



**UNIVERSIDADE CATÓLICA DO SALVADOR
SUPERINTENDÊNCIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM PLANEJAMENTO AMBIENTAL**

MANUEL VITOR PORTUGAL GONÇALVES

**ANÁLISE DE PLANTAS DE MANGUE COMO BIOINDICADORAS DA
QUALIDADE AMBIENTAL NAS ILHAS DE TINHARÉ E BOIPEBA,
MUNICÍPIO DE CAIRU, BAHIA, BRASIL**

**Salvador
2010**

MANUEL VITOR PORTUGAL GONÇALVES

**ANÁLISE DE PLANTAS DE MANGUE COMO BIOINDICADORAS DA
QUALIDADE AMBIENTAL NAS ILHAS DE TINHARÉ E BOIPEBA,
MUNICÍPIO DE CAIRU, BAHIA, BRASIL**

Dissertação apresentada ao Mestrado Profissional em
Planejamento Ambiental da Universidade Católica do
Salvador, como requisito parcial para a obtenção do Grau
de Mestre.

Orientador: Profa. Dra. Iracema Reimão Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Juan Carlos Rossi

Salvador
2010



Universidade Católica do Salvador

Superintendência de Pesquisa e Pós-Graduação

Mestrado Profissional em Planejamento Ambiental

Homologado pelo CNE (Portaria Nº 73, 17/01/2007)

TERMO DE APROVAÇÃO

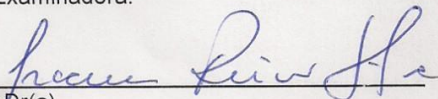
Manuel Vitor Portugal Gonçalves

Análise de Plantas de Mangue como Bioindicadoras da Qualidade Ambiental nas Ilhas de Tinharé e Boipeba, Município de Cairu, Bahia, Brasil.

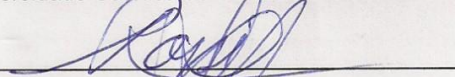
Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de mestre em Planejamento Ambiental.

Salvador, 01 de junho de 2010.

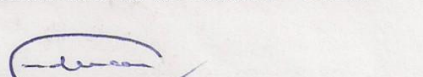
Banca Examinadora:



Prof(a). Dr(a).
Orientador (a) : Iracema Reimão Silva
Doutor em Geologia Marinha, Costeira e Sedimentar
Universidade Católica do Salvador - UCSAL



Prof(a). Dr(a).
Co-orientador Juan Carlos Rossi Alva
Doutor em Bioquímica
Universidade Católica do Salvador - UCSal



Prof(a). Dr(a).
Cristina Maria Macêdo de Alencar
Doutor em Ciências Sociais em Desenvolvimento, Agricultura e Sociedade
Universidade Católica do Salvador - UCSal



Prof(a). Dr(a).
Karina Santos Garcia
Doutor em Geoquímica
Universidade Federal da Bahia - UFBA

O homem, bicho da terra tão pequeno
Chateia-se na terra
Lugar de muita miséria e pouca diversão,
Faz um foguete, uma cápsula, um módulo
Toca para a lua
Desce cauteloso na lua
Pisa na lua
Planta bandeirola na lua
Experimenta a lua
Coloniza a lua
Civiliza a lua
Humaniza a lua.

[...]

O espaço todo vira terra-a-terra.
O homem chega ao sol ou dá uma volta
Só para terer?
Não-vê que ele inventa
Roupa insiderável de viver no sol.
Põe o pé e:
Mas que chato é o sol, falso touro
Espanhol domado.

Restam outros sistemas fora
Do solar a colonizar.
Ao acabarem todos
Só resta ao homem
(estará equipado?)
A difícilima dangerousíssima viagem
De si a si mesmo:
Pôr o pé no chão
Do seu coração
Experimentar
Colonizar
Civilizar
Humanizar
O homem
Descobrimo em suas próprias inexploradas entranhas
A perene, insuspeitada alegria
De con-viver.

Carlos Drummond de Andrade, O Homem, As Viagens.

AGRADECIMENTOS

A Deus;

Aos meus pais José Mario e Maria Arlinda por sempre acreditarem em mim;

Aos meus tios Elson, João e Elza pelo apoio e incentivo a minha educação;

A memória da minha avó Matilde pelo cuidado que teve comigo;

Aos meus verdadeiros amigos pela paciência em ouvir-me;

A minha companheira Yarasarrath Lyra pelo cuidado, escuta e amor;

Aos professores e colegas Sérgio Batista e Aline Franca, e a diretora Selma Sampaio do Colégio Estadual Henrique Brito pela compreensão da importância deste trabalho;

Aos professores da Pós-Graduação em Gestão e Auditoria Ambiental da FACCEBA, especialmente a Dr. Jorge Carvalho;

A Prof. Dr. Altino Bonfim Jr. (UFBA) pelos debates sobre a questão ambiental e minha introdução à sociologia ambiental;

Agradeço, com reverência, a minha orientadora Profa. Dra. Iracema Reimão Silva (UFBA) e ao co-orientador Prof. Dr. Juan Carlos Rossi pela grande ajuda à realização desta dissertação.

Ao apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia – FAPESB, através do financiamento do Projeto Avaliação dos Possíveis Impactos das Atividades de Exploração de Petróleo e Gás nas Ilhas de Tinharé e Boipeba, município de Cairu, BA;

A colaboração do Laboratório de Estudos de Meio Ambiente – LEMA, da Universidade Católica do Salvador (UCSAL) por ceder sua infra-estrutura, seus técnicos e estagiários para a realização das fases de Campo e Análises Laboratoriais;

Ao Laboratório Núcleo de Estudos de Ambientais - NEA, da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela cooperação técnica e de infra-estruturara na etapa de Análises Laboratoriais, especificamente para a Abertura e Leitura das amostras de folha de mangue, em especial a Profa. Dra. Karina Santos Garcia.

A Jorge Maia, Sarah Rocha e Marcos Melo (UFBA), Vanice Fontes e o Wilson Nascimento de Matos (UCSAL);

A colaboração do Grupo de Pesquisa Desenvolvimento, Sociedade e Natureza - DSN, no âmbito da Superintendência de Pesquisa e Pós-Graduação (SPPG) da UCSAL;

A colaboração do Grupo de Pesquisa Núcleo de Estudos em Biotecnologia e Conservação – NEBIC da UCSAL, especialmente a Profa. Dra. Cristina Maria Macêdo de Alencar.

RESUMO

As ilhas de Tinharé e Boipeba, situadas no Litoral Sul, do Estado da Bahia, possuem ricos sistemas e ecossistemas costeiros, em especial importantes áreas de recifes de corais e de manguezais estuarinos e em franja, distribuídos na zona costeira de ambas as ilhas. Estes atributos naturais, associados ao relevante patrimônio sócio-histórico colonial, fizeram destas ilhas importantes destinos turísticos, sendo esta atividade mais consolidada e com maior infraestrutura na localidade de Morro de São Paulo, em Tinharé. O presente estudo tem como objetivo principal realizar uma análise de espécie de plantas de mangue como bioindicadoras da qualidade ambiental nas ilhas de Tinharé e Boipeba. A região Sul da Bahia, nos últimos anos, tem sido alvo de interesse de diversas empresas petrolíferas, algumas já em atividade de pesquisa e exploração de gás natural e petróleo. Além disso, é comum o trânsito de navios contendo petróleo e/ou os seus derivados nesta região costeira. Na zona costeira das ilhas estudadas foram escolhidas 10 estações de amostragem com características diversas: 04 (quatro) na ilha de Tinharé e 06 (seis) na ilha de Boipeba. Estas estações estão sobre influência direta das ondas e marés, principais agentes hidrodinâmicos costeiros, estando às estações E5, E8, E9, E10 (Boipeba) sob a influência de águas continentais, respectivamente, do Canal dos Patos, rios Catu, Bainema e Santo. Foram coletadas em cada estação 60 folhas de sol, das espécies *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, e realizadas análises de parâmetros biométricos e morfologia externa. Estas análises sugeriram redução foliar e alterações na integridade do limbo foliar, principalmente cloroses, pastejo, necroses, perfurações. Após secas até peso constante, estas folhas foram adequadamente preparadas para a determinação de metais pesados (Cu, Cd, Pb e Zn), cuja abertura ocorreu em forno de microondas e a leitura através da espectrometria por absorção atômica com chama, conforme metodologia adotada. Os teores médios de Cu mostraram-se tóxicos para *Rhizophora* na E2 e para a *Laguncularia* nas estações E3 e E9. O Chumbo mostrou valores elevados para todas as estações e tóxicos nas estações E3 e E4 (para as três espécies), E2 e E9 (*Rhizophora* e *Avicennia*), E5 (*Laguncularia* e *Avicennia*), E7 (*Avicennia*) e E10 (*Rhizophora*). Neste trabalho, as fontes de impactos ambientais foram variadas e não se conseguiu atribuir a uma única fonte para a contaminação com Chumbo. As informações levantadas não permitiram a identificação de uma fonte principal para a contaminação com o chumbo, pelo contrário, sugere fontes difusas, que se pode inferir a presença de novos estudos e do uso de mais indicadores, por um maior período de tempo. Sugere-se a realização de estudos posteriores que utilizem outros indicadores de contaminantes ambientais, a exemplo da fauna, das águas e sedimentos. Estes poderão complementar as informações apresentadas neste estudo e contribuir a análise mais acurada das fontes de contaminação observadas nas ilhas de Tinharé e Boipeba.

Palavras-chave: manguezais; metais pesados; Tinharé e Boipeba; Manati; impactos ambientais; água superficial.

ABSTRACT

Tinharé and Boipeba islands, located in the southern shore of Bahia, have rich coast and system and ecosystem in special areas of choral reefs e de forest of mangrove, distributed on the coast zone of both islands. These natural attributes, associated to the relevant colonial social historic patrimony, made these islands important tourist destinations, being these activity more consolidated and with a major infrastructure in Morro de São Paulo, in Tinharé. The present study has as principal objective make an analisys about the mangle plant species as bioindicator of the environmental quality in the Tinharé and Boipeba islands. Lately, the Southern Region of Bahia has been the target of interesting to many oil companies, some of them are already working on research and exploration of natural gas and oil. Besides, it is common the transit of ships carrying oil and/or its derivatives in this coast region. In the coast zone of the studied island, 10 sampling stations were chosen with diverse characteristics: 04 in the Tinharé Island and 06 in Boipeba Island. These stations are under direct influence the waves and tides, main hydrodynamic agent of the coast, being stations E5, E8, E9 and E10 (Boipeba) under the influence of the continental Waters, respectively, of Patos Channel, Catu River, Bainema River and Santo River. 60 leaves of sun were collected from the species *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* and *Avicennia schaueriana* and made analisys of biometric parameters and external morphology. These analyses has suggested foliar reduction and alteration in the integrity of the foliar limb, mainly chlorosis, grazing, necrosis and perforations. After dried until constant weigh, these leaves were properly prepared to the determination of heavy metals (Cu, Cd, Pb and Zn), whose opening has ocurred in a microwaves and the reading through spectrometry by atomic absorption with flame, conform adopted methodology. The average content of Cu were toxic to *Rhizophora* in E2 and to *Laguncularia* in stations E3 and E9. Lead has showed high level in all stations and toxic in stations E3 and E4 (for all three species), E2 and E9 (*Rhizophora* and *Avicennia*), E5 (*Laguncularia* and *Avicennia*), E7 (*Avicennia*) and E10 (*Rhizophora*). Lead has showed high values for all stations and toxic in stations E3 and E4 (for the three species), E2 and E9 (*Rhizophora* and *Avicennia*), E5 (*Laguncularia* and *Avicennia*), E7 (*Avicennia*) and E10 (*Rhizophora*). In this work, there were various sources of environmental impacts and it was not possible to infer to only one source the contamination with lead. The collected information could not be used in an identification of a principal source of contamination by lead, on the other hand it suggests diffuse sources, what may take us to jump to the conclusion to new studies and the use of more indicators for a longer period of time. It is suggested accomplishment of posterior studies that use other indicators of ambient contaminants, the example of the fauna, waters and sediments. These can complement the information presented in this study and contribute the accurate analysis of the observed sources of contamination in Tinharé Island and Boipeba Island.

Key words: mangrove; heavy metals; Tinharé and Boipeba; Manati; environmental impacts; superficial water.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE OS MANGUEZAIS	11
1.1.1	<i>Definição e Relevância Socioambiental do Ecossistema Manguezal</i>	11
1.1.2	<i>Contaminação de Manguezais Estaduais por Metais Pesados</i>	12
1.2	HIPÓTESE E OBJETIVOS	15
2	ECOSSISTEMA MANGUEZAL: ASPECTOS E IMPACTOS	16
2.1	CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ECOSSISTEMA MANGUEZAL	16
2.1.1	<i>Ocorrência dos Manguezais</i>	17
2.1.2	<i>Ambientes Biológico e Físico</i>	19
2.2	IMPACTOS AMBIENTAIS EM MANGUEZAIS DO ESTADO DA BAHIA ...	27
2.2.1	<i>Histórico dos Conflitos Socioambientais em Manguezais</i>	27
2.2.2	<i>Impacto e Gestão Ambiental Costeira</i>	28
2.3	PETRÓLEO E GÁS NATURAL	31
2.3.1	<i>Técnicas de Remediação de Derramamentos Acidentais de Óleo</i>	32
2.3.2	<i>Sensibilidade dos Manguezais a Derrames de Óleo</i>	36
2.3.3	<i>Ação dos Metais Pesado em Plantas de Mangue</i>	39
3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	42
3.1	LOCALIZAÇÃO	42
3.2	CLIMA E HIDROGRAFIA	43
3.3	VEGETAÇÃO	44
3.4	PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS	46
3.5	UNIDADES GEOAMBIENTAIS DAS ILHAS DE TINHARÉ E BOIPEBA	48
3.6	ATIVIDADES SÓCIO-ECONÔMICAS	52
4	MATERIAIS E MÉTODOS	56
4.1	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA	56
4.2	DEFINIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES.....	56
4.3	TRABALHO DE CAMPO	57
4.3.1	<i>Águas Superficiais: Parâmetros físico-químicos e Microbiológicos</i>	59
4.3.2	<i>Coleta de Folhas de Mangue</i>	60
4.4	ANÁLISES LABORATORIAIS	61
4.4.1	<i>Análises Microbiológicas das Águas Superficiais</i>	61

4.4.2	<i>Estudo da Morfologia e Biometria</i>	62
4.4.3	<i>Análise de Metais</i>	63
4.5	TRATAMENTO DE DADOS: GRÁFICOS E ESTATÍSTICO	66
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
5.1	DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM.....	67
5.2	DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS	84
5.3	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	89
5.4	FOLHAS DE ÁRVORES DE MANGUE DE TINHARÉ E BOIPEBA	90
5.4.1	<i>Desenvolvimento das Árvores de Mangue</i>	90
5.4.2	<i>Morfologia Externa</i>	92
5.4.3	<i>Biometria</i>	99
5.4.4	<i>Análise de Metais</i>	103
5.4.5	<i>Capacidade Relativa de Bioacumulação de Metais Pesados</i>	113
5.5	ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DE TINHARÉ E BOIPEBA	115
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES	121
	REFERÊNCIAS	125
	APÊNDICES	136
	ANEXOS	143

1 INTRODUÇÃO

A recente crise ambiental ameaça a reprodução das sociedades globais e da terra como natureza (RUSCHEIMSKY, 2004), já que as rápidas transformações antropogênicas, em especial nas últimas décadas, têm reduzido a capacidade de suporte dos ecossistemas. Mas, a crítica a este modelo, fundado na noção de natureza para se arruinar, mesmo limitada a interesses político-econômicos, ocorre no Brasil desde século XIX (PÁDUA, 2002).

O modelo vigente de desenvolvimento insustentável produz conflitos ambientais e atinge ecossistemas continentais, costeiros e marinhos do território brasileiro degradando-os, muitas vezes ameaçando-os quanto à sua capacidade de suporte, ou até mesmo os tornando não mais resilientes. Segundo Ajara (2004), a crise ambiental atual pertence ao dilema entre conservação da natureza e crescimento econômico, ou seja, é uma questão política crucial.

Neste contexto, emergiu a questão ambiental costeira, que segundo Fidelman (2002), representa sistema dinâmico e complexo, caracterizado por incertezas com relação ao entendimento de seus processos naturais, sócio-econômicos e político-organizacionais.

No Brasil, o processo de ocupação do seu território centrou-se na zona costeira, com aproximadamente 9.200 km de extensão, incluindo suas reentrâncias (DOMINGUEZ, 2004). A concentração populacional no litoral deveu-se a sua situação geográfica e as condições de acesso a diversidade de recursos naturais que esta zona oferece às atividades humanas tais como alimentação, energia, recreação e transporte (ANDRADE e DOMINGUEZ, 2002).

A zona costeira possui expressiva diversidade de ambientes que incluem: lagunas, terraços, barras e praias, costões rochosos, estuários e manguezais, recifes coralinos, fundos lamosos e outros (BRASIL, 2010). Estes ambientes têm sido degradados por fontes antropogênicas, que podem promover desigualdades sociais e a perda da qualidade ambiental.

A pressão aos ecossistemas costeiros se relaciona aos usos múltiplos dos recursos naturais presentes, que, muitas vezes, reduzem sua capacidade de carga e biodiversidade. Conforme Sachs (2002), a biodiversidade representa condição necessária à sustentabilidade, processo histórico de apropriação universal pelos povos da totalidade dos direitos humanos.

A sustentabilidade é um campo de tensão, representa a capacidade para produzir os meios suficientes e adequados para suprir as necessidades de sobrevivência e a cultura política dos setores empobrecidos e incorporar a temática ambiental (RUSCHEIMSKY, 2004).

No Estado da Bahia, possuidor do mais extenso litoral nacional, com aproximadamente 1150 km (IBGE, 2004), por conta da evolução histórica do aludido modelo de sociedade e o processo de ocupação insustentáveis do seu litoral, sofre, há décadas, impactos decorrentes de atividades como expansão imobiliária, turismo, pesca, aporte de resíduos e efluentes diversos, obras de engenharia, agricultura, mineração e petrolífera.

A poluição da zona costeira resultante da cadeia produtiva petrolífera ameaça seus ecossistemas e a sustentabilidade ambiental, sobretudo os mais sensíveis a derrames de óleos, a exemplo dos manguezais, principalmente através do aporte de componentes tóxicos do petróleo, em especial, os metais pesados. Estes poluentes vêm despertando a atenção de pesquisadores pela acentuada capacidade de contaminação ambiental (BRITO, 2006).

O litoral da Bahia, na Baía de Todos os Santos (BTS), há décadas tem sofrido impactos socioambientais decorrentes da indústria do petróleo, que se estabeleceu no Estado desde 1950, através da Refinaria Landulpho Alves - Mataripe (RELAM), primeira do país.

Na zona costeira das ilhas de Tinharé e Boipeba, sul da Bahia, a indústria do petróleo está presente desde 1970, através de pesquisas, cuja exploração econômica foi iniciada em 2007, apenas do gás natural, após descoberta do Campo de Manati, em 2002. Estas ilhas, convivem, há décadas, com os impactos e conflitos ambientais do turismo, uso e ocupação do solo, resíduos sólidos, desmatamento, pesca e saneamento ambiental (GULBERG, 2008).

Para Freitas (2005), a exploração de gás natural, recente, deve-se: às crises do petróleo, inovações tecnológicas, expansão da demanda, de reservas disponíveis, produção e pressões ambientais. Mas a economia mundial ainda mostra-se dependente de petróleo, que constitui um componente significativo da matriz energética (SILVA, COSTA e MELLO, 2004). Além disso, os custos socioambientais dessa economia fundada nos combustíveis fósseis não são computados na produção e os lucros são desigualmente repartidos (MARTINEZ, 2004), haja vista os debates sobre as reservas do Pré-Sal, no Brasil.

A indústria do petróleo tem inserido a dimensão ambiental em seus processos produtivos, muito por conta das exigências legais e sociais. Entretanto, permanecem as formas de degradação ambiental costeira na Bahia, no Brasil e no mundo, associadas à atividade petrolífera. Esta representa uma ameaça à sustentabilidade costeira, em especial, de comunidades dependentes dos recursos desses ambientes. Segundo Martinez (2007), a expansão da fronteira da extração do petróleo alcança, cada vez mais, hábitat naturais frágeis, colocando em risco a saúde humana e a sobrevivência de diversas comunidades atingidas.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS SOBRE OS MANGUEZAIS

1.1.1 Definição e Relevância Socioambiental do Ecossistema Manguezal

A fisionomia do manguezal é conhecida no ocidente desde 325 a.C., conhecido como mangue, palavra originária da língua Wolof, oficial do Senegal (VANNUCCI, 2002). Para Joly (1970, p.107), “tal termo é usado para designar uma planta do litoral em charcos salgados e também serve de raiz ao substantivo que se aplica a região onde as espécies são abundantes”. Assim, a palavra manguezal deve ser referida ao ecossistema costeiro tropical da zona entremaré, enquanto o termo mangue às angiospermas lenhosas contidas neste ambiente.

Araújo (2000) define o manguezal como um conjunto formado por biota e do substrato particulares que se desenvolvem em regiões tropicais sobre a influência das marés. As marés são o principal processo de penetração das águas salinas e o seu limite (GARCIA, 2005).

Os ecólogos Odum & Barrett (2007), consideram que o ecossistema é um sistema funcional aberto para materiais e energia e com fronteiras tanto naturais quanto arbitrárias. Para estes autores o ecossistema é qualquer unidade que inclui a comunidade biótica de uma dada área em interação com o ambiente físico, de modo que um fluxo de energia leve a estruturas bióticas definidas e à ciclagem de materiais entre componentes vivos e não-vivos.

A compreensão do ecossistema como um sistema aberto ressalta a relevância de estudos de teores de nutrientes, distribuição nos compartimentos, ciclagem e fluxos de entrada e saída no manguezal (HAY e LACERDA, 1984 *apud* BERNINI *et al.*, 2006), e, destaca a importância do conhecimento da dinâmica dos diversos contaminantes para a conservação do manguezal e a saúde humana. A interdependência entre o bem-estar humano e a conservação da natureza é reconhecida em instrumentos políticos internacionais, como a Convenção sobre Diversidade Biológica e os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio (SCHERL, 2006).

O manguezal exhibe destacada complexidade estrutural e funcional, cuja compreensão básica das interações entre seus componentes ambientais e seus principais estressores tanto naturais quanto antropogênicos, pode ter grande utilidade para a gestão ambiental costeira. Entretanto, o gerenciamento ambiental costeiro integrado (GCI), em especial nos países em desenvolvimento, carece de informações socioambientais básicas aplicáveis ao planejamento e gestão ambiental (FIDELMAN, 2002).

1.1.2 Contaminação dos Manguezais da Bahia por Metais Pesados

Os derramamentos de óleos representam uma categoria de poluição tóxica por compostos orgânicos (RICKLEFS, 2003), além disso, certos constituintes do petróleo contêm metais pesados. Estes afetam a saúde dos manguezais e humana, via acumulação ecotoxicológica na biota, bioacumulação direta ou por biomagnificação (OLIVEIRA, 2000).

Os metais pesados ocupam as colunas centrais da classificação periódica, têm densidade superior a 5g/l, propriedades tóxicas, encontrados em baixa concentração na natureza (JUNIOR, 2001). Cátions destes elementos são muito reativos, não podendo ser destruídos, pois persiste no ambiente mesmo depois de reduzida ou cessada a atividade da fonte poluidora (LEÃO, 2004). Segundo Jesus *et al.* (2004), a poluição por metais pesados é uma importante fonte de conflito e perda de qualidade ambiental mundial.

Estes elementos representam uma fonte estressora crônica, condição que dificulta a avaliação de impactos em ecossistemas qualquer, ou mesmo do manguezal, por conta das respostas lentas e não tão expressivas quanto às do estresse agudo. Segundo Odum & Barrett (2007), o estresse antropogênico pode ser do tipo crônico ou agudo, sendo os resíduos altamente tóxicos, subprodutos industriais, que ameaçam a saúde humana e dos ecossistemas, um fator limitante às sociedades humanas.

As publicações científicas sobre aspectos biogeoquímicos dos manguezais nacionais ocorreram principalmente nos estados da Bahia, Pará, Rio de Janeiro e São Paulo (BERENINI *et al.*, 2006). Na zona costeira do estado da Bahia realizaram-se estudos de caracterização e avaliação de impactos da poluição por metais pesados em sedimentos e/ou biota (folhas, bivalve) de manguezais, destacando-se os trabalhos de Oliveira (2000), Araújo (2000), Viana (2000) e Brito (2006), no litoral sul e os de Santos (2002), Leão (2004), Carrarine (2004), Garcia (2005) e Rodrigues (2005) na BTS. Os resultados obtidos por estes estudos revelaram contaminação de manguezais por metais pesados associada a cadeia produtiva do petróleo, exceto os trabalhos de Araújo (2000) e Oliveira (2000), relacionadas, respectivamente, a embarcações/esgotos domésticos e mineração de barita.

A presença de fontes poluidoras tem alterado a ciclagem dos metais entre os compartimentos ambientais dos manguezais, muitas vezes concentrando-os a teores tóxicos à manutenção da biota deste ecossistema e à saúde humana. Conforme Odum & Barrett (2007), o aumento volumétrico de resíduos tóxicos à saúde humana aproxima-se a níveis críticos.

As conseqüências da poluição por metais pesados só passaram a ser conhecidas em 1968, decorrentes do mercúrio despejado pela indústria química, na Baía de Minamata, Japão (DIAS, 2002), que atingiu a população humana através da biomagnificação, repercutindo no nascimento de crianças cegas, mudas e deformadas. Segundo Odum & Barrett (2007), o manuseio de resíduos tóxicos era considerado, até 1980, uma externalidade econômica que pela ausência de atenção adequada, causou desastres como do Love Canal, em Nova York.

Os metais pesados atingem ambientes costeiros através da deposição atmosférica, por aportes fluviais e efluentes lançados diretamente. Estes alteram a estrutura trófica pela bioacumulação, concentração desses por certos seres vivos, e, pelo viés da biomagnificação, aumento da concentração em vez da dispersão via cadeia trófica (ODUM & BARRET, 2007).

Braga *et al.* (2006) comentam que a biomagnificação deve-se à assimilação, pelo organismo, de metais pesados, no momento da síntese dos tecidos ou gordura. E ainda, metais como o cobre, zinco e mercúrio podem ser assimilados por peixes e outros seres, como compostos orgânicos, e acumulados nos tecidos em teores perigosos à saúde humana

Segundo o ecólogo Ricklefs (2003), elementos metálicos como o mercúrio, arsênio, chumbo, cobre, níquel, zinco, mesmo em baixas concentrações, são tóxicos e de efeitos variados a grande parte dos seres vivos, incluindo modificações neurológicas nos vertebrados. No homem, a toxidade por elementos-traço é tanto mais baixa quanto menos útil for o elemento, mas teores tóxicos são a causa de doenças clássicas: o mal de Hoff's, pelo arsênio, o mal de Itai-Itai, pelo cádmio, e o mal de Minamata, pelo mercúrio (JUNIOR, 2001).

A toxidez dos elementos-traço deve-se a interferência em processos enzimáticos e na sua pouca mobilidade, que por isso se acumulam, no organismo em virtude do pequeno tamanho e das cargas duplas e triplas (ESTEVES, 1998). A ação dos metais tóxicos no homem a elevada afinidade dos cátions por enxofre pertencente às enzimas que controlam as reações metabólicas críticas, afetando o metabolismo e a saúde. Segundo Almeida (2001) teores elevados destes elementos na cadeia trófica do manguezal pela biomagnificação pode representar uma ameaça aos predadores de espécies bioacumuladoras, inclusive ao homem.

Os derrames de petróleo e seus derivados no Estado, em especial na BTS, acumulam-se na zona entremaré contaminando os ecossistemas costeiros, degradando-os, e causando conflitos de uso e de acesso aos recursos desta região. Haja vista, que os componentes tóxicos do petróleo e derivados podem ser disponibilizados à cadeia alimentar do manguezal e atingir a biota pela bioacumulação direta ou à saúde humana via biomagnificação.

No litoral sul do estado da Bahia, no contexto geológico da Bacia de Camamu, especificamente na localidade da APA Tinharé-Boipeba, registra-se a atividade de pesquisa de petróleo desde década de 1970, que resultou no Projeto Manati, cuja exploração econômica *offshore*, apenas de gás natural foi iniciada em 2007, próxima a linha de costa destas ilhas.

A empresa *El Passo* após etapa de pesquisas exploratórias prepara-se para exploração de petróleo próximo ao litoral sul de Boipeba. Além disso, Tinharé e Boipeba se localizam logo a sul da Baía de Todos os Santos, há muito sobre impactados da indústria petrolífera.

As ilhas em estudo exibem importantes bosques de mangue frontais, inclusive crescendo sobre recifes de corais, e estuarinos, relativamente bem conservados, destacando-se as zonas de manguezais da Praia do Encanto e em Guarapuá, na ilha de Tinharé, e, os do sul de Boipeba, da margem norte do rio Catu (FREITAS, 2002; SILVA *et al.*, 2007). Os manguezais e os recifes de corais são considerados os ecossistemas de maior sensibilidade ambiental a derrames de óleo (NOOA, 1997; BRITO, 2006; SILVA *et al.*, 2007).

As zonas costeiras de Tinharé e Boipeba apresentam relevante valor ambiental, paisagístico, recreacional e socioeconômico, cujos recifes de corais e manguezais área chave à manutenção das cadeias tróficas marinhas e estuarinas, sendo fundamentais à sustentabilidade de comunidades humanas que dependem direta ou indiretamente de seus recursos naturais.

Nas ilhas de Tinharé e Boipeba, pesquisas cuja finalidade seja a determinação de teores de metais pesados em compartimentos ambientais dos manguezais podem servir à avaliação dos impactos da atividade petrolífera e para subsidiar, adequadamente, decisões durante as negociações de medidas de compensação entre as comunidades locais e as empresas exploradoras: PETROBRÁS, Queiroz Galvão, Brasoil e El Passo.

Outra contribuição deste estudo preliminar seria o estabelecimento de valores de referência, que constituem uma das formas mais importantes para a fixação de padrões de qualidade ambiental (BRITO, 2006). Além disso, os dados gerados por este trabalho podem servir ao gerenciamento dos conflitos socioambientais existentes nas ilhas de Tinharé e Boipeba entre os setores econômicos do turismo, da pesca e petrolífero; assim como a elaboração de um planejamento ambiental e gerenciamento costeiro para estas ilhas.

Percebe-se igualmente que as comunidades locais, cuja sobrevivência depende dos manguezais, caso estejam contaminados por petróleo e seus derivados, podem vir a sofrer problemas de acessibilidade aos alimentos compatíveis à condição de saúde nutricional, mas também de intoxicação alimentar, bem como empobrecimento econômico.

1.2 HIPÓTESE E OBJETIVOS

O manguezal representa um ecossistema de alta sensibilidade às atividades antropogênicas, especialmente às petrolíferas, e, desta forma, a presença destas na zona costeira próxima às ilhas de Tinharé e Boipeba constitui grave ameaça a estes ecossistemas.

Parece possível ter ocorrido contaminação de zonas de manguezal nas ilhas de Tinharé e Boipeba por metais pesados, elementos associados ao petróleo e outros contaminantes, podendo ser inferida através medições de teores desses elementos em tecidos foliares de plantas de mangue local. Também, pode ser possível a observação do grau de alterações no grau de desenvolvimento foliar e no grau de integridade do limbo foliar, de plantas de mangue da região, indicadores ambientais, caso tenha ocorrido contaminação por metais pesados.

A partir desta hipótese, esta pesquisa teve como objetivo geral, realizar uma análise de espécie de plantas de mangue como bioindicadoras da contaminação de manguezais por metais pesados decorrentes de atividades antropogênicas e a qualidade ambiental nas ilhas de Tinharé e Boipeba, situada no município de Cairu, Bahia, e, tem como objetivos específicos:

- Analisar as inter-relações dos parâmetros físico-químicos potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD) e temperatura com o comportamento dos elementos químicos nas águas superficiais adjacentes às estações de amostragem;
- Determinar os parâmetros microbiológicos coliformes totais e termotolerantes para indicação da qualidade das águas superficiais adjacentes às estações de amostragem;
- Avaliar o grau de integridade foliar pela morfologia externa e o desenvolvimento foliar pela biometria (largura e comprimento) das folhas de *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman;
- Determinar os teores dos metais cobre (Cu), cádmio (Cd), chumbo (Pb), zinco (Zn) em folhas de *Rhizophora mangle* L., *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman;
- Gerar informações para o estabelecimento de valores de referências da qualidade dos manguezais da região e úteis a comunidade local na dinâmica de negociação de compensações ambiental associada a impactos da indústria petrolífera.

