso acima de  $15 \text{ mg cm}^{-2}\text{dia}^{-1}$ , enquanto que nos demais recifes esta média não ultrapassa  $9 \text{ mg cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) e, juntamente com o recife de Timbebas mostram os maiores teores de sedimento siliciclásticos (TLE = 50%, TTI = 39% e LIX = 36%, enquanto no recifes PGS estes valores são inferiores a 30%).

As taxas atuais de acumulação de sedimentos obtidos por Dutra (2003), nos recifes de Pedra de Leste (TLE), Timbebas (TTI), Lixa (LIX) e Pedra Grande do Sul (PGS) estão indicadas na Tabela 18. Notar que os dados de acúmulo de sedimentos recentes, seguem a mesma tendência de deposição histórica encontrada nos testemunhos, e descritos na Tabela 11. O que significa dizer que as taxas obtidas por Dutra (2003) durante os meses de outubro de 2001 e março de 2002, seguem a mesma taxa de sedimentação secular obtida com o método geocronológico  $\text{Pb}^{210}$ , demonstrando, muito provavelmente, que as condições oceanográfica ai presente são bastante estáveis ao longo do tempo.

Tabela 18 – Taxa de sedimentação atual obtido nos recifes estudados, extraído de Dutra (2003).

	TLE $\text{mg.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$	TTI $\text{mg.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$	LIX $\text{mg.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$	PGS $\text{mg.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$
Média	15,66	7,27	19,55	6,00
DP	6,22	1,59	10,87	0,29

Dutra (2003) argumenta que embora o recife de Timbebas esteja localizado a uma distância do continente semelhante aos recifes de Pedra de Leste e Lixa, ele apresenta valores muito mais baixos para a taxa de acumulação de sedimento ( $< 8,4 \text{ mg.cm}^{-2} \text{ dia}^{-1}$ ) quando comparado aos outros dois recifes Pedra de Leste e Lixa. Isto se deve, muito provavelmente, ao fato do recife de Timbebas ser formado por estruturas recifais separadas entre si, e de menores dimensões, favorecendo assim, a ação das ondas e correntes que atuam difundindo os sedimentos de origem continental aí depositado.

Ramos (2003) demonstrou que, embora a composição de radioisótopos encontrada em armadilhas de sedimentos localizado nos recifes de Pedra de Leste e Pontas Grande do Sul não apresente diferenças significativas, as suas concentrações permitiram a autora concluir que, no recife de Pedra de Leste o processo de sedimentação de origem continental ocorre de forma mais pronunciada do que no segundo recife.

Quando fortes correntes estão presentes o efeito da sedimentação sobre as espécies coralíneas é amortizado. De maneira geral, somente poucas espécies podem persistir em regiões protegidas pela ação das ondas onde ocorre sedimentação no tamanho silte e argila e sedimentos ricos em nutrientes são depositados. As áreas mais expostas à ação das ondas ou correntes ou ainda pobre em nutrientes, podem suportar uma maior variedade de espécies, mesmo com níveis moderados de sedimentação.

Knoppers *et al.* (1999) comentam que os minerais de argila provenientes dos rios entre Fortaleza e Maceió são dominados por illita e esmectita, diferentemente do trecho entre o Jequitinhonha e o Paraíba do Sul onde mais de 80% do mineral de argila que sai da desembocadura dos rios é composto por caulinita. Contudo, Ramos (2003) examinando os minerais de argila retidos em armadilhas de sedimentos encontrou no recife Pedra de Leste, uma predominância de calcita e aragonita bem como mica, esmectita e caulinita, já os argilominerais encontrados no recife Ponta Sul ocorre um predomínio de caulinita e secundariamente calcita, esmectita, mica e aragonita. No parcel dos Abrolhos, a composição mineralógica indica apenas a ocorrência de calcita e aragonita.

Tintelnot *et al.* (1994) investigou os minerais de argila presentes nas desembocaduras dos rios da costa brasileira e discorre que entre os rios São Francisco e Doce há um predomínio de caulinita, enquanto a norte desta área ocorre um domínio de esmectita e illita. Esta bipartição na composição dos argilominerais decorre do arcabouço geológico que reflete suites específicas de argilominerais. Embora, alterações para o modelo apresentado para parte da costa nordeste e leste do Brasil possam ocorrer quando os rios que drenam majoritariamente uma única estrutura geológicaa como rochas do Pré-Cambriano que elevam os teores de gibbsita e goethite. Outro exemplo são os rios que drenam a bacia do Recôncavo que apresentam um valor alto de esmectita, decorrente das rochas do Cretáceo.

Trabalhos desenvolvidos por Moreau *et al.* (2006) na região de Itamaraju identificou que a mineralogia dos solos dos tabuleiros do Extremo Sul da Bahia, apresenta na fração argila predominantemente caulinita aparecendo tanto nos horizontes superficiais quanto em maiores profundidades, secundariamente foi observada gibbsita e anatásio.

A presença dos argilominerais assinalados na análise de difratometria de raios-X, indicam a presença predominante de caulinita, e secundariamente quartzo, mica, esmectita e illita. Adicionalmente, ocorrem a presença de aragonita e calcita, estes dois últimos proveniente da atividade fisiológica dos organismos marinhos. Estes resultados estão de acordo com os dados obtidos por Tintelnot *et al.* (1994) para a região em estudo.

Um mapeamento realizado no Extremo Sul da Bahia, pela CBPM (2003) registrou os principais depósitos de argila caulínica e argila caulínica-ilitica ocorrendo em depósito de várzea com a mineralogia representada, sobretudo, por caulinita e quartzo, seguido de minerais de ferro e titânio, gibbsita e mica. Este mesmo trabalho demonstrou a existência de argila caulínica ocorrendo tanto sobre

o Grupo Barreiras quanto sobre o Embasamento Cristalino, neste último, com predomínio de quartzo e caulinita.

Os argilominerais encontrados nos testemunhos são resultados de dois processos, o primeiro deles, carreados e depositados nos recifes pela ação dos rios, geralmente, nos períodos de grandes vazões hidrológicas, o outro mecanismo que possibilita a deposição de material lamoso proveniente do continente nos recifes estudados foram as variações do nível do mar a qual foi submetida a costa do nordeste do Brasil nos últimos 7.000 anos A.P. (Martin *et al.*, 1978). Estes sedimentos depositados em tempo pretérito são continuamente ressuspensos e redistribuídos com a ação dos ventos do quadrante sul e sudeste e os ventos alísios de leste e nordeste, além da ação da maré e das correntes costeiras na faixa próxima à costa.

O comportamento dos óxidos obtidos na porção superior do testemunho TLE encontra-se perfeitamente ajustado com os dados obtido a partir do percentual de lama e carbonato ilustrada na Figura 55. Esta concordância entre o aumento de lama e óxidos, contudo, não se estende a toda a extensão do testemunho TLE. Da mesma forma, não foi observada uma relação direta entre aumento dos óxidos e a concentração de lama no testemunho PGS.

Embora, fosse admissível especular que devido às diferenças existentes entre os recifes de Pedra de Leste e Pedra Grande do Sul no que tange aos seguintes fatores: (i) a distância da linha de costa, mais próximo o primeiro recife e mais afastado o segundo, (ii) a morfologia, onde o segundo recife é constituído por bancos recifais formando por colunas isoladas e por este recife estar situado, em uma área frontal em relação aos ventos de sul e sudeste, o que implica em uma contínua tendência de ressuspensão de sedimentos, com a chegada dos ventos dos quadrantes sul e sudeste. Situação oposta ocorre com o recife de Pedra de Leste, que por ser mais abrigado dos ventos dos quadrantes de nordeste e sul e a sua própria morfologia termina por favorecer o aprisionamento de sedimentos, uma vez que estes bancos recifais atuam como barreira bloqueando o fluxo de água oriundo do mar aberto. Apesar das diferenças acima descritas, não foram observadas diferenças significativas nos valores médios dos óxidos, na análise química dos argilominerais presentes em ambos os testemunhos de sondagem, indicando que a carga de argilominerais, bastante homogênea, está largamente distribuída pelo Complexo dos Abrolhos.

A própria morfologia dos bancos recifais tem assumido também um papel de destaque na retenção de sedimentos de origem continental, isto tem sido demonstrado em trabalhos de Leão e Kikuchi (2001), Dutra (2003) e Ramos (2003), assim uma maior ou menor coesão entre os bancos recifais irá afetar à atuação das correntes determinando a quantidade de sedimentos a ser depositado.

### 6.5 Geocronologia Sedimentar Aplicada aos Testemunhos do Arco Costeiro de Abrolhos

A história sedimentar durante o Holoceno em ambientes costeiros é dominada por dois principais eventos: as mudanças do nível do mar e as atividades humanas. Os efeitos mais recentes e mais frequentes das atividades humanas podem ser diagnosticados pelo registro de contaminantes nos sedimentos superficiais, mudanças nas taxas de sedimentação e introdução de pólen exótico (Goff, 1997).

Estudos sedimentológicos realizados na plataforma continental que investiguem as taxas de sedimentação modernas, numa escala inferior a 100 anos, eram bastante limitados até a década de oitenta, quando houve a consolidação de estudos aplicando os radionuclídeos de meia-vida curta, sobretudo,  $Pb^{210}$  e  $Cs^{137}$ . As taxas de sedimentação referentes ao último século são importantes uma vez que permitem correlacionar os dados sedimentológicos com os dados disponíveis das estações climatológicas e oceanográficas.

Nos quatro testemunhos (TCV 2A, TLE, TTI e LIX) onde a atividade do  $Pb^{210}$  foi medida não foi observada na taxa de sedimentação, qualquer deflexão referente a um aumento na taxa de sedimentação que possa ser atribuída a diferentes processos de uso e ocupação do solo no Extremo Sul da Bahia. Os dados da atividade Becquerel (Bq) do  $Pb^{210}$  indicam uma taxa constante de deposição de sedimentos. Nesta situação assume-se que o fluxo de  $Pb^{210}$  em excesso e o  $Pb^{210}$  suportado são constantes ao longo de toda a coluna testemunhada. Isto pode ser observado com um comportamento quase linear dos gráficos apresentados na Figura 51, nos quais não foram observadas diferenças apreciáveis nas inclinações da reta. Mesmo o comportamento com a atividade do  $Pb^{210}$  nos testemunhos TCV 2A e TLE não indicam taxas estatisticamente distintas ao longo da coluna testemunhada.

Podemos considerar dois grupos diferentes de testemunhos com relação às taxas de sedimentação: o primeiro grupo formado pelos testemunhos TCV 2A, TLE, e LIX que possuem taxas superiores a  $3 \text{ mm.a}^{-1}$  e o segundo grupo formado pelos testemunhos TTI e PGS que possuem taxas inferiores a  $2 \text{ mm.a}^{-1}$ . Na Tabela 11 estão apresentadas as taxas médias de sedimentação obtidas para estes testemunhos.

A explicação para estes resultados decorre da conjunção dos fatores: distância da costa, morfologia das estruturas recifais e exposição aos fatores oceanográficos e meteorológicos representados respectivamente pelas correntes e pelos ventos.

As taxas de sedimentação inferiores a  $2 \text{ mm.a}^{-1}$  (TTI e PGS) podem ser explicadas pela constante troca de água devido a ação das correntes, por uma morfologia recifal constituída por bancos recifais formados por chapeirões (onde a água pode circular mais livremente), por uma maior exposição aos ventos de S e SE (PGS) e E e NE (TTI) e pela própria distância da linha da costa.

Diferentemente, o testemunho estuarino TCV 2A encontra-se inserido em uma região de baixa hidrodinâmica e num ambiente deposicional propício à acumulação sedimentar, representado por um meandro abandonado do rio. Além disso, a proximidade com a área fonte representada por uma paisagem alterada contribui também para essa maior acumulação de sedimentos. No caso dos recifes de Pedra de Leste e Lixa, características como coalescência dos edifícios, posição dos recifes voltada para o continente e, portanto, localizados em uma zona parcialmente protegida dos ventos de leste e nordeste contribuem para uma taxa de sedimentação mais elevada. O próprio efeito “parede hidrodinâmica”, descrito anteriormente favorece, sobremaneira, uma deposição sedimentar frequente.

É possível que a maior parte da carga sedimentar produzida no continente devido à ação dos estuários bordejados por uma larga faixa de manguezais fique restrita no próprio estuário ou restrita a regiões com profundidades inferiores a 10 metros da plataforma interna. Além disso, a convergência da deriva litorânea que ocorre na Ponta da Baleia seja um fator adicional para concentrar uma maior carga de sedimentos clásticos de origem continental próximo à costa, durante os maiores pulsos meteorológicos e picos de vazão. Este depósito de lama e areia siliciclástica tenderia a ser direcionada preferencialmente, para sudoeste em função das correntes costeiras ali atuantes.

Patchineelam e Smoak (1999) recuperaram nove testemunhos de sondagem na plataforma interna entre o sudeste da Bahia e o norte do Espírito Santo, onde as taxas de acumulação de sedimentos variaram entre 2,3 a 8,1 mm a<sup>-1</sup>. Na área entre o rio Pardo (município de Canavieiras) e o banco dos Abrolhos há um gradual aumento na acumulação de sedimentos de norte para sul, passando de 2,5 mm a<sup>-1</sup> para 8,1 mm a<sup>-1</sup>. Os autores atribuem este aumento aos processos físicos aí presentes, destacando-se as modificações na morfologia da plataforma continental e a atuação dos fluxos das marés e das correntes costeiras ao penetrar nas áreas abrigadas dos bancos recifais afastados da costa.

De acordo com Patchineelam e Smoak (1999) o testemunho retirado no canal de Sueste, em um delta de maré vazante, a profundidades de 10 metros, apresentou a maior taxa de sedimentação (8,1 mm a<sup>-1</sup>). Isto se deve ao efeito “parede hidrodinâmica” que concentra uma maior carga de sedimentos nesta área. Adicionalmente, este material clástico é continuamente ressuspensionado durante a intensificação dos ventos de leste e nordeste. É interessante notar que os dois testemunhos com as maiores taxas de sedimentação o TCV 2A e o LIX ( $6,68 \pm 0,46$  mm a<sup>-1</sup> e  $5,71 \pm 0,33$  mm a<sup>-1</sup> respectivamente) ainda assim apresentam taxas inferiores ao testemunho recuperado por Patchineelam e Smoak (1999) no canal de Sueste.

Um dos testemunhos recuperado por Patchineelam e Smoak (1999) a sudoeste do Parcel de Paredes, localizado a 20 metros de profundidade apresentou uma taxa de deposição de sedimento de cerca de 5,1 mm a<sup>-1</sup>, valor este bem próximo ao obtido no recife do Lixa. Estes dados parecem apoiar duas asserções: a primeira é que como demonstrou Ovale *et al.* (1999), uma carga considerável de sedimento parece ficar confinada ao banco dos Abrolhos, em especial nas imediações da ponta da Baleia, limitado pela isóbata de 10 metros, decorrente do processo oceanográfico “parede hidrodinâmica”

descrito anteriormente por Leipe *et al.* (1999), a segunda é a tendência de transporte para sudoeste da carga sedimentar produzida no arco costeiro de Abrolhos, associado à maior incidência de ventos de leste e nordeste.

Sobre a magnitude da taxa de sedimentação na região de Abrolhos medida neste trabalho, verifica-se que a ordem de grandeza encontrada é equivalente a outras regiões da plataforma continental brasileira. Em estudos realizados na plataforma continental do Estado de São Paulo, Figueira *et al.* (2003) calculou o valor médio de taxa de sedimentação, utilizando Cs<sup>137</sup> na ordem de  $2,63 \pm 0,83 \text{ mm a}^{-1}$ , valor similar ao obtido por Tessler (2002), citado por Figueira (2003), com o Pb<sup>210</sup> também no estado de São Paulo, que foi de  $2,02 \pm 0,57 \text{ mm a}^{-1}$ .

Argollo (2001) analisou oito testemunhos de sedimento, de cerca de um metro de comprimento provenientes da parte norte da baía de Todos os Santos, onde foram analisadas as atividades de Pb<sup>210</sup> e Cs<sup>137</sup> e os teores dos metais pesados Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Zn. Ao longo de quatro destes testemunhos a atividade de Pb<sup>210</sup> foi praticamente constante, sugerindo remobilização do sedimento, como ocorrido no testemunho TCV 1A, e, nos demais, as taxas recentes de sedimentação linear variaram entre 3,8 e 10 mm a<sup>-1</sup> com um valor médio de 6,9 mm a<sup>-1</sup>. Em um único testemunho apenas, retirado próximo à localidade de Oratório, na Ilha de Maré, foi constatado um aumento na taxa de sedimentação nos últimos 32 anos, passando de 2,9 para 10 mm.a<sup>-1</sup>. Segundo o autor, isso reflete o processo de instalação do Centro Industrial de Aratu (Figura 20).

Para fins de comparação são apresentadas na Tabela 19, algumas taxas de sedimentação em ambientes costeiros. Para as localidades onde houve mudanças na taxa de sedimentação, são indicados os valores obtidos no fundo e no topo dos testemunhos.

Tabela 19 – Taxas de sedimentação para alguns ambientes marinhos e estuarinos, utilizando os radioisótopos de meia-vida curta  $Pb^{210}$  e  $Cs^{137}$ .

Localidade	Método	Taxa de sedimentação $mm\ a^{-1}$	Autor
Baía de Todos os Santos, Brasil	$Pb^{210}$ e $Cs^{137}$	fundo: 2,9 topo: 3,8; 4,5; 9,9	Argollo (2001)
Baía de Guanabara, Brasil	$Pb^{210}$	fundo: 1,2; 2,6 topo: 8,6; 2,2	Godoy <i>et al.</i> (1998)
Baía de Guanabara, Brasil	$Pb^{210}$		Amador (1980)
Baía de Sepetiba, Brasil	$Pb^{210}$	fundo: 4,9; 3,7; 6,2 topo: 12,0; 10,1; 20,0	Borges (1998)
Baía de Jinhae, Coréia do Sul	$Pb^{210}$	2,0 a 5,0	Lee <i>et al.</i> (2006)
Baía de Chesapeake, EUA	$Pb^{210}$ e $Cs^{137}$	1,0 a 10,0	Cronin <i>et al.</i> (1999)
Plataforma continental, São Paulo, Brasil	$Cs^{137}$	2,63	Figueira <i>et al.</i> (2003)
Laguna de Tramandaí, Brasil	$Pb^{210}$	4,2	Medeanic e Dillenburg (20005)
Costa da Califórnia, EUA	$Pb^{210}$	3,9	Koide e Goldberg (1972)
Plataforma continental – Sudeste da Bahia ao norte do Espírito Santo	$Pb^{210}$	2,3 a 8,1	Patchineelam e Smoak (1999)
Plataforma continental – Alaska, EUA	$Pb^{210}$ e $Cs^{137}$	0,9 a 3,8	Baskaran e Naidu (1995)
Pântano Salino, Alemanha	$Pb^{210}$ e $Cs^{137}$	5,8; 9,4; 11,5; 12,0	Kirchner e Ehlers (1998)
Laguna costeira, Burril lake, Austrália	$Pb^{210}$	1,7	Jones <i>et al.</i> (2003)
Laguna recifal, Tahiti	$Pb^{210}$	8,2	Fichez <i>et al.</i> (1997)
Estuário de Caravelas	$Pb^{210}$	6,68	Este trabalho
Recifes do arco costeiro de Abrolhos	$Pb^{210}$	1,28; 1,86; 3,98; 5,71	Este trabalho

#### 6.6 Histórico dos Metais Pesados e Alguns Elementos Químicos nos Testemunhos TCV 1A, TCV 2A, TLE e TTI.

Segundo Jones *et al.* (2003) os elementos químicos, Al, Mn, Fe, Pb, Cu, Zn, Cd, Cr e Co ao ingressar no sistema estuarino com o aumento da salinidade tendem a ser depositados juntamente com a matéria orgânica particulada. A Figura 74 representa o comportamento dos elementos Cr, Zn, Ni, Pb, As, V, Fe, Mn, Co, Cu, Al e Mg nos testemunhos TCV 2A, TCV 1A, TLE e TTI e reflete de maneira geral esta tendência. As maiores concentrações dos elementos químicos alumínio, manganês, ferro, chumbo, cromo, níquel, arsênio e vanádio ocorrem no estuário, não somente decorrente das características físico-químicas que estes ambientes apresentam mas, também, pela proximidade com áreas fontes destes

elementos químicos que são o embasamento cristalino e a entrada de fonte adicional destes metais decorrente de fontes antropogênicas.

Estudos realizados na Grande Barreira de Recifes da Austrália indicaram a contaminação deste ambiente por metais pesados, particularmente chumbo e zinco, nos sedimentos superficiais próximos das áreas densamente urbanizadas e industrializadas (Haynes e Johnson, 2000). Embora, a planície costeira de Caravelas não apresente qualquer destas duas características as concentrações de chumbo obtidas no testemunho TCV 1A e TCV 2A estão muito próxima às encontradas em regiões densamente povoadas ou industrializadas, conforme indica a Tabela 19. O arsênio, cádmio, cobre, mercúrio, bário, níquel e zinco são metais que têm origem associada, sobretudo, às atividades agrícolas. Zinco e cobre são utilizados como fertilizantes, arsênio, cádmio e mercúrio são constituintes de alguns fungicidas (Haynes e Johnson, 2000). Desses elementos, cádmio e mercúrio foram encontrados em concentrações muito baixas nos sedimentos dos testemunhos estudados.

Metais pesados como o cobre e o zinco e alguns hidrocarbonetos tem sido relacionados à redução na fertilização, fecundidade e crescimento dos corais adultos (Heywood e Watson, 1996). Uma vez que as concentrações destes dois metais pesados apresentaram valores relativamente altos nos testemunhos estuarinos e nas áreas recifais, pode-se aqui adicionar outro agravante a vitalidade dos organismos recifais no Complexo de Abrolhos.

Amado-Filho *et al.* (1997) analisou os níveis de metais pesados nos tecidos de macroalgas marinhas em duas áreas recifais do Complexo de Abrolhos e argumenta que, embora, todos os níveis de metais pesados estivessem dentro dos limites típicos para áreas não contaminadas, foi observado um aumento nas concentrações destes metais nos recifes de Viçosa quando comparado ao Arquipélago de Abrolhos. Os autores sugerem que este aumento seja em decorrência do aumento da concentração de partículas em suspensão proveniente da descarga dos rios da região.

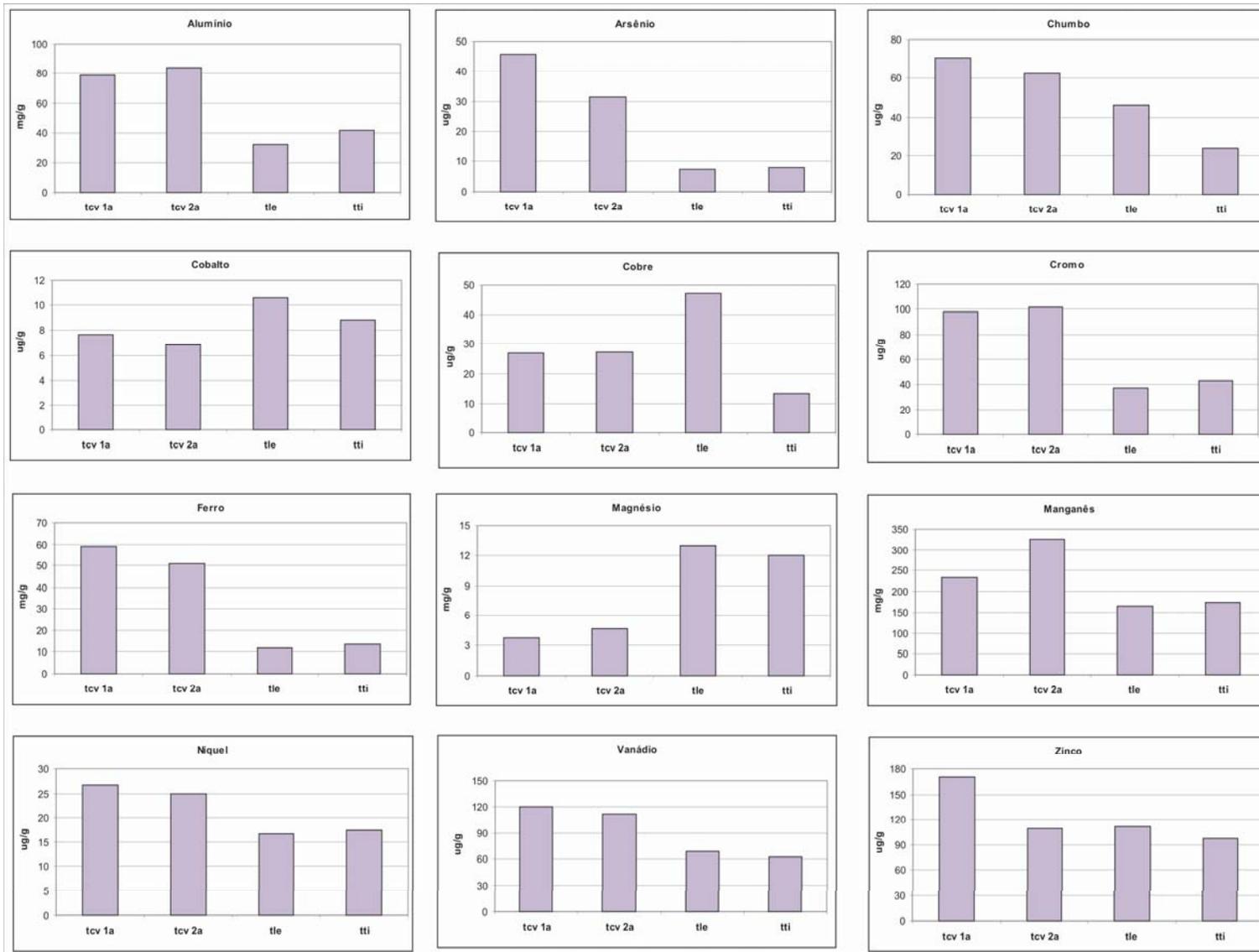


Figura 74 – Concentração média de 12 elementos químicos encontrada nos testemunhos TCV 1A, TCV 2A, TLE e TTI.

O chumbo mostra um aumento marcante a partir de meados da década de cinquenta provavelmente em virtude de fontes artificiais decorrente de motores a combustão. Lacerda *et al.* (1981) desenvolvendo trabalhos no entorno da baía da Ribeira, em Angra dos Reis, encontrou valores de chumbo entre 50,2 a 270,5 mg/g em sedimentos costeiros, cujos maiores valores estavam associados às áreas de escoamento terrígeno e próximas à BR-101.

As concentrações de cobre obtidas por Oliveira (2000) em testemunhos retirados de manguezais na Baía de Camamu variaram entre 9,1 a 30,0 µg/g com um valor médio de 17,9 µg/g. Estes valores estão levemente abaixo dos valores máximos obtidos neste estudo. Porém, com um valor médio de 47,27 µg/g, no testemunho do recife de Pedra de Leste que apresenta valores bem acima daqueles descrito pela referida autora. Em doze alíquotas examinadas neste testemunho TLE, o valor obtido para o cobre estava acima do valor de intervenção estabelecida pela CETESB (2001), conforme ilustrado na Figura 60, o que demanda atenção dos gestores públicos.

As concentrações dos metais pesados chumbo, cromo, cobre, manganês, níquel e zinco indicadas na Tabela 20, obtidas em substrato lamoso de diversos manguezais foram plotados ao lado dos resultados médios obtidos nos testemunhos TCV 1A e TCV 2 A. Observa-se que estes metais encontram-se mais enriquecidos em todos os testemunhos estudados no presente trabalho do que no estuário do rio Joanes, região metropolitana de Salvador, e densamente povoada. Os valores destes metais pesados estão próximos aos obtidos por Oliveira *et al.* (1998) na baía de Guanabara, região que aglutina mais de 6.000 indústrias, aeroportos, intenso tráfego marítimo e quinze terminais de petróleo.

Os resultados médios de manganês obtidos nos testemunhos TCV 1A e TCV 2 A foram respectivamente 232,45 e 325,58 µg/g superiores às concentrações encontradas por Oliveira (2000) na baía de Camamu e por Oliveira *et al.* (1998) na baía de Guanabara (175,8 e 255 µg/g respectivamente). Uma possibilidade de tal enriquecimento pode ser contribuição do arcabouço geológico, uma vez que a região da planície costeira de Caravelas apresenta baixa densidade populacional associada a inexistência de complexos industriais.

Outros metais que inspiram cuidados são o cromo e o bário. O primeiro apresenta concentrações quase duas vezes e meia os valores obtidos por Santos *et al.* (1997) nos sedimentos dos manguezais do estuário do rio Joanes, na região metropolitana de Salvador. O bário apresentou, em grande parte do testemunho TCV 1A, concentrações acima do nível de alerta. No testemunho TCV 2 A, cinco amostras de um total de vinte cinco estiveram com suas concentrações acima do nível de alerta recomendado pela CETESB (2001).

Tabela 20 – Concentrações máximas e mínimas de metais pesados obtidas em sedimentos superficiais e testemunhos. Baía de Camamu, Baía de Guanabara, Santo Amaro, Joanes, TCV 1A, TCV 2 A, amostras coletadas em ambiente de manguezais, Baía de Todos os Santos, ambiente marinho raso (TLE e TTI).

	Cromo (µg/g)	Cobre (µg/g)	Zinco (µg/g)	Níquel (µg/g)	Chumbo (µg/g)	Manganês (µg/g)
Baía de Camamu <sup>1</sup>	13 – 61,7	9,1 - 29	18,5 – 219,8	-	19 – 516,4	22,4 – 543,3
Baía de Todos os Santos <sup>2</sup>	70 – 102 104-135	14,8 - 139	56,8 - 128	21,7 – 44,9	15,8 – 92,8	-
Baía de Guanabara <sup>3</sup>	11,3 - 30	14 – 60,8	70 – 482,5	6,5 – 11,5	20,0 - 100	58,8 - 255
Santo Amaro <sup>4</sup>	142,1	56,8	84,9	-	95	-
Joanes <sup>4</sup>	7,57 – 28,6	7,5 – 22,9	10,3 – 50,5	-	16 – 25,1	-
TCV 1A <sup>(5)</sup>	69,1 – 129,8	11,9 – 54,1	70,4 – 294,4	15,6 – 46,5	31,9 – 137,3	132,8 – 386
TCV 2A <sup>(5)</sup>	83,6 – 122,9	9,2 – 84,3	82,4 – 202,3	16,9 – 33,5	25,3 – 93,14	171,8 – 544,9
TLE <sup>(5)</sup>	22,5 – 56,8	10,4 – 117,5	75,9 – 148,7	9,5 – 24,8	15,2 – 96,1	122,7 – 199,5
TTI <sup>(5)</sup>	20,7 – 73,2	6,3 – 22,2	50,3 – 178,6	6,7 – 38,9	14,2 – 51,1	107,1 – 307,6

Dados extraídos de: (1) Oliveira (2001), (2) Argollo (2001), (3) Oliveira *et al* (1998), (4) Santos *et al.* (1998), (5) presente trabalho.

A concentração de bário na crosta terrestre geralmente encontra-se entre 300 a 500 mg/kg. É um metal que existe naturalmente como minério de barita (sulfato de bário). A principal via de exposição humana é pela ingestão de água e alimentos e, de acordo com a CETESB (2001), doses baixas como 0,2 – 0,5 mg/kg do peso corpóreo, geralmente resultante de uma ingestão de cloreto ou carboneto de bário, têm levado a efeitos tóxicos em adultos. A exposição aguda resulta em náuseas, vômitos e diarreias seguidas por estimulação muscular.

Entre os contaminantes inorgânicos o arsênio é o elemento químico que apresentou os valores mais altos com alto risco de toxicidade ao ingressar na cadeia trófica. O arsênio é um elemento raro, com um ciclo rápido através dos sistemas água, terra e ar. Ocorre na crosta terrestre em uma concentração média de 2 a 5 mg/kg. Aparece geralmente como complexos de sulfito e óxidos.

É possível que a maior carga de metais que estejam sendo depositados, sobretudo no estuário de Caravelas, tenha sua fonte na aplicação de defensivos agrícolas, fertilizantes e esgotamento sanitário. Os altos índices do cromo podem estar relacionados a pequenas fábricas de curtume (processamento do couro), instaladas na região. Esta carga de metais, uma vez despejada nas bacias hidrográficas tem como receptor final as regiões estuarinas, as quais devido às suas peculiaridades físico-químicas tais como granulometria fina e altos valores de pH, passam a ser, em grande parte, o destino final destes elementos químicos. Os elevados teores de arsênio identificado nos estuários

requerem atenção e medidas efetivas de controle, com a identificação e o controle das possíveis fontes emissoras.

É importante lembrar que as regiões estuarinas respondem por uma grande participação, não somente de emprego e renda para as populações tradicionais como, também fonte de aquisição de proteína animal decorrente das ações de mariscagem, realizada pelas populações ali inseridas. O estuário da planície costeira de Caravelas é um dos maiores do Estado da Bahia e qualquer fonte de contaminação aí existente deverá ser efetivamente controlada de forma a evitar possíveis riscos às populações que fazem uso direto ou indireto deste bioma.

Embora os bancos recifais do arco costeiro de Abrolhos estejam em situação bem melhor que o estuário, os elementos químicos níquel, cobre e chumbo estão com valores que inspiram cuidados, devendo toda a população e os tomadores de decisões locais, estarem atentos para os riscos inerentes que estes metais possuem para toda teia alimentar.

Schaeffer-Novelli *et al.* (1994) caracterizou três áreas de manguezais nas proximidades de Caravelas. Estes autores destacam as diferenças estruturais dos manguezais estudados, mesmo estando localizados em área geográfica restrita, todas localizadas próximo à barra de Caravelas. Além de características físicas diferentes (granulometria, coloração e consolidação de sedimentos, matéria orgânica, lençol freático, pH e salinidade da água intersticial), as áreas estudadas mostraram dominância de diferentes comunidades biológicas. O nível de heterogeneidade ambiental atingido pelo complexo estuarino Caravelas – Nova-Viçosa pode estar seriamente ameaçado, caso os níveis elevados de metais nesta área estejam de fato disseminados o que pode efetivamente comprometer a cadeia trófica e pôr em risco a saúde das populações humanas que utilizam os recursos naturais disponibilizados por este ambiente. Haynes e Johnson (2000), apontam que embora as árvores de manguezais atuam retendo metais pesados, posteriormente excretam estes elementos químicos para toda a cadeia trófica.

### *6.7 Integração dos Dados Sócio-Econômicos e Ambientais*

O Extremo Sul da Bahia representa um microcosmo da atual crise ambiental que se descortina nas diversas escalas local, regional e mesmo global. Se, por um lado, a região dispõe de valiosos recursos ambientais e culturais, por outro lado, importantes alterações estruturais da paisagem iniciadas após a década de cinquenta e os maciços investimentos privados ocorridos a partir da década de oitenta, alavancados pelos complexos do turismo e madeireiro, têm culminando em mudanças consideráveis nas esferas social, econômica e ambiental desta região.