2 ECOSSISTEMA MANGUEZAL: ASPECTOS E IMPACTOS

2.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DO ECOSSISTEMA MANGUEZAL

A Zona Costeira nacional apresenta grande riqueza de ecossistemas complexos e dinâmicos, dentre os quais, têm-se as praias, restingas, lagunas, costões rochosos, fundos lamosos, dunas, estuários, recifes de corais e manguezal. Este último ocorre por todas as regiões costeiras abrigadas e que sofrem imersão de águas salinas e águas doces, ou frontalmente expostas à linha de costa (PERNAMBUCO, 2005).

O manguezal representa uma transição entre a terra e o mar, característico de regiões tropicais e subtropicais, com temperatura acima de 20°C (VANNUCCI, 2002), sendo muitos dos seus atributos físicos e biológicos não transacionais, porém exclusivos, por isso, representa um verdadeiro ecótono (LIMA, 2006). Acolhe, ainda, uma biota adaptada a variações na salinidade e ao sedimento lamoso e anóxico.

O manguezal oferece importantes serviços socioambientais, imprescindíveis à gestão costeira e a sustentabilidade das comunidades costeiras, a exemplo: proteção da linha de costa contra erosão marinha, exportação de nutrientes para as áreas marinhas e estuarinas, servir de abrigo a organismos juvenis, manutenção dos estoques pesqueiros, maricultura, contenção de poluentes, seqüestro de carbono atmosférico e outros, para ficar nestes.

O manguezal apresenta elevada produtividade ecológica, condição imprescindível a sustentabilidade socioambiental costeira (LEÃO, 2004). Segundo Garcia (2005), é um ecossistema aberto que recebe grande aporte de nutrientes de seus afluentes, parte destes absorvidos pela sua biomassa e outra parte exportada para áreas litorâneas adjacentes.

Comentam Bernini *et al.* (2006) que o manguezal pode atuar como eficiente barreira biogeoquímica ao trânsito de metais pesados em zonas costeiras, constituindo um importante compartimento (*pool*) na ciclagem desses elementos na natureza, contaminantes ambientais.

O manejo dos recursos e serviços ecológicos do manguezal requer um planejamento costeiro integrado que considere as peculiaridades locais, fluxos de energia e de materiais, ecoproductividade, sensibilidade ambiental e resiliência. Para Vannucci (2002) quanto ao gerenciamento sustentável deste ecossistema já é possível a aplicação de conhecimentos científicos como ferramenta para evitar a sua degradação e empobrecimento ecológico.

2.1.1 Ocorrência dos Manguezais

As espécies atuais de angiospermas de mangue resultaram de uma seleção natural, desde Paleoceno, no Terciário (VANNUCCI, 2002). Os manguezais, recentes, em linhas gerais, são representados por duas floras características, segundo Ricklefs (2003) são a flora do Atlântico e Caribe composta por sete espécies e quatro gêneros, três cosmopolitas, e, por sua vez, pela flora do Pacífico Indo-Oeste com quase dezessete gêneros, catorze endêmicos.

A maior diversidade do Pacífico Indo-Oeste em relação à flora do Oceano Atlântico não pode ser explicada em relação à disponibilidade de habitat, nem através da diversidade de angiospermas terrestres, pois ambas as regiões se assemelham em relação a estas categorias, inclusive em escala. Segundo Richlefs (2003), a anomalia na diversidade de manguezais parece resultar de três fatores: i) invasão mais freqüente de táxons de plantas nos manguezais do Pacífico Indo-Oeste; ii) menor taxa de extinção no Pacífico Indo-Oeste; e iii) menor contato de táxons de florestas úmidas do Atlântico e do Caribe com os manguezais durante o Terciário, quando grande parte das terras do Atlântico e do Caribe situava-se em zona árida.

Encontra-se na Tectônica de Placas uma possível explicação complementar, pois, conforme Vannucci (2002), talvez o Mar de Thetys, antes do fechamento do mar Mediterrâneo, tenha sido o grande corredor de espécies de mangue do Pacífico Indo-Oeste para o Atlântico, que durante a abertura do Oceano Atlântico facilitou a dispersão de espécies à costa ocidental da África, expandindo-se até a costa oriental do continente Americano. Corroborar ser o Atlântico um oceano jovem, com origem no Mioceno, que ainda não teve tempo para diferenciação de novas espécies de manguezais.

As mudanças climáticas no Quaternário geraram variações eustáticas de antigos níveis do mar (BITTENCOURT, 1996), influenciando junto à herança geológica estrutural na configuração da linha de costa, que deve ter sido relevante na evolução e distribuição biogeográfica de manguezais do Oceano Atlântico e costa oeste da América do Sul, condicionando os gêneros *Rhizophora*, *Avicennia* e *Laguncularia*.

Parece não haver consenso sobre a origem da distribuição geográfica dos manguezais no mundo, muito embora, comenta Brito (2006), que pesquisadores sugerem duas categorias fitogeográficas de mangue: uma, mais diversa, restrita ao Oceano Índico e oeste do Pacífico e a outra, menos diversa, que ocorre no Oceano Atlântico e costa oeste da América do Sul.

Os manguezais ocupam quase 162.000 Km² nas zonas costeiras mundiais (VEIGA, 2003), distribuídos nas regiões tropicais e subtropicais, entre as latitudes 25° N e 25°S (Figura 01), sendo mais desenvolvidos entre as latitudes de 23°27'N e 23°27'S. Segundo Vannucci (2002), são encontrados nas costas orientais do planeta, mais a sul e a norte dos trópicos de Câncer e Capricórnio, ligados a extensão das correntes marinhas quentes as latitudes elevadas.

Segundo Joly (1970), os manguezais se distribuem por toda costa norte acima da América do Sul, na América Central, no Golfo do México e ilhas do Caribe, extremo norte de sua dispersão (Figura 01). Enquanto no litoral brasileiro os manguezais se distribuem por aproximadamente 25.000 Km² (RAMOS, 2002), estendendo-se dos limites com a Guiana Francesa, no litoral do Amapá (23°20'N), extremo norte, até Laguna, no litoral de Santa Catarina (28°30'S), limite austral no Atlântico Sul Ocidental.

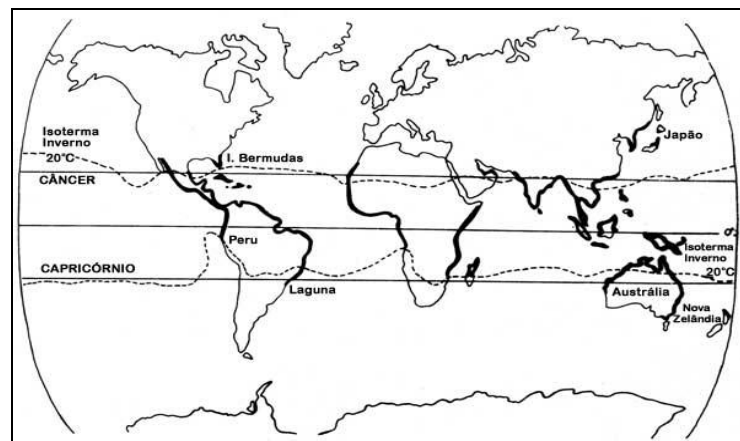


Figura 01. Ocorrência dos Manguezais no Planeta.

Fonte: <http://www.projetobiosfera.com.br>. Acesso em: 19.02. 2009.

As florestas de manguezais na costa brasileira são mais desenvolvidas na desembocadura do Rio Amazonas, com espécies de maior porte, entre 40 a 50 metros de altura (SANTOS, 2003), este desenvolvimento parece se relacionar às características ambientais favoráveis da região. Nesta área, de acordo com Brito (2006), ocorrem os mais antigos fósseis de manguezais nacionais em fáceis da Formação Pirabas, nos Estados do Pará e Maranhão, que corresponde a uma invasão marinha datada do Mioceno Inferior.

Os maiores manguezais brasileiros ocorrem ao longo de toda a faixa costeira dos Estados do Piauí, Maranhão, Pará e território do Amapá (JOLY, 1970; BRITO, 2006), representando quase a metade da área total desse ecossistema no Brasil.

No Nordeste, segundo Ramos (2002), o menor desenvolvimento dos manguezais em relação aos do norte, deve-se a zona costeira do nordeste apresentar menores amplitudes de marés e pluviosidade, fatores que associados à configuração da costa podem limitar o desenvolvimento destes ecossistemas.

No restante da zona costeira nacional até Laguna (Santa Catarina), os manguezais podem formar extensas áreas em locais protegidos, atingindo destacado desenvolvimento.

A distribuição dos manguezais na zona costeira do país parece sofrer influência da geomorfologia, como pode ser inferido da constatação que cerca da metade do litoral nacional, entre o Ceará e o Rio de Janeiro, possui, apenas, em torno de 10% da área total de manguezais. Segundo Vannucci (1999), a Formação Barreiras, composta de depósitos terciários típicos dessa região, estende-se até o litoral, limitando a extensão dos manguezais.

Os manguezais da Bahia ocupam o quarto lugar entre os estados brasileiros (LEÃO, 2004), distribuindo-se, aproximadamente, por 1000 Km² de manguezais em seus 1.181 km de extensão costeira (RAMOS, 2002). Para o mesmo autor, os principais manguezais do estado distribuem-se na costa do Estado da Bahia da seguinte maneira:

- (1) No extremo norte, nos estuários do Rio Real, Rio Itapicuru, Rio Inhambupe e Rio Joanes ocorre mais de 10.000 hectares;
- (2) Norte, no estuário do Rio Paraguaçu, na BTS, ocorre importantes bosques;
- (3) Baixo sul, maiores bosques do Estado, entre Valença e Marauá, destacando-se os bosques da baía de Camamu;
- (4) No extremo sul, extensos bosques nos municípios de Caravelas e Nova Viçosa.

2.1.2 Ambientes Biológico e Físico

Este ecossistema é colonizado por uma biota com aspectos morfológicos e fisiológicos adaptados a variações de salinidade e a presença de um sedimento pouco consolidado (ALMEIDA, 2001) e pobre em oxigênio. Por isso, foram necessários milhares de anos para que as espécies de mangue lenhosas desenvolvessem adaptações às condições mesológicas específicas, limitantes a maioria dos seres vivos (BRITO 2006). Assim mesmo, segundo Leão (2004), na teia da vida do manguezal encontra-se representantes de todos os elos tróficos.

O manguezal, ecossistema costeiro tropical, é caracterizado pela presença de formações vegetais pioneiras de pântanos salgados, sendo considerado, por conta das condições ambientais atuantes sobre as quais se desenvolve, um ecossistema sobre a ação permanente de fatores de estresse ecológico.

Veiga (2003) considera que a ação dos tensores antropogênicos sobre o manguezal é passível de torná-lo mais vulnerável e estressado, afetando sua resiliência. Esta categoria de estresse pode comprometer irreversivelmente a capacidade de suporte deste ecossistema.

Este ecossistema exhibe uma flora pouco diversa, diferente da sua diversidade faunística, sendo, nas Américas e no Brasil, composta pelas seguintes plantas superiores, halófitas facultativas e exclusivas deste ambiente: *Rhizophora mangle* L. (mangue-vermelho); *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. (mangue-branco); *Avicennia germinans* (L.) Stearn e *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman, ambas conhecidas como siriúba.

Completam a flora dos manguezais os líquens, musgos, hepáticas e algumas samambaias e diversas plantas herbáceas, epífitas, hemiparasitas típicas e macro e microalgas. Segundo Joly (1970), os manguezais apresentam expressiva riqueza de epífitas, que se explica pela proteção da sombra das plantas típicas, ou pela alta umidade do ar, na mata de mangue, verdadeira estufa natural.

Conforme Tomlinson (1986 *apud* Leão, 2004), uma classificação de plantas que compõem o manguezal pode ser realizada agrupando-as conforme o tempo de permanência: (1) plantas estritas de mangue, que só ocorrem nestes; (2) plantas de mangue, porém com menor incidência de ocorrer neste ecossistema; (3) plantas associadas a manguezais, que podem aparecer entre a terra e o manguezal.

O sucesso evolutivo das plantas de mangue pode ser inferido através de adaptações a ao ambiente hidromórfico, hipersalino e anóxico. Em relação aos teores de sal do sedimento, certas espécies retêm parcialmente o sal e excretam o restante através de glândulas foliares, por transporte ativo, enquanto outras, que não possuem tais glândulas, excretam o sal pelas raízes, possivelmente através de membranas semipermeáveis, chamadas de lenticelas.

Observa-se que algumas adaptações das plantas de mangue, por conta do estresse hídrico, equivalem àquelas de plantas que habitam ambientes com escassez hídrica. Assim, o manguezal pode ser considerado um deserto osmótico, que conforme Ricklefs (2003),

Nos ambientes salinos, as plantas bombeiam ativamente o sal em excesso de volta para o solo através de suas raízes. (...) Este habitat não apenas impõe uma alta carga de sal, mas o alto potencial osmótico das raízes também torna difícil para elas assimilar água. Por isso, várias plantas de mangue têm elevados teores de solutos orgânicos, como os aminoácidos prolina e glicina-bateína e o açúcar de seis carbonos sorbitol, em suas raízes e folhas para aumentar seu potencial osmótico (RICHLEFS, 2003: p.58).

As adaptações morfológicas relacionam-se à manutenção da concentração celular das plantas, em relação ao meio edáfico, evitando o excesso de transpiração (ARAÚJO, 2000).

As plantas de mangue apresentam adaptações na morfologia foliar às condições ambientais, em especial aos teores de sais, que conforme Tomlinson (1986 *apud* GARCIA, 2005), podem ser percebidas pela presença de folhas coriáceas e em posição vertical, paredes epidérmicas espessadas e muito cutinizadas, estômatos unidos com tecido aquífero desenvolvido, células pétreas largas e tecido mecânico entre as células do tecido paliçádico.

O sistema radicular destas plantas desenvolveu respostas adaptativas às condições do ambiente físico, como sedimento muito inconsolidado e com baixíssimo teor de oxigênio.

- *Rhizophora mangle* (L.)

Espécie arbórea de casca lisa e clara que quando raspada assume uma cor vermelha, conhecida pelos seus exuberantes rizóforos (Figura 02), pertencente à família Rhizophoraceae. Possui característico sistema radicular aéreo com lenticelas associadas.



A



B

Figura 02. Raízes aéreas de *Rhizophora mangle*. **A.** Praia do Encanto, Ilha de Tinharé e **B.** Quarta Praia, em Morro de São Paulo, Ilha de Tinharé.

Fonte: Pesquisa de Campo.

O gênero *Rhizophora* reproduz-se por viviparidade, assim, a semente germina e o embrião (propágulo) começa seu desenvolvimento ainda atrelado à planta mãe (Figura 03), sendo disperso pelas correntes marinhas. Segundo Joly (1970), a viviparidade apresenta-se mais bem desenvolvida no mangue-vermelho, assegurando o sucesso evolutivo da espécie.

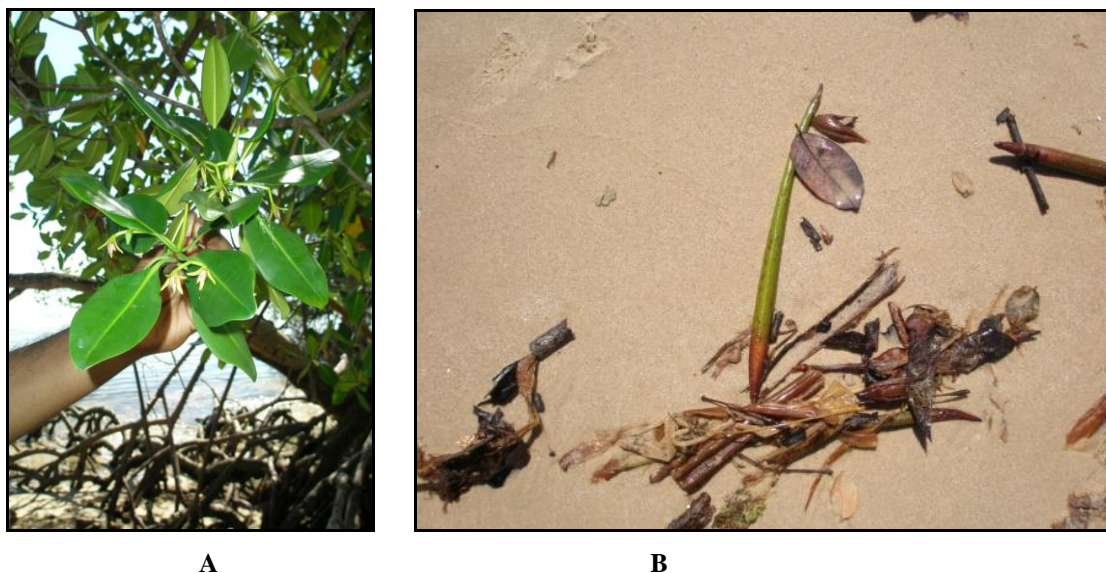


Figura 03. Características da *Rhizophora mangle* na Estação 10. **A.** Ramo florido. **B.** Propágulo na serrapilheira.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Para Leão (2004), os rizóforos, apesar da robustez, passíveis a sustentação de animais sésseis, não penetram profundamente no sedimento, dando estabilidade ao sedimento bastante movediço. Os rizóforos por ficarem em sua maior extensão acima do nível máximo das águas garantem, por sistema de aeração interno, ar às ramificações imersas na lama (JOLY, 1970).

As gaiteiras, ou rizóforos não são raízes, compreendem grandes ramos arqueados que partem do caule, prolongando-se em direção ao substrato. São estruturas rígidas, “compridas lateralmente, muito ramificadas, lenhosas, alcançando até dez metros de altura e com elevado número de lenticelas em sua periderme” (ALAMEIDA, 2001, p.14).

Os rizóforos representam adaptação do mangue-vermelho ao substrato lamoso e inconsolidado, pois por ficarem em sua maior extensão acima do nível máximo das águas garantem por sistema de aeração interno ar às ramificações imersas na lama (JOLY, 1970).

- *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman

O gênero *Avicennia* é encontrado na costa Sul Americana, desde as Guianas até o Uruguai (GARCIA, 2005), sendo representado no Brasil por duas espécies, a *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman e *Avicennia germinans* Stearn, chamadas de mangue-preto, siriba ou siriúba. Tal gênero é muito tolerante às altas salinidades, característica relacionada à peculiar capacidade adaptativa de eliminação de sal do interior da planta através de estômatos e glândulas de sal, da superfície foliar (BRITO, 2006).

Araújo (2000) verificou na ocorrência das plantas de mangue do estuário do rio Intanhém, em Alcobaça, Sul da Bahia, uma preferência da *Avicennia schaueriana* por áreas de salinidade mais elevadas, próximo a foz do rio, enquanto que a e a *Avicennia germinans* só ocorreu montante do rio.

O mangue-preto possui casca com coloração marrom claro nas plantas jovens, sendo mais escura nos indivíduos mais velhos em função da presença de microalgas.

Na *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman como na *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn não se desenvolve raiz pivotante, mas crescem inúmeras raízes laterais, horizontais, abaixo da superfície, quase paralelo a mesma, qual emergem as raízes respiratórias.

A viviparidade na *Avicennia* (Figura 04), adaptação relacionada à reprodução, compartilhada com a *Rhizophora* e *Laguncularia*, dá-se através de sementes com potencial germinativo de até 100 dias, que flutuam na água até se desenvolverem (RAMOS, 2002).

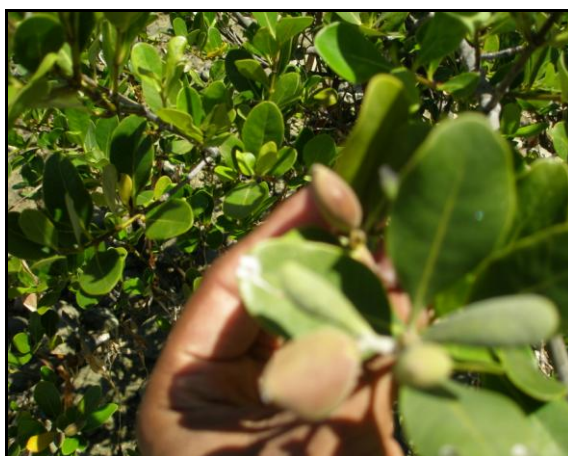


Figura 04. Sementes vivíparas da *Avicennia schaueriana* (Quarta Praia).

Fonte: Pesquisa de Campo.

- *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn

A *Laguncularia racemosa*, ou mangue-branco, ainda pouco estudada, tem na base das folhas duas glândulas excretoras de sal e pecíolos vermelhos, que facilita sua identificação, sendo encontrada nas costas tropicais e subtropicais da América do Norte e do Sul, e, na da África Ocidental (SOBRADO, 2004 *apud* MENDONÇA e CORTEZ 2007).

A *Laguncularia racemosa* apresenta raízes laterais, quase paralelas à superfície, das quais emerge os pneumatóforos (Figura 05), característica compartilhada com a *Avicennia sp* (Figura 05), porém mais curtos, apresentando-se com altura média de 10 cm (LEÃO, 2004).

A reprodução ocorre por viviparidade, com sementes de quase três centímetros de diâmetro (Figura 05), sendo que seu pericarpo pode resistir até 30 dias (RAMOS, 2002).

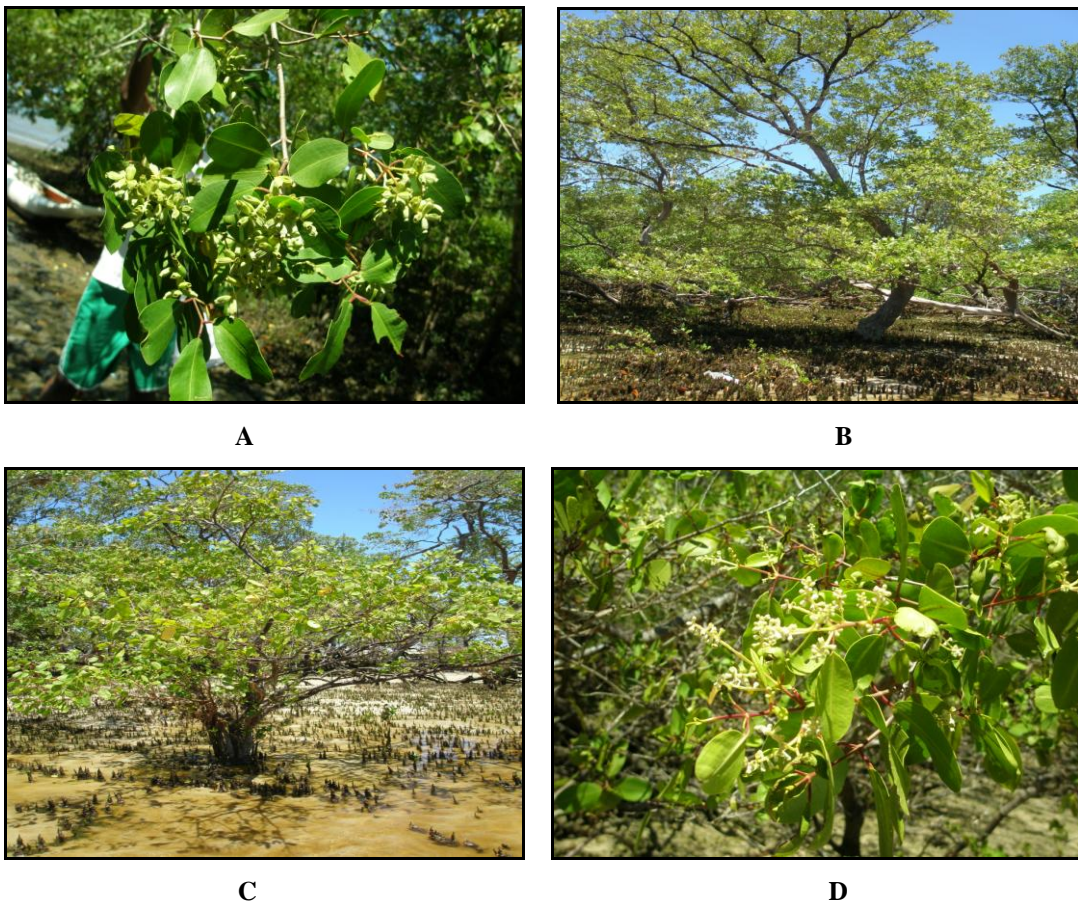


Figura 05. Árvores de Mangue. **A.** Frutos de *Laguncularia* (Cova da Onça). **B.** Raízes aéreas da *Avicennia schaueriana* (Praia do Encanto); **C.** Raízes aéreas da *Laguncularia racemosa*, menores do que as da *Avicennia* (Praia do Encanto); **D.** Pecíolos vermelhos e ramos floridos de *Laguncularia racemosa* (Praia do Encanto).

Fonte: Pesquisa de Campo.

- Fauna

A fauna do manguezal é rica, apresenta espécies obrigatórias, por exemplo, do camarão e ostras, e espécies visitantes que o freqüentam apenas para alimentação, reprodução e proteção (ALMEIDA, 2001). Inclui animais de origem marinha, dulcícola e terrestre.

A fauna quanto a sua composição pode ser agrupada em categorias, segundo o tempo de permanência, no ecossistema manguezal, como: espécies residentes, semi-residentes e visitantes, que ocupam diversificados habitat (BRITO, 2006). Segundo Leão (2004), os escassos estudos sobre diversidade e comportamento da fauna de manguezais se restringem a listas de espécies, sem uma discussão das interações ecológicas.

Dos animais que desenvolveram adaptações para viverem nesses ambientes, algumas das espécies comuns dos manguezais brasileiros são o caranguejo (*Ucides cordatus*), aratu (*Goniopsis cruentata*), guaiamu (*Cardisoma guahumi*), siri (*Callinectes sp*), papa-fumo (*Anamalocardia brasiliana*), caramujo (*Litorina angulifera*), mexilhão (*Mytella charruana*) e o sururu (*Mytella falcata*); assim como vermes, fungos e bactérias redutoras.

Nas raízes das plantas de mangue podem-se encontrar animais sésseis, adaptados às variações diárias de marés, resistentes à dessecação e oscilações na salinidade, como a ostras-de-mangue (*Crassostrea rhizophorae*) (Figura 06) (GARCIA, 2005). Os representantes da fauna capazes de locomoção (Figura 06) exibem outras estratégias, a exemplo do aratu (*Goniopsis cruentata*) e caramujo (*Litorina angulifera*) que podem subir nos troncos e raízes das árvores e o caranguejo (*Ucides cordatus*) que pode se enterrar em galerias escavadas no sedimento inconsolidado, quando assim for constituído o substrato do manguezal.

O manguezal possui uma destacada ecoprodutividades, importante para a ciclagem e disponibilidade de nutrientes às águas costeiras e marinhas. Tamanha riqueza nutritiva associa-se a altas taxas de decomposição de matérias orgânica, reciclagem e disponibilização de nutrientes realizada por microorganismos. Tal produtividade primária está relacionada à capacidade desse ecossistema em acolher os indivíduos jovens da fauna marinha e estuarina.

De relevância socioeconômica para a atividade pesqueira, peixes como a tainha (*Mugil sp*), o robalo (*Centropomus sp*), a sardinha (*Sardinella aureta*) e o bagre (*Tachisurus sp*) dependem dos manguezais para completar o ciclo de vida (ARAÚJO, 2000). Também para a sobrevivência direta e indireta de grupos humanos que dependem deste ecossistema.



A



B



C



D



E



F

Figura 06. Representantes da Fauna associada às plantas de mangue. A. Estante de *Crassostrea rhizophorae* (ostra-de-mangue), na Praia do Encanto; e B. *Litorina angulifera* (caramujo); C. e D. *Goniopsis cruentata* (aratu), na estação Ponta do Castelhana (Boipeba); E. Escavações de *Ucides cordatus* (caranguejo), na Terceira Praia (Tinharé); F. Caranguejo em substrato lamoso-arenoso, em Cova da Onça (Boipeba).

Fonte: Pesquisa de Campo.

2.2 IMPACTOS AMBIENTAIS EM MANGUEZAIS DO ESTADO DA BAHIA

2.2.1 *Histórico dos Conflitos Socioambientais em Manguezais*

A destruição dos manguezais da costa brasileira inicia-se com a exploração colonial da natureza, tendo a mesma gênese que a destruição da Mata Atlântica, o canavial destruidor, do Antigo Sistema Colonial. Segundo Pádua (2002), ocorreu dispersa agitação pela proteção da natureza, em especial no final do século XIX, movida por conflitos ligados à degradação das florestas, marcadamente político-econômica, que inclui as zonas de manguezais.

O período colonial foi marcado por conflitos em torno dos manguezais baianos, entre os interesses do extrativismo animal, ou “remédio dos negros”, que auxiliava a alimentação dos forçados a serem escravos, e o extrativismo vegetal, representado pelas olarias.

No século XVI, o clérigo Frei Salvador, frente à pressão extrativista das olarias, chama atenção da importância do manguezal à alimentação dos negros escravizados nos engenhos, por isso chamado de “Remédio dos Negros” (SOFFIATI, 2002). Este conflito resistiu à crítica de José Bonifácio, no século XIX, ao modo de produção escravista, predatório do homem e da natureza e acentuou o preconceito ambiental, em especial ao manguezal (PÁDUA, 2002).

No século XX o manguezal seria usado como depósitos de lixo e esgotos, ou para o extrativismo vegetal. Na segunda metade deste século, devido à investida da construção civil em solos de baixo valor, áreas de mangue serviriam à implantação de indústrias e a expansão imobiliária (GUERREIRO, 2002). Um caso interessante aconteceu nos anos 70, Herald Edgard Strang foi criticado por Acir Campos, ideólogo da instrumentalização da natureza, por defender o manguezal contra a drenagem para a urbanização (SOFFIATI, 2002).

Nos anos 80, o manguezal começa a ser considerado ecossistema fundamental à vida estuarina e marinha, mas prevalece a visão utilitarista e os conflitos ambientais tornaram-se mais complexos. Estes conflitos nascem de rupturas do acordo simbólico entre as diferentes práticas sociais dispostas no espaço (ACSELRAD, 2004).

Nas últimas décadas os principais impactos em manguezais estaduais foram: o desmatamento, obras de engenharia, expansão urbano-industrial, esgotos e lixo, a pesca ilegal, aqüicultura, agrotóxicos, poluentes industriais (LEÃO, 2004; RODRIGUES, 2005).

2.2.2 Impacto e Gestão Ambiental Costeira

Chama-se de impacto ambiental qualquer alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais provocados por ação humana (SANCHEZ, 2006). Segundo Resolução CONAMA n°. 1/86, define-se como impacto ambiental

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetam: a saúde, a segurança e o bem estar da população; as atividades sociais e econômicas; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais (RESOLUÇÃO CONAMA n°. 1/86).

Adota-se a definição da Resolução CONAMA n°. 1/86, que restringe o conceito de impacto, pois este apresenta um nexos causal obrigatório com as atividades humanas, podendo ser qualificado como positivo ou negativo.

Observa-se que a alteração ambiental decorrente de fenômenos naturais será chamada de desastre natural. Os desastres naturais mais comuns nos manguezais do estado da Bahia são as frentes atmosféricas, ventos fortes, inundações, represamento de água e marés de sizíguas (RAMOS, 2002).

Os manguezais do Brasil sofrem graves e diversos impactos: expansão urbana, projetos turísticos inadequados, destinação de poluentes e lixo. Segundo Veiga (2003), devido à distribuição dos manguezais por quase toda costa nacional, em especial próxima a zonas urbanas e industriais, estes se tornam receptores de poluentes diversos carregados por correntes fluviais ou pelo ar.

Para melhor entendimento da distribuição dos impactos negativos em manguezais da Bahia, a partir de trabalhos publicados, listam-se:

- (1) Degradação da rede hidrográfica do Rio Santana, no Extremo Sul, Ilhéus, associada a impactos negativos a manguezais estuarinos (FIDELMAN, 2002);
- (2) Mortandade em massa de caranguejo uça (*Ucides cordatus*) praticamente em todos os manguezais entre o Ceará e o Sul da Bahia, reduzindo os estoques (SANTANA, 2004);
- (3) Corte raso e carcinocultura em Canavieiras, Baixo Sul (RAMOS, 2002);

- (4) Expansão imobiliária e do turismo (PARAGUASSÚ, 2007) e por resíduos de atividades industriais (OLIVEIRA, BRITTO e FREITAS, 2000) no Litoral Norte;
- (5) Contaminação com metais pesados decorrente da atividade mineradora na Baía de Camamu, Litoral Sul da Bahia (OLIVEIRA, 2000);
- (6) Lançamento de esgoto doméstico no estuário do rio Itanhém, em Alcobaça, Litoral Sul da Bahia (ARAÚJO, 2000);
- (7) Derrames de óleo relacionados ao intenso tráfego de navios próximo a zona costeira de Ilhéus, no Extremo Sul da Bahia (FIDELMAN, 2002).