A conversão de ambientes naturais em pastos, áreas agrícolas, projetos de silvicultura e expansão das áreas urbanas levou à fragmentação da Mata Atlântica Sul Baiana, de forma que,

anteriormente disposta de forma contínua, atualmente os habitats naturais existentes no Extremo Sul da Bahia ocorrem como manchas ou fragmentos isolados, imersos em uma ampla matriz de áreas modificadas pela ação do homem. Isto gerou, como muito bem exposto por Pedreira (2004), um novo reordenamento sócio-econômico e de uso da terra.

A atividade de planejamento visando à ordenação do espaço costeiro e seus ecossistemas, buscando o uso sustentado de seus recursos naturais e à proteção do patrimônio histórico, étnico e cultural em benefício da população, teve um importante marco legal que foi o Projeto de lei nº 216, promulgado pelo governo federal em abril de 1988, no qual foi previsto um plano nacional de gerenciamento costeiro, de forma a estabelecer políticas, princípios e normas de utilização dos espaços costeiros, atentando para os parâmetros de conservação dos recursos remováveis e não-renováveis dos ecossistemas ali inseridos, além da proteção ao patrimônio histórico, paleontológico, espeleológico, étnico, cultural e paisagístico.

No que tange ao Extremo Sul da Bahia, a questão principal, a saber, é como todo o conjunto de riquezas naturais ali ainda existentes e as diferenças culturais poderão contribuir efetivamente para melhorar a vidas das pessoas ali instaladas, em vez de serem subutilizadas ou mesmo perdidas. A melhora observada nos indicadores econômicos e sociais, alcançada por uma parte da região do Extremo Sul da Bahia após a década de noventa, contudo, não conseguiu se difundir por toda a macro-região econômica.

Se examinarmos o PIB (produto interno bruto) per capita dos municípios da região Extremo Sul da Bahia, indicado no Apêndice 3, veremos que, em relação ao PIB médio do Estado da Bahia, o ano de 1991 acusava cinco municípios abaixo da média estadual (Belmonte, Guratinga, Itabela, Itanhém e Jucuruçu). Nove anos depois, este número aumentou para dez municípios (exceto Jururuçu, os quatro anteriores e mais Itamaraju, Medeiros Neto, Nova Viçosa, Porto Seguro, Santa Cruz de Cabrália e Teixeira de Freitas).

Embora o PIB, seja um indicador econômico que reflete o resultado final da atividade produtiva de um país, estado ou cidade, ele encontra fortes opositores, pois não contempla as variáveis humana e ambiental. Um passo adiante foi dado com a elaboração do IDH (índice de desenvolvimento humano) que abarca esperança de vida, nível de instrução e renda. Mais recentemente uma série de indicadores como o índice de desenvolvimento social e o índice de desenvolvimento sustentável foram produzidos para contemplarem as variáveis humanas e ambientais em toda a sua complexidade (Safatle, 2007).

Dados disponibilizados pela Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia para o ano de 2000 demonstram que dentre as quinze macro-regiões econômicas do estado da Bahia, o índice de desenvolvimento social (IDS), que contempla o nível de saúde, educação, oferta de serviços básicos e renda familiar, do Extremo Sul está atrás apenas da região Metropolitana de Salvador e do Litoral

Norte da Bahia. Com relação ao índice de desenvolvimento econômico (IDE), o Extremo Sul da Bahia situa-se em quarto lugar no ranking estadual, atrás apenas da região Metropolitana de Salvador, Paraguaçu e Litoral Sul.

Segundo as projeções realizadas por Bahia (2006), os empreendimentos industriais do setor madeireiro para o Extremo Sul da Bahia no período de 2005 a 2009 irão gerar cerca de 6.374 postos de trabalho. Este quadro pode se alterar se mudanças da taxa de câmbio ou no valor da *commodity* vierem a ocorrer, decorrentes de alterações no cenário macroeconômico global ou no Brasil. Estas perspectivas de emprego e renda, no entanto, não se traduzem necessariamente em redução da pobreza local, haja visto que no ano de 2000, apenas os municípios de Eunápolis, Porto Seguro e Teixeira de Freitas tinham os valores de IDH acima da média do Estado da Bahia.

Como indicado anteriormente, esta região apresentou uma taxa de crescimento demográfico bastante expressivo a partir da década de oitenta, sendo a segunda região com maior população urbana do estado da Bahia. Contrariamente à tendência ascendente de crescimento demográfico nesse período, a redução populacional de quase 21 mil habitantes obtida entre os anos de 2004 a 2007 talvez seja um indicativo de que as esperanças de emprego e renda geradas pelas empresas de silvicultura não estejam ocorrendo para a população local. Provavelmente, a baixa qualificação educacional da maior parte da população, aí residente, seja o maior responsável por este quadro, conforme indica a Figura 75.

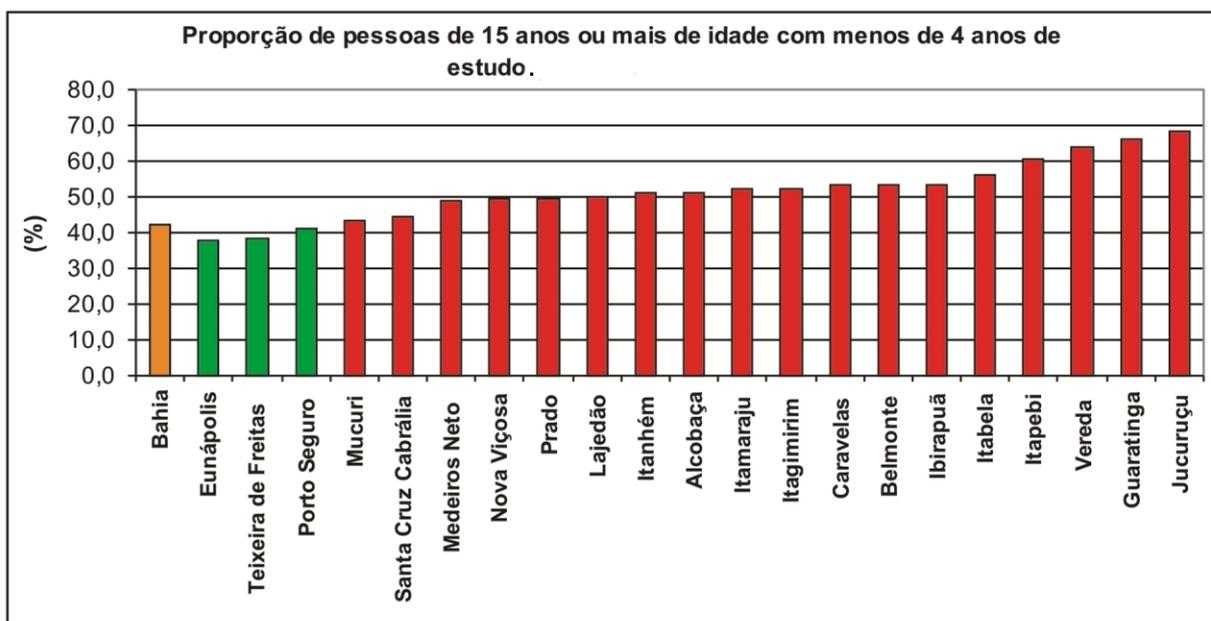


Figura 75 – Proporção de pessoas de 15 anos ou mais de idade, dentro a população dos municípios, com menos de 4 anos de estudo, valores percentuais. Em laranja a média do estado da Bahia, em verde, os municípios com desempenho acima da média do estado e em vermelho os municípios abaixo da média estadual. IBGE (2000).

Com base na análise dos indicadores índice de desenvolvimento humano, índice de desenvolvimento social, índice de desenvolvimento econômico, educação (proporção de pessoas de 15 anos ou mais de idade com menos de 4 anos de estudo), todos tendo o ano de 2000 como referência, e o PIB per capita (ano base 2004), foi traçado um panorama sócio-econômico dos municípios do Extremo Sul da Bahia. Verificou-se que Guaratinga, Jucuruçu, Vereda e Itabela apresentaram os piores escores da região. A atividade econômica destacada destes municípios é a pecuária extensiva. Apesar da situação sócio-econômica, estes municípios detêm, ainda em seus territórios, sobretudo nas áreas de serras e colinas, importantes fragmentos florestais (Figuras 23, 37 e 41). Situação oposta desfrutam os municípios de Eunápolis, Teixeira de Freitas e Porto Seguro. Os dois primeiros constituem pólos comerciais com infra-estrutura para prestação de bens e serviços e o último teve sua economia alavancada decorrente da indústria do turismo (Figura 76).

Os municípios de Mucuri e Medeiros Neto numa análise dos indicadores aqui trabalhados, estão em situação sócio-econômica muito similar, apesar do modelo de uso da terra ser atualmente bem distinto entre estes municípios. O primeiro município detém o quinto maior PIB per capita do estado da Bahia gerado pela instalação em seu território das empresas de silvicultura, o que lhe confere uma parcela significativa do seu território (aproximadamente 27%, no ano de 2004) destinada ao plantio de eucalipto. Por outro lado, no segundo município o uso da terra está destinado em grande parte à atividade pecuária e o seu produto interno bruto per capita, no ano de 2004, foi cerca de R\$ 4.532,06, valor levemente inferior ao do Estado da Bahia que foi R\$ 4.573,25.

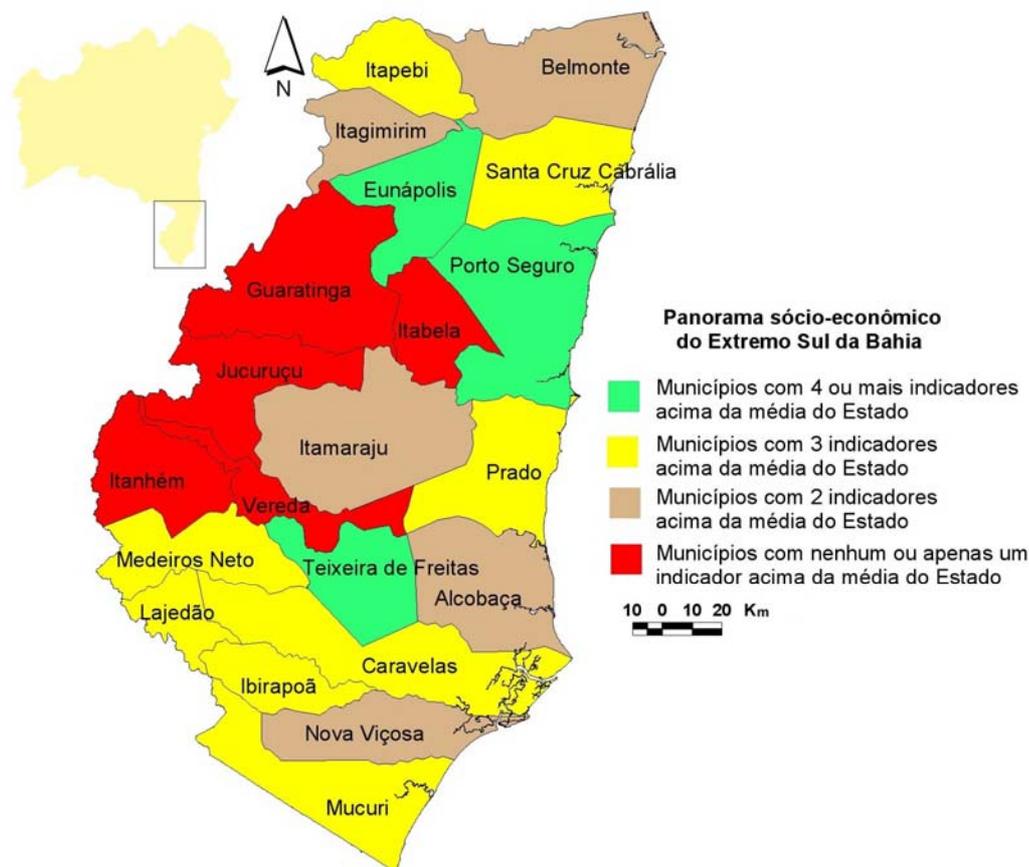


Figura 76 – Panorama sócio-econômico dos municípios do Extremo Sul da Bahia com base nos indicadores índice de desenvolvimento humano, índice de desenvolvimento social, índice de desenvolvimento econômico, educação (proporção de pessoas de 15 anos ou mais de idade com menos de 4 anos de estudo) e o PIB per capita.

Isto indica que o Extremo Sul da Bahia apresenta um quadro bastante heterogêneo no que tange aos indicadores sócio-econômicos e que nenhuma das três grandes atividades econômicas desta região, a saber, silvicultura, pecuária e turismo, conseguiram gerar, sozinhas, um aumento de emprego e renda para a população local.

As transformações ambientais ocorridas neste último século na zona costeira do Extremo Sul da Bahia são resultados das atividades humanas que atuaram de forma imprevidente e imediatista, sem que houvesse estabelecido qualquer cuidado de planejamento criterioso com o desenvolvimento sustentável da região. Este processo de deterioração dos recursos naturais persiste ainda hoje, uma vez que boa parte do Extremo Sul da Bahia possui uma fatia considerável da sua população situada na linha de pobreza e os recursos naturais ali existentes, apesar de já bastaste explorados, não trouxeram benefícios sociais para toda a população.

Diante das alterações na estrutura original do solo, decorrente do modelo de uso da terra que se instalou em grande parte do Extremo Sul da Bahia, em meados do século XX, e com perspectivas de aumento da área de cobertura do eucalipto para esta região, alguns trabalhos citados evidenciam que o

binômio pecuária e a silvicultura do eucalipto ocasionaram um aumento dos processos erosivos atuantes no continente. As transformações ocorridas no uso da terra, após a década de setenta refletiram diretamente no modelo sócio-econômico. Esta talvez seja a macro-região econômica da Bahia (salvo a região metropolitana de Salvador) que maior imprimiu um ritmo de alterações nas relações entre o meio rural e urbano, mudanças abruptas na sua densidade demográfica e instalação de centros geradores de emprego e renda. Não obstante, os gestores dos municípios integrantes da macro-região não foram capazes de produzir um cenário de desenvolvimento sustentável para uma fatia considerável da população local.

## 7.0 CONCLUSÕES

Apesar da Mata Atlântica no Extremo Sul da Bahia possuir um histórico de mais de 500 anos de intervenções humanas, foi somente a partir de meados do século XX que se iniciou uma escalada de desmatamento nesta região gerando modificações marcantes na paisagem.

As mudanças ocorridas tanto nos *habitats* nativos quanto na sócio economia local decorre de um novo modelo de reordenamento do solo, baseado na retirada de espécies arbóreas de interesse comercial em escala industrial, iniciado após a década de cinquenta e consolidado nas duas décadas seguintes. Após este período, concomitante a consolidação das áreas de pastagens, ocorre a instalação da BR-101 e plantios de eucalipto que amplificaram as mudanças nas esferas econômica e ambiental.

Toda a área estudada está inserida dentro do bioma da Mata Atlântica. Na década de sessenta, enquanto a faixa costeira detinha uma grande extensão de cobertura florestal nativa, por outro lado, os municípios que compõe a faixa central e oeste do Extremo Sul da Bahia apresentavam grande parte do território destinada às atividades agropecuárias.

A intensificação do processo de mudança do uso da terra gerou um cenário em que no ano de 1973, as áreas de formações florestais representavam cerca de 32,34% do território total mapeado. Onze anos depois, as áreas de formações florestais equivaliam a 17,11% da área mapeada e finalmente no ano de 2004 este tipo vegetacional estava confinado a 10,26% do espaço territorial.

O mapeamento aqui realizado indicou que as pastagens avançaram sobre as áreas de *habitats* nativos, esta substituição de uso de solo se intensifica, conforme dados obtidos na literatura a partir da década de cinquenta. A silvicultura do eucalipto ocorreu inicialmente sobre as áreas de pastos e posteriormente diversos fragmentos da mata higrófila sul baiana foram sendo perdidos para instalação e expansão da eucaliptocultura. Este tipo de cultura tem ocorrido de forma mais concentrada nos municípios litorâneos.

Os atuais remanescentes de coberturas florestais estão restritos às áreas de Unidades de Conservação do Parque Nacional do Descobrimento, as áreas de topografia elevada em Itamaraju e Jucuruçu e as restingas arbóreas próximas à costa. As áreas de mata higrófila no entorno e mesmo dentro do Parque Nacional do Descobrimento vêm diminuindo paulatinamente, com o passar dos anos, o que requer ações efetivas que procurem manter a integridade do referido Parque Nacional.

O período correspondente a 1970 até 1985 registra os maiores índices de precipitação e vazão. Quando comparamos as décadas anteriores e posteriores a este período observamos um comportamento antagônico entre o regime pluviométrico e o fluviométrico. Enquanto o período que

precede a década de setenta as precipitações eram maiores que os níveis obtidos pós-1985, na maior parte dos postos pluviométricos estudados, o regime de vazões médias apresentava comportamento antagônico com os menores índices registrados para as décadas que antecedem 1970. É possível que esta diferença no regime de vazão, esteja relacionada às mudanças no uso da terra que acometeram a região Extremo Sul da Bahia.

Em consonância com os meses de maior pluviosidade, as maiores vazões hidrológicas das estações fluviométricas estão ocorrendo entre os meses de novembro e abril. A tendência das precipitações foi de aumento em direção à década de setenta a meados da década de oitenta. A partir deste período, foi observado uma queda de 11% nos postos pluviométricos de Helvécia e Itapebi 9,3%, no posto de Itamaraju, em cerca de 13,6% no posto Fazenda Nancy e de 15% no posto de Mundo Novo.

A diminuição das precipitações médias a partir de meados da década de oitenta, porém não encontra correspondência nas vazões hidrológicas. Neste mesmo período, houve um aumento das vazões máximas, na maior parte dos postos fluviométricos estudados. A retirada da vegetação natural para posterior instalação de pastagens, em grande parte do tipo mal manejada, e a compactação do solo, devido à atuação do processo de mecanização sobre os Tabuleiros Costeiros para a produção da silvicultura do eucalipto, pode explicar o comportamento de aumento das vazões máximas que tendem a responder com um aumento em ambientes alterados.

Embora, seja mais provável que a tendência de aumento das chuvas máximas em direção ao presente seja o fator responsável pelo aumento das vazões máximas no mesmo período. Esta situação aliada às mudanças do uso da terra pode ter amplificado a tendência de aumento das vazões máximas. Cabe ressaltar que a bacia hidrográfica do rio Mucuri possui um comportamento hidrológico antagônico às demais bacias hidrográficas estudadas no que tange ao comportamento das vazões médias, observadas na década de noventa e as vazões médias pós-1985 que se mostram bem inferiores aos valores computados no período que antecede a década de setenta. Estas diferenças entre a bacia do rio Mucuri e as demais bacias deve-se provavelmente ao seu maior tamanho o que reflete em uma maior heterogeneidade de tipologias climáticas, compartimentos geomorfológicos e uso da terra.

Os maiores índices pluviométricos e fluviométricos ocorrentes entre os meses de novembro a abril tendem a gerar uma maior erosividade em decorrência da maior intensidade das chuvas, o que tem gerado um maior escoamento para as bacias hidrográficas neste período do ano. O aumento das chuvas máximas mensais reforça a idéia de incremento dos processos erosivos ocorrentes no continente nos últimos 40 anos. Porém as características pedológicas do Grupo Barreiras, aliada com o baixo perfil topográfico dos solos, nesta região, tem mantido os níveis de erosividade baixos a despeito das mudanças no uso da terra.

As taxas de sedimentação e a concentração relativa de sedimentos de natureza siliciclástica, registrados nos testemunhos, contudo, não aumentaram com a intensificação do processo de ocupação e modificação da Mata Atlântica no último século. Embora, muito possivelmente com a tendência de aumento da atuação dos processos erosivos, condicionados pelas mudanças na paisagem a qual foi submetida a região Extremo Sul da Bahia, o fluxo de carga sedimentar que chega às bacias hidrográficas não tem sido efetivamente transportada para o ambiente recifal. Isto se deve ao tamanho reduzido e a baixa elevação topográfica das bacias hidrográficas, presença dos ambientes de mangue e deslocamento da maior carga de sedimentos clásticos durante os meses de novembro a abril, que aliado a predominância dos ventos do quadrante de leste e nordeste tem direcionado a carga de sedimentos preferencialmente para sudoeste.

As taxas de sedimentação obtidas nos testemunhos de sondagens não indicaram alterações ao longo do tempo que possam ser atribuídas às mudanças do uso da terra no Extremo Sul da Bahia. A conjunção dos fatores oceanográficos e meteorológicos tem favorecido a deposição de sedimentos de origem continental no Banco de Caravelas e posterior ressuspensão e deslocamento destes sedimentos produzidos no continente, para sudoeste. Adicionalmente outros fatores têm favorecido para que os sedimentos clásticos não apresentem uma contribuição ascendente ao longo do tempo como a vasta área de manguezais ocorrente no ambiente estuarino. O mecanismo “parede hidrodinâmica” tem sido uma explicação bastante consistente para explicar a inexistência de uma assinatura de clásticos de origem continental mais expressiva nos testemunhos das áreas recifais.

As médias históricas de sedimentação obtidas com o uso do marcador geocronológico  $Pb^{210}$  estão na mesma ordem de grandeza dos valores obtidos por Dutra (2003) com armadilhas de sedimentos durante o período de um ano. Indicando uma estabilidade do ambiente recifal no arco costeiro de Abrolhos.

A velocidade de sedimentação embora seja distinta para os testemunhos recifais, o tipo de material clástico que aporta na zona costeira do complexo recifal de Abrolhos se mostrou bastante uniforme sobre toda a área investigada.

A relação carbonato / siliciclástico presente nos testemunhos recifais não demonstrou qualquer indício de incremento da carga de sedimentos que possa ser atribuída ao processo de desmatamento que se abateu nas últimas décadas no Extremo Sul da Bahia.

Em todos os três testemunhos recifais houve uma tendência geral de diminuição nas concentrações de lama em direção ao presente. Embora, a área de solo exposto, pastagens mal manejadas e intensificação de tratos culturais tenham aumentado a partir da segunda metade do século XX, estas modificações não afetaram diretamente a área dos recifes estudados.

No início da década de 80 do século XX a tendência de diminuição da lama se reverte na estação mais próxima do continente e situada na retaguarda do complexo de recifes, em Pedra de Leste, onde o teor de carbonato de cálcio no sedimento é mais baixo entre as três estações. Nessa estação, bem como em Timbebas, o conteúdo de  $\text{CaCO}_3$  no sedimento diminui, atingindo seus níveis mínimos em toda a extensão do testemunho, o que significa dizer que o sedimento siliciclástico aumenta nesse período mais recente. Os resultados obtidos com a técnica de fluorescência de raios-X nos argilominerais indicam também um aumento dos óxidos no testemunho TLE a partir da década de oitenta.

A análise de difratometria de raios-X, quando aplicada aos testemunhos TLE, TTI e PGS, não demonstrou nenhum aumento na contribuição de argilominerais de proveniência continental que possa ser atribuída ao processo de modificação da paisagem do Extremo Sul, nem mesmo durante os últimos 50 anos, quando as intervenções humanas se fizeram mais marcantes.

Os controles meteorológicos e oceanográficos tem sido os responsáveis pela baixa carga de material sedimentar de origem continental que chega aos recifes do arco costeiro de Abrolhos. Os fatores distância da linha da costa e a morfologia que os recifes do arco costeiro de Abrolhos assumem são os principais responsáveis pelas diferenças sedimentológicas e mineralógicas encontradas neste estudo.

As concentrações dos metais pesados arsênio, cromo, cobre, níquel, zinco, chumbo, apresentaram valores preocupantes sendo importante a realização de novas análises geoquímicas para ratificar ou descartar os valores obtidos neste trabalho.

## 8.0 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Addad, J. 1997 Alterações fluviais e erosão costeira. Revista Brasileira de Recursos Hídricos Volume 2 n. 1 5-13 p.
- Almeida, H. A. 2002 – Relação entre o fenômeno El-Niño – Oscilação Sul (ENOS) e a ocorrência de chuvas no sudeste da Bahia. Boletim Técnico n 183 CEPLAC – CEPEC. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento.
- Alvim, P. T. 1994 Silvicultura e Meio Ambiente: Fatos e Crendices. Ilhéus, BA. Fundação Pau-Brasil. 12 p.
- Amado filho, G. M. Andrade, L.R. Reis, R. P. Bastos, W. Pfeiffer, W. C. 1997 Heavy metal concentrations in seaweed from the Abrolhos reef region, Brazil. In: Proceeding 8 th International Reef Symposium 2:1843-1846.
- Amador, E. S. 1980 Assoreamento da Baía de Guanabara. Taxa de sedimentação. Anais da Academia Brasileira de Ciências. Volume 52: 723-742.
- Andrade, A. C. S.; Dominguez, J. M. L.; Martin, L. Almeida, L. T.; Bittencourt, A. C. S. P. 1997 Evolução holocênica e recente do setor sul da planície costeira de caravelas (Ilha da Caçumba) – Bahia. VI Congresso da Associação Brasileira de Estudo do Quaternário (ABEQUA) e I Reunião sobre o Quaternário da América do Sul, Curitiba Paraná 113-116 p.
- Andrade, A. C. S. 2000 Evolução quaternária da planície costeira de Caravelas – Extremo Sul do Estado da Bahia. Tese de doutorado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia 162 pg.
- Andrade, A. C. S. Dominguez, J. M. L. 2002 Informações geológico – geomorfológicas como subsídios à análise ambiental: o exemplo da planície costeira de Caravelas – Bahia. Boletim Paranaense de Geociências n 5 p. 9-17.
- Andrade, A. C. S.; Dominguez, J. M. L.; Martin, L.; Bittencourt, A. C. S. P. 2003 Quaternary evolution of the Caravelas strandplain – southern Bahia State, Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências, Volume 75 (3): 537-382.
- Argollo, R. M. 2001 Cronologia de sedimentação recente e de deposição de metais pesados na baía de Todos os santos usando Pb210 e Cs137. Tese de doutorado, Curso de Pós-Graduação em geofísica da Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências 104 pg.

- Asmus, H. E. 1984 Geologia da margem continental brasileira. In: Schobbenhaus, C.; Campos, D. A.; Derzei, G. R.; Asmus, H. E. (eds.) Geologia do Brasil - Texto explicativo do mapa geológico do Brasil e da área adjacente incluindo depósitos minerais, escala 1:500000. Departamento Nacional de Produção Mineral 501 p.
- Bahia 2004 Investimentos industriais para o Estado da Bahia. Bahia Invest. SEPLAN – Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia. Volume 02, número, 86 p.
- Bahia (2006) Complexo madeireiro. Bahia Invest, Secretaria do Planejamento do Estado da Bahia. Volume 04 número 06 110 p.
- Barbosa, R. I.; Fearnside, P. M. 2000 Erosão do solo da Amazônia: estudo de caso na região de Ipiaú, Roraima, Brasil. Acta Amazônica v. 30 n.04: 601:613.
- Balastreire, L. A. 1990 Máquinas agrícolas, São Paulo. Manole 310 p.
- Berner, R. A. 1989 Biogeochemical cycles of carbon and sulfur and their effect on atmospheric oxygen over Phanerozoic time. Palaeogeographic Palaeoclimatic and Palaeoecological V. 73:97-122 p.
- Benez, S. H. (2001) Utilização de práticas mecânicas em solos com impedimento físico: subsoladores, constituição, uso e manejo. Anais do Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros. Embrapa – Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe 293-315 p.
- Bertoni, J. e Lombardi Neto, F. 1999 Conservação do solo – 4 edição. Editora Ícone 249 pg.
- Bittencourt, A. C. S. P.; Dominguez, J. M. L.; Martin, L. Silva, I. R. 2000 Patterns of sediment dispersion coastwise the state of Bahia-Brazil. Anais da Academia Brasileira de Ciências 72 (2): 272-287
- Bittencourt, A. C. S. P 1996 Depósitos Quaternários Costeiros. In: Barbosa, J. S. F. & Dominguez, J. M. L. (eds.) Mapa geológico do Estado da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo. Salvador, SICM/SGM, 400 pg.
- Brasil 2004 Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Volume 19, 59 pg.
- Borgonovi, M.; Chiarini, J. V.; Amaral, A. Z.; Coelho, A. G.S.; Oliveira, D. A. 1967 Cobertura vegetal do Estado de São Paulo. Levantamento por fotointerpretação das áreas cobertas com floresta natural e reflorestamento. Bragantia. Volume 26: 93-102.
- Bruijnzeel, L. A. 1993 Land-use and hydrology in warm humid regions: where do we stand?. Hydrology of Warm Humid Regions. Proceedings of the Yokohama Symposium 3-34.

- Campos, E. C. 1995 Análise do Deflúvio de Três Bacias Hidrográficas do Extremo Sul da Bahia. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa: Imprensa Universitária, 164 pg.
- Cantalice, J.R.B.; Cassol, E.A.; Reichert, J. M.; Borges, A. L. O. 2005 Hidráulica do escoamento e transporte de sedimentos em sulcos em solo franco argilo-arenoso. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Volume 29:597-607.
- Carvalho, N. O.; SantoS, P. M. C.; Lima, J. E. F. W. e Chaves, A. G. M. 2001 Produção de sedimentos em função da variabilidade climática. O estudo de caso da área contribuinte ao reservatório de Três Marias, região do Alto São Francisco. Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) – Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas SIH, Brasília, DF 58 pg.
- Casimiro, P. C. 1999 Uso do solo – ecologia da Paisagem. Perspectivas de uma nova abordagem do estudo da paisagem em Geografia. Universidade Nova de Lisboa. Faculdade de Ciências Sociais e Humanas. Série Texto Didático 19 pg.
- Castro, C. B. 1997 Relatório do Projeto de Desenvolvimento de um Plano de Ação para a Conservação dos Recursos Marinhos do Complexo de Abrolhos. Aspectos ambientais do Complexo dos Abrolhos. Convênio Conservation International do Brasil e Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – IBAMA, 84 pg.
- Celino, J. J. & Conceição, H. 1993 Reconhecimento geológico dos granitóides da Faixa de Dobramentos Araçuaí no Extremo Sul da Bahia e Nordeste de Minas Gerais. In: II Simpósio do Cráton do São Francisco, Salvador, SBG/SGM/CNPq. Anais ....Salvador, 252-255.
- Chanton J.P; Martens, C.S; Kipphut, G. W. 1983 Lead-210 sediment geochronology in a changing coastal environment. Geochimica et Cosmochimica Acta 47: 1791-1804.
- Centro de Estatística e informações – CEI 1994 Uso Atual das Terras Centro Sul Sul e Extremo Sul. Série Especiais CEI Número 9 42 pg.
- Cepemar 2005 Relatório do terminal de barcaças de Caravelas monitoramento dos recifes de corais. Relatório técnico Integrado de Turbidez e Deposição de Sedimentos 13 pg.
- Chanton J.P; Martens, C.S; Kipphut, G. W. 1983 Lead-210 sediment geochronology in a changing coastal environment. Geochimica et Cosmochimica Acta 47: 1791-1804.
- Coimbra-Filho, A. F. e Câmara, I. G. 1996 Os limites originais do bioma Mata Atlântica na região nordeste do Brasil. Fundação Brasileira para a Conservação da Natureza 86 pg.

- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC 1976a Diagnóstico Socioeconômico da região cacaueira. Dinâmica do uso da terra. Organizador: Oliveira, J. L. Volume 3, 280 pg.
- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC 1976b Diagnóstico socioeconômico da região cacaueira. Recursos Hídricos. Elaborado por Rocha Filho, A. C. Convênio IICA/ CEPLAC 133 pg.
- Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira - CEPLAC 1997 45 Anos de Desmatamento no Sul da Bahia, Remanescentes da Mata Atlântica - 1945, 1960, 1974, 1990. Projeto Mata Atlântica Nordeste, CEPEC, Organizadores: Mendonça, J. R., Carvalho, A. M.; Matos Silva, L. A.; Thomas, W. W. 1993. Ilhéus, Bahia, Brazil.
- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental – CETESB 2001 Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. Série Relatórios Ambientais 232 pg.
- Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) 2000a Mapa geológico do Estado da Bahia. CD-Rom.
- Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) 2000b Projeto Costa do Descobrimento: Avaliação da Potencialidade Mineral e de Subsídios Ambientais para o Desenvolvimento Sustentado dos Municípios de Belmonte, Santa Cruz de Cabrália, Porto Seguro e Prado. Organizador: Dominguez, J. M. L. Convênio CBPM – CPRM – UFBA,CPGG/LEC. 163 p.
- Companhia Baiana de Pesquisa Mineral (CBPM) 2003 Catálogo de matérias-primas cerâmicas da Bahia. Coordenação: Companhia Baiana de Pesquisa Mineral e Instituto de Pesquisa Tecnológica – São Paulo 95 pg.
- Companhia de Desenvolvimento e Ação Regional (CAR) 1994 Política de desenvolvimento para o Extremo Sul da Bahia. Cadernos CAR, volume 3 Salvador, 142 pg.
- Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM) 2001 Geologia, Tectônica e Recursos Minerais do Brasil: Sistema de Informações Geográficas – SIG e Mapas na escala 1:2.500.000, Brasília CD-Rom.
- Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) Resolução n° 10/1993.
- Coutinho, R.; Villaça, R. C.; Magalhães, C. A.; Guimaraens, M. A.; Apolinário, M.; Muricy, G. 1993 Influência antrópica nos ecossistemas coralinos da região de Abrolhos, Bahia, Brasil. Acta Biológica Leopoldensia. Vol 15 n 01 133-144.