No específico aos impactos negativos em manguezais da Bahia podem-se citar a contaminação por metais pesados decorrente da exploração, produção e transporte do petróleo na Baía de Todos os Santos (LEÃO, 2004; GARCIA, 2005; RODRIGUES, 2005).

Entende-se que a degradação da qualidade ambiental do ecossistema manguezal, recifes de corais, restingas, praias, áreas úmidas, costões rochosos, ou outros, do Estado da Bahia pertencem à questão ambiental costeira. Por sua vez, impactos e conflitos em manguezais exigem uma gestão ambiental costeira integradora, que considere aspectos amplos como discussões referentes às bacias hidrográficas. Os usos múltiplos dos manguezais de forma insustentável sugerem uma ausência ou marcada ineficiência de uma gestão ambiental costeira. A gestão ambiental deve superar a oposição entre os ambientes natural e social e concentrar-se na construção coletiva da sustentabilidade voltada para o desenvolvimento humano (AGRA FILHO, 2008).

Braga *et al.* (2007), afirma que a gestão ambiental pode ser definida como forma sistemática da sociedade propor solução de conflitos de interesse no acesso e uso do ambiente pela humanidade, ou seja, dos conflitos ambientais. Segundo Acsehrad (2004: p.23), os conflitos ambientais “deverão ser analisados, ao mesmo tempo, nos espaços de apropriação material e simbólica dos recursos do território”.

O uso dos recursos naturais costeiros produz estresse aos seus ecossistemas e conflitos socioambientais, por isso, a proteção e gestão ambiental tornaram-se uma questão chave à sustentabilidade da zona costeira. Assim, entre os ecossistemas costeiros, o manguezal, destaca-se por sua relevância ecológica e sensibilidade às atividades antropogênicas, sendo consideradas pela legislação ambiental brasileira áreas de preservação permanente, incluído em diversos dispositivos constitucionais e infraconstitucionais.

Dentre os textos de leis nacionais dedicadas à proteção e gestão ambiental dos manguezais têm-se: Lei nº. 4.771/65 (Código Florestal); Lei 6.938/81, que institui a Política Nacional de Meio Ambiente (PNMA) e o Sistema Nacional de Meio Ambiente (SISNAMA); a Resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA) nº. 04/85; Artigo 225 da Constituição Federal de 1988, que considera a zona costeira um Patrimônio Nacional; Lei Federal nº. 7.661/88, que institui o Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro.

Outros diplomas legais que se referem à proteção dos manguezais são: a Lei Federal nº. 9.605/98 (Crimes Ambientais); Lei 9.795/99 (Educação Ambiental); Lei nº. 9.985/2000, que institui o Sistema Nacional de Unidade de Conservação (SNUC); Lei 9.966/2000 que prevê a prevenção, controle e fiscalização da poluição causada pelo lançamento de óleo e outras substâncias nocivas ou perigosas sobre a jurisdição nacional; a Lei nº. 9.478 (Política Energética Nacional e Agência Nacional do Petróleo); Lei 1.413 (Poluição Industrial).

Na esfera judicial do Estado da Bahia, conta-se com o Capítulo VII, Art. 215, da Constituição Estadual de 1989, que considera os manguezais área de preservação permanente e a Lei Estadual nº. 9.931/86 (Proteção das Áreas Estuarinas).

Observa-se que os manguezais e demais ecossistemas especialmente protegidos, mesmo com as relativas conquistas legais, supracitados, sofrem um duplo movimento, quase antagônico: de proteção e de degradação destes ambientes. Para Pádua (2002), esta ambigüidade da política ambiental brasileira apresenta marcas desde século XIX.

A sociedade brasileira possui um adequado e exequível arcabouço legal para a sustentabilidade. Mas, a submissão do desenvolvimento social ao econômico, obscurece e/ou marginaliza a dimensão ambiental e as comunidades que dependem dos recursos costeiros. Conforme Bensusan (2006), lacunas nas políticas públicas nacionais de desenvolvimento, quanto à formulação de estratégias de legitimação dos direitos e necessidades de populações locais às áreas protegidas poderão tornar ambas gradativamente mais ameaçadas.

A exclusão e a acentuação da pobreza dos grupos humanos locais aos espaços protegidos podem levá-los à dupla condição: de vítima e algoz. No entanto, as abordagens de criação e gestão em todas as categorias de áreas protegidas formais estão evoluindo para modelos de maior responsabilidade social com as populações locais (SCHERL, 2006).

No Brasil atual, os impactos socioambientais da degradação dos manguezais tornaram-se emblemáticos da continuidade da aludida contradição. Porém, apenas recentemente pode-se falar numa consciência ambiental cidadã, organizada em rede de defesa da zona costeira.

2.3 PETRÓLEO E GÁS NATURAL

O petróleo, de origem no latim (*petra*, rocha e *oleum*, óleo), é como se denomina as misturas de hidrocarbonetos de ocorrência natural nos estados sólidos, líquido e gasoso, a depender das condições ambiente. Os hidrocarbonetos são agrupados em série, sendo comuns os alcanos, os alcenos, os alcinos e os aromáticos, e suas misturas gasosa denominada de gás natural e a líquida de óleo cru ou óleo (JUNIOR, 2001). Para Botelho (2003), pode ser classificado em dois blocos: de base parafínica, com reduzidas quantidades de compostos naftêmicos, aromáticos, enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais pesados e de base naftênica, muito estável à oxidação e pouco volátil (BOTELHO, 2003).

O petróleo e o gás natural formam-se em condições ambientais especiais, representando antigos detritos de formas de vida que foram soterrados, transformados e preservados em sedimentos marinhos (PRESS *et al.*, 2006). Segundo Silva *et al.* (2004: p.256), “são originados da transformação termoquímica da matéria orgânica produzida principalmente por organismos marinhos planctônicos, mas também a partir de outros organismos marinhos e continentais”.

O petróleo é um líquido formado basicamente por hidrocarbonetos e outros compostos, contendo oxigênio, enxofre e nitrogênio (BRAGA *et al.*, 2006). Em relação ao gás natural, mistura complexa de hidrocarbonetos e compostos orgânicos, Rocha, Rosa e Cardoso (2009) comentam que seu composto majoritário é o gás metano e o restante por misturas dos gases etano, butano e pentano, úteis como combustíveis e matéria prima à indústria.

O petróleo e seus derivados, mesmo de gênese orgânica, quando manipulados na produção ou em processos de transportes são um sério risco ao ambiente se derramados por falha operacional ou acidentes (SCHAEFEER-NOVELLI, 1995). Em relação ao manguezal, o óleo derramado pode causar prejuízos à biota, pois recobre troncos das árvores, o sedimento e as raízes aéreas, provocando alterações nas trocas gasosas com o meio (GUERREIRO, 2002).

Pode ser encontrado também no petróleo elementos traço, tais como vanádio, níquel, ferro, alumínio, sódio, cádmio, cobre, cromo, urânio, arsênio, mercúrio, selênio, chumbo e boro (BOTELHO, 2003), que, em concentrações tóxicas, causam alterações nos ecossistemas costeiros, inclusive nos manguezais. Segundo Brito (2006), na atualidade, os metais pesados e hidrocarbonetos, que atingem os manguezais através de vetores urbanos e industriais, são os principais agentes de contaminação e degradação destes ambientes.

2.3.1 Técnicas de Remediação de Derramamentos Acidentais de Óleo

A crise ambiental recente emerge da urgência da compatibilização entre o crescimento econômico e a sustentabilidade das sociedades humanas e dos ecossistemas da Terra. Tal crise pode ser descrita considerando-se três aspectos básicos: crescimento populacional, demanda de energia e de materiais e geração de resíduos (BRAGA *et al.*, 2006). Esta opção tem nas leis da termodinâmica um limite à capacidade das sociedades globais de transformar energia, que se reduz frente às necessidades energéticas atuais (ROCHA, ROSA & CARDOSO, 2009).

É premente a compatibilização entre o crescimento econômico e a sustentabilidade das sociedades humanas e ecossistemas da Terra. Desta maneira, em relação à matriz energética, a permanência do petróleo como uma das mais importantes fontes de energia para as economias globalizadas no século XXI implica em iminentes mudanças climáticas, que representa um grande desafio à construção de sociedades sustentáveis.

A produção petrolífera em 2004 estava estimada em 3,5 bilhões de toneladas/ano de óleo e 2,2 trilhões de metros cúbicos/ano de gás natural; estimam-se reservas na ordem de 136 bilhões de toneladas e 146 trilhões de metros cúbicos (SILVA, COSTA e MELLO, 2004). Segundo Braga *et al.* (2006), cerca de dois terços do petróleo mundial encontra-se estocada em cinco países: Arábia Saudita, Kuwait, Irã, Iraque e Emirados Árabes.

No Brasil, a Petrobras, produz 1.993.763 barris/dia de óleo e 50 milhões de metros cúbicos/dia de gases, com reservas em torno de 14 bilhões de barris de óleo e gás equivalente (PETROBRAS, 2010). Esta empresa acrescenta que a descoberta do petróleo do pré-sal elevará as reservas nacionais para 90 bilhões de barris de óleo equivalente.

O marco da presença da indústria petrolífera na Bahia ocorre com a inauguração da Refinaria Landulpho Alves de Mataripe (RLAM), em 1950 (GARCIA, 2005). Esta indústria, ao longo dos anos, vem contribuindo com a degradação dos ecossistemas costeiros estaduais, sobremaneira dos manguezais da BTS. Instala sua atividade exploratória em 2007 na região do Baixo Sul, da Bahia, no contexto geológico da bacia de Camamu (FREITAS, 2005).

O processo de produção do petróleo e derivados, tanto mundial quanto nacional, contou com considerável avanço tecnológico, mas os derramamentos acidentais (Quadro 01) continuam a ocorrer, em grande escala, durante as diversas etapas produtivas: prospecção, transporte, armazenamento, refino, distribuição e descarte de subprodutos residuais.

Quadro 01. Derramamentos de Petróleo e Derivados Decorrentes de Atividades Petrolíferas, em escala nacional e internacional

Derramamentos Internacionais	
Responsável/Local/Ano	Impactos
Derrame de 37 mil toneladas métrica de óleo cru, no Alasca, pela <i>Exon Valdez</i>, em 1989.	Mortandade de milhares de aves e mamíferos marinhos, redução de populações da biota intertidal e subintertidal, efeitos de longo prazo.
Derrame de óleo cru e óleo combustível, em mil toneladas métricas, respectivamente, 72 e 360, no Sul do País de Gales, pela <i>Sea Empress</i>, em 1996.	Danos a biota, considerável alteração nas atividades de pesca e turismo.
Derrames no Delta do Níger, na Nigéria, no território do povo Ogoni, pela <i>Shell</i>, ocorrem desde 1958. Além disso, apenas, na década de 1970 o total dos derramamentos equivaleu a quatro vezes o <i>Exon Valdez</i>, 1989.	Poluição de ambientes marinhos e costeiros, danos a saúde humana, constrangimento e cerceamento da liberdade do povo Ogoni.
Maior derramamento de óleo da história, na costa da Galícia, na Espanha, em 2002.	Não informado, mas estima-se impacto significativo aos ecossistemas costeiros e recursos pesqueiros.
Derramamentos Nacionais	
Responsável/Local/Ano	Impactos
Derrame de 15 toneladas de óleo, na Baía de Todos os Santos (BTS), Bahia, pela TEMEDRE, em 1984, sendo mais grave acidente ocorrido na BTS.	Não informado, mas estimam-se impactos relevantes a atividade de pesca e a biota dos ecossistemas costeiros.
Derrame de 48 metros cúbicos de óleo cru Boscan, durante transferência de tanques, na Fábrica de Asfalto, em 1992, na Bahia.	Impactos desastrosos nas comunidades pesqueiras, atingindo cerca de 30 hectares de manguezais e 22,7 hectares de praias.
Derrame de 600 mil litros de petróleo, por rompimento de dutos, da Reduc, em 1997. Duque de Caxias, Rio de Janeiro.	Atingiu cerca de 4.000 metros de manguezais.
Derrame de 1,3 milhões de litros de óleo combustível na Baía de Guanabara - RJ, pela Petrobras, em 2000.	Grave contaminação dos manguezais e suspensão da atividade de pesca.

Fonte: Adaptado de Zhu *et al.* (2001), Guerreiro (2002) e Botelho (2003).

Os derrames de óleo causam extensos danos aos ecossistemas marinhos e costeiros, que pode comprometer o acesso aos seus recursos ecológicos, o uso recreativo de ambientes de importância socioeconômica e trazer prejuízos as comunidades atingidas. No entanto, uma consciência ambiental sobre os impactos e conflitos causados por atividades petrolíferas só se consolidou no mundo após o acidente da Exxon Valdez. No Brasil, principalmente, a partir da Constituição Federal (CF) de 1988, a regulação ambiental inclui medidas de remediação, multa, pagamentos de royalties e responsabilidade objetiva do causador pelo dano ambiental.

Desta maneira, a título geral, tenta-se uma breve sistematização de alguns dos métodos de remediação de ambientes marinhos e costeiros atingidos por derrames de óleo e derivados, que se fundou na proposta apresentada por Zhu *et al.* (2001); Botelho (2003), onde a escolha por um deles ou pela combinação destes dependerá do tipo e quantidade de óleo e/ou derivado, características geomorfológicas, sensibilidade e biodiversidade locais.

Os métodos de remediação de derrames de óleo foram agrupados na seguinte ordem: (1) métodos físicos, (2) métodos químicos e (3) métodos naturais.

Os *métodos físicos* são muito empregados nos Estados Unidos como resposta primária para a limpeza de óleo derramado em ambientes marinhos e costeiros (ZHU, 2001). Trata-se de tecnologias aplicadas *in situ* para remediação de sedimentos contaminados por óleo. Entre as técnicas físicas têm-se a extração de gás, remoção de orgânicos voláteis a vácuo, a remoção dos contaminantes voláteis e semi-voláteis do sedimento por aeração (BOTELHO, 2003).

Para a zona costeira pode-se citar quatro importantes métodos de remediação físicos de óleo. O primeiro seria a remoção manual e mecânica de óleo residente na superfície de sedimentos, devendo ser a remoção mecânica evitada em ambientes sensíveis. A recolocação de sedimentos é a retirada de sedimento contaminado de uma área a outra não contaminada, ou mistura do sedimento contaminado para facilitar a limpeza natural.

Pode ser usada também a lavagem, ou a remoção do óleo aderido aos contornos costeiros por meio do uso de água para a lavagem a frio, a baixa pressão e água quente a alta pressão. Este método não é indicado a ecossistemas sensíveis, em especial a alta pressão. Por fim, a queima *in situ* do contaminante orgânico, petróleo e derivados, para remoção de voláteis e redução da toxidade no sedimento (CETESB, 2010).

O uso de métodos químicos como resposta a acidentes com óleo é controverso se observadas às experiências dos Estados Unidos e do Reino Unido (ZHU, 2001). Este autor diz haver discordância a cerca da eficiência destes métodos e dos efeitos tóxicos em longo prazo.

Dentre as técnicas que se valem de *métodos químicos* cita-se o uso de dispersantes, que contêm surfactantes, para remoção do óleo flutuante sobre a superfície, onde se minimiza a contaminação da linha de costa e reduz os efeitos tóxicos sobre a biota, já que acelera a biodegradação do óleo. Os dispersantes têm baixo efeito sobre óleos viscosos, que tendem a se espalhar na água antes que os surfactantes penetrem na mancha (BOTELHO, 2003).

Outra técnica química é o uso de demulsificantes aplicados para a quebra de emulsões de óleo em água, que amplia a dispersão natural. O óleo derramado possui aspecto visual de cor preto e denso, que evolui para marrom, amarelo ou laranja, devido à emulsificação, mas as porções mais finas da mancha terão filmes iridescentes ou prateados (BOTELHO, 2003). Pode-se optar igualmente por técnicas que utilizem substância para elevação da competência de polimerização e estabilização do óleo, que reduz a propagação deste. E da escolha do uso de filmes e agentes químicos superficiais, quando se pretende evitar a aderência do óleo aos substratos de geoambientes da linha de costa (BOTELHO, 2003). Esta técnica permite uma maior remoção de óleo aderido a superfícies durante operações de lavagem sobre pressão.

Os *métodos naturais* representam uma opção de remoção e degradação do óleo usado quando o derreamento ocorre em áreas remotas e de difícil acesso ou inacessível, em ambientes sensível, a exemplo de manguezais e recifes coralinos, onde a limpeza acentua grandemente os danos, ou combinada a outras técnicas para se obter resultados mais efetivos de limpeza. A recuperação de áreas degradadas exige um programa de monitoramento.

Para uma breve apresentação dos métodos naturais tem-se a evaporação, cujo uso apresenta elevada relevância nas fases iniciais do derreamento de óleo, pois remove seus componentes voláteis. Outra opção é a foto-oxidação por meio da reação do oxigênio com os componentes do óleo na presença de luz, que transforma estruturas mais complexas em outras mais simples e solúvel em água, podendo ser retirado por processos físicos e químicos.

Uma alternativa natural é a bioremediação que se baseia no uso de microorganismos capazes de biodegração de hidrocarbonetos do petróleo na natureza. A biorremediação pode requerer um longo tempo para a remoção de componentes não-voláteis do óleo em sedimentos marinhos ou de água doce. Esta técnica consiste na alteração das condições bioquímicas naturais do componente ambiental (sedimento, águas subterrâneas) para acelerar a degradação de contaminantes por microorganismos, com aporte, apenas, de nutrientes e aeração, sendo eficiente com hidrocarbonetos clorados e BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno e xileno). As principais variações na técnica estão relacionadas ao uso de bactérias aeróbias ou anaeróbias.

2.3.2 Sensibilidade dos Manguezais a Derrames de Óleo

A sensibilidade dos ecossistemas costeiros a derrames de óleo pode ser classificada conforme o sistema desenvolvido pela NOAA (1997), que foi adaptado no Brasil por Araújo, Silva e Muehe (2000) e pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2002). No Quadro 02 foram apresentados os índices de sensibilidade numa escala entre 0 e 10, sendo tanto maior quanto maior a sensibilidade. Segundo Freitas (2002), o grau de sensibilidade da costeira ao óleo pode ser determinado a partir dos seguintes aspectos: tipo de substrato, exposição à energia de ondas e maré, declividade da praia, produtividade e sensibilidade biológica dos ecossistemas.

Quadro 02. Índices da NOAA (1997) de Sensibilidade Ambiental da Zona Costeira a Derrames de Óleo.

Tipo de Praia	Índice	Sensibilidade ao Óleo
Praias com bancos de arenitos	2	Baixa
Praias expostas com falésias ativas	2	
Praias expostas com areia fina/média	3	Moderada
Praias expostas com areia grossa	4	
Praias abrigadas e falésias de arenito e carbonato	5	
Praias Protegidas com Recifes Coralinos em Franja	9	Alta
Manguezais	10	

Fonte: Adaptado de NOAA (1997) por Araújo, Silva e Muehe (2000) e Brasil (2002).

- *Características do Substrato*

Em relação ao tipo de substrato, pode-se inferir, por suas características, em especial, sua natureza consolidada ou inconsolidada, sobre a mobilidade e permeabilidade do óleo e as ações de limpeza (SILVA, 2004). A limpeza torna-se mais crítica, em geral, em substratos inconsolidados se comparados aos sedimentos consolidados, onde o óleo tem maior potencial de penetração e de ser enterrado, aumentando o tempo de permanência e impactos à biota.

Para Botelho (2003), o óleo uma vez enterrado no sedimento anaeróbico do manguezal, abaixo da zona superficial aeróbia, no geral inferior a 1 cm, pode ser isolado e não mais degradado por tal atividade e até ficar preso no seu sedimento rico em detritos orgânicos.

- *Exposição à Energia de Ondas e Marés*

Observa-se que, em ambientes de baixa energia, a remoção do óleo por processos naturais é lenta, exigindo ações de intervenção de limpeza por métodos físicos, químicos ou de bioremediação. Por sua vez, em ambientes onde a energia das ondas na face da praia é alta espera-se maior competência de remoção do óleo por processos naturais.

Segundo Botelho (2003), o fluxo de maré tem sido considerado efetivo na remoção significativa de óleos dos mangues, lavando ou diluindo a cobertura de óleo existente na superfície de folhas e raízes. Por sua vez, os manguezais, mesmo sobre forte influência das marés, não apresentam grande renovação de água, sendo passível o acúmulo de resíduos diversos, inclusive o óleo (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

- *Declividade da Praia*

Este aspecto está associado à natureza do substrato presente e ao grau de exposição à energia da linha de costa, pois, em geral, praias compostas por sedimentos de grãos mais finos apresentam, amiúde, baixa declividade e menor energia na face da praia, mas em sedimento mais grosso a declividade e energia das ondas oceânicas são mais altas. Nota-se que quanto menor a declividade da praia menor a velocidade de limpeza natural e maior a sensibilidade ao óleo, sendo maior o tempo de residência do óleo na região intermaré (SILVA *et.al*, 2007).

- *Produtividade e Sensibilidade Biológica dos Ecossistemas*

“A poluição de petróleo ocorre nas fontes de produção, raramente decorrente do rompimento dos quase 100.000 km de tubulação no mundo, e freqüentemente nos oceanos devido à exploração submarina e quebra de navios tanques” (RICHLEFS, 2003: p.471). Em relação ao manguezal, seja pela sua localização, ou por um histórico de manejo inadequado e desvalorização de seus recursos, sofre impactos negativos de diversas atividades humanas, a exemplo da contaminação decorrente da indústria petrolífera. Esta indústria provoca impactos negativos aos manguezais, sendo a poluição crônica de operações rotineiras dos navios muito mais perigosas ao ambiente do que a poluição aguda dos acidentes (BOTELHO, 2003).

Os manguezais, assim como os recifes de corais, são apontados como os ecossistemas costeiros de maior sensibilidade ambiental a derrames de óleo (FREITAS, 2002; SILVA *et al.*, 2007). No Quadro 02 nota-se que os manguezais são os ambientes mais sensíveis ao óleo, sendo, ainda, os manguezais frontais (ou expostos) mais sensíveis que os distais (ou de estuários), pois no estuário o contínuo fluxo de águas doce e a ação das marés auxiliam a lavagem natural e aceleram a remoção do óleo.

O manguezal, por sua elevada ecoproductividade e por servir de área de procriação e alimentação de diversas espécies, é extremamente vulnerável ao óleo (GARCIA, 2005). Os impactos provocados por derramamentos de petróleo e derivados é muito significativo e a recuperação deste estresse muito lenta, causando alterações na estrutura trófica pelos fenômenos da bioacumulação e biomagnificação via cadeia alimentar, por compostos nocivos, componentes do petróleo, a exemplo dos metais pesados.

Os hidrocarbonetos, solventes orgânicos, matam a biota ao cobrir suas superfícies por romper as membranas biológicas, dispersando as manchas de óleo através da evaporação de frações leves, emulsão e meteorização e decomposição microbiana (RICHLEFS, 2003). A vulnerabilidade do manguezal ao óleo reside em dois fatores, particulares, que são a presença de raízes aéreas e permeabilidade do sedimento ao petróleo (BOTELHO, 2003).

As manchas de óleo acentuam o estresse osmótico do sistema radicular à obtenção de água em substrato hipersalino, bem como reduz as trocas gasosas interiores e sufoca suas raízes aéreas ao obstruir as lenticelas, óleos pesados e, por fim, o envenenamento do substrato e as comunidades biológicas por componentes tóxicos, óleos leves ou frações dispersas.

O manguezal possui baixa energia e biodegradação, substrato plano, sedimento mole e saturado com água, lamoso a arenoso, declive pouco acentuado, baixa permeabilidade, exceto por galerias feitas pela fauna, e a reduzida trafegabilidade (SILVA *et al.*, 2007). Desconhece-se, hoje, técnica que permita limpeza ou remoção do petróleo dos manguezais, assim, o petróleo que penetra o seu sedimento permanece por longo prazo (BOTELHO, 2003).

O manguezal pode se recuperar naturalmente de impactos, em geral, à medida que os estressores são retirados, mas, em muitos casos, é necessária a intervenção humana (ALMEIDA, 2001). Segundo Garcia (2005, p.47), “este ambiente pode ser considerado um dos mais susceptíveis a estresse, que impõem prejuízos à biota”. Estes prejuízos estendem-se as comunidades costeiras e ribeirinhas cuja sobrevivência depende de recursos dos manguezais, em especial, da disponibilidade de estoques de pescado e mariscos.

2.3.3 Ação dos Metais Pesados em Plantas de Mangue

A comunidade vegetal é fundamental à biogeoquímica dos compartimentos ecossistêmicos, sendo relevante a determinação da sua composição (BERNINI *et al.*, 2006). Esta importância deve-se à nutrição das plantas que exige grande variedade de elementos absorvidos na forma iônica e incorporados à estrutura celular ou depositado no suco celular, obtidos do meio ambiente via minerais ou do processo de mineralização (LARCHER, 2000).

Bonner e Glaston (1967); Larcher (2000); Raven, Evert e Curtis (2001), sugerem que as plantas possam admitir seletivamente os elementos essenciais, mas esta seletividade não é absoluta, por isso pode incorporar qualquer elemento em pequenas proporções. Por sua vez, a presença de um elemento na planta indica apenas sua biodisponibilidade na rizosfera.

Os metais pesados podem ser acumulados nos compartimentos do manguezal a partir de fontes atmosférica, hídrica, edáfica, ou antrópica (GARCIA, 2005). A absorção de metais do sedimento pelas plantas de mangue dá-se através de cátions, como sais pouco solúveis, óxidos, complexados à matéria orgânica, ou ligados a argilo-minerais (RODRIGUES, 2005). Para Larcher (2000) a aquisição de nutrientes minerais ocorre pela absorção da raiz na solução do solo, por troca iônica de nutrientes adsorvidos através da liberação de H^+ e HCO^{-3} e pela mobilização de nutrientes ligados via excreção de H^+ e compostos que geram quelatos. Este autor diz ser possível a aquisição destes nutrientes em pequena quantidade pelas folhas.

No manguezal, os metais podem precipitar na forma de sulfetos, que são estáveis sob as condições anóxicas do sedimento e não disponíveis às plantas (LACERDA 1997). Onofre *et al.* (2007) colocam que é possível verificar a biodisponibilidade de metais pesados em sedimentos pela razão entre a concentração de sulfetos voláteis por acidificação (SVA) e a concentração de metais extraídos simultaneamente (MES), oriundos da extração dos sulfetos. Para Jesus *et al.*, (2004) a disponibilidade dos metais nos sedimentos depende de quão forte é a interação ligante/suporte, sendo considerados importantes suportes geoquímicos os ácidos húmicos (matéria orgânica), sulfetos metálicos e óxidos de ferro e manganês.

Estudos em zonas de manguezais realizados por Oliveira (2000), Garcia (2005) e Bernini (2006), para ficar nestes, não encontraram boas correlações entre os valores de metais obtidos do sedimento e de folhas, mesmo em casos de enriquecimento do primeiro. Estes autores propõem que a disponibilidade de metais do sedimento para as plantas de mangue esteja relacionada ao bombeamento de ar decorrente da respiração das suas raízes.

A respiração das raízes permite a deposição de óxidos e hidróxidos de ferro e manganês, co-precipitado junto a metais menos concentrados, com isso o sulfeto passa a sulfato, reduz a toxidez, e forma uma placa de ferro ao redor da raiz (LEÃO, 2004). No sedimento com pH inferior a 6,5 o ferro apresenta-se solúvel, enquanto é insolúvel em pH superior a este valor (ARAÚJO, 2000). Este comportamento sugere que a placa de ferro impede que esse metal seja absorvido pela planta mesmo com teores elevados no sedimento.

O estresse decorrente de teores tóxicos dos elementos-traço, aos quais pertencem os metais pesados, provoca no metabolismo da planta baixo nível energético, que pode vir a interferir na absorção de nutrientes minerais e no crescimento. Segundo Larcher (2000), estas espécies químicas provocam um efeito tóxico por conta, principalmente, da sua interferência no transporte eletrônico da respiração e da fotossíntese e na inativação de enzimas vitais.

Larcher (2000) sugere que a maioria das plantas apresenta sensibilidade aos metais pesados quando estes superam as concentrações mínimas, mas algumas espécies são capazes de colonizar ambientes contaminados, através de estratégias de desintoxicação pelas quais os efeitos nocivos do excesso de elementos-traço podem ser evitados. Estas estratégias são: a redução da absorção; imobilização de metais nas paredes celulares por pectinas; quelação no citoplasma; compartimentalização e formação de complexos; e a retranslocação (exportação).

Os metais pesados tanto os de conhecida função biológica (Quadro 03) quanto os de desconhecida função biológica (Quadro 04), podem, quando em grandes concentrações, apresentar alta toxicidade a biota (ESTEVES, 1998). Botelho (2003) sugere uma classificação para os metais pesados em críticos e não críticos, sendo estes últimos micronutrientes.

Em relação ao metabolismo das plantas de mangue foram descritas os efeitos de teores anormais dos metais Cu, Cd, Pb e Zn, conforme Bonner & Glaston (1967); Millar, Turk e Foth (1975); Ross (1994); Raven (2001); Larcher (2000); Garcia (2005); e Brito (2006).

O Cu age no metabolismo de carboidratos e de síntese de proteínas, nos processos fisiológicos de oxi-redução, participa como componente do ácido ascórbico oxidase, citocromo oxidase, fenolase, lacase e plastocianina (BRITO, 2006). Este autor sugere que a carência de cobre altera a tonalidade das folhas, tornando-as verde-azuladas e enroladas onde aparecem cloroses intervenais e necrose, sendo a deficiência igualmente evidenciada pelo enrolamento das pontas das folhas mais novas e mesmo pela visualização de anomalias no crescimento das plantas. A deficiência de Cu induz a perda de água, podendo ocorrer estresse hídrico em condições normais de suprimento de água (BONNER e GLASTON, 1967).

Quadro 03. Principais características do zinco (Zn) e cobre (Cu), micronutrientes, em plantas.

Elemento	Forma ligada no solo	Disponibilidade	Função na planta	Bioacumulação
Zn	Fosfatos, carbonatos, sulfetos e silicatos	Principalmente na forma absorvida. Mobilizado em meio ácido. Adsorvido como Zn^{2+} , Zn^- e quelato.	Componente de enzimas (anidrase carbônica, álcoodesigrogenase). Ligado as funções de formação de clorofila, ativação enzimática, metabolismo basal, biossíntese de reguladores do crescimento.	Na raiz e parte aérea. Facilidade de transporte considerada ruim.
Cu	Sulfeto, sulfato e carbonato	Adsorvido como C^{+2} e Cu^- . Mobilizado em meio ácido, fortemente ligado ao húmus.	Ligado na forma de complexos. Compõem enzimas (citocromo-oxidase, fenol-oxidase). Auxilia funções do metabolismo: basal, do nitrogênio, secundário.	Na parte aérea lenhosa. Facilidade de transporte ruim.

Fonte: Modificado de Larcher (2000).

O zinco e o cobre são componentes das enzimas sendo necessários para a formação de substâncias que promovem o crescimento vegetal (MILLAR, TURK e FOTH, 1975). Segundo Brito (2006), o zinco participa como constituinte, dentre outras, funcionais das enzimas como: a desidrogenase, anidrase carbônica, RNA polimerase e álcool desidrogenase. A sua carência provoca o surgimento de manchas generalizadas de crescimento rápido, comumente nas zonas internevais, eventualmente invadem as nervuras secundárias e mesmo as principais, ocorrendo microfilia, formação de folhas pequenas (BONNER e GLASTON, 1967). Para Brito (2006), um suprimento deficiente de Zn produz, primeiramente nas regiões mais jovens das plantas, uma redução do crescimento vegetal, impedindo o alongamento dos caules, a microfilia e expansão foliar e interfere na frutificação e manchas em folhas cítricas.

Quadro 04. Características e Influência dos Metais no Metabolismo de Plantas de Mangue.

Descrição	Cádmio (Cd)	Chumbo (Pb)
Geral	Pertence, assim como o Zn e Cu, ao grupo II B da Tabela Periódica, com características físico-químicas semelhantes, sendo raramente encontrado em estado puro na natureza. Fica insolúvel na superfície das raízes, que propicia sua acumulação e fixação no sedimento e pode reduzir a sua biodisponibilidade. Toxidez mesmo em pequenas quantidades.	Inserido no grupo IV B da Tabela Periódica, ligado a compostos inorgânicos nos estados de oxidação Pb^{+2} e Pb^{+4} . Forma precipitados insolúveis na superfície das raízes, que propicia sua acumulação e a fixação no sedimento, através dos processos geoquímicos auxiliados aos oxi-hidróxidos de Fe e Mn. Toxidez mesmo em pequenas quantidades
Ocorrência	Ligado a sulfetos em minérios de Zn, Pb e Cu.	Ocorrência associada ao minério de galena.