- Cortés, J. N. e Risk, M. J. 1985 A reef under siltation stress: Cahuita, Costa Rica. *Bulletin of Marine Science*, 36 (2) 339-356.
- Córtés, J. 1990 The coral reefs of Golfo Dulce, Costa Rica: distribution and community structure. *Atoll Research Bulletin* 344:1-37.
- Cortés, J. 2003 Coral reefs of the Americas: An introduction to Latin American Coral Reefs. In: Cortés, J. (2003) *Latin American Coral Reefs*. Ed. Elsevier Science B. V. 451 pg.
- Cox, M. E. e Preda, M. 2005 Trace metal distribution within marine and estuarine sediments of western Moreton bay, Queensland, Austrália: relation to land use and setting. *Geographical Research* 43 (2): 173-193.
- Dean, W. 1996. A ferro e fogo. A história e a devastação da Mata Atlântica brasileira. Companhia das Letras, São Paulo, SP 276 pg.
- Delcourt, H. R. 1987 The impact of prehistoric agriculture and land occupation on natural vegetation. *Tree* V. 02 n0 02: 39-44 pg.
- Dedeck, R. A.; Resk, D. V. S.; Freitas Junior, E. 1986 Perdas de solo, água e nutrientes por erosão em latossolo vermelho-escuro sob cerrado em diferentes cultivos sob chuva natural. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, v. 10 n. 03:265-272.
- Dias, N. J. 2001 Os impactos da moderna indústria no Extremo Sul da Bahia: expectativas e frustrações. *Bahia Análise & Dados*. Volume 10, n. 4 320-325 pp.
- Dimitrov, R. S. 2007 Confronting nonregimes: science and international coral reef policy. *Journal of Environment e Development*. Volume 11, n. 1:53-78.
- Dominguez, J. M. L.; Bittencourt, A.C.S.P. e Martin, L. 1992 Controls on Quaternary coastal evolution of the east-northeastern coast of Brazil: roles of sea-level history, trade winds and climate. *Sedimentary Geology*. 80: 213-232.
- Dominguez, J. M. e Bittencourt, A. C. S. P. 1994 Utilização de padrões de sedimentação costeira como indicadores paleoclimáticos (Proxies). *Revisya Brasileira de Geociências* 24 (1) 3-12.
- Dominguez, J. M. L e Leão, Z. M. A. N 1994. Contribution of sedimentary geology to coastal environmental management of the Areembepe region, state of Bahia, Brazil. 14th International Sedimentology Congress, IAS Abstract : J14-J15

- Dutra, L. X. C. 2003 Os efeitos do aporte de sedimentos na vitalidade dos recifes de corais de Abrolhos, Bahia. Universidade Federal da Bahia. Tese de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação de Geologia e Geofísica 91 pg.
- Dutra, L. X. C.; Kikuchi, R. K. P.; Leão, Z. M. A. N. 2006 Effects of sediment accumulation on reef corals from Abrolhos, Bahia, Brazil. *Journal Coastal Research* 39: 633-638.
- Dyer, K. R. 1995 Sediment transport processes in estuaries. *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. Development in Sedimentology*. Edited Perrilo, G. M. E. Elsevier Science: 423-449.
- Echeverria, C. A. 2002 Black corals (Cnidária: Anthozoa:Antipatharia) first records and new species from the brazilian coast. *Revista de Biologia Tropical*. Volume 50 (3-4): 14-19.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) 2007 Monitoramento por Satélite - Projeto SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) CD-Rom.
- Evangelista, H.; Godiva, D.; Sifeddine, A.; Leão, Z. M. A. N.; Rigozo, N. R.; Segal, B.; Ambrizzi, T. Kampel, M.; Kikuchi, R. K. P.; Cornec, F. 2007 Evidences linking ENSO and coral growth in the southwestern – south Atlantic Clim. Dym.
- Fabricius, K. 2005 Effects of terrestrial runoff on the ecology of corals and coral reefs: review and synthesis. *Marine Pollution Bulletin* 50: 125-146.
- Fearnside, P. M. 1989 A ocupação humana de Rondônia: Impactos, limites, planejamento. Brasília: Acessória Editorial e Divulgação Científica 76 pg.
- Fichez, R.; Harris, P.; Jouen, R.; Badie, C.; Fernandez, J. M. 1997 Sedimentary records of human induced environmental changes in the Tahiti lagoon. In: *Proceeding 8 th International Reef Symposium* 2:1833-1838.
- Figueira, R. C. L.; Zanini, K. A.; Tessler, M. G.; Mahiques, M. M.; Saito, R. T.; Cunha, I. I.L. (2003) Levantamento das taxas de sedimentação na região costeira do Estado de São Paulo utilizando o radionuclídeo Cs137 II Congresso sobre Planejamento e Gestão da Zona Costeira dos Países de Expressão Portuguesa e IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário CD-Rom.
- Figueiredo, M. O. 1997 Colonization and growth of crustose coralline algae in Abrolhos, Brazil. *Proceedings 8th International Coral Reef Symposium*., Panamá 1: 689-694.

- Fortunato, F. F. 2004 Sistemas pedológicos nos Tabuleiros Costeiros do litoral norte do estado da Bahia: uma evolução controlada por duricrostas pré-existentes, neotectônica e mudanças paleo-climáticas do Quaternário. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Programa de Pós-Graduação de Geologia e Geofísica 186 pg.
- França, A. M. C.; Coutinho, P. da N.; Summerhayes, C. P. 1976. Sedimentos superficiais da margem continental nordeste brasileira. *Revista Brasileira de geociências* 6: 71-89.
- Gao, S. e Collins, M. 1991 Modelling exchange of natural trace sediments between an estuary and adjacent continental shelf. *Journal of Sedimentary Petrology*, volume 62 n. 01: 35-40.
- Gens, F.; Lessa, G. C.; Cirano, M. Lima, G. M. P. 2003 As tendências de longo prazo das vazões fluviais no litoral do Estado da Bahia. II Congresso sobre Planejamento e Gestão das Zonas Costeiras dos Países de Expressão Portuguesa e IX Congresso da Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA) CD-Rom.
- Godoy, J. M.; Moreira, I.; Bragança, M. J. Wanderley, C. e Mendes, L. B. 1998 A study of Guanabara bay sedimentation rates. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*. Volume 227. Nos. 1 and 2: 157-160.
- Goff, J. R. 1997 A chronology of natural and anthropogenic influences on coastal sedimentation, New Zealand. *Marine Geology* 138: 105-117.
- Goodchild, M. 1987 A spatial analytical perspective on geographical information systems, *International Journal of GIS*, 1(4), 327-334.
- Grainger, A. 1993 Rates of deforestation in the humid tropics: estimates and measurements. *The Geographical Journal*, V. 159, no 1:33-44.
- Haynes, D. e Johnson, J. 2000 Organochlorine, heavy metal and polyaromatic hydrocarbon pollutant concentrations in the Great Barrier reef (Australia) environment: a review. *Marine Pollution Bulletin*. Volume 41, n. (7-12): 267-278.
- Hetzel, B. & Castro, C. B. 1994. Corais do sul da Bahia. Editora Nova Fronteira, 189 pg.
- Heywood, V. H. & Watson, R. T. 1996 Global biodiversity assessment. United Nations Environment – UNESCO 1074 pg.
- Hillel, D. 1980 Fundamentals of soil physics. New York, Academic Press, 413p.

- Hodgson G. e Dixon J. A. 2000 El Nido Revisited: Ecotourism, Logging and Fisheries. In: H. S. J. Cesar (ed.) Collected Essays on the Economics of Coral Reefs. Kalmar, CORDIO, 55-68.
- Holmes, C. W. 1998 Short-Lived Isotopic Chronometers— A Means of Measuring Decadal Sedimentary Dynamics. Report U. S. Geological Survey. Department of the Interior 8 pg.
- Instituto Sócio-Ambiental do Sul da Bahia – (IESB) 2003 Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica no Sul da Bahia. Coordenação: Paulo Inácio Prado (Nepam-UNICAMP), Elena Charlotte Landau (UFMG), Raquel Teixeira de Moura (IESB), Luiz Paulo Pinto (CI-Brasil), Keith Alger (CABS/CI), Gustavo Fonseca (CI). CD\_ROM.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE 1996 Contagem da População 01/08/1996 – CD – ROM.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE 2004 Carta Internacional ao Milionésimo. Base cartográfica integrada digital do Brasil ao milionésimo, versão 1.0 para ArcGis desktop/ArcView. Cd-rom.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE Censos demográficos. Rio de Janeiro: 1991, 2000 e 2004. Disponível em [www.ibge.br](http://www.ibge.br). Consultado em maio de 2005.
- Jacomine, P. K. T. 2001 Evolução do conhecimento sobre solos coesos no Brasil. Anais do Workshop Coesão em Solos dos Tabuleiros Costeiros. Embrapa – Tabuleiros Costeiros, Aracaju, Sergipe 19-46.
- James, N. P. & Kendall, A. C. 1992 Introduction to carbonate and evaporite facies models. In: WALKER, R. G. & JAMES, N. P. Facies Models response to sea level change. Geological Association of Canada, 265-275.
- Jones, B. G.; Killian, H. E.; Chenhall, B. E.; Sloss, C. R. 2003 Anthropogenic effects in a coastal lagoon: geochemical characterization of Burril lake, NSW, Australia. Journal Coastal Research, volume 19. n. 3: 621-632.
- Kauffman E. G. e Fagerstrom J. A. 1993 In: Species Diversity Ecological Communities Historical and Geographical Perspectives. Eds. Robert E. Ricklefs e Dolph Schuter. University of Chicago 315-329.
- Kikuchi, R. K. P. 2000 Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental norte da Bahia, durante o Holoceno. Tese de doutorado. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências, Curso de Pós-Graduação em Geologia.

- Kirchner, G. e Ehlers, H. 1998 Sediment geochronology in changing coastal environments: potentials and limitations of the Cs137 and Pb210 methods. *Journal of Coastal Research*. Volume 14, n. 2: 483-492.
- Knoppers, B.; Ekau, W.; Figueiredo, A. G. 1999 The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. *Geo-Marine Letters* 19:171-178.
- Kowsmann, R. O. e Costa, M. P. A. 1979 Sedimentação quaternária da margem continental brasileira e das áreas oceânicas adjacentes (Relatório Final). Série Projeto REMAC nº 8. Rio de Janeiro, PETROBRÁS, CENPES, DINTEP. 55 pg.
- Laborel, J. L. 1969 Les peuplements de madreporaires des côtes tropicales du Brésil. *Annales De L'Université D'Abidjan*. Série E, Fascicule 3 260 pg.
- Lacerda, L. D.; Pfeiffer, W. C.; Fiszman, M. 1982 Níveis naturais de metais pesados em sedimentos marinhos da baía da Ribeira, Angra dos Reis. *Ciência e Cultura* 34 (7): 921-924.
- Landau, E. C.; Hirsch, A.; Musinky, J. 2003 Cobertura vegetal e uso do solo Sudeste da Bahia – Brasil. Projeto Abordagens ecológicas e investimentos econômicos para o estabelecimento do corredor central da Mata Atlântica. In: IESB (2003) Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica no Sul da Bahia. Coordenação: Paulo Inácio Prado (Nepam-UNICAMP). CD\_ROM.
- Larcombe, P.; Ridd, P.V.; Prytz, A. e Wilson, B. 1995. Factors controlling suspended sediment on inner-shelf coral reefs, Townsville, Australia. *Coral Reefs* 14: 163-171.
- Larcombe, P., Woolfe, K., 1999. Increased sediment supply to the Great Barrier Reef will not increase sediment accumulation at most coral reefs. *Coral Reefs* 18, 163–169.
- Lauer-Leredde, C.; Pezard, P.A.; Robert, C.; Dekeyser, I. 1998 Mineralogical association and physical properties of sediments with palaeoclimatic implications (ODP Site 789B Japan Sea): a comparative study from core and downhole measurements. *Marine Geology* 150: 73-98.
- Leão, Z. M. A. N. 1982 Morphology, geology and developmental history of the southernmost coral reefs of Western Atlantic, Abrolhos Bank, Brazil. Ph.D Dissertation, Rosentiel School of Marine and Atmospheric Science, University of Miami, Florida, USA, 218 pg.
- Leão, Z. M. A. N. 1994 Os recifes de corais do Sul da Bahia. In: Corais do Sul da Bahia, eds. Hetzel, B. e Castro, C. B. Editora Nova Fronteira, Rio de Janeiro, 151-159.

- Leão, Z. M. A. N.; Telles, M. D.; Sforza, R.; Bulhões, H. A. & Kikuchi, R. K. P. 1994 Impact of tourism development on the coral reefs of the Abrolhos area, Brazil. In: R. N. GINSBURG et al. (eds). Global aspects of coral reefs: health, hazards and history. Rosentiel School of marine and Atmospherric Science, University of Miami, Florida 254-260.
- Leão, Z. M. A. N. 1996a. The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 68 (3) :440-452.
- Leão, Z. M. A. N. 1996b Plataforma continental In: BARBOSA, J. S. F. & DOMINGUEZ, J. M. L. (eds.) Mapa geológico do Estado da Bahia: texto explicativo para o mapa geológico ao milionésimo. Salvador, Secretaria da Indústria, Comércio e Mineração. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, SICM/SGM, 185-200.
- Leão, Z. M. A. N. e GINSBURG, R. N. 1997 Living reefs surrounded by siliciclastic sediments: the Abrolhos coastal reefs, Bahia, Brazil In: Lessios, H. A. e Macintyre, I. G. (eds.) Proceedings of the 8 th International Coral Reef Symposium, Panama, 1767-1777.
- Leão, Z. M.A.N.; Kikuchi, R. K. P. 1999 The bahian coral reefs – from 7000 years BP to 2000 years AD. *Ciência e Cultura*, V.51: 262-273.
- Leão, z. M. A. N. e Dominguez, J. M. L. D. 2000 Tropical Coast of Brazil. *Marine Pollution Volume* 41 n. 1-6: 112-122.
- Leão, Z. M. A. N e Kikuchi, R. K. P. 2001 The Abrolhos Reefs of Brazil In: Coastal Marine Ecosystems of Latim América, eds. U. Seeliger and B. Kjerfve. *Ecological Studies*, Springer-Verlag Berlin Volume 144: 83- 96.
- Leão, Z. M. A. N.; Kikuchi, R. K. P.; Testa, V. 2003 Corals and coral reefs of Brazil. In: Cortés, J. (ed.) *Latin America Coral Reefs*. Elsevier Science, 9-52 pg.
- Leão, Z. M. N. e Kikuchi, R. K. P. 2005 A relic coral fauna threatened by global changes and human activities, Eastern Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. Volume 51: 599-611.
- Lee, H. J.; Wang, Ya. P.; Yong, S. C.; Hyung, J. R. 2006 Suspended sediment transport in the coastal area of Jinhae Bay – nakdong Estuary, Korea Strait. *Journal of Coastal Research* 22 (5):1062-1069.
- Leipe, T.; Knoppers, B.; Marone, E.; Camargo, R. 1999 Suspended matter transport in coral reef waters of the Abrolhos Bank, Brazil. *Geo-Marine Letters* 19: 186-195.

- Lessa, G. C.; Teixeira, C. E. P.; Castro, C. 2005 Variabilidade da turbidez e taxas de sedimentação na zona costeira de Caravelas (Ba): existem evidências e impacto das atividades de dragagem do canal do tomba nos recifes coral? Associação Brasileira de Estudos do Quaternário (ABEQUA), Vila Velha, Espírito Santo. CD-Rom.
- Lessa, G. C e Cirano M. 2006 On the Circulation of a Coastal Channel Within the Abrolhos Coral-Reef System - Southern Bahia (17° 40' S), Brazil Journal of Coastal Research, Special Issue 39: 450-453.
- Lima, W. P. 1993 Impacto ambiental do eucalipto. 20 edição. Editora da Universidade São Paulo. São Paulo 301 pg.
- Linton, D. M. e Warner, G. F. 2003 Biological indicators in the Caribbean coastal zone and their role in integrated costal management. Ocean e Coastal Management 46:261-276.
- Maida, M. & Ferreira, B. P. 1997 Coral reefs of Brazil: the overview. In: Proceeding 8 th International Reef Symposium 1:263-274.
- Maida, M.;Pontes, P.A.C.;Ferreira, B.P.; Castro, C. B.; Pires, D. O.I.; Rodrigues, M. C. M.1997 Relatório do Workshop sobre os recifes de corais brasileiros: pesquisa, manejo integrado e conservação, Tamandaré – PE, 30 pg.
- Mann, K. H. 2000 Ecology of coastal waters – with implications for management. Second Edition, Blackwell Science 406 pg.
- Macintyre, I. 1988 Modern coral reefs of Western Atlantic: new geological perspective. Bull. Am. Ass. Petrol. Geol. 72: 1360-1369.
- Maida, M. & Ferreira, B. P. 1997 Coral reefs of Brazil: na overview. In: Proceeding 8 th International Reef Symposium 1: 263-274.
- Martin, L.; J. M. Flexor; Vilas Boas, G.S. & Bittencourt, A. C. S. P. 1978 Curve of variation of relative sea-level during the last 7000 years in a homogeneous section of Braziliam coast (north of Salvador) In: International Symposium on Coastal Evolution in the Quaternary – Brazil. National Working Group for the IGCP 232-253.
- Martin, L.; Bittencourt, A. C. S. P.; Vilas Boas, G. S 1982 Primeira ocorrência de corais pleistocênicos na costa brasileira: datação do máximo da Penúltima Transgressão. Revista de Ciências da Terra, 1: 16-17.

- Martin, L.; Dominguez, J. M. L.; Bittencourt, A. C. S. P. 1998 Climatic control of coastal erosion during a sea-level fall episode. *Anais da Academia Brasileira de Ciências* 70: 249-266.
- Maughan, B. C. 2001 The effects of sedimentation and light on recruitment and development of a temperate subtidal, epifaunal community. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 256:59-71.
- McAllister, D. E. 1988 Environmental, economic and social costs of coral reef destruction in the Philippines *Galaxea* 7: 161-178.
- Meyers, P. A. 1997 Organic geochemical proxies of paleoceanographic, paleolimnologic and paleoclimatic processes. *Organic Geochemistry*. Volume 27. N. 5/6: 213-250.
- Medeanic, S. e Dillenburg, S. R. 2005 Palinology and Pb210 datings: first integrated approach to estimating antropogenic impact on the environment of the Tramandaí lagoon and adjacent areas during the last century. *Journal of Coastal Research* n. 4: 271-276.
- Melo-Ivo, W. M. P. e Ross, S. 2006 Efeito da colheita seletiva de madeira sobre algumas características físicas de um latossolo amarelo sob floresta na Amazônia Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. Volume 29: 597-607.
- Mendonça, J. R., Carvalho, A. M.; MatoS Silva, L. A.; Thomas, W. W. 1993 45 Anos de Desmatamento no Sul da Bahia, Remanescentes da Mata Atlântica - 1945, 1960, 1974, 1990. Projeto Mata Atlântica Nordeste, CEPEC, Ilhéus, Bahia, Brasil.
- Metzger, J. P. 2007 Uma visão global da fragmentação. *Revista Página 22*, fevereiro, número 5: 48-51 pg.
- Milliman, J. D. 1974 *Marine carbonetes*: Heidelberg, Spriger – Verlag, 375 pg.
- Milliman, J. D. 1977 A Synthesis Projeto REMAC. *Coletânea de trabalhos (1971-1975)* volume 1: 483-507.
- Milliman, J.D., Yun-Shan, Q., Mei-E, R. Saito, Y. 1987. Man's Influence on the erosion and Transport of sedimentary by Asian Rivers: the Yellow River (Huanghe) example. *Journal of Geology*, vol 5: 751-762.
- Milliman, J. D. e Syvitski, P. M. (1992) Geomorphic/tectonic control of sediment discharge to the ocean: the importance of small mountainous rivers. *The Journal of Geology*, volume 100:525-544 .