Fonte: Modificado de Lacerda (1998).

3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

3.1 LOCALIZAÇÃO

As Ilhas de Tinharé e Boipeba (Figura 07), delimitada entre Canal de Taperoá e a Barra dos Carvalhos, inserem-se na Área de Proteção Ambiental (APA) homônima, entre os paralelos de 13°22' e 13°40' S e os meridianos 38°51' e 39°03' W, pertencendo ao município de Cairu, no Litoral Sul da Bahia. Apresentam uma área de 43.000 hectares, distando 308 km de Salvador. Esta unidade de conservação (UC) limita-se a leste pelo Oceano Atlântico e a oeste pelos municípios de Valença, Taperoá e Nilo Peçanha.

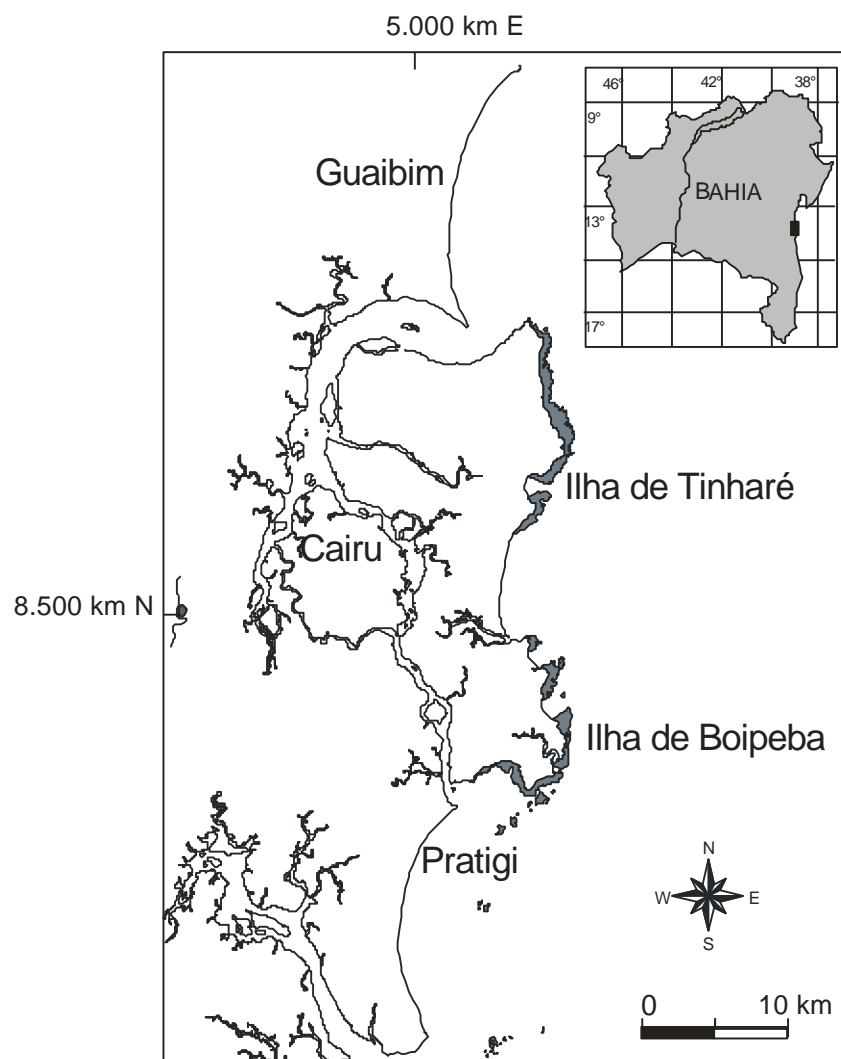


Figura 07. Mapa de Localização das ilhas de Tinharé e Boipeba, município de Cairu, Bahia.

Fonte: Adaptado de Bittencourt (1996).

A APA Tinharé/Boipeba foi criada pelo Decreto Estadual nº.1.240, de 05/06/1992, motivada pela expansão do turismo na região, que pressiona ecossistemas e sistemas costeiros de relevância ambiental. A APA aludida é gerida pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado (SEMA), possui um Zoneamento Ecológico criado pela Resolução do CEPRAM nº. 1.692/98 e conta com um Conselho Gestor composto por diversas associações: ONG, Prefeitura de Cairu, Instituto do Meio Ambiente do Estado da Bahia (IMA), Associações de Moradores.

A ilha de Tinharé apresenta os distritos Galeão e Gamboa e pelas localidades de Morro de São Paulo, Galeão e Guarapuá. Enquanto a ilha de Boipeba possui os distritos de São Sebastião, Moreré e Monte Alegre e Velha Boipeba. A renda da população local do Arquipélago concentra-se no turismo, pesca de peixes e camarão, mariscagem, cultura do coco, piaçava e do dendê e na agricultura de subsistência (GULBERG, 2008).

O acesso as aludidas ilhas desde Salvador dá-se através das BR-324 e BR-101, seguindo-se pela BA-452 até Valença, percorrendo-se 256 km. Segue-se pelas BA-001 e BA-884, passando por Nilo Peçanha, até Cairu. Outra opção é o sistema ferry-boat, que liga Salvador a ilha de Itaparica, seguindo-se pela BR-101, passando-se por Nazaré e por Valença pela BA-001, reduzindo-se 100 km. Ou por via marítima direta de Salvador a Tinharé.

3.2 CLIMA E HIDROGRAFIA

O clima da região de Tinharé/Boipeba é do tipo tropical costeiro, quente e úmido, ocorrendo eventualmente estação seca, inserido nas faixas Aw e Af, segundo sistema de Köppen (1948), que permite a classificação do clima em termos quantitativos (BID, 2005). As temperaturas atingem mais de 25,5°C, entre Dezembro e Março, e valores entre 22°C e 23,5°C de Junho a Setembro (BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2003).

As chuvas são abundantes durante todo o ano, superando 1.700 mm, com média entre 150 a 200 mm de chuvas/24 horas (BRASIL, 1995). As precipitações apresentam valores máximos em Abril, média de 8,3mm/dia, e mínimos em Outubro, com média de 3,0mm/dia (BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2003).

Os parâmetros insolação, umidade relativa do ar e nebulosidade comportam-se da seguinte maneira: a insolação com médias/anuais entre 700 e 1700 horas, para a umidade relativa às médias/anuais variam entre os 80 e 90%, estendendo-se por até 100 km para o interior do continente e a nebulosidade concentra-se nos meses de Abril e Julho (BID, 2005).

O arquipélago Tinharé/Boipeba é constituído por um relevo plano a suave ondulado e forte ondulado. Distribui-se neste relevo uma rede hidrográfica densa e marcadamente dendrítica, com rios de primeira a terceira ordens, maioria perene, tendo seus rios mais importantes influência direta do oceano e das marés (BRASIL, 1995).

3.3 VEGETAÇÃO

A zona costeira das ilhas de Tinharé/Boipeba possui fitofisionomias diversa, que compõem ecossistemas interdependentes: remanescentes da Mata Atlântica, Restinga, Vegetação Praial, Terras Úmidas ou de Brejos, Mangue e a Antropizada (Figura 08).

A Vegetação Praial limita-se em 50 m na faixa praial, forma-se sobre os cordões arenosos, podendo está sobre a proteção dos recifes, estoloníferas, de pequeno porte e peculiar diversidade: *Remiria marítima*, *Chamaesyce hyssopifolia*, *Ipomoea sp* (SILVA *et al.*, 2007).

A Mata Atlântica foi muito alterada pelo homem e se apresenta em mosaico de solos e vegetacionais. Remanescentes Atlânticos ocorrem em ambas às ilhas sobre as falésias, ou em contato com o mar, sendo encontrada a norte de Tinharé em estágio primário de regeneração (DOMINGUEZ, 2006). Abriga espécies de árvores como: a jatáipeba (*Bwodriguesio Santoi*), o louro (*Ocotea Spp*), o pau-d'arco (*Tabebuia sp*) e outras centenas (BID, 2008).

As fitofisionomias de influência marinha desenvolvida sobre os terraços holocênicos e pleistocênicos, formados em decorrência das regressões e transgressões marinhas do Quaternário é chamada de Restinga (DOMINGUEZ *et al.*, 2006). Segundo Ferri (1980), na Restinga pode haver espécies das dunas interiores e exteriores, xerófitas e higrófitas, árvores, epífitas e trepadeiras. A Restinga se localiza, sobretudo, a sul de Boipeba, arbórea e arbustiva, observando-se *Coccoloba alnifolia*, *Elaeis guianensis*, *Scleria sp* em áreas abertas e *Anthurium affine* e *Heliconia psittacorum* no sub-bosque (SILVA *et al.*, 2007).

A vegetação de Brejo ocorre entre os cordões litorâneos, sobre os terraços holocênicos e na drenagem escavada nos terraços pleistocênicos (DOMINGUEZ *et al.*, 2006). Esta vegetação de transição, de locais de exposição do lençol freático, ou em terreno alagado raso, serve a: retenção de águas pluviais, mitigação da poluição e a reprodução de aves marinhas.

Foram notados trechos das zonas costeiras ocupados a uma vegetação descaracterizada pela ação humana, a de plantações de *Cocos nucifera*, distribuída sobre terraços holocênicos.

Verificou-se que a ilha de Boipeba é quase completamente bordejada por extensos bosques de Mangue, destacando-se sua porção sul. Em Tinharé os bosques são mais expressivos a norte e em Guarapuá, porém menos desenvolvidos do que os de Boipeba.



A.



B.



C.



D.



E.



F.

Figura 08. Vegetação costeira de Tinharé/ Boipeba. **A.** Praia, Ponta do Castelhana, Boipeba; **B.** Vegetação Atlântica em contato com o mar, Praia da Barra, Boipeba; **C.** Siriúba, em Moreré, Boipeba; **D.** *Rhizophora*, na Ponta do Castelhana, Boipeba; **E.** Antropizada, em Moreré, Boipeba; **F.** Presença de côco-da-baía no cordão arenoso, Cueira, Boipeba.

Fonte: Pesquisa de Campo.

3.4 PARÂMETROS OCEANOGRÁFICOS

É representativo do regime de ondas da costa sul da Bahia, que inclui Tinaré e Boipeba (Figura 09), frentes-de-onda de leste (N090°), nordeste (N045°), sudeste (N135°) e sul-sudeste (N157,5°), que equivalem às direções dos ventos nesta zona de costa (MARTIN, *et al.*, 1998). Para estes autores o litoral do Estado sofre influência dos ventos alísios (NE-E-SE) do Atlântico Sul, que ocorre em maior parte do ano, modificando-se durante o outono e inverno com a chegada da Frente Polar Atlântica, acompanhada por fortes ventos de S e SSE.

As ondas surgem da transferência de energia da atmosfera para superfície da água, podendo ser descritas através de seus principais parâmetros: comprimento, amplitude e altura (PRESS *et al.*, 2006). Conforme U.S.Navy (1978), na costa sul da Bahia, as frentes-de-onda leste e nordeste apresentam período de 5,0 s e altura de 1,0 m e as frentes-de-onda sudeste e sul-sudeste período de 6,5 s e altura de 1,5 m, ambas as frentes em alto mar

As marés são formadas pela ação combinada de forças de atração gravitacional entre a terra, a lua e sol, e por forças centrípetas geradas pelos movimentos de rotação em torno do centro de massa do sistema sol-terra-lua (SILVA *et al.*, 2004). Na costa sul da Bahia, a maré pode ser classificada como semi-diurna (DOMINGUEZ *et al.*, 1998), aquelas em que ocorrem duas baixa-mar e duas preamar, durante um intervalo de 24 horas e 50 minutos.

A circulação das águas na zona costeira do sul da Bahia é ainda influenciada pela presença de recifes de corais (SILVA, 2004), a exemplo da costa protegida das Ilhas de Tinaré e Boipeba, quase completamente bordejadas por recifes em franja. Neste tipo de linha de costa a maré é o principal agente oceânico a influenciar processos costeiros.

As ondas e as marés são os principais agentes físicos atuantes nos processos morfodinâmicos na linha de costa (SILVA *et al.*, 2004). Estes representam as maiores forças geológicas operando na costa, capazes de criar correntes que transportam sedimentos oriundos da erosão continental e depositá-los em praias e águas rasas da costa (PRESS *et al.*, 2006).

A principal corrente oceânica presente na costa brasileira é a Corrente do Brasil (SILVA, 2004). Esta se caracteriza por temperaturas entre 22° e 28°C e salinidade superior a 36,9, que circula na costa brasileira, nas regiões mais rasas, entre a superfície e 500 m, fluindo durante todo o ano na Bahia (BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2003).

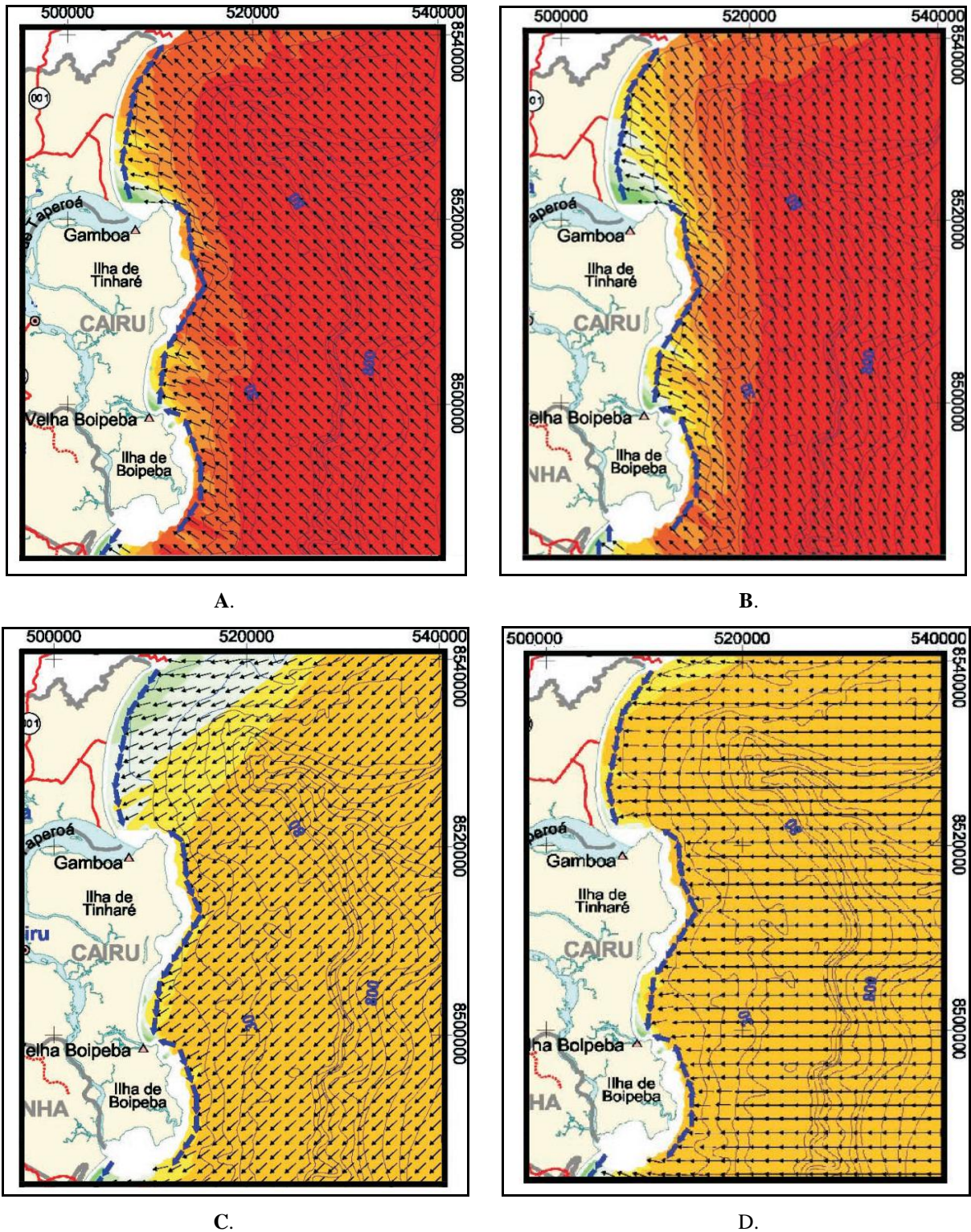


Figura 09. Direção das ondas nas ilhas de Tinharé/Boipeba, Cairu, BA. **A.** Ondas de sudeste (N135°). **B.** Ondas de sul-sudeste (N157,5°); **C.** Ondas de nordeste (N045°); **D.** Ondas de leste (N090°); **F.** Deriva litorânea. Este padrão se modifica durante o outono e inverno com a chegada da Frente Fria Polar Atlântica, junto a fortes ventos de S e SSE.

Fonte: Dominguez *et al* (2006).

3.5 UNIDADES GEOAMBIENTAIS DAS ILHAS DE TINHARÉ E BOIPEBA

Tinharé e Boipeba inserem-se no contexto geológico da Bacia de Camamu, do Cenozóico/Mesozóico, gerada na abertura do Atlântico, composta basicamente por arenitos, carbonatos e folhelhos (BARBOSA & DOMINGUEZ, 1996). Esta baía está situada entre os paralelos 13° S e 14° S, limita-se ao norte com a Bacia do Recôncavo, enquanto que ao sul, seu contato com a Bacia de Almada é interceptado pelo Alto de Taipus (OLIVEIRA, 2000).

A Bacia de Camamu controla a morfologia costeira regional, sendo responsável, juntos as subidas e descidas do nível do mar no Quaternário, pela atual configuração da linha de costa (SILVA *et al.*, 2007). Esta bacia sedimentar apresenta importância econômica, pela presença de minérios não-energéticos, como a barita, na Baía de Camamu, ou pela ocorrência de óleo e gás gerados em seus folhelhos explorados por empresas petrolíferas.

As principais unidades geológicas de Tinharé/ Boipeba (Figura 10) são: Grupo Brotas (Formações Sergi e Aliança, Jurássico/Mesozóico), Formações Taipus e Algodões (Cretáceo) e Complexo Litorâneo (terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos cobertos por cordões arenosos associados a depósitos de mangue, recifes e as áreas úmidas, do Quaternário).

As Rochas Sedimentares do Cretáceo nas ilhas de Tinharé e Boipeba, arenitos e carbonatos da Bacia de Camamu afloram na linha de costa gerando falésias que, em grande parte, sofrem processo de recuo, gerando, em alguns casos, uma linha de costa bastante recortada. As falésias e as pequenas enseadas geradas entre estas pontas ou promontórios rochosos representam importância paisagística ao turismo, pois formam um conjunto de inegável beleza cênica, muito apreciado, por exemplo, em Morro de São Paulo (Figura 11).

Freitas (2002) observa que as falésias de arenito ocorrem ao norte de Tinharé, alcançando 40 metros de altura, formando uma costa recortada, com trechos com evidências de movimento de massa. Verificam-se falésias carbonáticas em pequenos trechos em Boipeba, com alturas de até 10 m, associadas a praias de seixos carbonáticos perfurados por vermes em seus sopés, ou seja, indicador de antiga posição relativa do nível do mar (SILVA *et al.*, 2007).

Os depósitos quaternários encontrados nas ilhas de Tinharé e Boipeba foram: os Terraços Marinhos Pleistocênicos, Terraços Marinhos Holocênicos, Depósitos de Mangue e os Recifes Coralinos (Figura 10).

Os Terraços Marinheiros Pleistocênicos foram formados no final da Penúltima Transgressão e durante a regressão que a sucedeu (BITTENCOURT *et al.*, 1979). Segundo estes autores, distribuem-se na faixa entre 8 ± 2 metros de altura em relação ao nível atual do mar, sendo compostos de areias brancas superficiais e internamente por areias escuras, decorrentes da presença de matéria orgânica, que propicia certa coesão a estes sedimentos.

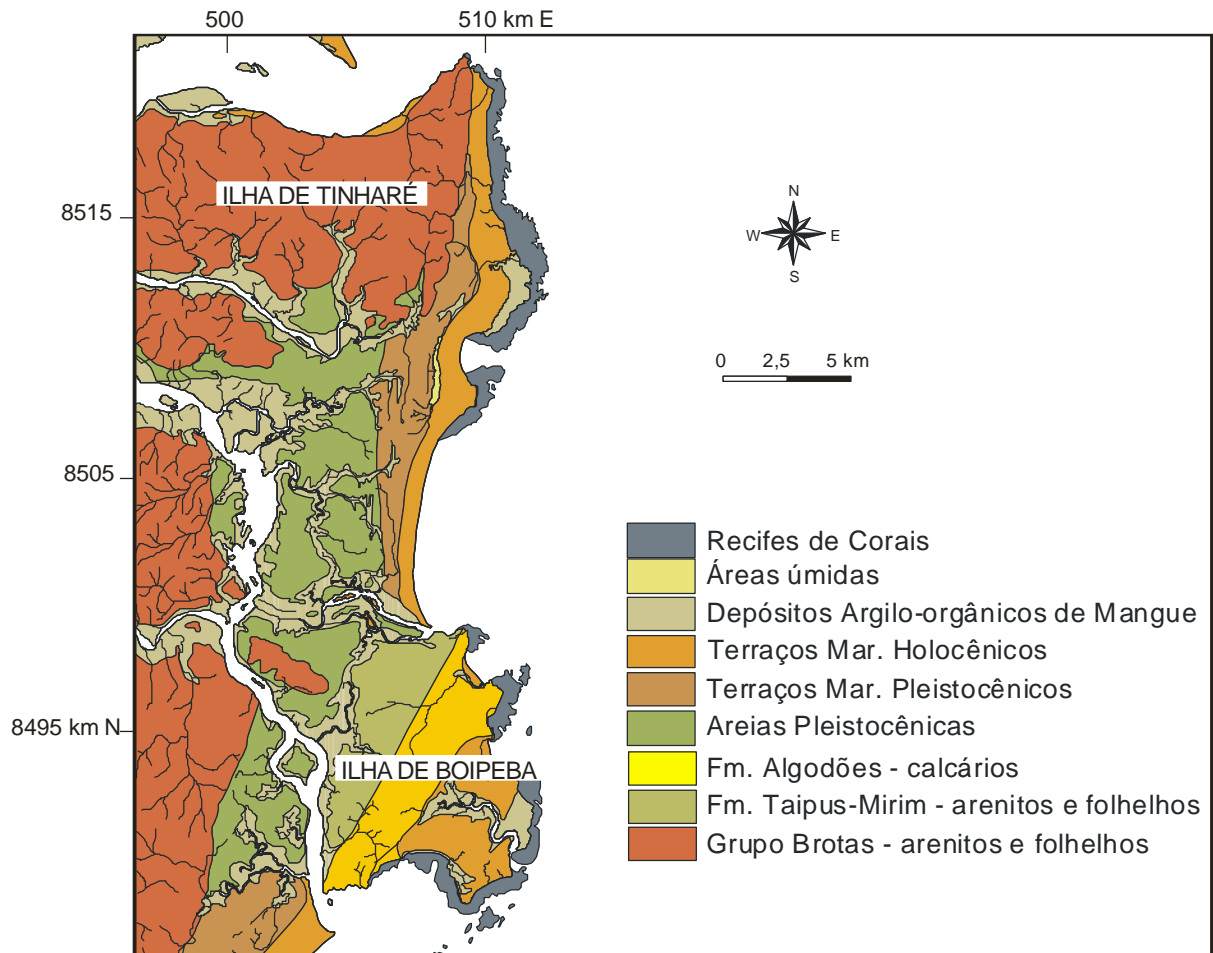


Figura 10. Principais unidades geológicas e ocorrência de recifes coralinos em Tinharé e Boipeba, BA.

Fonte: Modificado de Barbosa e Dominguez (1996).

Os Terraços Marinheiros Holocênicos localizam-se nas porções externas das planícies quaternárias, com alturas entre $5 \pm 0,5$ metros acima do nível do mar, junto aos terraços pleistocênicos ou separados destes por zonas baixas de antigas lagunas (SILVA *et al.*, 2007). Estes autores descrevem a presença dos alinhamentos superficiais, muito nítidos de cordões litorâneos. E estruturas sedimentares preservadas nas estratificações da face da praia.

Os Terraços Marinheiros Holocênicos ocorrem nas Ilhas de Tinharé e Boipeba com maior frequência que os Terraços Marinheiros Pleistocênicos, podendo ser observados em Boipeba nas praias de Cueira, Moreré, Bainema, Ponta dos Castelhanos e Cova da Onça.

Os Depósitos de Mangue são inconsolidado, lamoso, rico em matéria orgânica, anóxido, influenciado pelas marés, sobre o qual se desenvolve uma vegetação especializada. Estes depósitos holocênicos dividem-se em: i) mangue típico, sob ação das marés, com cotas entre 0 a 2m e sedimentação pelítica; ii) mangue distal/apicum, em cotas mais superiores, atingido apenas por marés de sizígia (BAHIA, BRASIL, 1995).

Nas ilhas estudadas os Depósitos de Mangue ocorrem nas porções internas, margeando rios e canais, podendo está presentes na parte externa em locais protegidos das ondas, entre recifes coralíneos e cordões litorâneos holocênicos (BAHIA, BRASIL, 1995). Na ilha de Tinharé ocorrem: a norte na Segunda Praia e Quarta Praia, pouco desenvolvidos (Figura 11) e na Praia do Encanto, mais bem desenvolvido; na Praia de Guarapuá, mais conspícuos. Na ilha de Boipeba (Figura 11), tais depósitos quaternários ocorrem nas Praias de: Cova da Onça, Moreré, Bainema, Ponta dos Castelhanos, Cueira, destacando-se como importante fonte extrativista para as comunidades locais.

Os Recifes Coralinos são depósitos holocênicos que ocorrem no litoral, em faixa localmente interrompida por praias, apresentam superfície irregular emersa carbonática, com cotas de 0,6 m na preamar e de 2,6 m acima da baixa-mar (BAHIA, BRASIL, 1995). Os Recifes, unidade geoambiental de origem biogênica, com importante ocorrência em franja, distribui-se da ilha do Rato a Velha Boipeba e de Guarapuá a Morro de São Paulo, sendo encontrado formas atuais sobre bordas e superfície da coluna fóssil. Os recifes estão fixados em blocos laterizados e silicificados, sobre substratos terciário/mesozóico, caídos ao sopé das falésias, como notado em Morro de São Paulo (BAHIA, BRASIL, 1995).

Os recifes oferecem serviços ecológicos como: proteção da costa contra a erosão marinha, substrato às plantas de mangue, abrigo para peixes comerciais, lazer e turismo pelo uso das piscinas formadas na baixa-mar como em Morro de São Paulo e Moreré (Figura 11).

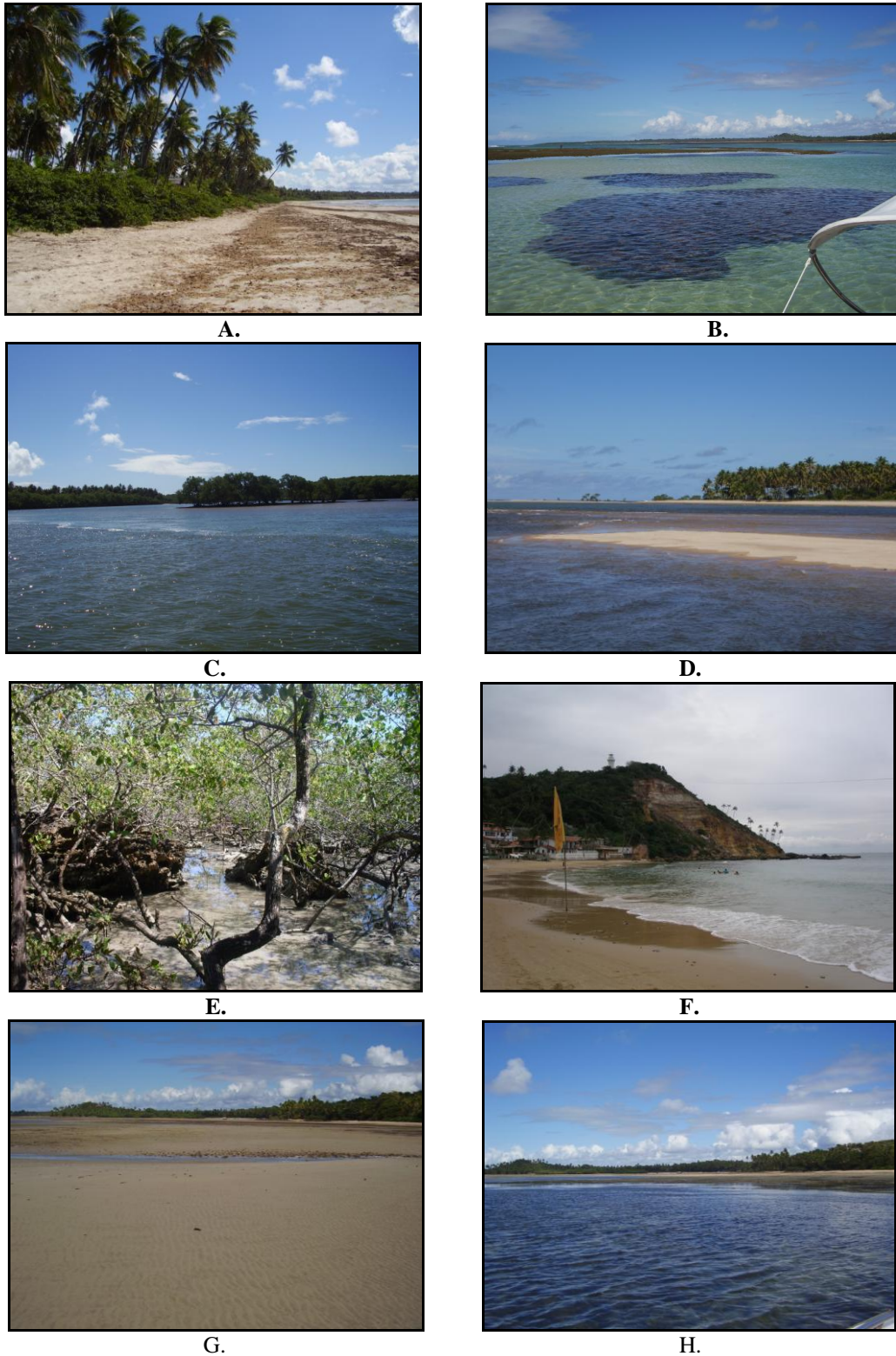


Figura 11. Unidades geoambientais costeiras das Ilhas de Tinharé e Boipeba. **A.** Cordão arenoso com vegetação descaracterizada, em Bainema, Boipeba; **B.** Recife formando piscina, Moreré, Boipeba; **C.** Estuário do rio Catu, em Castelhana, Boipeba; **D.** Desembocadura do rio Catu, Castelhana, Boipeba; **E.** Manguezal de Morro de São Paulo, Tinharé e Falésia local; **G.** Planície de maré exposta durante a baixa-mar, em Moreré, Boipeba. **H.** Planície de maré coberta na preamar, Praia de Moreré, Boipeba.

Fonte: Pesquisa de Campo.

3.6 ATIVIDADES SÓCIO-ECONÔMICAS

Os europeus chegaram às margens do Canal de Tinaré, em Cairu, Sul da Bahia, em princípio do século XVI, por meio da expedição de Francisco Romero a mando do donatário da Capitania de São Jorge de Ilhéus, o centro administrativo da Capitania (VINHAS, 2007).

Cairu foi a mais importante metrópole indígena da região, habitada por grupos do tronco lingüístico Tupi: Tupinambás, Tupiniquins e Aimorés (LIZIÊ, 2008). Estes invadidos física e culturalmente por povos colonizadores do velho mundo, quase não deixaram vestígios, exceto pelos sambaquis, urnas funerárias e denominações de localidades em tupi como Cairu (de *Aracajurru*, “Casa do Sol”) e Boipeba (de *M'Boi pewa*, tartaruga).

Em 1563, Mem de Sá cede ao colégio da Bahia à sesmaria das doze léguas de Camamu, onde os jesuítas haviam fundado a Aldeia e Residência de Boipeba e a Aldeia de Nossa Senhora da Assunção do Camamu, ambas no ano de 1537 (SILVA *et al.*, 2007), após o fracasso da investida anterior de catequização e colonização pelos franciscanos.

No século XVII ocorre o esplendor da região, ocasião da chegada de colonos portugueses fugidos dos índios Aimorés, a Aldeia e Residência de Boipeba (LIZIÊ, 2008). Esta localidade se elevou a condição de vila e se tornou importante fornecedora de gêneros alimentícios e madeiras à construção naval e civil para Salvador e Recôncavo Baiano.