- Ministério do Meio Ambiente (MMA) 1999. Diretrizes para a política de conservação e desenvolvimento sustentável da Mata Atlântica. Caderno no 13. Brasília, DF, Brasil.
- Ministério do Meio Ambiente (MMA) 2006. Seminário de atualização das áreas prioritárias para a conservação, uso sustentável e repartição dos benefícios da biodiversidade da Mata Atlântica – Região Nordeste. Brasília, DF, Brasil.
- Miranda, L. B. e Castro Filho, B. M. 1981 Geostrophic flow conditions of the Brazil Current at 190 S. *Ciência Interamericana*, 22(1-2) 44-48.
- Mitsch, W. J. e Gosselink, J. G. 1993 *Wetlands* second edition. Ed. John Wiley & Sons, 722 pg.
- Mitchell, J.K. 1976 *Fundamentals of soil behavior*. New York, John Wiley, 422 pg.
- Mooney, H. A.; Lubchenco, J.; Dirzo, R.; Sala, O. E. 1995 Biodiversity and ecosystem functioning: ecosystem analyses. In: *Global Biodiversity Assessment Summary for Policy-Makers*. United Nations Environment Programme, 1074 pg.
- Moreau, A. M. S. S.; Ker, J. C.; Costa, L. M. Gomes, F. H. 2006 Caracterização de solos de duas toposseqüências em tabuleiros costeiros do sul da Bahia. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, volume 30 1007-1019.
- Mori, S. A. 1989 Eastern, Extra Amazonian Brazil In: CAMPBELL D. G. HAMMAND, D. (eds.) *Floristic Inventory of Tropical Countries: The status of plant systematics, collection, and vegetation, plus recommendations for the future*. The New York Botanical Garden 545 pg.
- Mount, J. F. 1984 Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments. *Geology* V. 12: 432-435.
- Mullins, C.E.; Macleod, D.A.; Northcote, K.H.; Tisdall, J.M. Young, I.M. 1990 Hardsetting soils: behavior, occurrence and management. *Advanced Soil Science*, 11:37-49.
- Oliveira, M. Q. C. 1999. Impacto de mudanças no uso do solo nas características hidrossedimentológicas da bacia hidrográfica do Rio Joanes e sua repercussão na zona costeira. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado 121 pg.
- Oliveira, R. R.; Bressan, F. A. Silva-Filho, E. V. 1998 Contaminação por metais pesados no sedimento e em compartimento bióticos de manguezais da baía de Guanabara, RJ. *Anais do IV Simpósio de Ecossistemas Brasileiros*. Volume 1, 30-37.

- Oliveira, M. C. O. 2000 Diagnóstico geoambiental em zonas de manguezal da baía de Camamu – Bahia. Tese de Doutorado. Universidade Federal Fluminense. Instituto de Química. Programa de Pós-Graduação em Geoquímica Ambiental.
- Oliveira, P. P. 2003 Registros palinológicos em sedimentos recentes do estuário do rio Caravelas, Bahia. Dissertação de mestrado da Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em Botânica, Feira de Santana, Bahia 24 pg.
- Oliveira, M. J. L & Ghirardi, A. G. 2001 Comercio exterior e meio ambiente: o caso da Bahia Sul Celulose. Bahia Análise & Dados. Volume 10, N. 4 310-319.
- The Open University Ocean Circulation 1989 Pergamon Press 239 pg.
- Ovalle, A.R.C.; Rezende, C.E.; Carvalho, C.E.V.; Jennerjahn, T.C.; Ittekkot, V. 1999 Biogeochemical characteristics of coastal waters adjacent to small river-mangrove systems, East Brazil. Geo-Marine Letters 19:179-185.
- Pádua, J. A. 2002 Um sopro de destruição. Pensamento político e crítica ambiental no Brasil escravista (1786-1888). 2 edição Jorge Zahar 318 pg.
- Patchineelam, S. R. e Smoak, J. M. 1999 Sediment accumulation rates along the inner eastern Brazilian continental shelf. Geo-Marine Letters V. 19, n-03: 196-201.
- Pedreira, M. S. (2004) Complexo florestal, desenvolvimento e reconfiguração do espaço rural: o caso da região do Extremo Sul baiano. Bahia Análise e Dados, Volume 13 nº 04 1005-1018.
- Peters, E. C.; Gasman, N. J. Firman, J. C.; RICHMONDS, R.H. POWER, E. A. 1997 Ecotoxicology of tropical marine ecosystems. Environmental Toxicology and Chemistry 16:12-40.
- Ponzoni, F. J. 2001 Comportamento Espectral da Vegetação In: Meneses, P. R. & Madeira Netto, J. S. Sensoriamento remoto reflectância dos alvos naturais. Editora Universidade de Brasília – UnB e EMBRAPA CERRADOS. Brasília DF 262 pg.
- Prado, P. I.; Landau, E. C.; Moura, R. T.; Pinto, L.P.S.; Fonseca, G.A.B.; Alger, K. (Orgs) 2003. Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia. Publicação em CD-ROM, Ilhéus, IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP.
- Queiroz, I. G. 2003 Produção de sedimento e alterações no regime hidrosedimentológico da bacia hidrográfica do rio Mucuri – repercussão na zona costeira. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia Curso de Pós-Graduação em Geologia 112 pg.

- Ramos, B. S. 2003 Corais e comunidades recifais e sua relação com a sedimentação no banco dos Abrolhos, Brasil. Curso de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, tese de doutorado 142 pg.
- Raw, A. 2001 Ecologia ontem, hoje e amanhã. 2001 Humanidades, número 48. Editora da UnB 54-74.
- Ribeiro, L. P. 1998 Os Latossolos Amarelos do Recôncavo Baiano: gênese, evolução, e degradação. Salvador, FAPEX, 99 pg.
- Robbins, J. A. & Edgington, D. N. 1975 Determination of recent sedimentation rates in Lake Michigan using Pb – 210 and Cs-137. *Geochimica et Cosmochimica Acta* V. 39, 285-304
- Rogers C. S. 1990 Responses of coral reef and reef organisms to sedimentation. *Marine Ecology Progress Series*, 62: 185-202.
- Safatle, A. 2007 A medida certa. Página 22. Número 4, Fundação getúlio Vargas (FGV) 66 p.
- Santos, P. S 1989 Ciência e Tecnologia de Argilas. 2 edição – Editora Edgard Blücher LTDA 276 p.
- Santos, A. L. F.; Queiroz, A. F. S.; Oliveira, M. O. C. Argôlo, J. L.; Carvalho, I. G.; Barbosa, R. M.; Mascarenhas, L. S. 1997 Estudos geoquímicos no manguezal do estuário do rio Joanes, Lauro de Freitas, região metropolitana de Salvador – subsídios para um monitoramento ambiental sistemático. *Anais do VI Congresso Brasileiro de Geoquímica*, Volume 1:184:187.
- Santos, A. L. F.; Queiroz, A. F. S.; Argôlo, J. L.; CARVALHO, I. G.; Barbosa, R. M.; Oliveira, M. O. C. Mascarenhas, L. S.; Santos, I. D.; Rocha, S. A. 1998 Caracterização geoambiental do manguezal do estuário do rio Joanes, Lauro de Freitas, região metropolitana de Salvador – subsídios para um estudo ambiental sistemático. *Revista da Escola de Minas, Ouro Preto*, v.51 (3):67:71.
- Santos, A. N. 2006 Diagnóstico das condições geoambientais da orla marítima da Costa das Baleias, Extremo Sul do Estado da Bahia. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal da Bahia, Curso de Pós-Graduação em Geofísica e Geologia 152 pg.
- Secchin, C. 1986. Abrolhos Parque Nacional Marinho. Editora Cor e Ação, Rio de Janeiro. 128p.
- Silva, A. J. N.; Cabeda, M. S. V.; Lima, J. F. W. F. 2005 Efeito de sistemas de uso e manejo nas propriedades físico-hídricas de um argissolo amarelo de tabuleiro costeiro. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, 29: 833-842.

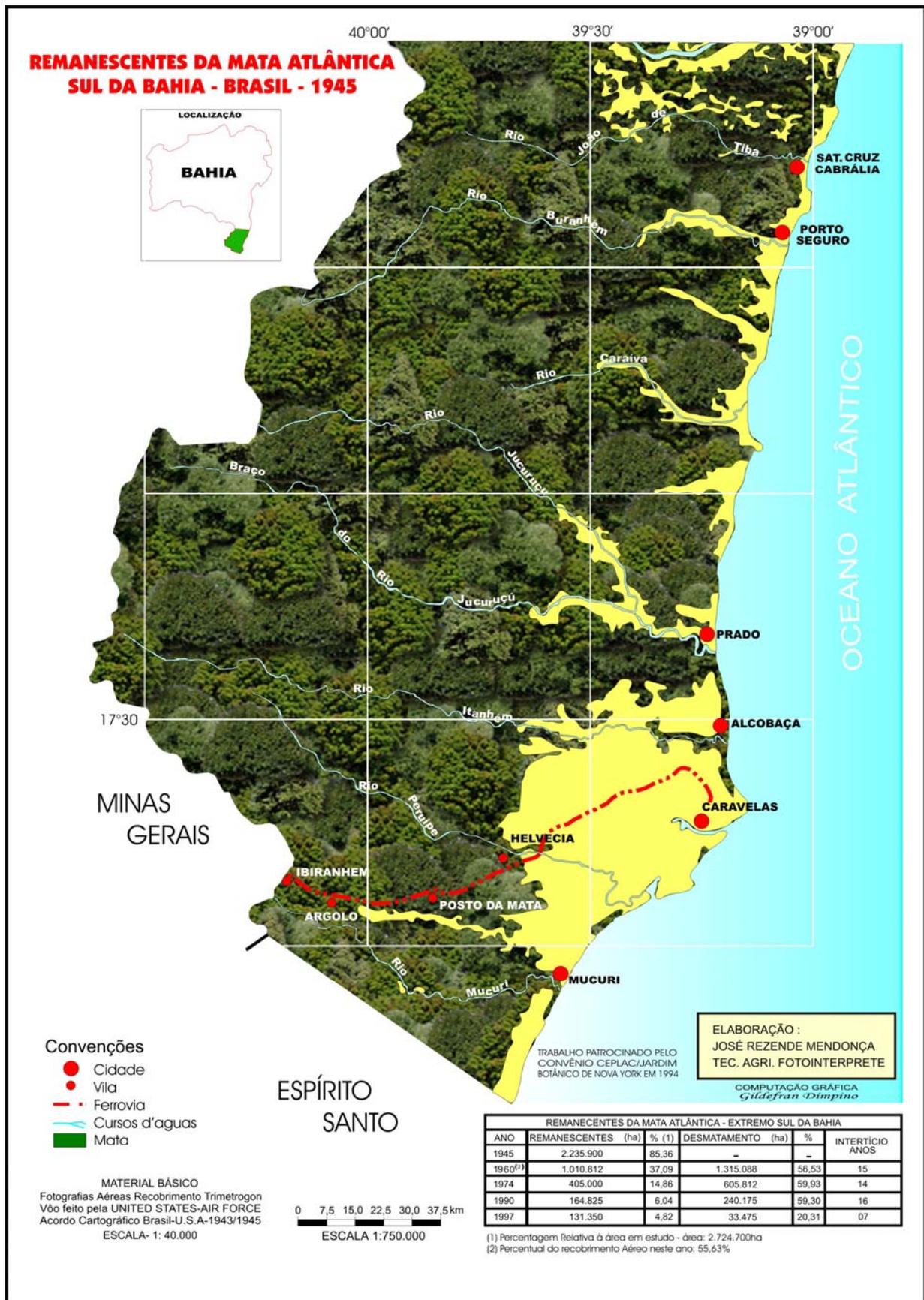
- Silva, A. J. N. 2003 Alterações físicas e químicas de um Argissolo Amarelo coeso sob diferentes sistemas de manejo com cana-de-açúcar. Programa de Pós-Graduação da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 120 pg.
- Silva, J. R. C.; Degloria, S. D.; Philipson, W. R.; McNeil, R. J. 1993 Estudo da mudança de uso da terra através de um sistema de análise georreferenciada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 17: 451-457.
- Silva, L. F. & Mendança, J. R. 2000 Terras avistadas por Cabral (Mata Atlântica) 500 anos de devastação. Editus. Ilhéus 38 pg.
- Silvera, I. C. A.; Schmidt, A. C. K.; Campos, E. J. D.; Godoi, S. S. Ikeda, Y. 2000 A Corrente do Brasil ao largo da costa leste brasileira. Revista Brasileira de Oceanografia 48 (2) 171-183.
- Silvera, I. C. A.; Ribeiro, E. O.; Lima, J. M. L.; Mattos, R. A.; Fernandes, F. P. A. Soutelino, R. G.; Leal, C. A. 2005 Caracterização oceanográfica da bacia do Espírito Santo e da região de Abrolhos. II Congresso Brasileiro de Oceanografia, Vitória, Espírito Santo. CD-Rom.
- Sos Mata Atlântica (1992). Dossiê Mata Atlântica. Fundação Mata Atlântica, São Paulo.
- Sos Mata Atlântica e Instituto Nacional de Pesquisa Espacial (INPE) 2002 Atlas dos remanescentes florestais da Mata Atlântica período: 1995-2000. Relatório Final.
- Suguio, K. 1999 Geologia do Quaternário e Mudanças Ambientais: (passado + presente = futuro) Paulo's Editora 366p.
- Summerhayes, C. P.; Coutinho, P.N.; França, A. M. C. e Ellis, J. P. 1977 Background Salvador to Fortaleza, Northeastern Brazil. Projeto REMAC.Coletânea de trabalhos 1971 a 1975, volume 1.
- Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – (SEI) 2001 Anuário Estatístico da Bahia - 2001. Série Estudos e Pesquisas, volume 15, Salvador 732 pg.
- Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia – (SEI) 2003 Dinâmica sócio-demográfica da Bahia: 1980 – 2000. Série Estudos e Pesquisas, volume 2, Salvador 447 pg.
- Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas (SIH) 2001 Produção de sedimentos em função da variabilidade climática. O estudo de caso da área contribuinte ao reservatório de Três Marias, região do Alto São Francisco. Organizadores: Carvalho, N. O.; Santos, P. M C.; Lima, J. E. F. W.; Chaves, A. G. M. Brasília, Distrito Federal 74 pg.

- Sussko, R. J. e Davis JR. R. A. 1992 Siliciclastic – to – carbonate transition on the inner shelf embayment, southwest Florida. *Marine Geology* 107: 51-60.
- Swank, W. T. e Bolstad, P. V. 1994 Cumulative effects of land use practices on water quality. Hydrological, chemical and biological processes of transformation and transport of contaminants in aquatic environment. *Proceedings of the Rostov – on – Don Symposium*, n. 219: 409-421.
- Swift D.J.P., Thorne J.A. 1991. Sedimentation on continental margins, I: a general model for shelf sedimentation. In: D.J.P. Swift. (ed.) *Concepts of continental margin sedimentation.* , IAS. 3-31.
- Teixeira, C. E. P. 2006 Caracterização e variabilidade da hidrodinâmica da zona costeira adjacente ao banco dos Abrolhos. Dissertação de mestrado Universidade São Paulo, Instituto Oceanográfico 109 pg.
- Testa, V. 1997 Calcareous algae and corals in the inner shelf of Rio Grande do Norte, NE Brazil. *Proceedings 8 th International Reef Symposium, Panama* 1: 737-742.
- Testa, V. e Bosence, D.W.J. 1998. Carbonate-siliciclastic sedimentation on a high-energy, ocean-facing, tropical ramp, NE Brazil. In: V.P. Wright & T. Burchette (eds.), *Carbonate Ramps: oceanographic and biological controls, modeling and dia-genesis.* Geol. Soc. London, Spec. Pub. 149: 55-71.
- Testa, V. e Bosence, D.W.J. 1999. Biological and physical control on the bedform ge-neration in the Rio Grande do Norte inner shelf, Brazil. *Sedimentology* 46: 279-301.
- Tessler, M. G. e Mahiques, M. M. 2003 Processos oceânicos e a fisiografia dos fundos marinhos. In: Teixeira, W. Toledo, M. C. M. Fairchild, T.R. Taioli, F. 2003 *Decifrando a Terra.* Oficina de Texto 261-284 p.
- Thomas, W. Carvalho, A. M. Herrera-MacBryde 1997 Atlantic Moist Forest of Southern Bahia – South-eastern Brazil. In: Heywood, V. H. & Davis, S. D. 1997 *Centre of Plant Diversity. A guide and strategy for their conservation.* Volume 3 The Americas 562 pg.
- Thomas, W. 2003 Natural Vegetation Types in Southern Bahia In: Prado, P. I.; Landau, E. C.; Moura, R. T.; Pinto, L.P.S.; Fonseca, G.A.B.; Alger, K. (Orgs) 2003. *Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia.* Publicação em CD-ROM, Ilhéus, IESB/CI/CABS/UFMG/UNICAMP.
- Tintelnot, M.; Brichta, A.; Morais, J. O.; Irion, G. 1994 Clay mineralogy of river sediments on the Brazilian coast. *Anais do XXXIX Congresso Brasileiro de Geologia.* Volume 1, 317-319 pg.