Oliveira (2000), conta que, no século XIX, a região de Camamu, próximo a Vila de Boipeba, viveu um período de ascensão econômica, com a exportação de mandioca, arroz, milho, café e casca de árvores de mangue, em destaque de *Rhizophora mangle*. No ano de 1811, Boipeba perde sua condição de Vila para o povoado de Jequié, na cidade de Nilo Peçanha (LIZIÊ, 2008). Esta região perde importância e passa por um isolamento em parte ligado ao precário sistema rodoviário até o início do século XXI.

O desenvolvimento do turismo no litoral sul da Bahia sofreu influência do financiamento governamental e de outros setores da sociedade para a atividade, iniciado em 1992 pelo PRODETUR NE I e seguido pelo PRODETUR NE II. Estes auxiliaram a consolidação da região como importante pólo turístico do estado da Bahia. Neste âmbito, as ilhas de Tinaré e Boipeba inseriram-se neste cenário econômico, com maior desenvolvimento, em destaque o povoado de Morro de São Paulo, no Arquipélago em apreço. Em Boipeba o turismo é recente, restrito à última década, com atrativo histórico-natural, mas por possuir infra-estrutura muito simples sofre influência do turismo em Morro de São Paulo.

O crescimento do turismo em Tinharé e Boipeba, desde 1990, tem descaracterizado a cultura e a estrutura urbana de algumas localidades e causado impactos ambientais locais (GULBERG, 2008). Para a autora, os problemas aludidos estariam associados à insuficiência do saneamento ambiental e de serviços como energia, limpeza urbana, saúde e educação.

No tocante a destinação final dos resíduos sólidos, conhece-se que estes são dispostos em áreas abertas, exceto em de Morro de São Paulo, Gamboa e Garapuá que os dispõe em um aterro comum. Conforme Gulberg (2008), os funcionários da Prefeitura não sabem informar se o lençol freático, abaixo do aterro Morro-Gamboa-Garapuá, já foi contaminado pelo lixo. Feldman (1999), com base no seu estudo em zonas de manguezal do rio Santana, Ilhéus/BA, observa que os resíduos sólidos comprometem a produtividade do manguezal.

De acordo com o conceito do ecossistema como um sistema aberto (ODUM e BARRETT, 2007), sobre a ação de estressores antropogênicos o manguezal pode reduzir o desempenho de suas funções ecológicas. Isto porque o manguezal destinaria parte dos fluxos de matéria e energia ao restabelecimento do seu equilíbrio dinâmico.

Gulberg (2008) avaliando o Plano de Manejo da APA Tinharé e Boipeba constatou que as casas na beira de rios em Cairu, Boipeba, Galeão e Cova da Onça lançam seus esgotos diretamente no estuário. Em Garapuá, as casas lançam esgoto na lagoa do vilarejo, cuja qualidade da água também se compromete com a lavagem de roupas.

A construção da rede de esgotamento sanitário, de 7 km de extensão, em Morro de São Paulo, no ano de 2002, que abrange grande porção dos domicílios, melhorou o problema do saneamento ambiental da APA (GULBERG, 2008). O despejo dos efluentes filtrados da estação de tratamento final, na 3ª praia, ocorre em um emissário submarino.

A população de Boipeba vive da pesca e mariscagem, venda de coco e da agricultura de subsistência, com destacada importância para a economia do Arquipélago. No sul da Ilha, Cova da Onça tem em sua pequena baía o maior banco pesqueiro local, onde se encontram dezenas de gamboas e ocorre mariscagem e coleta de polvo e de lagosta nos recifes coralinos.

Guarapuá, a sul da ilha de Tinharé, tem na pesca e mariscagem, extrativismo vegetal e no turismo suas principais fontes de renda, cuja pressão pesqueira é a maior do Arquipélago. Morro de São Paulo, a norte da ilha de Tinharé, possui rico patrimônio histórico (Fortaleza e o Forte da Ponta, dos séculos XVII e XVIII) e natural, atrativos ao turismo (SILVA *et al.*, 2007). O turismo é a principal atividade econômica da localidade de Morro de São Paulo, que concentra a infra-estrutura para o segmento no Arquipélago.

Os manguezais das ilhas de Tinharé e Boipeba são espaços de usos múltiplos e de conflitos socioambientais travados neste início de século principalmente entre a expansão urbana decorrente da procura turística, a pesca e a atividade petrolífera. Para Martinez (2004), os conflitos socioambientais devem-se ao problema de que uns se beneficiam mais que outros, enquanto uns sofrem maiores custos que outros.

Os conflitos socioambientais exigem uma gestão ambiental desejável, viável e ecologicamente prudente (SACHS, 1986). Segundo Agra Filho (2008), tal gestão ambiental deve superar a oposição entre o ambiente natural e social e concentrar-se na construção coletiva da sustentabilidade orientada para o desenvolvimento humano.

Nas ilhas estudadas o turismo é a mais importante atividade econômica e a principal fonte de renda às populações locais, sendo mais intensa ao norte da Ilha de Tinharé, especificamente em Morro de São Paulo, onde se verifica maior urbanização e impactos associados ao uso dos seus recursos. Por sua vez, o turismo estende sua territorialidade à ilha de Boipeba requisitando recursos pesqueiros dos seus manguezais e ecossistemas costeiros, ou em consequência do intenso fluxo de barcos e eventuais lançamentos de poluentes na água.

No tocante a pesca predatória, o Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais, IBAMA, (2010) divulgou o resultado da operação de combate a pesca predatória na BTS e adjacências, regiões do Baixo Sul ao Litoral Sul e o Litoral Norte, da Bahia: apreensão de quase 4000 Kg de frutos do mar e aplicação de R\$ 170.000 reais em multa, entre dezembro e fevereiro de 2010. Nas ilhas de Tinharé e Boipeba, a realização da pesca predatória deve-se, principalmente, aos pescadores de Valença, Nilo Peçanha e outros municípios da região.

A indústria do petróleo constitui outra importante atividade econômica instalada nas ilhas em apreço. Iniciada com a exploração do Bloco BCAM-40 (Figura 12), na zona costa de Tinharé e Boipeba, na década de 1970, pela PETROBRAS, que continuou na década de 1980 (BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2003). No ano 1998, após amplo levantamento do fundo oceânico, foi descoberto, com a perfuração do poço 1-BAS-128, a norte de Tinharé, lâmina d'água de 32 m, um depósito de gás natural não-associado, em 2000.

A PETROBRAS perfurou outros cinco poços (Figura 12) entre os anos de 2001 e 2002, no entorno do 1-BAS-128. Em 2002, foi iniciado o processo de licenciamento da atividade exploratória, exclusivamente, de gás natural, em seguida a elaboração do Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e o Relatório de Impacto Ambiental (RIMA), concluídos em 2003.



Figura 12. Localização do Bloco BCAM-40 em relação às ilhas de Tinharé e Boipeba.

Fonte: Biodinâmica Engenharia e Meio Ambiente e Gaia Meio Ambiente (2003).

A produção de gás natural na Bacia de Camamu, situada entre Itacaré e Salvador, foi dividida em blocos pela Agência Nacional do Petróleo (ANP). O governo através de leilões cedeu o direito de exploração do Campo de Manati (Figura 12), na Bacia de Camamu, iniciada em 2007, ao consórcio entre a Petrobras (operadora), a Queiroz Galvão, Brasoil e Norse Energy. Este consórcio empreendeu o Sistema de Produção e Escoamento de Gás Natural da Área da Plataforma PAD-128, a 10 km de Tinharé, sudoeste do Bloco BCAM-40.

Manati, maior campo de gás natural e primeira produção efetiva em *Offshore* da Bahia, conta com seis poços produtores, uma plataforma fixa de produção, 125 km de gasoduto e uma estação de tratamento (FREITAS, 2005). O gasoduto escoo o gás e o óleo condensado do Campo de Manati até a Estação de Tratamento de São Francisco do Conde.

A exploração do Campo de Manati foi dimensionada para 20 anos, com auge para o ano de 2009, com produção de seis milhões de m³/dia (BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2003). Possui reservas avaliadas entre 31-37 bilhões de metros cúbicos de gás natural, na Formação Sergi (NORGY ENERGY, 2009).

Na atualidade, as empresas petrolíferas instaladas no Litoral Sul do Estado preparam o aumento da produção de gás natural e a exploração de petróleo, a sul da ilha de Boipeba.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Foi realizado um levantamento e compilação de dados da literatura sobre aspectos geoambientais, sócio-econômicos e de uso e ocupação do solo, ligados ao tema e a região em estudo e análise de mapas e imagens de satélite da região. Esta fase pretendeu, em especial, a aquisição de informações para a caracterização geral do manguezal, quanto aos aspectos e impactos associados às atividades antropogênicas nas ilhas de Tinharé e de Boipeba, Bahia.

4.2 DEFINIÇÃO E LOCALIZAÇÃO DAS ESTAÇÕES

Foram selecionadas previamente dez estações de amostragem em zonas de manguezais da linha de costa das Ilhas de Tinharé e Boipeba, situadas, entre o Canal de Taperoá e a Barra dos Carvalhos, através de consultas à bibliografia disponível e imagens de satélite. Também, foram realizadas reuniões com organizações da sociedade civil local.

O posicionamento das estações de amostragem acompanhou a distribuição dos manguezais no litoral das ilhas estudadas, através de um aparelho de GPS (Global Positioning System), conforme Tabela 01. Foram escolhidas quatro estações em Tinharé e seis em Boipeba (Figura 13). Em seguida, foi realizada uma descrição dos aspectos ambientais, para que pudesse subsidiar uma avaliação qualitativa das áreas de manguezais estudadas.

Tabela 01. Coordenadas das estações de Tinharé (E1 a E4) e Boipeba (E5 a E10), Bahia.

Estações	Data de Coleta	Coordenadas (UTM)
(E1) Praia do Encanto I	11.01.09	0510383 e 8515242
(E2) Praia do Encanto II	11.01.09	0510249 e 8516142
(E3) Quarta Praia	11.01.09	0510325 e 8520104
(E4) Segunda Praia	11.01.09	8520884 e 509273
(E5) Ilha do Rato	28.03.09	05033797 e 8488164
(E6) Cova da Onça	28.03.09	0505833 e 8489440
(E7) Ponta dos Castelhanos	28.03.09	0508930 e 8488324
(E8) Moreré/margem norte do Rio Catu	28.03.09	0511260 e 8492542
(E9) Moreré/Bainema	28.03.09	0510073 e 8495132
(E10) Cueira	28.03.09	0510033 e 8496782

Fonte: Pesquisa de Campo.

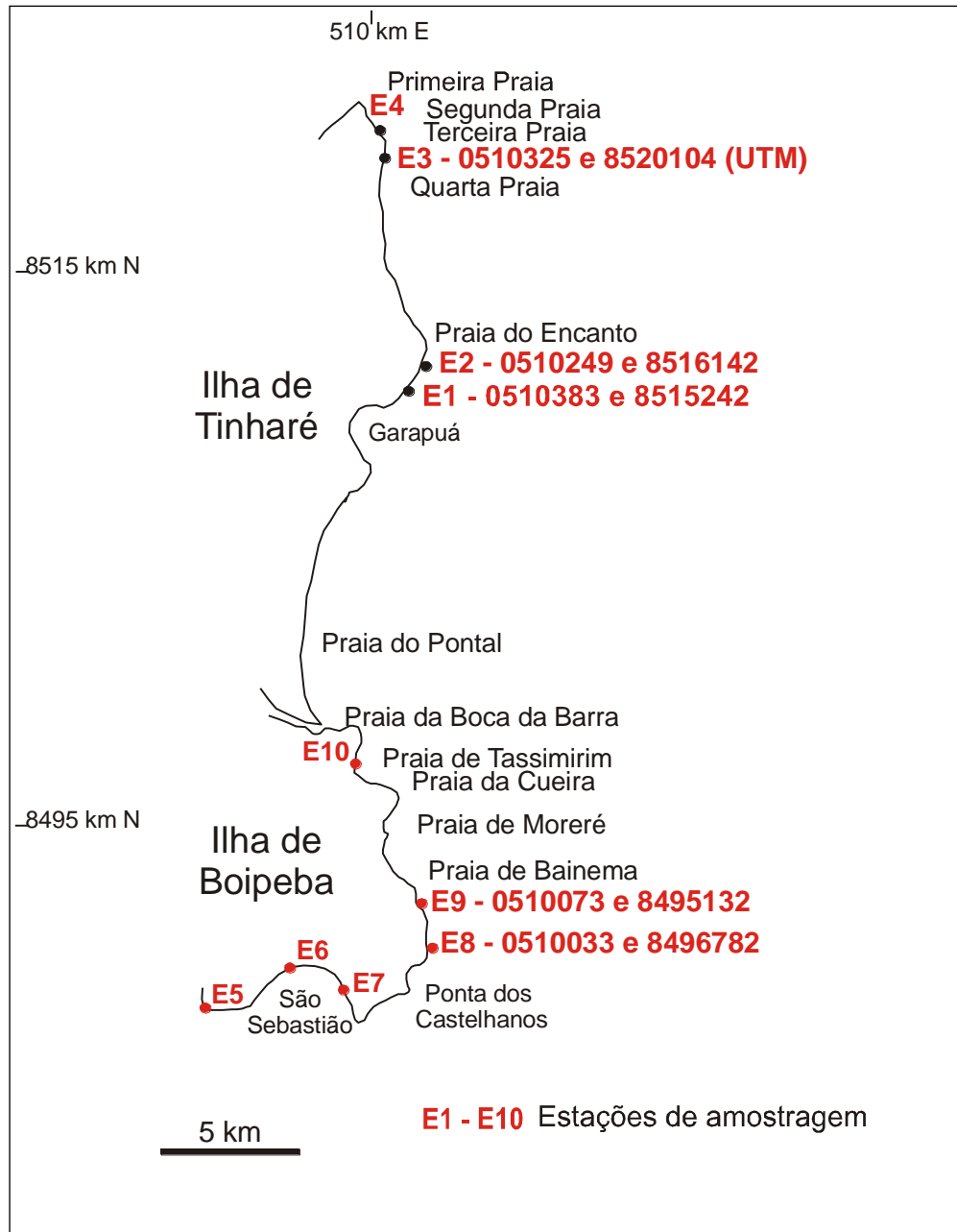


Figura 13. Mapa de localização das estações das ilhas de Tinharé e Boipeba, Cairu, Bahia.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.3 TRABALHO DE CAMPO

Esta etapa foi realizada em duas campanhas, uma no mês de janeiro (10/01/09 a 12/01/09) e outra em março (27 a 29/03/09), respectivamente, nas Ilhas de Tinharé e Boipeba. A Figura 14 apresenta uma visualização panorâmica das etapas de Campo e de Laboratório.

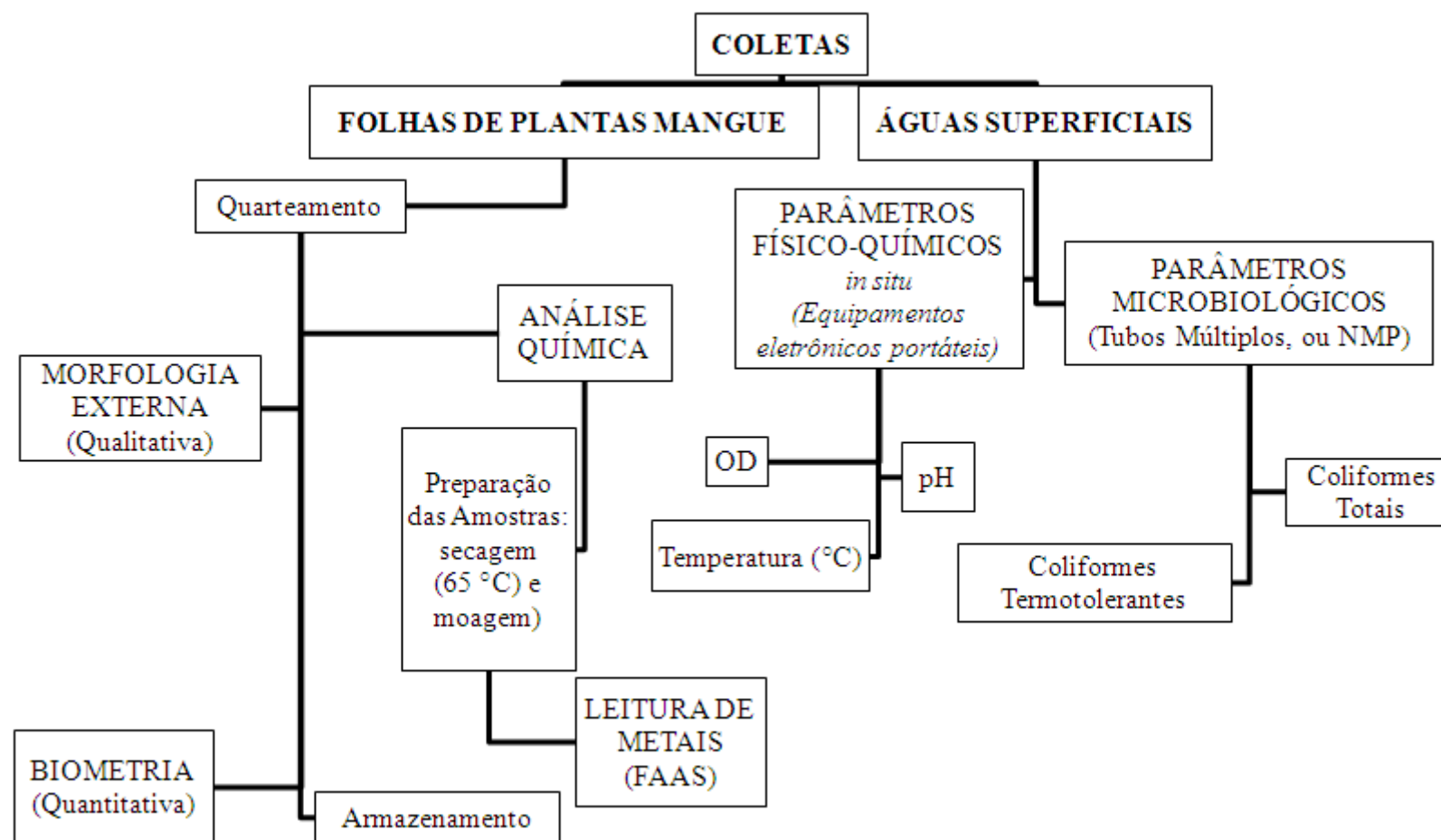


Figura 14. Fluxograma das etapas de trabalho de campo e de laboratório referentes a zonas de manguezais das ilhas Tinharé e Boipeba.

Fonte: Elaborada pelo autor.

Procedeu-se a coleta de folhas das respectivas plantas de mangue (Figura 15) encontradas nas Ilhas de Tinharé e Boipeba: *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf e Leechman e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. Também ocorreu a determinação de parâmetros físico-químicos em águas superficiais adjacentes as estações de amostragem.

Nas dez estações de amostragem de folhas de plantas típicas de mangue, das Ilhas de Tinharé e Boipeba, o posicionamento foi feito através de GPS (*Global Positioning System*).

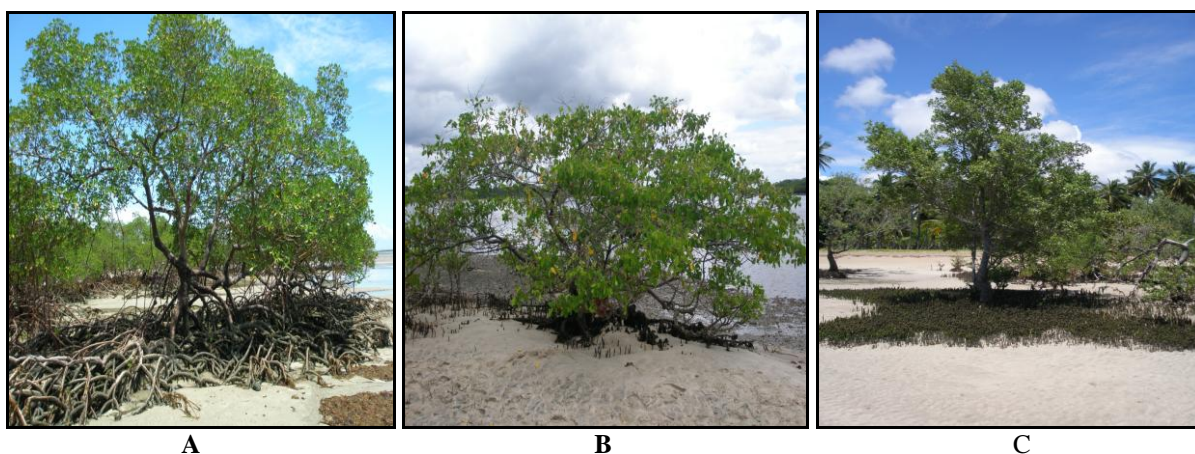


Figura 15. Plantas de mangue das ilhas de Tinharé e Boipeba, Bahia. **A.** *Rhizophora mangle*; **B.** *Laguncularia racemosa*; **C.** *Avicennia schaueriana*.

Fonte: Pesquisa de Campo.

4.3.1 Águas Superficiais: Parâmetros físico-químicos e Microbiológicos

Os parâmetros físico-químicos avaliados foram temperatura, oxigênio dissolvido (OD) e o potencial de hidrogênio (pH), determinados *in situ* em águas superficiais adjacentes às estações de amostragem, conforme metodologia universal. Utilizou-se para aferição aparelhagem eletrônica portátil, previamente calibrada, para melhor confiabilidade dos resultados. Os parâmetros OD e o pH foram determinados, nesta ordem, por meio dos equipamentos OXI-330/WWW e pH 330/WTW, ambos com termômetro eletrônico acoplado.

A coleta de águas para as análises microbiológicas foi realizada apenas na ilha de Tinharé. Foram utilizados coletores plásticos estéreis, contendo tiosulfato de sódio para manter os microorganismos viáveis por mais tempo, colocados contra a corrente. Em seguida, os coletores foram postos em caixa de isopor para verificação de coliformes no Laboratório de Estudos em Meio Ambiente (LEMA), da Universidade Católica do Salvador (UCSAL) conforme a técnica de quantificação do número mais provável (NMP).

4.3.2 Coleta de Folhas de Mangue

- *Estratégia de amostragem*

Nas estações de amostragem observou-se a ocorrência, densidade relativa e grau de desenvolvimento através da altura das espécies de plantas de mangue estudadas. Em seguida, foram realizadas as marcações de parcelas de 10 x 10 metros, por estação, onde, dentro desta área, foram coletadas 60 folhas de até duas plantas por espécie, a partir de informações obtidas em campo, fotografadas e as observações registradas em caderneta de campo.

- *A coleta das folhas das espécies de plantas de mangue estudadas*

Foram coletadas, aleatoriamente, cerca de 60 folhas adultas de sol, a partir do terceiro nó, contadas a partir da extremidade distal do ramo, ao redor da copa, encontradas dentro das parcelas de 10 x 10 metros, nas estações de amostragem (Figura 16). Em seguida, as 46 amostras obtidas foram acondicionadas em sacos plásticos para prevenir a dessecação, adequadamente identificados, até chegarem ao LEMA, da Universidade Católica do Salvador. No laboratório, as amostras foram lavadas em água deionizada e secas em papel toalha e mantidas em freezer a -20 °C para posteriores análises de metais pesados, da integridade foliar e da biometria. O congelamento foi planejado para não prejudicar as análises da morfologia externa e da biométrica.

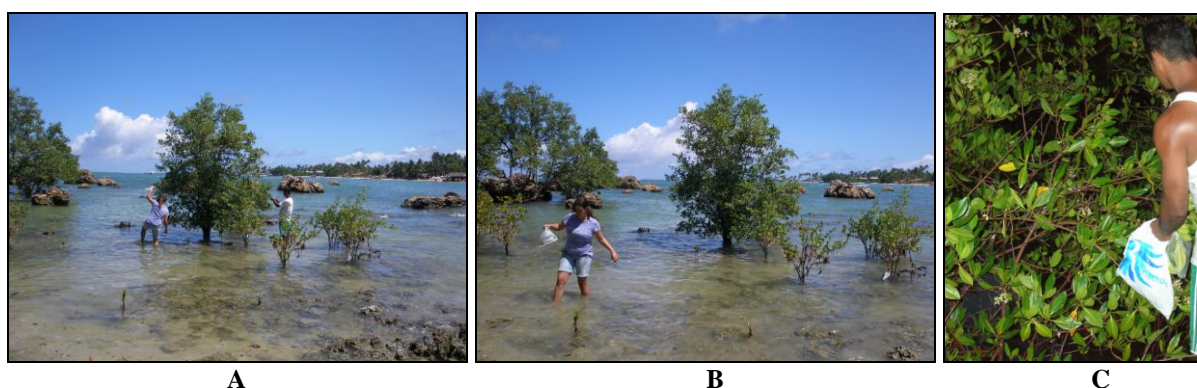


Figura 16. Coleta de folhas de plantas de mangue. **A.** e **B.** *Avicennia schaueriana* na estação E4 (Quarta Praia), em Tinharé. **C.** *Rhizophora mangle* na estação E10 (Cueira), em Boipeba.

Fonte: Pesquisa de Campo.

4.4 ANÁLISES LABORATORIAIS

4.4.1 Análises Microbiológicas das Águas Superficiais

No LEMA da UCSAL, foi verificada a presença de coliformes nas amostras de água, por meio da técnica do número mais provável (NMP), conhecida também como técnica dos tubos múltiplos. Estas análises microbiológicas contaram com os seguintes testes: (1) teste presuntivo, (2) teste confirmativo para coliformes totais e (3) teste confirmativo para coliformes termotolerantes.

O teste presuntivo seguiu o seguinte protocolo: i) homogeneização da amostra, ii) transferência de 10ml da amostra para cada um dos cinco tubos selecionados contendo iguais 10 ml de Lauryl Trytose Broth (CL) iii) incubação em estufa a 37°C por 24 hora. Em seguida, foi realizado o teste confirmativo para coliformes totais, apenas nas amostras positivas no teste presuntivo, obedecendo às seguintes etapas: i) transferência de uma alíquota de 10 µl de cada tubo de CL positivo para novos cinco tubos selecionados contendo Caldo Lactosado Verde Brilhante Bile (CLVBB) e ii) incubação em estufa a 37°C por 24 horas.

Nas amostras positivas quanto à presença de coliformes totais foi realizado o teste confirmativo para coliformes fecais (ou termotolerantes), conforme as respectivas etapas: i) transferência de uma alíquota de 10 µl de cada tubo de CL positivo, da prova presuntiva, para tubos contendo “EC BROTH” (Caldo EC), ii) incubação em estufa a 44,5°C por 24 horas. Este teste permite a determinação da *Escherichia Coli*, que habita o intestino humano.

A leitura dos testes confirmativos para coliformes totais e fecais foi realizada após 24 horas de incubação das amostras do teste presuntivo. Sendo que as amostras negativas no tempo de 24 horas foram deixadas na incubação por igual período. Após o tempo de incubação, as amostras turvas e com presença de gás dentro do tubo de Durham, com formação de bolhas, foram consideradas positivas.

Os resultados foram comparados aos limites estabelecidos pela Portaria nº. 1469/2000 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) e pela Resolução nº. 357 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA).

A realização das análises microbiológicas deu-se por meio de uma fase de campo, já descrita, e outra em laboratório. Uma visualização panorâmica é apresentada na Figura 17.

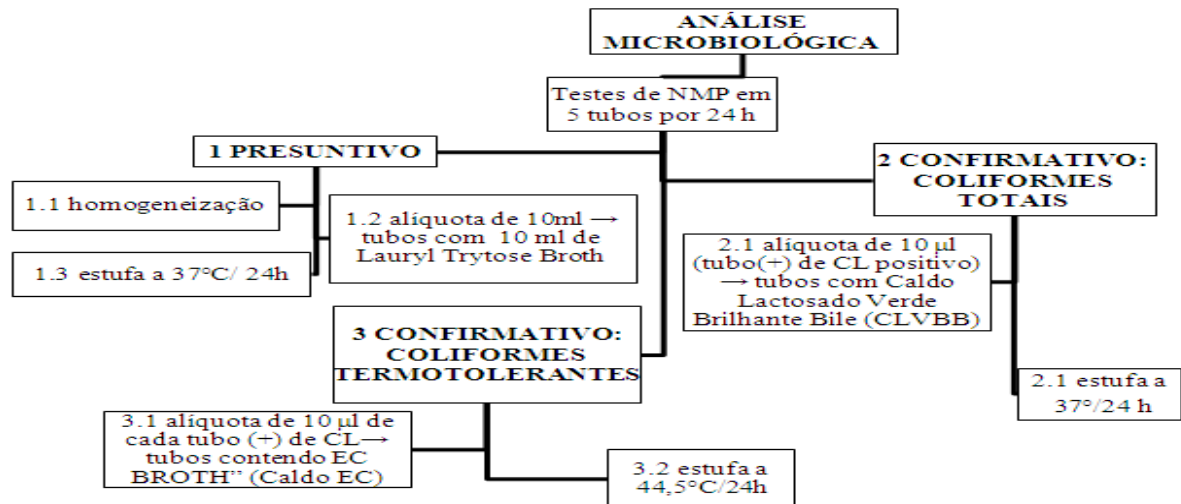


Figura 17. Análises Microbiológicas de Águas Superficiais das Ilhas de Tinharé e Boipeba.

Fonte: Elaborada pelo autor.

4.4.2 Estudo da Morfologia Externa e Biometria

As folhas foram avaliadas quanto à análise da biometria e da integridade do limbo, no LEMA, da UCSAL, de maneira integrada com as características das estações de amostragem.

A realização da biometria valeu-se de medidas do comprimento e largura das folhas, auxiliadas por paquímetro manual, para uma avaliação do grau de desenvolvimento foliar das espécies de mangue consideradas neste estudo através de metodologia quantitativa.

Foi avaliado, também, para as espécies de mangue amostradas, o grau de integridade foliar, através de análise qualitativa da morfologia externa. Os aspectos morfológicos considerados foram: amarelamento (clorose), limbo revoluto (enrolamento foliar para face inferior ou abaxial), manchas escuras, perfurações, recortes/pastejo e galhas.

Para as alterações observadas na morfologia externa da *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa* atribuíram-se valores significativos, numéricos, a intensidade das alterações apresentadas, conforme a seguinte escala: zero (0) quando determinada alteração não aparece; dez (10) quando igual ou menor que 50% (cinquenta por cento); e vinte (20) quando presente em mais de 50% das folhas por espécime amostrado.

Os dados obtidos da biometria foram registrados em ficha específica e colocados em tabelas (APÊNDICE II) e gráficos. Para as alterações observadas na morfologia externa foram construídos gráficos a partir da atribuição de valores numéricos relativos à intensidade das alterações observadas, para melhor apresentação e compreensão dos resultados.

4.4.3 Análise de Metais

A análise química de metais foi realizada no LEMA/UCSAL e contou com a colaboração do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA), do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia (UFBA), para a etapa de abertura das amostras, apresentando as seguintes fases (Figura 18): (I) Preparação das amostras, através de (1) lavagem e secagem e (2) moagem das folhas de plantas de mangue amostradas; (II) Abertura ou digestão e (4) Leitura de metais pesados. Procurou-se evitar ao máximo a contaminação das amostras.

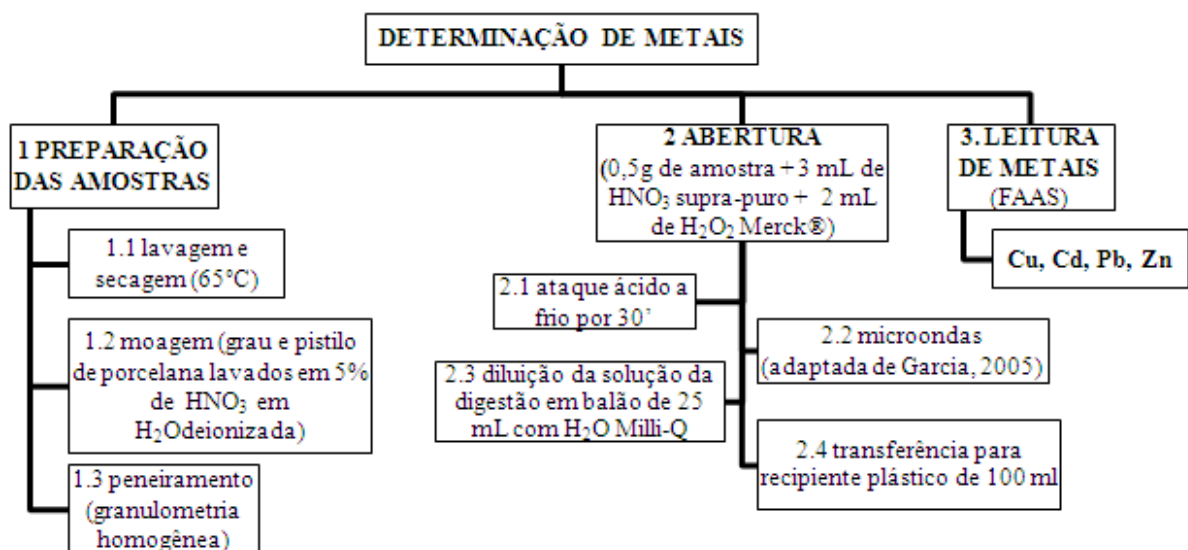


Figura 18. Metodologia usada na determinação de metais pesados nas folhas de *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*, de Tinharé e Boipeba, Bahia.