- Tuan, V. V. 1993 Evaluation of the impact of deforestation to inflow regime of the Hoa Binh, in Vietnam. Hydrology of warm humid regions. Proceedings of the Yokohama Symposium, July, n. 216: 135-138.
- Tucci, C. E. M. 2002 Impactos da variabilidade climática e uso do solo sobre os recursos hídricos. Relatório da ANA – Agência Nacional de Águas para a Câmara Temática sobre Recursos Hídricos do Fórum brasileiro de Mudanças Climáticas 150 p.
- Tucci, C. E. M. 1987. Hidrologia Ciência e Aplicação. In: Tucci, E. M. Hidrologia Ciência e Aplicação. 2ª Edição. Porto Alegre: Editora da Universidade: ABRH, 391-441.
- Tucci, C. E. M. & Clarke, R. T. 1997 Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Volume 2 no 1: 135-152.
- Tonhasca Junior, A. 2004 Os Serviços Ecológicos da Mata Atlântica. Ciência Hoje Volume 35 N° 205 64-67 pg.
- Universidade Federal de Viçosa (UFV) 1984 Caracterização de solos e avaliação dos principais sistemas de manejo dos tabuleiros costeiros do Baixo Rio Doce e das Regiões Norte do Estado do Espírito Santo e sua interpretação para uso agrícola. Viçosa, (Relatório Convênio 545/81) 153 pg.
- Valette-Silver, N. 1993 The use of sediment cores to reconstruct historical trends in contamination of estuarine and coastal sediments. Estuaries 16: 577-588.
- van der Plas, M.C. & Bruijnzeel, L.A. 1993 Impact of mechanized selective logging of rainforest on topsoil infiltrability in the Upper Segama area, Sabah, Malaysia. In: HYDROLOGY OF WARM HUMID REGIONS - YOKOHAMA SYMPOSIUM, 1993. Proceedings. Local, IAHS, 203-211.
- Wilkinson, C. R. e Buddemeier, R. W. 1994 Global climate change and coral reefs: implications for people and reefs. Report of the UNEP, IOC, ASPEI e IUCN global task team on the implications of climate change on coral reefs. 62 pg.
- Wilson, E. O. 1997. Biodiversidade. Editora Nova Fronteira. 3-24.
- Wolanski, E. e Spagnol, S. 2000 Pollution by mud of Great Barrier Reef coastal water. Journal of Coastal Research. Volume 16. N. 04 1151-1156.

## **APÊNDICES**

Apêndice 1



# REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA SUL DA BAHIA - BRASIL - 1960



- Convenções**
- Cidade
  - Vila
  - Rodovia não pavimentada
  - - - Cobertura fotográfica
  - ~ Cursos d'água
  - Mata

MATERIAL BÁSICO  
Fotografias Aéreas verticais pancromática.  
Vôo feito pelos Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul RJ,-1959/1960-Covênio Petrobrás.  
ESCALA- 1: 25.000

ESPÍRITO SANTO

0 7,5 15,0 22,5 30,0 37,5 km  
ESCALA 1:750.000

TRABALHO PATROCINADO PELO  
CONVÊNIO CEPLAC/JARDIM  
BOTÂNICO DE NOVA YORK EM 1994

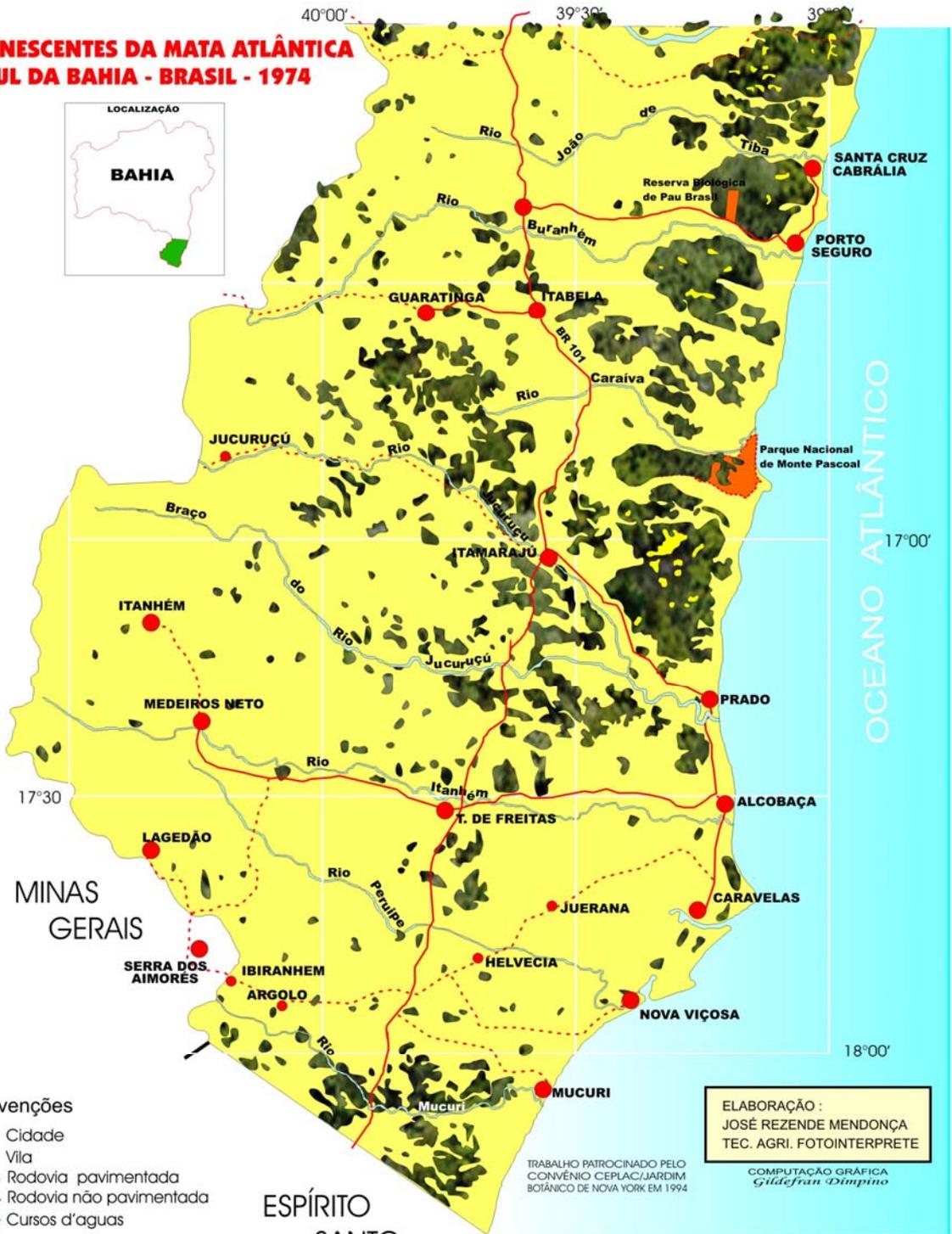
ELABORAÇÃO :  
JOSÉ REZENDE MENDONÇA  
TEC. AGRI. FOTOINTERPRETE

COMPUTAÇÃO GRÁFICA  
Gildefran Dimpino

REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA - EXTREMO SUL DA BAHIA						
ANO	REMANESCENTES (ha)	% (1)	DESMATAMENTO (ha)	%	INTERTÍCIO ANOS	
1945	2.235.900	85,36	-	-	-	
1960 <sup>(2)</sup>	1.010.812	37,09	1.315.088	58,93	15	
1974	405.000	14,86	605.812	59,93	14	
1990	164.825	6,04	240.175	59,30	16	
1997	131.350	4,82	33.475	20,31	07	

(1) Percentagem Relativa à área em estudo - área: 2.724.700ha  
(2) Percentual do recobrimento Aéreo neste ano: 55,63%

# REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA SUL DA BAHIA - BRASIL - 1974



### Convenções

- Cidade
- Vila
- Rodovia pavimentada
- - - Rodovia não pavimentada
- Cursos d'água
- Mata
- Área de preservação

MATERIAL BÁSICO  
Fotografias Aéreas verticais panorâmicas.  
Vão feito pelos Serviços Aéreos Cruzeiro do Sul e Geofoto - RJ.-1973/1974.

ESCALA- 1: 108.000



ESCALA 1:750.000

ESPÍRITO SANTO

ELABORAÇÃO :  
JOSÉ REZENDE MENDONÇA  
TEC. AGRÍ. FOTOINTERPRETE

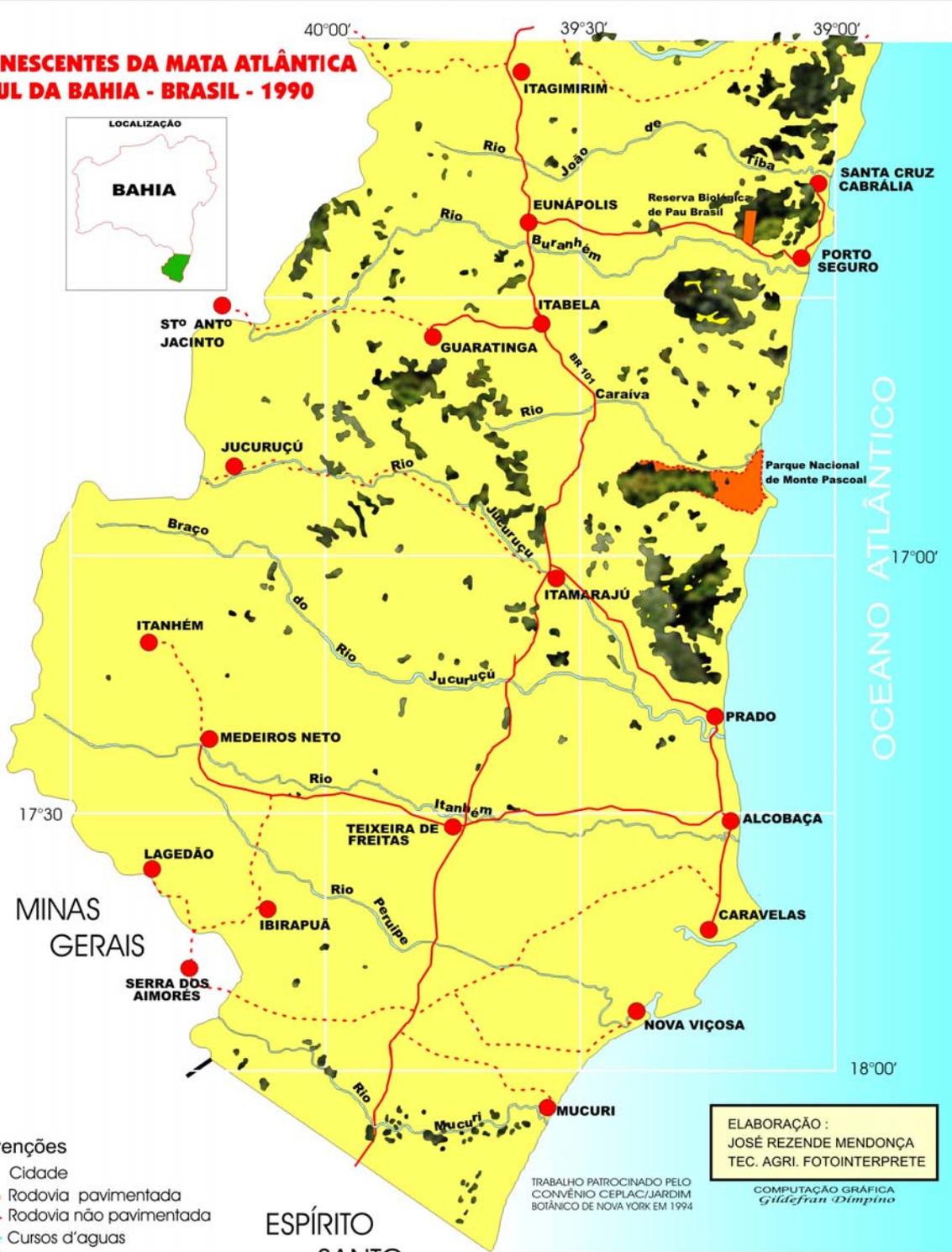
TRABALHO PATROCINADO PELO  
CONVÊNIO CEPLAC/JARDIM  
BOTÂNICO DE NOVA YORK EM 1994

COMPUTAÇÃO GRÁFICA  
*Gildefran Dimpino*

REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA - EXTREMO SUL DA BAHIA					
ANO	REMANESCENTES (ha)	% (1)	DESMATAMENTO (ha)	%	INTERTÍCIO ANOS
1945	2.235.900	85,36	-	-	-
1960 <sup>(1)</sup>	1.010.812	37,09	1.315.088	58,53	15
1974	405.000	14,86	605.812	59,93	14
1990	164.825	6,04	240.175	59,30	16
1997	131.350	4,82	33.475	20,31	07

(1) Percentagem Relativa à área em estudo - área: 2.724.700ha  
(2) Percentual do recobrimento Aéreo neste ano: 55,63%

# REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA SUL DA BAHIA - BRASIL - 1990

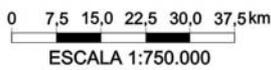


### Convenções

- Cidade
- Rodovia pavimentada
- - - Rodovia não pavimentada
- ~ Cursos d'água
- Mata
- Área de preservação

### MATERIAL BÁSICO

Redução e Adaptação das Folhas 1:250.000, denominadas Guaratinga (SE-24-V-B/X-A) e Nanaque (SE-24-V-D). Elaboradas pelo convênio Fundação SOS- Mata Atlântica- INPE, com informações obtidas através da interpretação visual de imagens TM do Sistema Landsat e apoio de campo



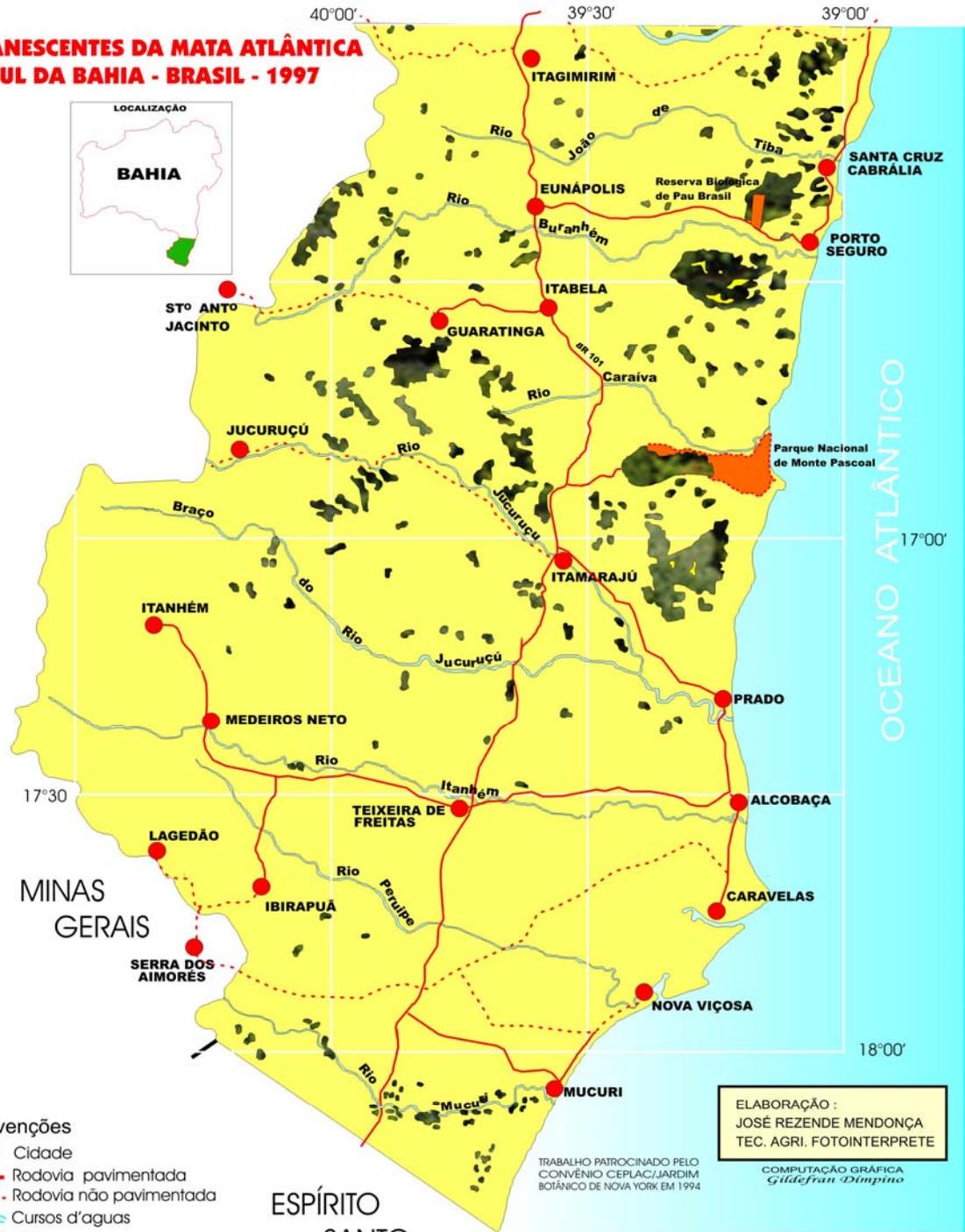
ELABORAÇÃO :  
JOSÉ REZENDE MENDONÇA  
TEC. AGRI. FOTOINTERPRETE

COMPUTAÇÃO GRÁFICA  
Gildefran Dimpino

REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA - EXTREMO SUL DA BAHIA					
ANO	REMANESCENTES (ha)	% (1)	DESMATAMENTO (ha)	%	INTERÍCIO ANOS
1945	2.235.900	85,36	-	-	-
1960 <sup>(2)</sup>	1.010.812	37,09	1.315.088	56,53	15
1974	405.000	14,86	605.812	59,93	14
1990	164.825	6,04	240.175	59,30	16
1997	131.350	4,82	33.475	20,31	07

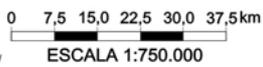
(1) Percentagem Relativa à área em estudo - área: 2.724.700ha  
(2) Percentual do recobrimeto Aéreo neste ano: 55,63%

# REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA SUL DA BAHIA - BRASIL - 1997



- Convenções**
- Cidade
  - Rodovia pavimentada
  - - - Rodovia não pavimentada
  - Cursos d'água
  - Mata
  - Área de preservação

**MATERIAL BÁSICO**  
 Redução com Pantógrafo Óptico da CEPLAC e adaptação de imagens de satélite, na escala de 1:250.000. Ano 1997, adquiridas ao INPE pela APROCEB. Fotointerpretação e informações obtidas através da interpretação visual de imagem TM do sistema LANSAT e comparadas as imagens do ano de 1990. Patrocinado pelo convênio CEPLAC/Jardim Botânico de Nova York.