Fonte: Elaborada pelo autor.

- Preparação de amostras

As folhas das espécies *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* e *Laguncularia racemosa*, nas estações de amostragem, foram primeiro descongeladas a temperatura ambiente, lavadas em água deionizada e armazenadas em envelopes de papel *Kraft* para secagem em estufa de circulação fechada ($\pm 65^{\circ}\text{C}$) por duas semanas, até atingir peso constante. Em seguida, procedeu-se a moagem das amostras de folha em grau e pistilo de porcelana, previamente lavados em solução de 5% de ácido nítrico (HNO_3) em água deionizada, para posterior peneiramento, de toda a amostra, até uma granulometria homogênea.

- Abertura/Digestão

A abertura foi realizada em forno de microondas, conforme a metodologia apresentada na Tabela 02, tendo sido feitos testes preliminares. Em seguida, as amostras foram preparadas em duplicata para cada estação, mais os brancos e um padrão certificado internacionalmente, o “NIST” (Nacional Institute of Standards and Tecnology, Apple Leaves -1515).

Baseado em Garcia (2005) foram feitas adaptações que permitiram a abertura das amostras nas condições experimentais do LEMA/UCSAL em cooperação com o Laboratório do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA), da Universidade Federal da Bahia (UFBA), chegando à elaboração do protocolo descrito a seguir.

Para cada uma das amostras foi pesada 0,5g da folha moída, peso seco, diretamente na camisa de teflon, adicionando-se 3 mL de ácido nítrico supra-puro e 2 mL de peróxido de hidrogênio, ambos da marca Merck®, sendo em seguida realizado o ataque ácido a frio por 30 minutos e depois colocadas no forno de microondas segundo a Tabela 01. Depois, adicionou-se água Milli-Q a solução resultante, para preenchimento de balão volumétrico de 25 ml. Seguiu-se com a transferência direta para recipiente plástico de 100 ml, para posterior leitura.

Tabela 02. Programação do forno de microondas para abertura de amostras de folhas de árvores de mangue das Ilhas de Tinharé e Boipeba, Bahia.

Etapas	1^a	2^a	3^a	4^a	5^a
Tempo (minutos)	5	5	10	20	5
Potência (Watts)	200	0	500	630	0

Fonte: Adaptado de Garcia (2005).

- Leitura de Metais Pesados

A leitura dos teores dos metais Cu, Zn, Pb e Cd, obtidos de folhas de mangue, foi realizada por análise direta por espectrometria de absorção atômica com chama e corretor de fundo com lâmpada de deutério, usando-se equipamento de marca Varian Spectr AA-6440Z. Esta técnica funda-se na absorção da energia radiante pelas espécies atômicas não-excitadas, no estado gasoso, fundamental.

No estado fundamental, após a introdução da amostra como um aerossol em uma chama adequada que a dispersa, uma espécie atômica pode absorver radiações de comprimentos de onda iguais aos emitidos, se excitada. Desta maneira, como cada um dos átomos possui um espectro de absorção, devido às transições eletrônicas envolvendo os elétrons externos, pode-se realizar a medição da concentração de um elemento numa amostra.

A validação da metodologia deu-se por meio da leitura do padrão certificado (“NIST” - 1515). As leituras do padrão certificado e das duplicatas das amostras e dos brancos foram utilizadas para o controle de qualidade da técnica analítica adotada.

No Quadro 05 são verificadas as condições de funcionamento do aparelho e o limite de detecção do método para cada metal analisado. Tal limite foi calculado como média aritmética dos valores obtidos pelas duplicatas dos brancos (X_b), mais três vezes o desvio padrão dessas duplicatas (S_b) (MELO JR, 1997 *apud* RODRIGUES, 2005, p.79), conforme a EQUAÇÃO (01).

$$L_d = X_b + 3 \cdot S_b \quad (01)$$

Quadro 05. Condições de operação do Espectrômetro de Absorção Atômica com chama, usado na leitura dos metais em folhas de mangues das Ilhas de Tinharé e Boipeba

Elemento	λ (nm)	Oxidante/Combustível	Limite de Detecção ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
Cu	324,8	ar/acetileno	1,85
Cd	228,8	ar/acetileno	1,50
Pb	217	ar/acetileno	13,30
Zn	213,9	ar/acetileno	2,10

Fonte: Elaborada pelo autor.

Para certificação da eficiência da metodologia adotada usou-se o Índice de recuperação (IR) da espécie química analisada (RODRIGUES, 2005), através da EQUAÇÃO (02), foram apresentados na Tabelas 03.

$$(\%) \text{ IR} = (T/t) \times 100 \quad (02) \text{ onde:}$$

IR = Índice de Recuperação;

T = teor da espécie interessada determinado experimentalmente, com a metodologia deste trabalho;

t = teor da espécie interessada (indicado pelo certificado do padrão NIST);

100 = fator de multiplicação.

Tabela 03. Recuperação de Metais em Folhas de Mangue de Tinharé/Boipeba, BA.

Elementos	Cu ($\mu\text{g/g}^1$)	Cd ($\mu\text{g/g}^1$)	Pb ($\mu\text{g/g}^1$)	Zn ($\mu\text{g/g}^1$)
Padrão (média do valor encontrado)	3,87	1,35	7,36	13,85
Padrão NIST	5,64	0,002	0,47	12,5
Recuperação (%)	68,66	1567,9	67383,33	110,77

Fonte: Elaborado pelo autor.

4.5 TRATAMENTO DE DADOS: GRÁFICO E ESTATÍSTICO

Os dados obtidos, primários (campo ou laboratório) ou secundários (outras fontes), qualitativos ou quantitativos, após tabulados, receberam tratamento gráfico e/ou estatístico para possibilitar adequada demonstração e compreensão dos resultados obtidos.

- Ferramenta Gráfica

O processamento de dados gráficos contou com o recurso cartográfico, auxiliado por informações de campo e bibliográficas. Enquanto que para um adequado o tratamento digital e edição de mapas e fotos foram utilizados os programas *Arc Gis* e *Corel Draw*.

Foi utilizado o programa Excel for Windows 2007 tanto para as representações gráficas dos resultados qualitativos da morfologia externa, quanto resultados quantitativos dos resultados obtidos das físico-químicas, da biometria e determinação de metais pesados.

- Ferramenta Estatística

A análise dos dados biométricos (comprimento e largura) e dos teores médios de metais foi obtida através dos softwares Microsoft Excel versão 2007 e do INSTAT V 3.0. Foram realizadas análises de médias, desvio padrão, coeficiente de variação de Pearson (CV), de variância multivariada (MANOVA), para avaliar a diferença significativa entre as estações amostradas, sendo que, quando obtida diferença significativa entre os dados estudados foi realizado o teste de comparação de médias de Tukey-Kramer, cujo nível de significância adotado foi de 10%.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 DESCRIÇÃO DAS ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM

- Estação (E1): Praia do Encanto I

A estação Praia do Encanto I situa-se a norte de Tinharé, no limite sul da Praia do Encanto, em Morro de São Paulo. Representa uma pequena área de mangue frontal (Figura 19), em praia protegida por recifes em franja, sobre substrato arenoso e rico em bioclastos.

Composto por vegetação de mangue mista, em ilhas, dominada por mangue-vermelho (*Rhizophora mangle*), com altura média em torno de seis metros. Foram também observadas ostras-de-mangue (*Crassostrea rhizophorae*) associadas aos rizóforos da *Rhizophora* e caramujos (*Litorina angulifera*) sobre ramos superiores e folhas. A *Rhizophora* distribuiu-se em duas faixas separadas por um canal de maré (Figura 19), com pequeno aporte fluvial, sendo os dois lados dominados por *Rhizophora mangle*.

Os indivíduos dos táxons *Avicennia schaueriana* (siriúba) e *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) apareceram como indivíduos isolados, ou imbricados ao mangue vermelho.

A altura do mangue-preto, ou siriúba, variou entre 2 a 8 metros. Enquanto que os indivíduos de mangue-branco exibiram altura média em torno de 2 metros, distribuídos ao lado de indivíduos de siriúba, dispostos mais internamente na linha de praia, da zona intermaré, sendo periodicamente imersos na preamar.

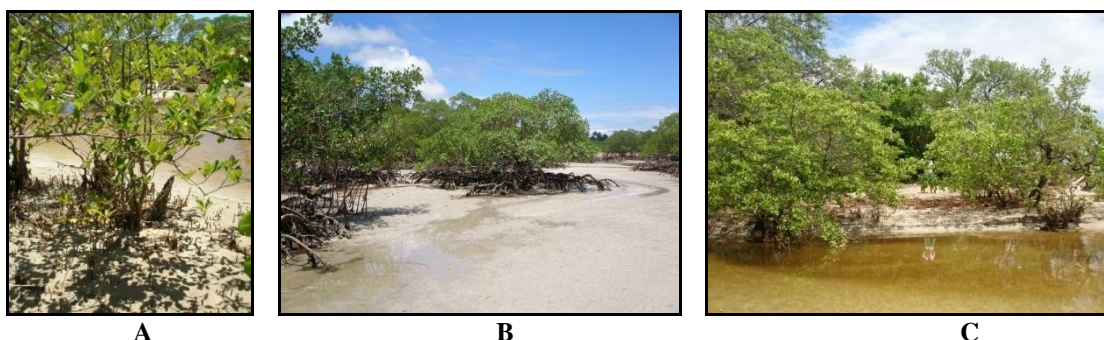


Figura 19. Vegetação de mangue na Praia do Encanto (E1), em Tinharé. **A.** *Avicennia schaueriana*; **B.** Representa *Rhizophora mangle*, dominante; e **C.** Indivíduos de *Laguncularia racemosa*. Nas figuras **B** e **C** nota-se a presença de um canal de maré.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Nas adjacências dos indivíduos amostrados notou-se forte presença de resíduos sólidos (lixo), não biodegradáveis, cujo predomínio foi dos sacos plásticos e garrafas pet (Figura 20). Conta-se que a presença de lixo nas praias locais decorre tanto de fontes locais quanto de fontes alóctone, trazidas por correntes marinhas.



Figura 20. Presença de lixo na estação E1, Tinharé. **A.** Isopor; **B.** Garrafa pet e saco plástico.
Fonte: Pesquisa de Campo.

- *Estação 02 (E2): Praia do Encanto II*

A Praia do Encanto II está localizada na ilha de Tinharé, um pouco mais a norte da E1, igualmente na Praia do Encanto, no distrito de Morro de São Paulo. Apresenta pequena área de mangue frontal, em praia protegida por recifes de coral e algas coralinas em franja, fixado em substrato fino-lamoso raso, com trechos arenosos.

A vegetação forma pequeno bosque, cujos indivíduos, em cada espécie estudada, apresentam maior desenvolvimento, quanto à altura relativa, que os das estações E1, E3 e E4, da ilha de Tinharé. Observou-se bosque de mangue misto, relativamente denso, com representantes dos três gêneros estudados, com altura entre 4 a 10 metros de altura, exceto para o mangue-branco, com menor altura (Figura 21).

As três espécies encontram-se tão imbricadas que no centro da área é difícil separá-las, com a *Avicennia schaueriana* estendendo-se em direção ao mar (Figura 22). O mangue-vermelho é bordejado por indivíduos de mangue-preto e mangue-branco, com presença de ostras-de-mangue, inclusive em caules de *Avicennia schaueriana* e movimentação de caramujos nas folhas de todas as espécies de mangue estudadas.

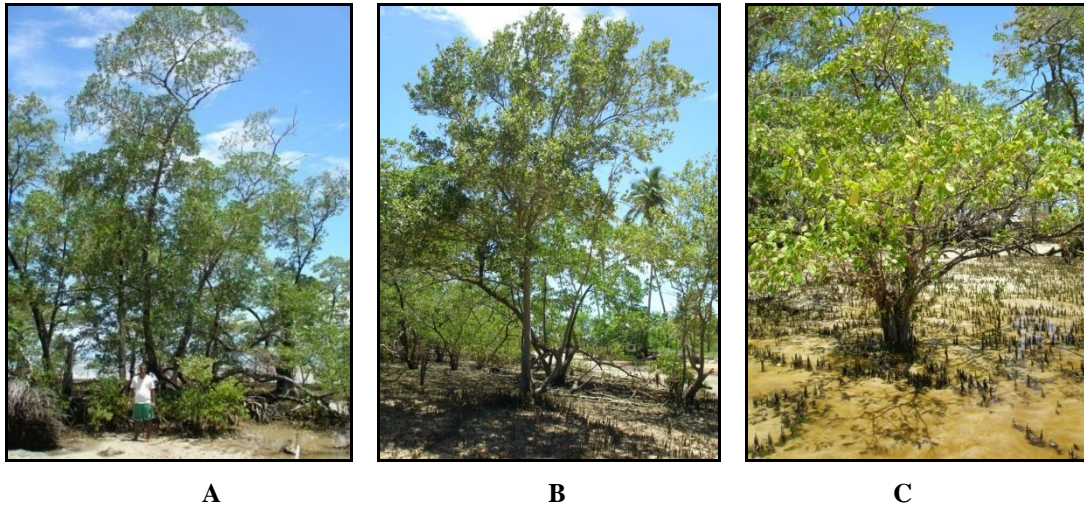


Figura 21. Alturas relativas das plantas de mangue na estação E2, em Tinharé. **A.** *Rhizophora mangle* **B.** *Avicennia schaueriana* **C.** *Laguncularia racemosa*, com desenvolvimento menor que a *Avicennia* e a *Rhizophora*. Em A um homem com 1,86 de altura.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Foi também notada a presença de indivíduos jovens (Figura 23) entre as estações E1 e E2, a maioria do táxon *Avicennia schaueriana*, mesmo ocorrendo *Rhizophora mangle*. Notou-se em alguns trechos uma maior densidade de rizóforos e de serapilheira (Figura 24).

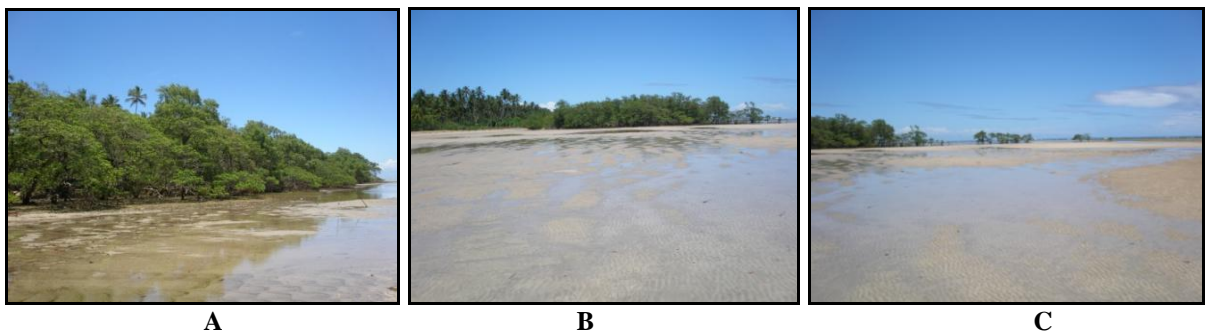


Figura 22. Estação E2, Tinharé. **A.** Vista frontal da E2, na baixa-mar; **B.** Vista lateral do mangue mista, em ilha, sobre planície marinha, cuja altura relativa pode ser comparada com *Cocos nucifera* adjacente; **C.** *Avicennia schaueriana* estendendo-se em direção ao mar.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Foi registrada a poluição por sacos plásticos, garrafa *pet*, isopor, borrachas de sola de sapatos, resíduos sólidos recalcitrantes (Figura 24). Estes como os registrados na E1, ocorrem em trechos de praia muito pouco habitada e de difícil acesso na preamar, podendo ser inferida a origem dos resíduos encontrados nas estações E1 e E2. O lixo pode ter sido disposto por moradores ou por turistas. Segundo Gulberg (2008), o Plano de Manejo da APA Tinharé/Boipeba apontou a contribuição do lixo plástico trazido pelas correntes marítimas.



Figura 23. Plantas jovens de mangue colonizando área entre as estações E1 e E2, na ilha de Tinharé. A. Avistam-se os singulares rizóforos da *Rhizophora mangle*. B. *Avicennia schaueriana*. Percebe-se em A e B, em primeiro plano, os recifes pétreos truncados.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Na estação E2 foram notados vestígios de corte de árvores de mangue, construções na linha da preamar e um trator (Figura 24). Sabe-se que o transporte de pessoas, produtos e lixo por veículos durante a baixa-mar é comum em Morro de São Paulo, impacto causador de estresse ao ecossistema praial.

O trânsito de veículos possivelmente está relacionado à precária infra-estrutura de acesso pela orla deste distrito, situação também notada por Freitas (2002). E considerando-se a destinação da praia para uso recreacional, assegurada por lei, parece necessária a fiscalização pelo poder público local do controle do transito de veículos (Figura 24).



Figura 24. Resíduos sólidos encontrados na estação de amostragem E2. Garrafas de vidro, sacolas plásticas e garrafas pet, materiais não biodegradáveis, em Tinharé. Em B, nota-se a acumulação da serapilheira e a densidade de rizóforos, para este trecho.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- Estação E3: Quarta Praia

A Quarta Praia insere-se na interseção entre o final da Terceira Praia com início da Quarta Praia, em Morro de São Paulo, a norte da ilha de Tinharé. Verifica-se uma pequena área de mangue frontal em praia protegida, que cresce sobre substrato rochoso, arenito, com trechos de sedimentos arenosos, ou fixados diretamente no topo de recifes pétreos.

Observou-se mangue frontal, misto, pouco desenvolvido, com altura média de 3 metros de altura para a *Rhizophora mangle* e média de 2 metros para a *Avicennia schaueriana*, e ainda menor altura para indivíduos de *Laguncularia racemosa* (Figura 25). Esta área de mangue não aparece em mapas consultados de distribuição de manguezais nas ilhas de Tinharé e Boipeba, bem como o trecho vegetado com mangue da Segunda Praia, E4, que será discutida a seguir, situação anteriormente percebida por Freitas (2002).

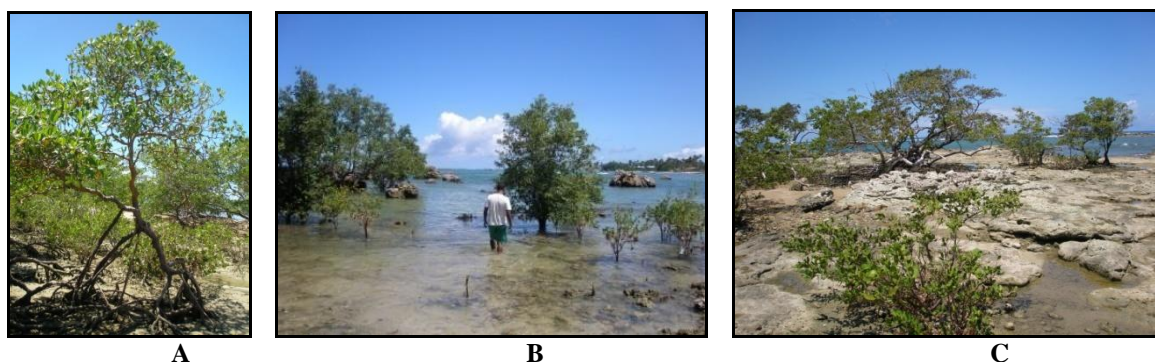


Figura 25. Árvores de mangue da estação E3, em Tinharé. **A.** *Rhizophora mangle* crescendo substrato rochoso, arenito; **B.** *Avicennia schaueriana* sobre recifes de corais sobre de porte arbustivo; **C.** *Laguncularia racemosa*, vista em primeiro plano.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Ocorre predomínio do gênero *Laguncularia* (mangue-branco), seguido por poucos indivíduos de *Avicennia schaueriana* e do gênero *Rhizophora*, quase isolados.

Nas adjacências da estação E3, foi observada a ocupação da praia por certo número de barracas, protegidas com estacas de coqueiro, algumas com alicerça de alvenaria, contra a ação erosiva das correntes marinhas local.

Foi verificado grande fluxo de pessoas nas praias desta estação de amostragem, sendo a sua maioria turista. Também, pode-se notar o uso recreacional das piscinas formadas pela água retida nos recifes pétreos locais, durante a baixa-mar (Figura 26).

Observou-se um riacho que corta a praia, na sua interface com a Terceira Praia, próximo às piscinas dos recifes usadas por turistas para recreação, que dificulta a passagem de transeuntes (Figura 27). O Plano de Manejo sugere o monitoramento sistemático das águas para análise, para que sejam verificadas as variações nos índices de qualidade e para procurar correlacionar essa variação com o clima e a flutuação da população (GULEBERG, 2008).

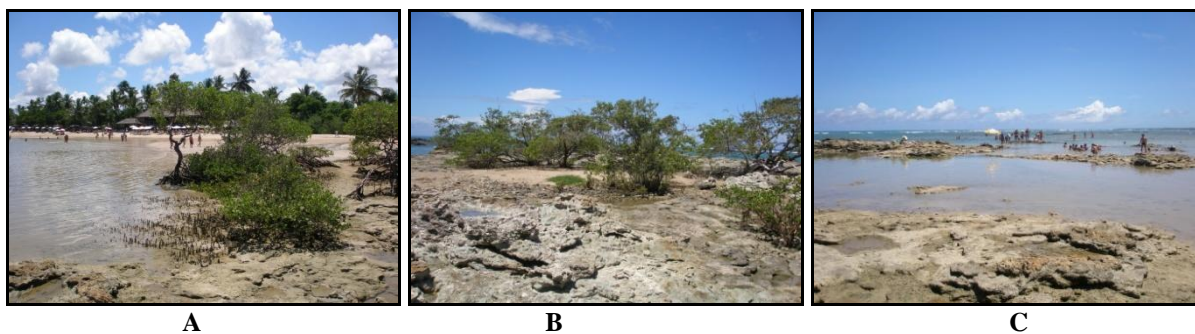


Figura 26. Indivíduos isolados de mangue pouco desenvolvido, sobre substrato rochoso, e uso recreacional das piscinas dos recifes da estação E3, em Tinharé. **A.** *Avicennia schaueriana*; **B.** No centro da figura pode-se notar presença de gramínea, ao lado de indivíduo de *Avicennia schaueriana* de porte arbustivo; **C.** Piscinas de águas retidas nos recifes locais.

Fonte: Pesquisa de Campo.



Figura 27. Determinação de parâmetros físico-químicos em águas superficiais, E3, Tinharé.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- *Estação E4: 2ª Praia*

Verificou-se reduzida área de mangue frontal, em praia protegida, que cresce sobre substrato, grosso modo, rochoso, com trechos de sedimentos arenosos e lamoso-arenosos, ou fixados diretamente no topo de recifes pétreos.

Notou-se vegetação mista, em contato direto com o mar, na preamar, com as três espécies estudadas, de pequeno porte, máximo de 4 metros, cujo predomínio é da *Laguncularia racemosa* (Figura 28). Esta espécie distribui-se espaçadamente entre os indivíduos de mangue-vermelho e mangue-preto.

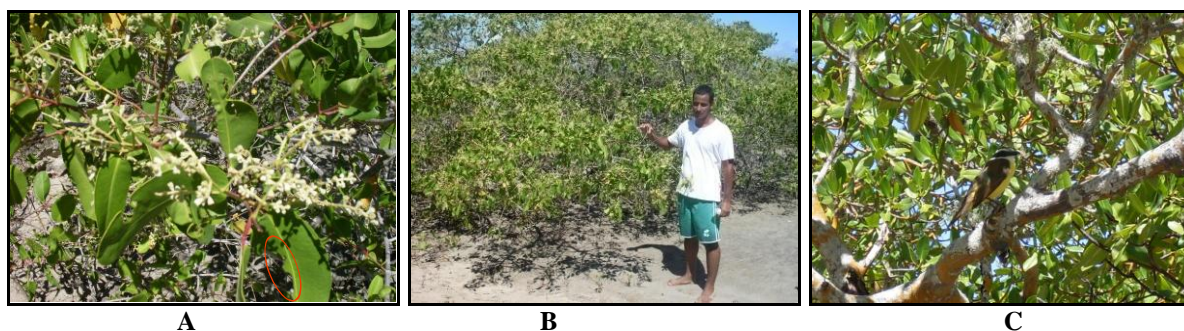


Figura 28. Árvores de mangue da estação E4, Segunda Praia. **A** *Laguncularia racemosa*, mostrando inflorescência e perfuração (recorte); **B** Altura relativa da *Laguncularia racemosa* em relação a uma pessoa de 1,86 m; **C**. Pássaro bem-te-vi (*Pitangus sulphuratus*) sobre caule de *Rhizophora mangle*, incrustado de líquens.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Foram verificados pequenos agrupamentos isolados de *Rhizophora mangle*, às vezes sobre substrato arenoso-argiloso pouco profundo de coloração cinza-claro e em outras ocasiões em sedimento mais lamoso de coloração mais escura, inclusive com maior número de tocas de crustáceos. Enquanto a *Avicennia schaueriana* ocorre em indivíduos quase isolados, de pequena altura, sua semente é encontrada em único indivíduo (Figura 4, p.26).

Nesta estação de amostragem foi notado que a região da praia denominada de pós-praia, aquela em contato com o continente, faz limite com as falésias de arenito, ocorrendo trechos sobre influência da erosão; observaram-se ainda evidências da erosão por correntes marinhas, como coqueiros caídos e destruição de estruturas de alvenaria (Figura 29).

Foram registradas barracas de alvenaria na face da praia e intenso fluxo de banhistas, e, ainda, a presença de sacos plásticos, garrafa *pet*, garrafas de alumínio, embalagem de cigarros, restos de folhas de coqueiro, e outros. Também foi observada a movimentação de tratores na baixa-mar para coleta de lixo, acumulado em montes próximo ao mar (Figura 29).

Morro de São Paulo possui sistema de esgotamento sanitário, mesmo assim foi notado na E3, na interface com a Terceira Praia, um riacho fétido, cuja cor da água era escuro, próximo as piscinas dos recifes. Córrego semelhante foi notado na Primeira Praia (Figura 29).

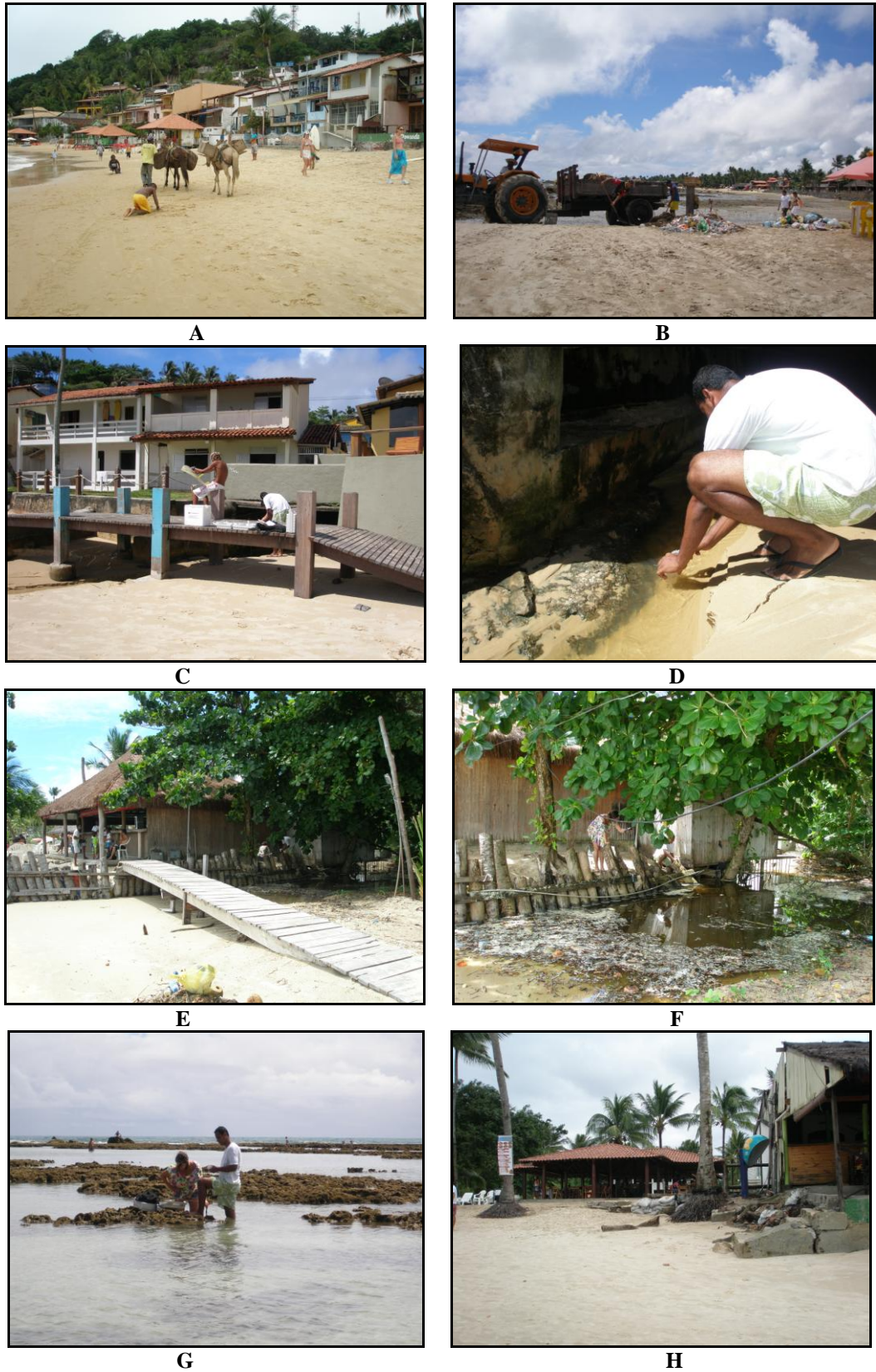


Figura 29. Estação E4, Segunda. **A.** Trafego de animais sobre a praia; **B.** Coleta de lixo acumulado na praia por trator; **C, D, E, F,** Determinação *in situ* de parâmetros físico-químicos; **G.** Coleta de água para as análises microbiológicas; **H.** Alvenaria destruída e raízes de *Cocus nucifera* exumadas.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- *Estação 05: Ilha do Rato*

A estação cinco é uma ilhota, bordejada por mangue, situada na desembocadura do rio dos Patos, próximo a Cova da Onça, cujas águas encontram as do mar. Na Ilha do Rato é evidente a modificação da paisagem pela ação humana (Figura 30).

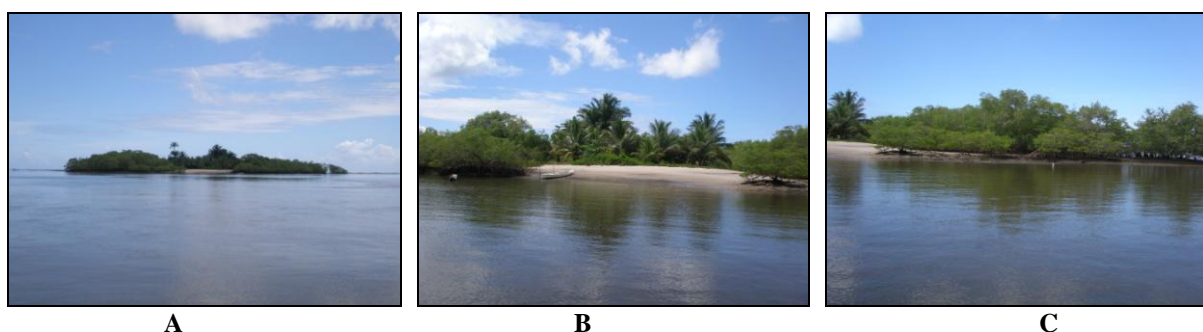


Figura 30. Estação de amostragem E5, ilha do Rato, Tinharé, Bahia. **A.** Vista frontal da ilha do Rato; **B.** Coqueiros (*Cocus nucifera*) imaturos, que se pode inferir supressão recente da vegetação de mangue e desenvolvimento quanto altura relativa desta vegetação; **C.** Vista lateral de mangue, frontal e mista.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Foi verificada vegetação de mangue mista, crescendo sobre substrato, grosso modo, arenoso e arenoso-lamoso, composto por *Laguncularia racemosa*, *Rhizophora mangle*, *Avicennia schaueriana* (Figura 31), com árvores com altura média em torno de 3 metros.