ESPÍRITO SANTO

ELABORAÇÃO :  
 JOSÉ REZENDE MENDONÇA  
 TEC. AGRI. FOTOINTERPRETE

TRABALHO PATROCINADO PELO  
 CONVÊNIO CEPLAC/JARDIM  
 BOTÂNICO DE NOVA YORK EM 1994

COMPUTAÇÃO GRÁFICA  
 Gildefran Dimpino

REMANESCENTES DA MATA ATLÂNTICA - EXTREMO SUL DA BAHIA					
ANO	REMANESCENTES (ha)	% (1)	DESMATAMENTO (ha)	%	INTERJÍCIO ANOS
1945	2.235.900	85,36	-	-	-
1960 <sup>(2)</sup>	1.010.812	37,09	1.315.088	58,53	15
1974	405.000	14,86	605.812	59,93	14
1990	164.825	6,04	240.175	59,30	16
1997	131.350	4,82	33.475	20,31	07

(1) Percentagem Relativa à área em estudo - área: 2.724.700ha  
 (2) Percentual do recobrimento Aéreo neste ano: 55,63%

Apêndice 2 – Coleta e processamento dos testemunhos utilizados neste trabalho.



Coleta do testemunho de sondagem, retirado no entorno recifal.



Aspecto geral do testemunho retirado na Planície Costeira de Abrolhos.

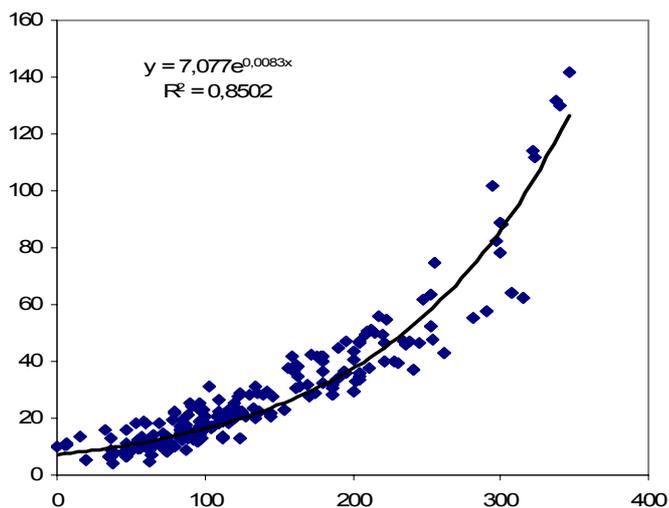


Aspecto geral do testemunho retirado no arco costeiro de Abrolhos.

Apêndice 3 – Curvas-chave para as estações fluviométricas estudadas.

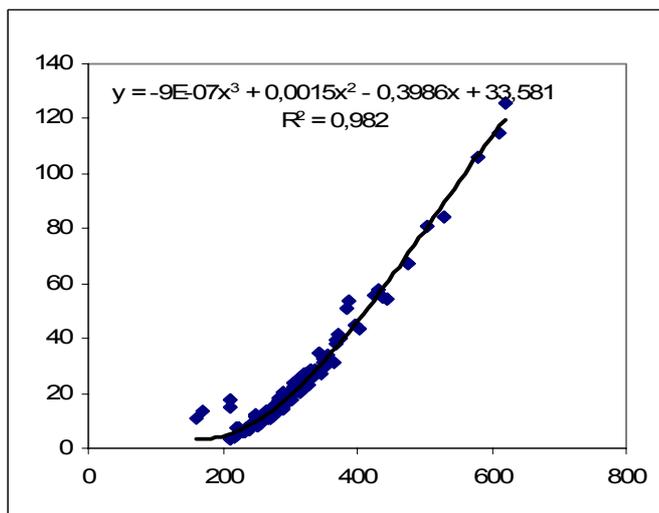
Posto 55340000 – rio Jucuruçu

Q	resumo	série	Resultado	Q
1954-2002	142	373	2,6	C
<b>H</b>				
1954-2002	346	501	1,4	C



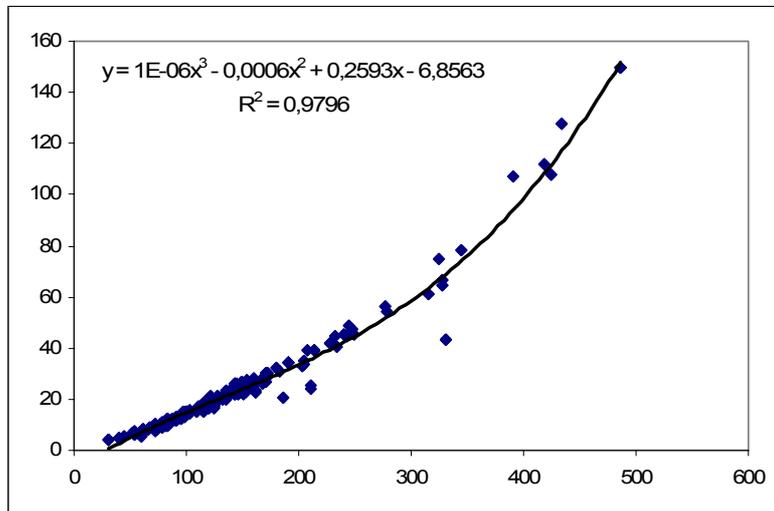
Posto 55370000 – rio Jucuruçu

Q	resumo	série	Resultado	Q
1954-2002	126	251	2,0	C
<b>H</b>				
1954-2002	620	908	1,5	C



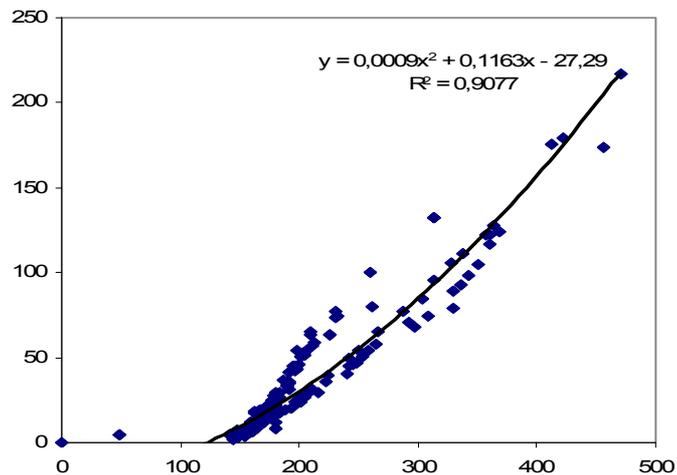
Posto 55380000 – rio Jucuruçu

Q	resumo	série	Resultado	Q
1954-2002	150	204	1,4	B
<b>H</b>				
1954-2002	486	596	1,2	B



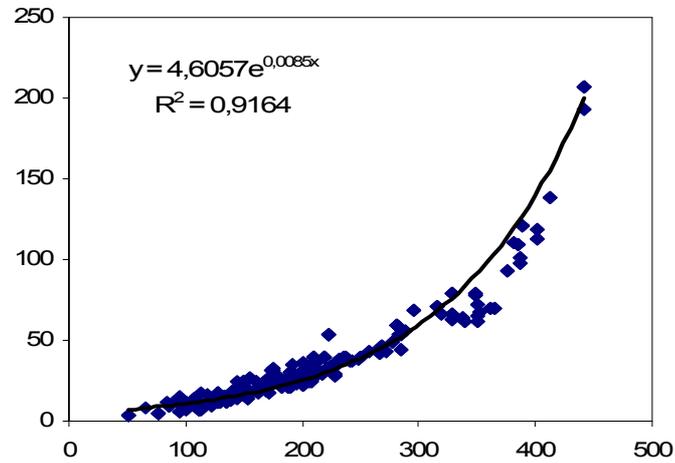
Posto 55460000 – rio Itanhém

Q	resumo	série	Resultado	Q
1969-2002	217	432	2,0	C
<b>H</b>				
1969-2002	470	608	1,3	C



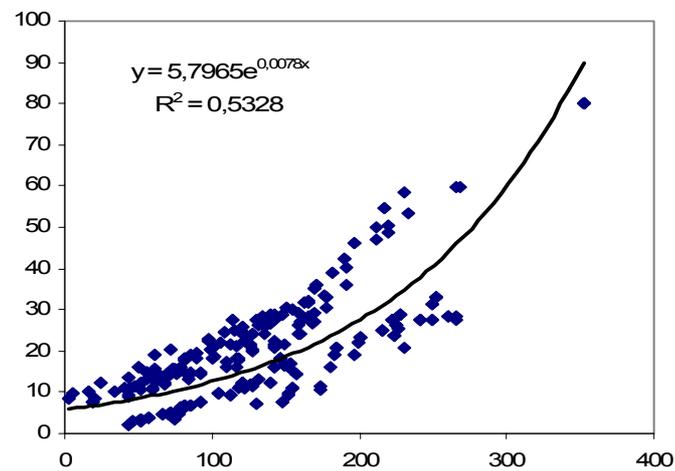
Posto 55490000 – rio Itanhém

Q	resumo	série	Resultado	Q
1952-2002	207	459	2,2	C
<b>H</b>				
1952-2002	442	590	1,3	C



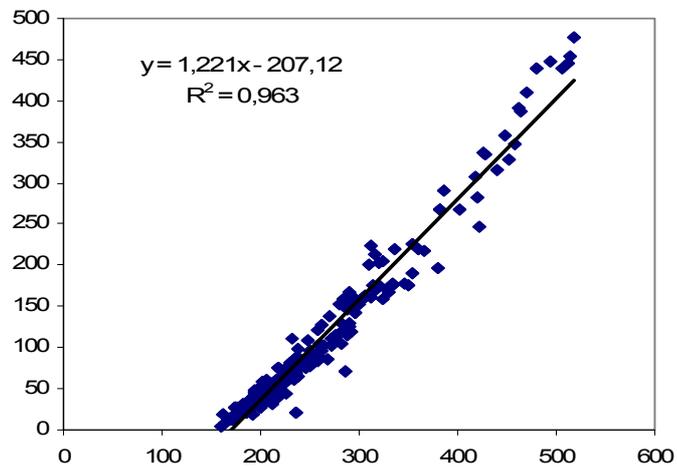
Posto 55510000 – rio Peruípe

Q	resumo	série	Resultado	Q
1975-2002	80,2	99,8	1,2	B
<b>H</b>				
1975-2002	352	415	1,2	B



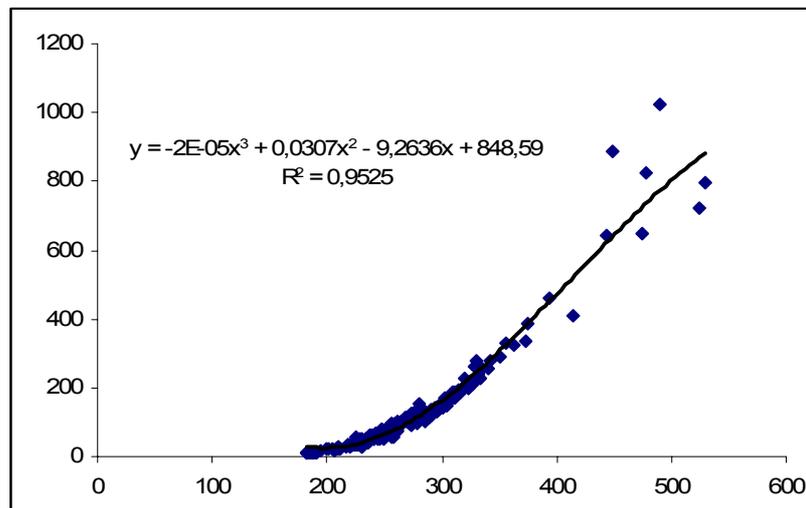
Posto 55630000 – rio Mucuri

Q	resumo	série	Resultado	Q
1940-2001	477	839	1,8	C
<b>H</b>				
1940-2001	517	714	1,4	B



Posto 55700000 – rio Mucuri

Q	resumo	série	Resultado	Q
1940-2001	1022	1174	1,1	A
<b>H</b>				
1940-2001	529	610	1,2	B



Apêndice 4 - Panorama sócio-econômico dos municípios do Extremo Sul da Bahia. Dados extraídos dos sites www.ibge.gov.br e www.sei.ba.gov.br.

Municípios	Área (km <sup>2</sup> )	População Total (2000)	População Total (2004)	Taxa (2000/04)	Densidade Demográfica (2004) *	PIB <sup>(1)</sup> (1999)	PIB <sup>(1)</sup> (2004)	IDH (1991)	IDH <sup>(2)</sup> (2000)	IDE (2000)	Classificação (IDE) **	IDS (2000)	Classificação (IDS) **
Alcobaça	1.510,9	20.900	23.323	2.840	15.49	2.963,48	4.899,33	0,506	0,637	4.992,65	98°	5.030,74	86°
Belmonte	2.016,8	20.032	18.986	-1.360	9.45	1.895,07	4.430,03	0,493	0,618	4.990,62	132°	5.021,23	105°
Caravelas	2.369,1	20.103	20.733	0.791	8.78	3.497,26	5.497,54	0,488	0,668	4.994,26	75°	5.039,96	78°
Eunápolis	1.197,3	84.120	91.085	2.052	76.11	2.558,66	6.960,65	0,607	0,704	5.018,69	24°	5.129,82	17°
Guaratinga	2.334,6	24.319	23.743	-0.610	10.22	1.712,37	4.571,78	0,488	0,593	4.989,32	190°	4.978,21	239°
Ibirapoã	788,6	7.096	6.483	-2.280	8.25	2.603,74	6.211,57	0,570	0,673	4.988,27	256°	5.017,05	118°
Itabela	857,6	25.746	28.259	2.406	33.12	1.754,65	3.473,85	0,523	0,637	4.991,71	110°	5.050,42	64°
Itagimirim	820,3	7.728	7.646	-0.272	9.36	2.264,92	5.321,08	0,511	0,633	4.988,40	243°	5.023,50	98°
Itamaraju	2.377,7	64.144	64.060	-0.033	27.03	2.235,24	4.185,81	0,554	0,650	5.006,92	30°	5.082,84	41°
Itanhém	1.449,8	21.334	20.364	-1.181	14.09	2.019,84	4.328,43	0,567	0,674	4.991,32	119°	5.039,02	80°
Itapebi	975,2	11.126	11.151	0.057	11.47	4.208,49	20.228,60	0,504	0,637	4.997,06	54°	5.013,84	129°
Jucuruçu	1.443,2	12.377	10.512	-4.084	7.31	1.703,57	4.741,31	0,449	0,583	4.987,63	328°	4.947,41	355°
Lagedão	615,8	3.409	3.199	-1.610	5.21	5.094,46	11.131,51	0,562	0,639	4.988,49	236°	5.116,53	24°
Medeiros Neto	1.250,0	21.235	20.299	-1.144	16.29	2.785,54	4.532,06	0,591	0,682	4.996,03	60°	5.095,96	33°
Mucuri	1.779,7	28.062	33.427	4.568	18.83	17.138,42	24.337,23	0,525	0,690	5.056,36	14°	5.107,48	29°
Nova Viçosa	1.330,4	32.076	35.414	2.560	26.70	2.325,18	4.435,48	0,549	0,658	5.000,32	44°	5.087,49	38°
Porto Seguro	2.416,6	95.721	127.048	7.496	52.75	2.420,12	2.910,57	0,590	0,699	5.033,39	17°	5.067,66	48°
Prado	1.670,1	26.498	28.481	1.860	17.11	3.009,73	5.987,47	0,516	0,665	4.995,72	64°	5.050,82	62°
Santa Cruz de Cabralia	250,9	23.888	32.791	8.424	21.14	2.180,97	2.300,11	0,561	0,688	4.993,00	91°	5.028,62	90°
Teixeira de Freitas	1.157,4	107.486	118.681	2.562	102.86	2.300,25	3.710,29	0,599	0,698	5.030,28	20°	5.144,58	14°
Vereda	831,6	7.450	6.699	-2.676	8.08	2.776,41	6.406,98	0,523	0,597	4.988,07	281	4.992,63	182°

\* hab./km<sup>2</sup>.

\*\* Dentre os 417 municípios baianos.

(1) Em R\$ 1,00. Valor per capita.

(2) O IDH médio do Estado da Bahia nos anos de 1991 e 2000 era respectivamente 0,601 e 0,693 enquanto para o Extremo Sul da Bahia o IDH em 1991 era de 0,537 e em 2000 de 0,653.

## FOTOS

---



Foto 1 – Pastagens extensivas inseridas na planície costeira de Caravelas, ao fundo restinga arbórea.



Foto 2 - Maciços florestais de *Eucalyptus sp.* principal vetor de desenvolvimento econômico da região, Extremo Sul da Bahia.



Foto 3 – Associação entre silvicultura e pecuária, duas das mais importantes atividades econômicas da região Extremo Sul da Bahia.



Foto 4 – Porto da cidade de Alcobaça, esta região conta com uma das maiores frotas pesqueiras do Estado.



Foto 5 – Pastagens, matriz da paisagem no Extremo Sul da Bahia.



Foto 6 – Vale do rio Jucuruçu, no município de Prado, vegetação natural, substituída por pastagens e plantio de eucalipto ao fundo.