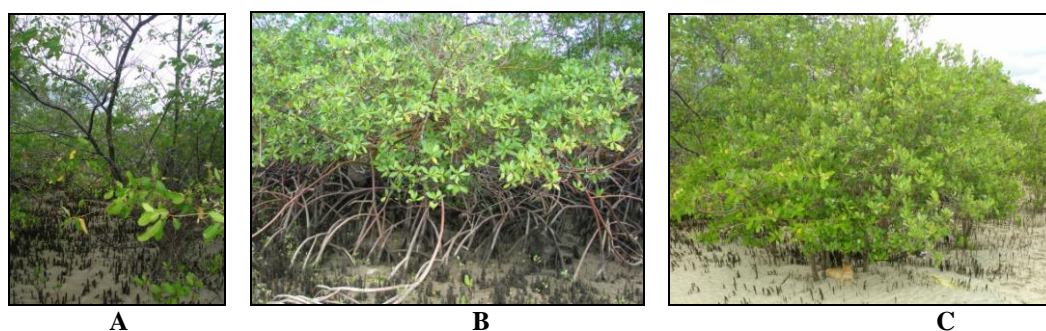


Figura 31. Angiospermas lenhosas de mangue da Ilha do Rato, em Tinharé, Bahia. **A.** *Laguncularia racemosa*; **B.** *Rhizophora mangle*; **C.** *Avicennia schaueriana*.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Nesta estação, notaram-se alterações pronunciadas quanto à integridade foliar (Figura 32), como pastejo, galhas, perfurações, em folhas principalmente de *Avicennia schaueriana*. Além disso, observou-se a presença de garrafas pet e fluxo de lanchas rápidas.



Figura 32. Ilha do Rato, E5, Tinharé. Alterações na morfologia de folhas de *Avicennia*, ocorrendo em 1, 3, 5, 6 perfurações (inclui recorte), 2 galhas e perfuração, e 4 partejo.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- Estação 06: Cova da Onça

Situada na Vila de Cova da Onça, a sul da ilha de Boipeba, pequena baía, apresenta vegetação de mangue misto, frontal, que se desenvolve em substrato de coloração cinza e fétido, grosso modo, arenoso-lamoso e raso (Figura 33).

As árvores dos gêneros *Rhizophora* e *Laguncularia* exibiram altura média de 5m, quanto a *Avicennia* variou de 1m a de 10 metros. Também, foi notado bosque jovem de *Avicennia schaueriana*; bem como, propágulos e plântulas de mangue-branco (Figura 33).

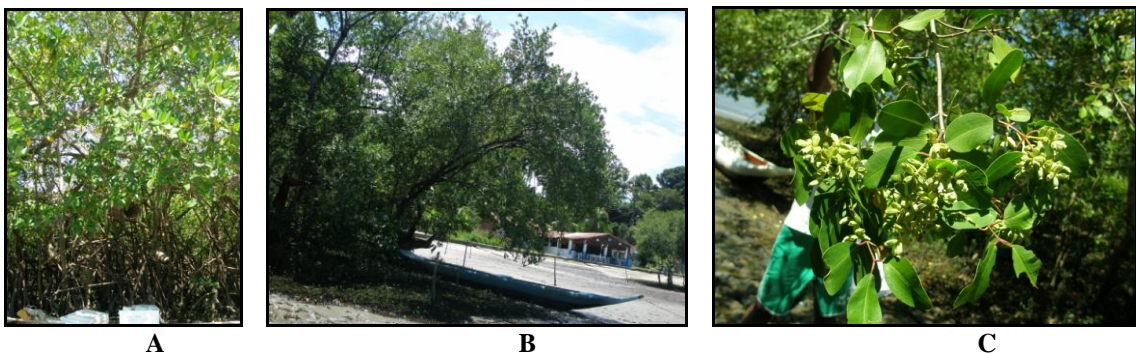


Figura 33. Estação E6, Cova da Onça, Boipeba. **A.** *Rhizophora mangle*, com rizóforos pouco desenvolvidos; **B.** Infrutescência de *Laguncularia racemosa*; **C.** Substrato lamoso-arenoso.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Observou-se a presença de resíduos de mariscagem, mau cheiro, esgotos e fezes expostas na orla, mancha de óleo próxima a indivíduos de *Avicennia schaueriana* (Figura 34).



Figura 34. Vila de Cova da Onça, E6. **A.** e **B.** Manguezal alterado; **C.** e **D.** Plântulas e indivíduos jovens de *Avicennia*; **E.** Esgoto lançado no mangue; **F.** Urubus sobre fezes expostas; **G.** Mancha de óleo em folha de *Avicennia*; e **H.** Sedimento lamoso-arenoso.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- Estação 07: Ponta do Castelhanao

Esta estação localiza-se na Ponta do Castelhanao, na porção sul da ilha de Boipeba, próximo ao povoado de Cova da Onça, sobre influências das águas do rio Catu. Apresentou área de mangue frontal, em praia protegida, fixado em substrato, grosso modo, arenoso.

A estação E7 mostrou vegetação de mangue mista (Figura 35), cuja espécie *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) é dominante, sendo observada para esta espécie uma altura média em torno de 6 m, inflorescência e infrutescência. Foi registrada a presença de indivíduos isolados de *Laguncularia racemos* e a *Avicennia schaueriana*. Na *Avicennia* foi notada a presença de propágulos (semente vivíparas) no substrato e indivíduos adultos com altura maior que 8 m. E, ainda, sobre a árvore da *Avicennia* pode-se verificar ninhos de pássaro conhecido localmente como igacho (Figura 36).

Foram observadas no mangue-vermelho alterações na morfologia foliar como necrose e clorose (Figura 35). Além disso, foi observada a presença de *Crassostrea rhizophorae* (ostra-de-mangue) associada aos rizóforos, bem desenvolvidos, da *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho), e, mesmo, caramujos sobre rizóforos, caule e folhas (Figura 36).

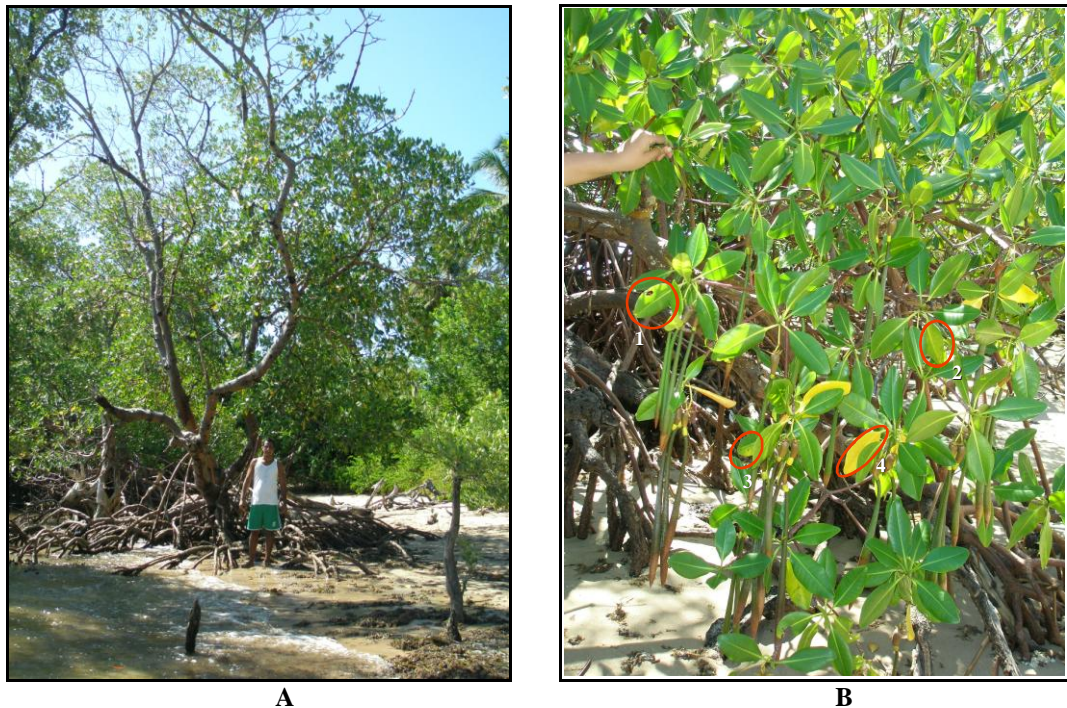


Figura 35. Estação E7, Ponta do Castelhanao, Boipeba. **A.** *Rhizophora mangle*; **B.** Propágulo de *Rhizophora* e alterações na morfologia foliar: 1 necrose e 2,3 e 4 clorose (amarelamento).

Fonte: Pesquisa de Campo.



Figura 36. **A.** Aspectos ambientais observados na estação E7, Ponta do Castelhana, em Boipeba. Plantação de coco-da-bahía (*Cocos nucifera*) sobre cordão arenoso. **B.** e **C.** Ninhos de igacho, também chamado de cubango sobre *Avicennia schaueriana*; **D.** Alterações morfológica em folhas de *Avicennia*, ocorrendo em 1 perfurações, 2 necrose, em 3 e 4 pastejo, e 5 manchas e galhas; **E.** Caramujo (*Litorina angulifera*) sobre rizóforos de *Rhizophora*; **F.** Aratu (*Goniopsis cruentata*) sobre rizóforos, incrustados de cracas, de *Rhizophora mangle*.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- Estação 08: Moreré/Rio Catu

A estação 08 está localizada em Moreré, na margem norte do rio Catu, na porção sul da ilha de Boipeba, cuja vegetação é formada por mangue misto, frontal, de porte entre médio a alto, onde ocorre *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, crescendo sobre substrato, grosso modo, arenoso (Figura 37). As árvores de *Rhizophora mangle* e *Avicennia schaueriana* atingiram altura superior a 10 metros.

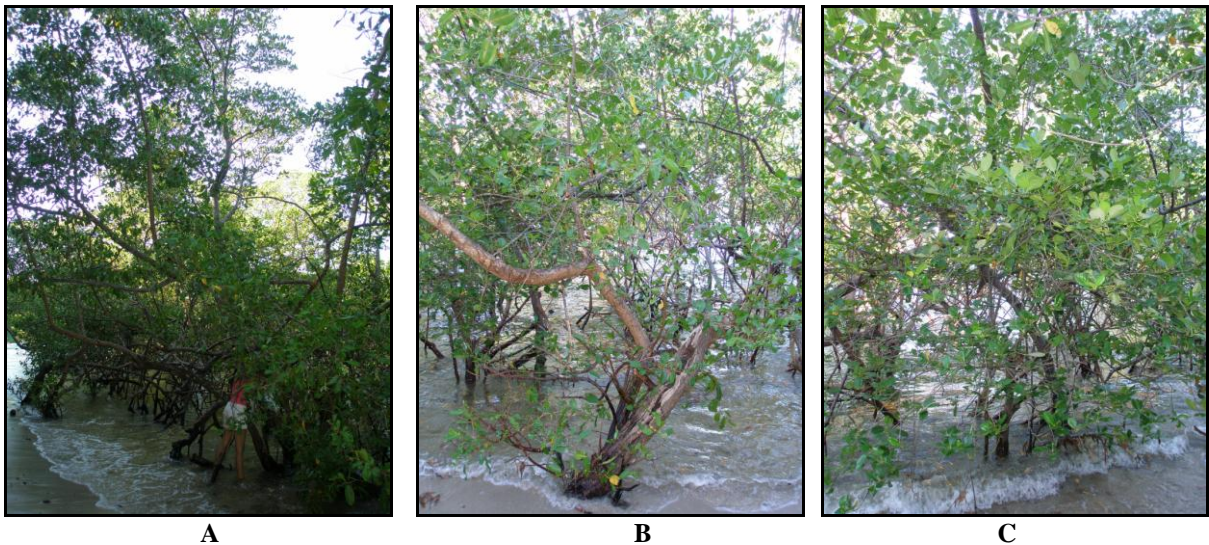


Figura 37. Árvores de mangue da estação E8, margem norte do rio Catu, em Boipeba. **A.** *Rhizophora mangle*; **B.** *Laguncularia racemosa*; **C.** *Avicennia schaueriana*. Nota-se vegetação de mangue fixada a substrato arenoso da planície marinha.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Foi observado infrutescência de *Laguncularia* e propágulos de *Rhizophora* na planta mãe, assim como sementes vivíparas de *Avicennia schaueriana* (Figura 38). Também, foram verificadas alterações moderadas na morfologia foliar das três espécies amostradas.

As piscinas formadas por água marinha represada nos recifes coralinos durante a baixa-mar em Moreré têm sido cada vez mais visitadas por turistas da ilha de Boipeba (Figura 38). Este atributo permite uma prática ordinária de lazer pelos turistas das ilhas de Tinharé e Boipeba, anteriormente comentado na 3ª Praia em Morro de São Paulo.

Pode-se observar acumulação de lixo na porção do rio Catu que encontra com o mar, durante a baixa-mar, sendo possível ser observada garrafa plástica (Figura 38). Infere-se a partir deste estressor, sobre a existência do conflito ambiental entre o uso destinado ao lazer das praias e a poluição por resíduos sólidos.



A



B



C



D



E



F

Figura 38. Estação E8, Moreré/Rio Catu. **A.** Vista lateral da Vila de Moreré durante a preamar, sendo possível a visualização de encosta coberta com vegetação descaracterizada; **B.** Desembocadura do rio Catu, com indivíduos de *Rhizophora mangle* em pequeno banco de areia no centro da figura; **C.** Infrutescência de *Laguncularia racemosa*; **D.** Propágulos de mangue-vermelho; **E.** Presença de lixo na desembocadura do rio Catu, próximo a Ponta do Castelhana; **F.** Piscinas nos recifes de corais de Moreré durante a baixa-mar.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- Estação 09: Moreré/ Rio Bainema

A estação 09 situa-se em Moreré, na desembocadura do rio Bainema, a norte de Boipeba. Nesta estação 09 verifica-se a presença de mangue mista, frontal, ocorrendo *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, que crescem sobre substrato arenoso. O porte das plantas variou entre arbustivo a arbóreo, com altura entre 1 e 8 metros, apresentando a *Laguncularia* menor desenvolvimento.

Verificou-se a presença de sacos plásticos, presos a rizóforos e parte do caule de *Rhizophora* e caules da *Laguncularia* e *Avicennia sp.* E, ainda, registrou-se a movimentação de caramujos em plantas de *Avicennia sp* (Figura 39) e do caranguejo aratu em *Rhizophora*.

Além de alterações na morfologia externa foram notadas na *Rhizophora mangle* e *Avicennia sp* (Figuras 40), foi observado também propágulos de *Avicennia schaueriana* flutuando sobre a água e na praia.

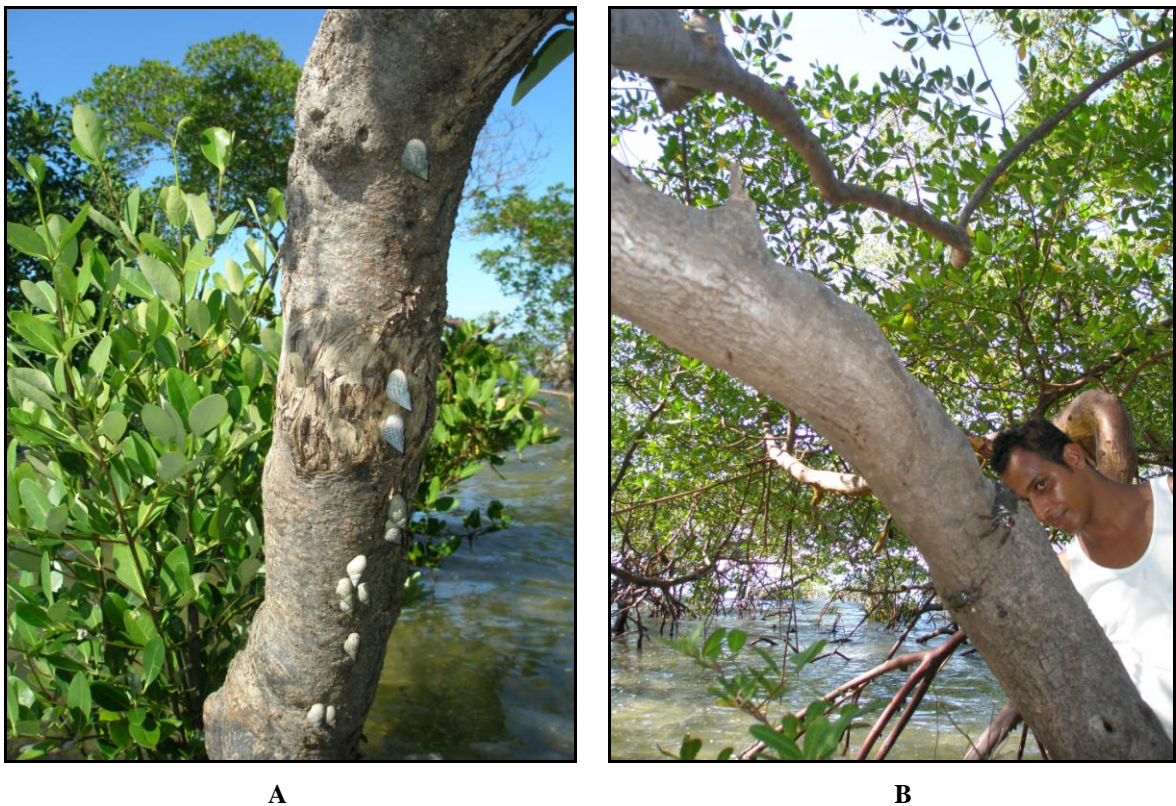


Figura 39. Características ambientais da estação E9, Bainema, em Boipeba. **A.** Caramujos em *Avicennia schaueriana*; **B.** *Avicennia schaueriana*.

Fonte: Pesquisa de Campo.



Figura 40. Alterações na *Avicennia*: 1, 6 e 7 perfurações, 2 e 5 pastejo, 3 clorose e 4 necrose.

Fonte: Pesquisa de Campo.

- Estação 10: Cueira

Inserida na desembocadura do rio Santo a Estação 10, em Moreré, fica próxima à praia de Cueira, a norte de Boipeba. Verifica-se área de vegetação de mangue mista, frontal, de porte arbustivo, médias de 2 metros de altura, ocorrendo em indivíduos isolados de *Rhizophora mangle* junto a *Laguncularia racemosa* (Figura 41).

Foram verificadas alterações na morfologia das folhas tanto da *Rhizophora* quanto da *Laguncularia*, sendo mais intensas as manchas escuras e perfurações.

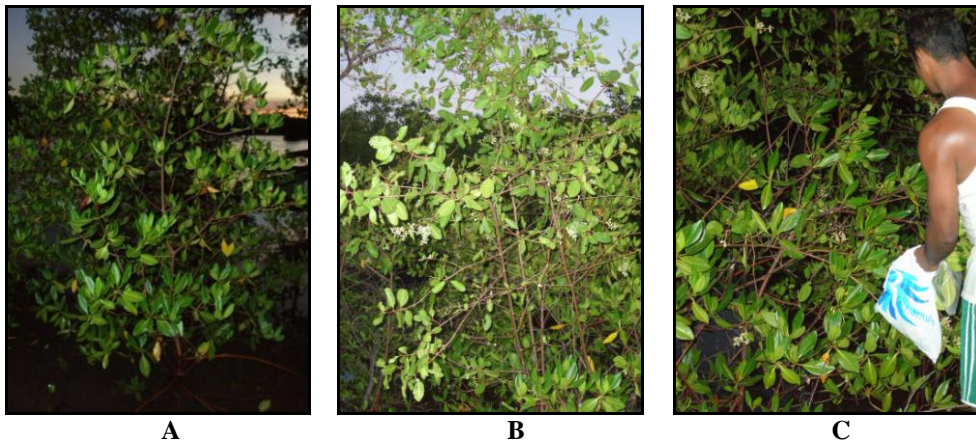


Figura 41. Cueira, E10, Boipeba. **A.** e **C.** *Rhizophora mangle*; **B.** *Laguncularia racemosa*.

Fonte: Pesquisa de Campo.

5.2 DETERMINAÇÃO DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS

Os parâmetros físico-químicos usados para avaliações de ecossistemas aquáticos, em geral, são: potencial hidrogeniônico (pH), oxigênio dissolvido (OD), salinidade, condutividade, temperatura, sulfatos (CETESB, 2009). Estes parâmetros podem controlar os processos geoquímicos atuantes em ambientes aquáticos e sua biota (OLIVEIRA, 2000).

Os resultados da análise dos parâmetros OD, a temperatura e o pH, com determinação *in situ*, em águas superficiais adjacentes às estações de Tinaré e Boipeba, foram apresentados na Tabela 04. A determinação do pH foi possível, apenas, nas estações E3 e E4, em Tinaré.

Tabela 04. Parâmetros em águas superficiais de Tinaré (E1 a E4) e Boipeba (E5 a E10), BA.

ESTAÇÕES	PARÂMETROS			DATA DA COLETA
	pH	OD (mg/L)	TEMPERATURA (°C)	
E3	7,2	1,14	27,9	12.01.09
E4	7,5	4,0	27,7	12.01.09
E5	-	3,34	30,5	28.03.09
E6	-	5,75	35,5	28.03.09
E7	-	6,17	37,8	28.03.09
E8	-	3,31	35,0	28.03.09
E9	-	3,78	38,5	28.03.09
E10	-	3,71	31,0	28.03.09

Fonte: Pesquisa de Campo.

A Resolução n°.357/2005 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o enquadramento, estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências.

A salinidade e a temperatura são parâmetros básicos para a classificação de massas de água (SCHMIEGELOW, 2004). Os valores de salinidade para águas superficiais na APA Tinaré/Boipeba variaram entre 36,6 e 36,9 no verão e 37 no inverno (PETROBRAS, (2003). Assim as águas superficiais salinas amostradas podem ser enquadradas na Classe 01 e na Classe 02, segundo o Art.5°, nos incisos II e III, CONAMA n°357/05 (Quadro 06).

Segundo Santos (2002), a salinidade equivale à quantidade total de sais dissolvidos na água do mar, sendo a propriedade mais importante, pois interfere: na ecologia, fisiologia e distribuição da biota marinha, e, nas propriedades físicas da água. Nos manguezais, em geral, as salinidades mais altas e menos elevadas são encontradas, respectivamente, mais próximos e à montante da zona estuarina, em associação às marés (SCHAEFFER-NOVELLI, 1995).

Quadro 06. Limites de pH, OD e temperatura estabelecidos pela Resolução do CONAMA n°357/05 as águas superficiais salinas.

Tipo	Classe	Limites			Usos Previstos
		pH	OD	Temperatura (°C)	
Salinas ¹	Classe 01	6,5 a 8,5, não variando mais que 0,2 unidades.	Não inferior a 6mg/L O ₂ .	30°	Recreação de contato primário; proteção de comunidades aquáticas; aquicultura e pesca.
	Classe 02	6,5 a 8,5, não variando mais que 0,2 unidades.	Não inferior a 5mg/L O ₂ .	30°	Pesca amadora; recreação de contato secundário

Legenda: 1 = Salinidade igual ou superior a 30%.

Fonte: Adaptado de CONAMA n° 357/05.

- Temperatura

A temperatura tem importante papel na ecologia de ecossistemas aquáticos, sendo que sua influência se dá, principalmente, no processo de assimilação de metais pela biota, decomposição da matéria orgânica e no teor do oxigênio dissolvido (RODRIGUES, 2005). Segundo Braga *et al.* (2006), a elevação da temperatura influencia o aumento da atividade biológica, decorrendo em maior consumo de oxigênio pelos organismos presentes na água.

Observa-se que os resultados obtidos das temperaturas nas estações E3 e E4, em Tinaré, no mês de janeiro, foram os mais baixos, menores que 30°C, que sugere diferenças sutis das condições meteorológicas encontradas nas estações de Boipeba no mês de março

As variações entre os valores de temperaturas das estações de Boipeba foram menores nas estações E5 e E6 quando se comparados aos valores obtidos nas estações E7, E8, E9 e E10 (Figura 42), o que sugere haver influência da variação diurna em função da intensidade de radiação solar no aquecimento das águas superficiais, ou mesmo do aporte de águas continentais. Ressalta-se que as temperaturas podem atingir valores superiores a 25,5°C, entre Dezembro e Março (BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE, 2003).

Verifica-se no Quadro 06 que o limite de temperatura estabelecido pela Resolução n° 357 do CONAMA/2005 para as águas salinas de Classe 1 e Classe 2 é de 30° C. A temperatura da água do mar varia em grande extensão, seja horizontal ou verticalmente na coluna de água (SCHMIEGELOW, 2004). Conforme Braga *et al.* (2006), a temperatura modifica a solubilidade dos gases e a cinética das reações química, assim sua variação influencia, sobremaneira, a interação dos poluentes com o ecossistema.

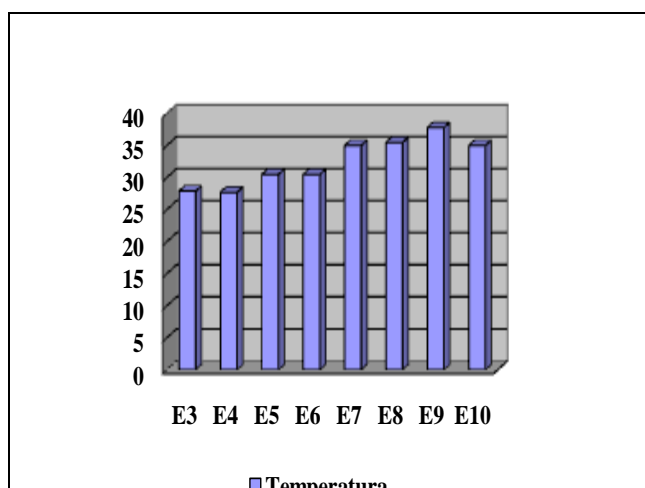


Figura 42. Temperatura das águas superficiais em Tinhaaré (E1 a E4) e Boipeba (E5 a E10).

Fonte: Pesquisa de Campo.

A temperatura desempenha importante papel no controle do meio aquático, podendo controlar o comportamento de uma série de parâmetros físico-químicos. Em geral, com o aumento da temperatura de 0 a 30°C a viscosidade, tensão superficial, compressibilidade, calor específico, constante de ionização e calor latente de vaporização reduzem (CETESB, 2009). Mas a condutividade térmica e a pressão de vapor elevam a solubilidade da água.

- pH

O potencial hidrogeniônico (pH) representa a expressão da acidez ou alcalinidade relativa de um sistema aquoso e refere-se à atividade dos íons hidrogênios (H^+) e hidroxila (HO^-) em escala logarítmica (SCHMIEGELOW, 2004). Desta forma, a variação de uma unidade de pH eleva ou diminui em dez vezes a concentração dos íons hidrogênio.

O pH é um importante parâmetro porque muitas reações químicas que ocorrem no ambiente são afetadas pelo seu valor (BRAGA *et al.*, 2006). Também a compreensão da mobilidade de elementos em solução, como metais pesados, solúveis apenas em meio ácido e precipitando-se em sais e hidróxidos quando ocorre aumento da temperatura (BRITO, 2006). Em pH neutro e básico os metais predominam na forma particulada e coloidal, que permite a sedimentação, podendo ficar indisponível no compartimento sedimentar (OLIVEIRA, 2000).

Os resultados das médias do pH determinados em águas superficiais adjacentes às estações amostradas nas ilhas de Tinharé (Figura 43) variou entre 7,2 a 7,5, mostrando um caráter neutro a levemente alcalino. Estes valores obtidos apresentam-se dentro de limites aceitáveis pela CONAMA nº357/05 para águas salinas de classe 1 e classe 2 (Quadro 06), não poluídas. Segundo a CETESB (2009), valores de pH entre 6 e 9 são compatíveis com a vida aquática, a qual é mais biodiversa quando os valores se aproximam da neutralidade.

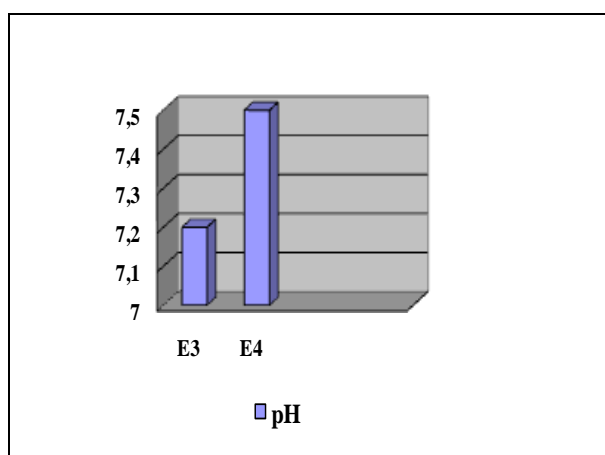


Figura 43. Valores médios de pH nas águas superficiais da ilha de Tinharé, Cairu, Bahia.

Fonte: Pesquisa de Campo.

Os valores de pH na área em estudo sugerem marcada influência marinha e propicia a retenção da maioria dos metais no reservatório sedimentar. Para Schmiegelow (2004), quase não há mudanças nos teores de pH na água do mar, por isso é considerada substância tampão.

Os resultados da determinação do pH neste estudo quando comparado com trabalhos anteriores realizados em manguezais do estado do Estado da Bahia (Quadro 07) mostrou-se próximo, exceto para a Baía de Aratu, publicado por Leão (2004).

Quadro 07. Valores de pH em águas superficiais em diferentes manguezais da Bahia.

Autor/Ano	Local	Valores	Condições das Águas
Oliveira (2000)	Baía de Camamu.	6,94 a 8,18.	Levemente ácido a alcalina.
Araújo (2000)	Rio Itanhém, extremo sul da Bahia.	6,0 a 6,67.	Condições tendendo a ácida.
Viana (2000)	Baía de Camamu.	6,94 a 7,50.	Levemente ácido a alcalina.
Santos (2002)	São Francisco do Conde, Bahia.	7,25 a 7,86.	Neutro a levemente básico.
Leão (2004)	Baía de Aratu, Bahia.	7,7 a 8,81.	Condições alcalinas.
Carrarine (2004)	São Francisco do Conde, Bahia.	7,25 a 8,0.	Neutro a básico.
Rodrigues (2005)	São Francisco do Conde, Bahia.	6,7 a 7,9.	Levemente ácido a alcalina.
Brito (2006)	Estuário de Valença.	6,46 a 7,80.	Levemente ácido a alcalina.
Atual (2009)	Ilhas de Tinharé e Boipeba	7,2 a 7,5	Neutro a levemente básico.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

- Oxigênio Dissolvido (OD)

O OD permite a aquisição de informação sobre a via de decomposição da matéria presente na água, prevendo-se se o processo é aeróbio ou anaeróbio, através dos produtos obtidos por degradação aeróbia, inócuos, e anaeróbia, nocivos (OLIVEIRA, 2000). O oxigênio dissolvido origina-se pela difusão do ar para o ambiente aquático por diferença de pressão e por meio da atividade fotossintética do fitoplâncton (BRAGA *et al*, 2004). Segundo Santos (2002), as principais vias de consumo de OD são os processos bioquímicos, a oxidação de íons metálicos e a difusão para atmosfera dependente da temperatura da água.

Os valores de OD variaram entre 1,14, na E3, até 6,17, na E7 (Figura 44). Estes valores foram abaixo do limite fixado pela Resolução n° 357/05 do CONAMA para águas salinas (Quadro 06), exceto nas estações E6 e para a Classe 01 e E7 para as Classes 01 e 02.

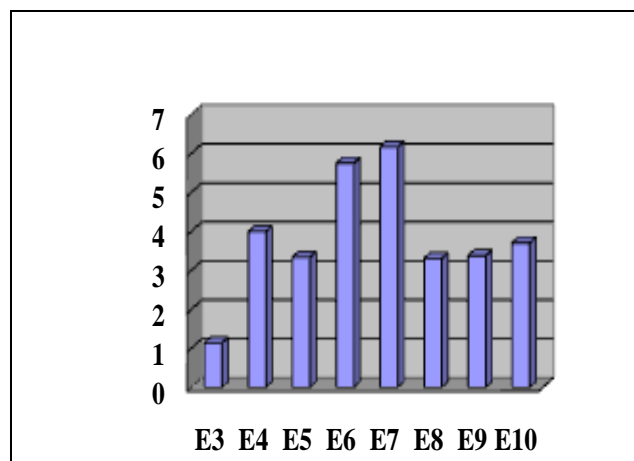


Figura 44. Valores de OD das ilhas de Tinharé (E1 a E4) e Boipeba (E5 a E10), Cairu Bahia.

Fonte: Pesquisa de Campo.

O aporte de matéria orgânica promove atividade de decompositores, reduzindo os valores de OD e concorrendo com a sobrevivência de elementos da biota aeróbica menos tolerantes a baixos teores de OD (BRAGA *et al.*, 2006). O valor de oxigênio dissolvido verificado na E3, de 1,14 mg/L sugere uma contribuição do lançamento de esgoto.

Segundo Carrarine (2004), nos manguezais deve-se considerar a contribuição da amplitude marés aos valores de concentrações OD. Conforme Rodrigues (2005), o aumento da turbulência ligada à intensidade da pluviosidade pode também influenciar os teores de OD. Assim, excetuando-se a estação E3, a movimentação das mesomarés semidiurnas e a pluviosidade podem ter influenciado na diluição, renovação e nos valores de OD obtidos.

5.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

O resultado das análises microbiológicas das águas amostradas nas estações E3 e E4 Tinharé, por meio da técnica dos tubos múltiplos, foi negativo para o Ponto 05, referente à amostra de água potável da Empresa Baiana de Água e Saneamento S.A.- EMBASA, com o NMP de coliformes por 100 ml < 2,2. Para as demais amostras foi verificada a presença de coliformes totais e termotolerantes (ex-coliformes fecais), membros do grupo das enterobactérias com o NMP de coliformes por 100 ml ≥ 16 (Tabela 05). Segundo Freitas *et al.* (2008), a *Escherichia coli* é a o melhor indicador de contaminação fecal.

Tabela 05. Índice de coliformes fecais e totais em águas da ilha de Tinharé (E3 e E4), Bahia.

Local	Coordenadas (UTM)	Coliformes			
		Totais		Termotolerantes	
		Tubos (+)	NMP/100 ml	Tubos (+)	NMP/100 ml
Ponto 01. Riacho da Primeira Praia	8521096 e 0509273	5	> 16,0	5	> 16,0
Ponto 02*: Segunda Praia	8520884 e 0509589	5	> 16,0	5	> 16,0
Ponto 03: Córrego da Terceira Praia	8520458 e 0509878	5	>16,0	4	16,0
Ponto 04: Córrego da Quarta Praia	8520106 e 0510241	5	>16,0	5	>16,0
Ponto 05: Água da EMBASA	-	3	2,2	3	2,2

*No ponto 2, três dos cinco tubos apenas foram positivos no teste presuntivo com 48 horas de incubação.

Fonte: Pesquisa de Campo e Análises Laboratoriais.

Conforme a Resolução do CONAMA n°. 274/2000, as águas amostradas mostraram-se impróprias ao uso recreacional nos pontos de coleta 01, 02 e 03 (Quadro 08). Para melhor entendimento da relação entre os índices de NMP coliformes por 100 ml obtidos e a densidade destas bactérias pode-se consultar a Tabela A do Anexo.

A qualidade das águas verificada não condiz com uma adequada situação sanitária das praias de Morro de São Paulo, que possui um sistema de esgotamento sanitário desde 2002. Tal padrão compromete a saúde humana e a conservação dos ecossistemas costeiros locais.

Quadro 08. Padrões de balneabilidade das águas superficiais da CONAMA n°. 274/00.

Valores máximos de Coliformes	Própria			Imprópria
	Excelente	Muito Boa	Satisfatória	
<i>Escherichia coli</i>	200	400	800	2000

Fonte: Adaptado de CONAMA n° 274/00.

5.4 FOLHAS DE ÁRVORES DE MANGUE DE TINHARÉ E BOIPEBA

5.4.1 Desenvolvimento das Árvores de Mangue

O grau de desenvolvimento da *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F foi avaliado através da altura relativa atingida por estas plantas de mangue, encontradas nas estações amostradas nas ilhas de Tinharé e Boipeba. Para melhor compreensão do significado ambiental dos valores observados das alturas de árvores de mangue deste estudo comparou-se com trabalhos publicados em outros manguezais do estado da Bahia.

Os estudos realizados em manguezais baianos ocorreram em grande parte na Baía de Todos os Santos/BA, concentrando-se na *Avicennia schaueriana*. Para Oliveira (2000), Araújo (2000), Garcia (2005), a siriúba apresenta acentuada suscetibilidade às atividades antropogênicas, a isso se deve seu amplo uso para a bioindicação da qualidade ambiental. Ramos (2005) observa o mesmo para a *Avicennia schaueriana* na bacia do Rio Cubatão/SP.

As alturas relativas para a *Avicennia schaueriana* variaram entre 1 m até mais de 10 metros, sendo mais desenvolvida nas estações E2, E6, E7, E8 e E9. Em relação ao Quadro 09 nota-se que os valores deste estudo, de maneira geral, para siriúba, foram menores que os valores de Alcobaça (ARAÚJO, 2000) e da Baía de Camamu (OLIVEIRA, 2000).

As estações E3, E4 e E5 revelaram indivíduos com as menores alturas, máximo de 5 metros, que se assemelha aos valores conseguidos por Garcia (2005), Rodrigues (2005) para áreas impactadas na BTS, mas as estações E3 e E4 crescem frontalmente ao mar sobre substrato rochoso, podendo ter o seu menor desenvolvimento ligado às condições do meio. Portanto, o menor porte das árvores nas estações E3, E4 e E5 pode sugerir a influência de fatores ecológicos e antropogênicos no metabolismo fotossintético das plantas de mangue.

Particularmente, a estação E5 por situar-se na desembocadura do rio dos Patos, que recebe afluentes de Valença, Nilo Peçanha e Taperoá, pode ser afetada por poluentes agroindustriais e urbanos diversos lançados na água. Também se registrou a presença de resíduos sólidos; além disso, o intenso fluxo de lanchas rápidas pode contribuir a poluição do ambiente com derrames de óleo e pela produção de ondas erosivas que derrubam as árvores de mangue da ilha do Rato, estação E5.

Quadro 09. Alturas de *Avicennia schaueriana* em manguezais da Bahia sobre pressão antrópica.

Estudo	Local	Impactos	Altura (m)
Souza <i>et al.</i> (1996)	Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia	Atividades industriais.	Cerca de 9 metros.
Oliveira (2000)	Baía de Camamu, Bahia	Mineração de barita.	1 a 5 metros.
Araújo (2000)	Alcobaça, sul da Bahia	Esgotos.	8 a 14 metros.
El Passo (2004)	Baía de Camamu, Bahia	Atividade petrolífera.	4 a 12 metros.
Garcia (2005)	São Francisco do Conde e Madre de Deus, Bahia	Atividade petroquímica.	1 a 7 metros, tendo a área impactada entre 1 a 4 metros.
Rodrigues (2005)	Norte da BTS	Atividade petroquímica.	1 a 4 metros, tendo média próxima de 5 metros.
Brito (2006)	Valença, sul da Bahia.	Atividades agroindustriais.	5 a 20 metros, com máximo de 5 metros nas áreas impactadas.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

As alturas relativas verificadas nas áreas estudadas para *Rhizophora mangle* variaram entre 2 m a mais de 10 metros, sendo o mangue mais desenvolvido nas estações E1, E2, E6, E9, onde atingiu altura superior a 10 metros. Os valores de menor altura ocorreram nas estações E3, E4, E5 e E10. Quanto aos valores descritos, foram menores que os apresentados anteriormente por Araújo (2000), em Alcobaça, e Brito, em Valença (2006) (Quadro 10).

As alturas relativas registradas nas ilhas estudadas para *Laguncularia racemosa* oscilaram entre 1 m a mais de 4 metros, sendo o mangue mais desenvolvido nas estações E2 e E9. Estes valores foram inferiores apenas aos apresentados por Brito (2006), para manguezais de Valença (Quadro 09). Assim como nos casos anteriores, os valores de altura relativa das árvores da *Laguncularia racemosa* nas ilhas de Tinharé e Boipeba podem sugerir a influência de tensores ecológicos e antropogênicos no metabolismo fotossintético destas plantas.

Quadro 10. Alturas de *Rhizophora* e *Laguncularia* em manguezais da Bahia sobre pressão antrópica.

Estudo	Local	Impactos	Altura (m)	
			Rhizophora	Laguncularia
Souza <i>et al.</i> (1996)	Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia		6 metros.	7 metros.
Leão (2004)	Baía de Aratu, BTS	Atividade petrolífera.	-	-
Oliveira (2000)	Baía de Camamu, Bahia	Mineração de barita.	3,5 a 10 metros.	2 a 8 metros.
Araújo (2000)	Alcobaça, sul da Bahia	Esgotos.	8 e 18 metros.	5 a 6 metros.

Fonte: Elaborada pelo Autor.

5.4.2 Morfologia Externa

O estudo qualitativo da morfologia externa quanto à integridade foliar foi realizado em folhas de mangue das espécies *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F, coletadas nas Ilhas de Tinharé e Boipeba.

Os resultados foram compilados em forma de símbolos, colocadas nas Tabelas do Apêndice A e descritos conforme uma legenda com a seguinte escala de valores significativos: ausente (0); presente (10) e muito presente (20). Esta legenda pretendeu a verificação da frequência e intensidade das seguintes alterações foliares: necrose, pastejo, limbo revoluto, perfurações, galhas, manchas e clorose (amarelamento). Para melhor visualização das alterações foliares foi realizada a construção de gráficos.

Os impactos negativos decorrentes das atividades antrópicas, como a petrolífera, ao atingirem os manguezais podem causar alterações na sua fisiologia e morfologia, tanto interna quanto externa (ARAÚJO, 2000). Tais estressores são passíveis de influenciar o grau de integridade foliar e de desenvolvimento foliar de plantas de mangue, podendo reduzir a altura das mesmas, decorrente da diminuição do metabolismo fotossintético (OLIVEIRA, 2000).

As alterações na integridade foliar podem influenciar na estrutura interna da planta, ou seja, na anatomia, mas também na sua fisiologia já que reduz a oferta de energia via fotossíntese (SANTOS, 2003; GARCIA, 2005). Segundo Appezzato-Da-Gloria *et al.*, 2003, as folhas são claramente os órgãos fundamentais da planta para a produção de energia via fotossíntese, sintetizando por este processo grande diversidade de substância orgânicas.

Estudos sobre o efeito do óleo sobre as folhas de mangue da Baixada Santista sugeriram acentuada desfolhação das árvores, muitas folhas pastejadas, murchas, presença de galhas, clorose e necroses variadas no limbo e perfurações (RODRIGUES *et al.*, 1989).

Nas Figuras 45 e 46 podem ser visualizadas as categorias de alterações na morfologia externa consideradas por esse estudo, para as folhas das três espécies de plantas de mangue consideradas, a partir da análise em laboratório. Além disso, tais alterações na integridade do limbo foliar foram observadas *in loco* e registradas nas Figuras 28, 32, 35, 36 e 40 respectivamente, como supracitadas nas páginas 73, 76, 78, 79 e 83.

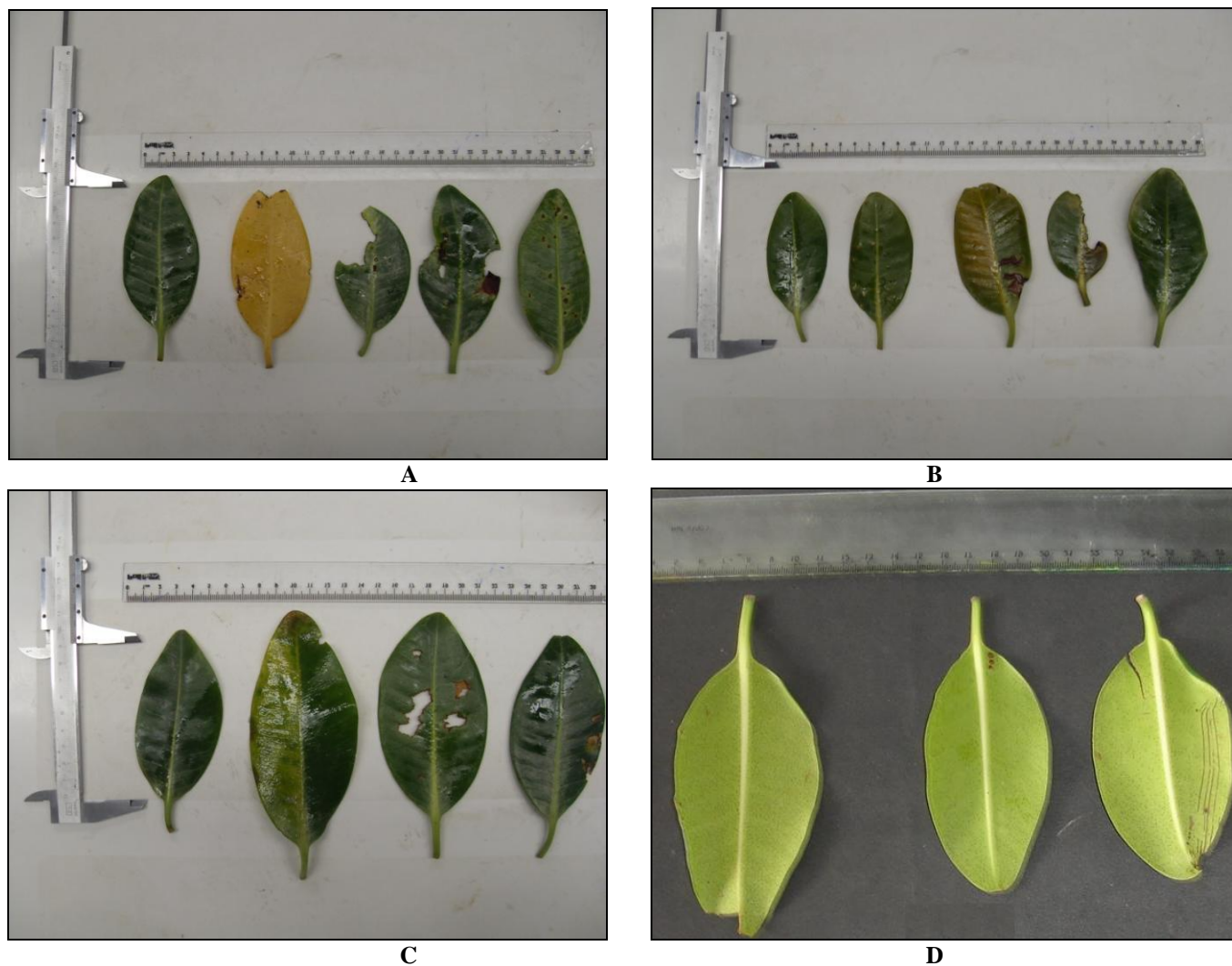


Figura 45. Biometria e integridade foliar em *Rhizophora* de Tinharé/Boipeba. **A.** Clorose (amarelamento), perfurações, necrose, manchas; **B.** Clorose, galhas, necrose e perfuração; **C.** Clorose, perfurações e necrose; **D.** Galhas e limbo revoluto (dobrado da face adaxial para face abaxial).

Fonte: Análises Laboratoriais.

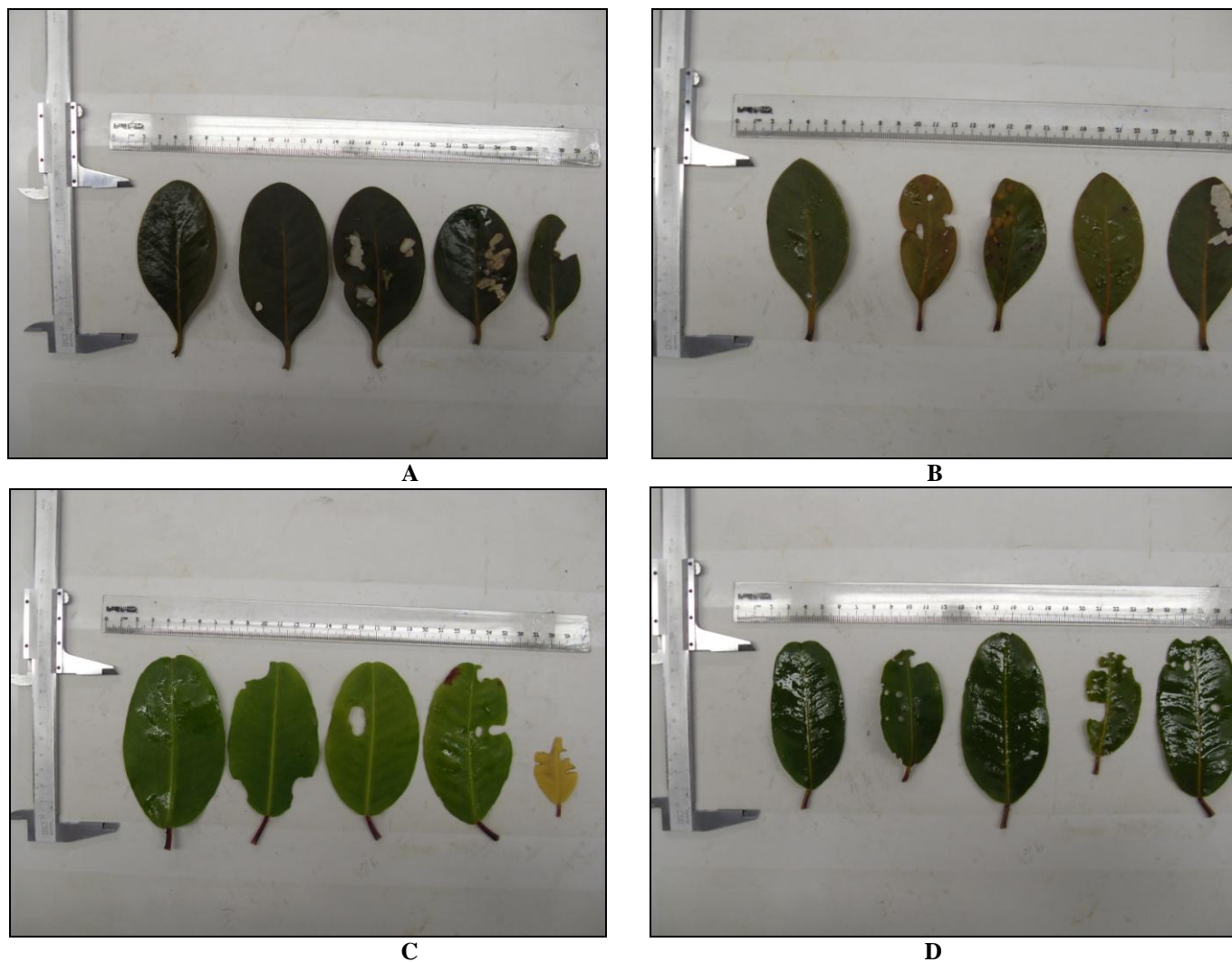


Figura 46. Biometria e integridade foliar em folhas de *Avicennia* e *Laguncularia* de Tinharé/Boipeba. **A.** Pastejo e perfurações (inclui recorte) em *Avicennia*; **B.** Clorose, galhas e pastejo em *Avicennia*; **C.** Perfuração, necrose e clorose em *Laguncularia*; **D.** Perfurações em *Laguncularia*.

Fonte: Pesquisa de Campo e Análises Laboratoriais.

- *Rhizophora mangle L. (mangue-vermelho)*

A Figura 47 mostra que as alterações menos frequentes foram galhas, aparecendo moderadamente nas estações E1, E2, E6, E8 e E9, entretanto é possível verificar as demais alterações na morfologia foliar de praticamente todas as árvores amostradas para o mangue-vermelho. As alterações mais observadas foram clorose, perfurações, pastejo e necrose.

Nas estações E1 (Praia do Encanto I), E2 (Praia do Encanto II), E6 (Cova da Onça) e E9 (Moreré/Bainema) as alterações foram mais frequentes. Nas estações E4 (3ª Praia), E7 (Ponta do Castelhana) foram moderadas e tiveram menor frequência na estação E10 (Cueira).

As alterações que se destacaram quanto à intensidade foram clorose nas estações E3 (3ª Praia) e E10 (Cueira), limbo revoluto nas estações E5 (Ilha do Rato) e E8 (Margem norte o Rio Catu) e manchas na E1 (Praia do Encanto I). Manchas não foram registradas na E8 (Moreré, rio Catu), assim como limbo revoluto na estação E10 (Cueira).

Comparando-se as estações entre si quanto à integridade foliar nota-se na estação E1 maior número de alterações na morfologia externa. As estações E2, E3, E5, E6, E8 e E9 mostraram moderado grau de alterações, enquanto as estações E4, E7 e E10 revelaram maior grau de integridade do limbo, ou seja, menos alterações na morfologia externa.

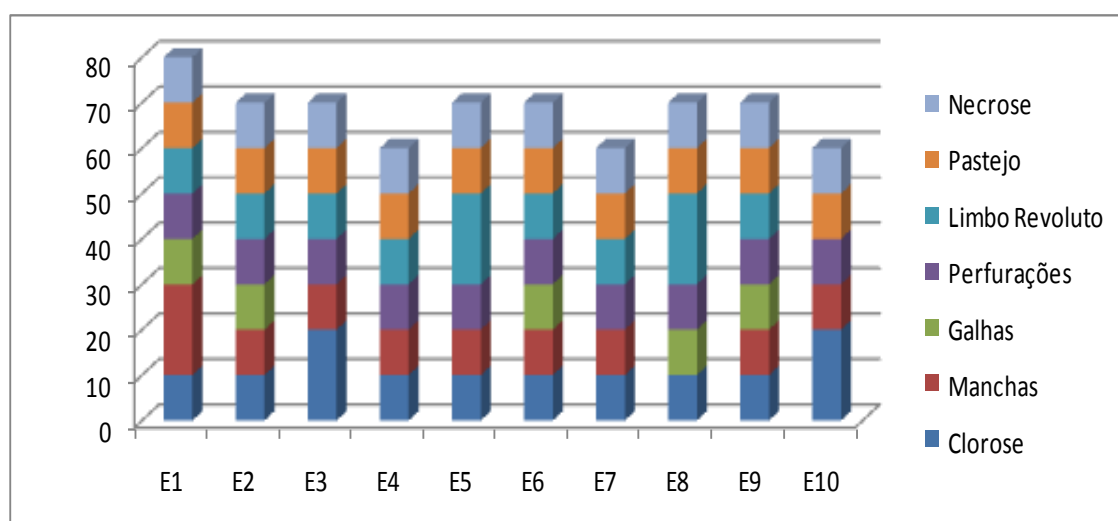


Figura 47. Resultado das alterações na morfologia externa da *Rhizophora mangle L.* de zonas de manguezais das Ilhas de Tinharé (estações E1 a E4) e Boipeba (estações E5 a E10).

Fonte: Análises Laboratoriais.

- *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman

Verifica-se após análise da Figura 48 que as alterações menos observadas foram manchas, aparecendo apenas nas estações E2 (Praia do Encanto II) e E5 (Ilha do Rato). Nota-se também que as alterações mais pronunciadas foram pastejo e necrose, seguindo-se de clorose e galhas.

As estações E5 e E8 apresentaram alterações mais freqüentes na morfologia externa das folhas de *Avicennia sp*, quanto que em E1, E3 e E4 foram observadas alterações menos freqüentes. Percebeu-se igualmente a ausência de clorose nas estações E1 e E3, galhas na estação E3, perfurações na estação E4 e limbo revoluto na estação E1.

As alterações que se destacaram quanto à intensidade foram clorose nas estações E5 (Ilha do Rato), E6, E7 e E8; galhas na estação E8; limbo revoluto na estação E5; e pastejo em todas as estações, exceto em E3, E4 e E5.

Comparando-se as estações entre si quanto à integridade foliar verifica-se nas estações E1, E3 e E4 menor número de alterações na morfologia externa. As estações E2, E6, E7 e E9 mostraram moderado grau de alterações, enquanto que as estações E5 e E8 revelaram maior grau de integridade do limbo foliar.

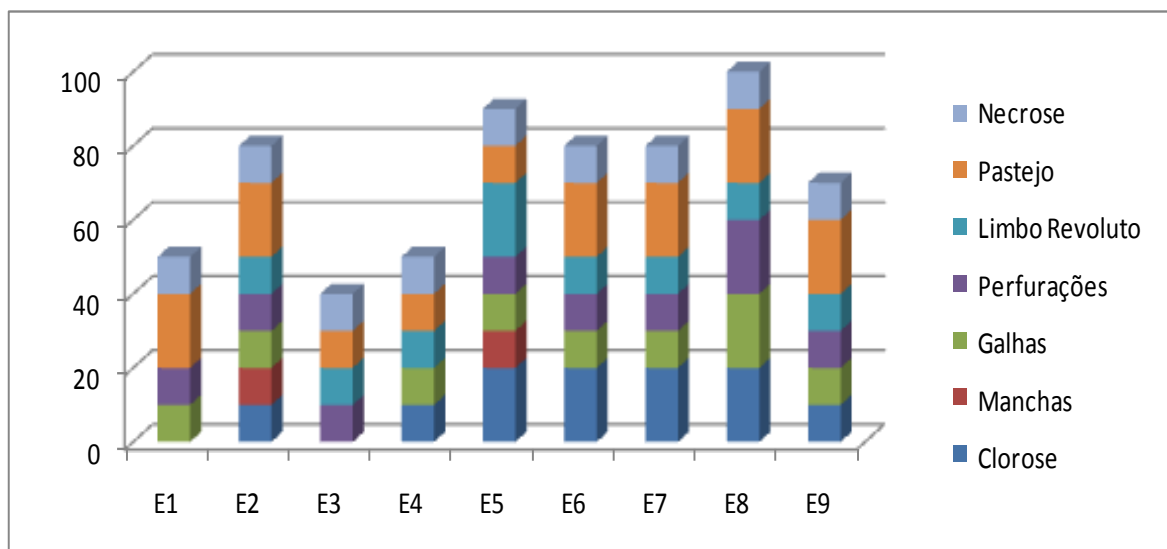


Figura 48. Resultado das alterações na integridade foliar da *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman de zonas de manguezais da de Tinaré (estações E1 a E4) e Boipeba (estações E5 a E10), Bahia.

Fonte: Análises Laboratoriais.

- *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F

Conforme a Figura 49, as alterações menos pronunciadas foram galhas, presente apenas na estação E1, enquanto as outras alterações puderam ser notadas em quase todas as estações. Foram as alterações mais observadas: perfurações e pastejo, seguidas de clorose e manchas.

A estação E1, E2, E3, E4, E5 e E8 revelaram menor frequência de alterações quando comparadas com as estações E6, E9 e E10. Observou-se a ausência de necrose nas estações E3, E4, E5 e E8, limbo revoluto em E1, E2 e E3, clorose na estação E1 e manchas em E4.

As alterações que se destacaram quanto à intensidade foram perfurações, clorose e manchas, respectivamente, nas estações, E1 e E2, E3 e E5, E3.

Comparando-se as estações entre si quanto ao grau de alterações foliares observa-se nas estações E1, E2, E3, E5, E6, E9 e E10 maior número de alterações na morfologia externa. A estação E8 revelou moderado grau de alterações e E4 mostrou a maior integridade foliar.

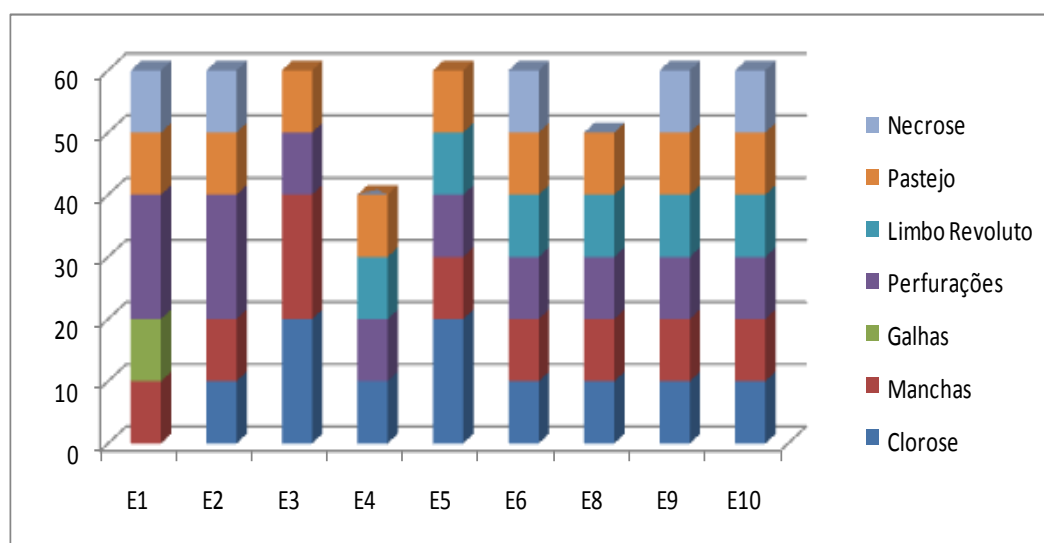


Figura 49. Alterações na morfologia externa da *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F de manguezais da Ilhas de Tinharé (estações E1 a E4) e Boipeba (estações E5 a E10), Bahia. Fonte: Análises Laboratoriais.

Na estação E1 as alterações foliares mais intensas foram manchas na *Rhizophora mangle*, pastejo na *Avicennia schaueriana* e perfurações na *Laguncularia racemosa*. No mangue-vermelho as alterações foram mais pronunciadas e na siriúba menos pronunciadas.

Foram observadas pastejo na *Avicennia schaueriana* e perfurações na *Laguncularia racemosa*, como as alterações mais pronunciadas na estação E2. A siriúba apresentou relativamente as mais intensas alterações no limbo foliar.

Na estação E3 verificou-se que as alterações mais pronunciadas foram a cloroses na *Rhizophora mangle* e as perfurações e as manchas na *Laguncularia racemosa*. No mangue-vermelho e na siriúba, respectivamente, as alterações foram mais e menos conspícuas.

A estação E4 teve na *Rhizophora mangle* (mangue-vermelho) as alterações mais pronunciadas, e na *Laguncularia racemosa* (mangue-branco) as menos, nesta ordem.

As alterações mais pronunciadas, na estação E5, foram: o limbo revoluto na *Rhizophora mangle*, clorose e limbo revoluto na siriúba e clorose na *Laguncularia racemosa*. As alterações foram mais veementes na siriúba e menos na *Rhizophora*.

A estação E6 demonstrou como alterações mais significativas cloroses e pastejo, na *Avicennia schaueriana*, sendo menos freqüente no mangue-branco.

Na estação E7, que cabe comparação apenas entre o mangue-vermelho e a siriúba, observou-se que as alterações mais significativas foram cloroses e pastejo na *Avicennia schaueriana*. Na siriúba as alterações foram mais pronunciadas que no mangue-vermelho.

As modificações mais intensas, na integridade foliar, na estação E8 foram o limbo revoluto na *Rhizophora* e cloroses, galhas, perfurações e pastejo na *Avicennia schaueriana*. Nesta espécie as alterações observadas foram mais pronunciadas do que na *Laguncularia*.

Em E9 a alteração foliar mais intensa foi o pastejo na *Avicennia schaueriana*. As alterações foram, nesta ordem, mais destacadas na siriúba e menos no mangue-branco.

Na estação E10, sendo possível comparação somente entre o mangue-vermelho e o mangue-branco, verificou-se que as alterações mais intensas foram cloroses na *Rhizophora mangle*. Esta espécie revelou alterações mais pronunciadas do que o mangue-branco.

A *Laguncularia* apresentou maior grau na integridade foliar, seguindo-se, nesta ordem, a *Rhizophora* e a *Avicennia schaueriana*. Segundo Rodrigues *et al.* (1989), Oliveira (2000), Araújo (2000), a siriúba é espécie de planta de mangue mais susceptível a tensões antrópicas. Além disso, a *Laguncularia racemosa* ainda é pouco estudada (LEÃO, 2004).

Brito (2006) observou nas suas pesquisas em manguezais de Valença, Bahia, alterações na morfologia externa da *Avicennia schaueriana*, sendo mais freqüentes: pastejo, galhas, perfurações e clorose. O mesmo autor notou na anatomia foliar a presença de: hipertrofia do aerênquima e necrose tecidual, lenticelas no mesófilo, glândulas de sal e estômatos destruídos. Assim, a anatomia foliar confirmou o estresse no vegetal sugerido pela morfologia externa de folhas da siriúba, qual foi associada a atividades antropogênicas.

5.4.3 Biometria

- *Rhizophora mangle*

Os valores médios obtidos da biometria foliar estão representados na Figura 50 e no Apêndice B, que mostram, respectivamente, valores médios por estação e médias por espécime amostrado em cada estação. Então, observando-se a Figura 50, percebe-se que as estações E2, E6, E7, E9 e E10 têm os maiores valores para o comprimento foliar, as estações E1 e E5 valores moderados, enquanto que as estações E3 e E4 revelaram os menores valores. Em relação à largura foliar, nota-se que as folhas das estações E2, E7, E9 e E10 mostraram as maiores médias, as estações E1, E6 valores moderados, e E3, E4 e E5 médias inferiores.

Os resultados obtidos quanto ao grau de desenvolvimento foliar evidenciaram uma pequena variação tanto na largura quanto no comprimento, mas as análises estatísticas desses dados, com 95% de confiança, mostraram que não existe variação significativa entre as estações, conforme valores médios apresentados no Apêndice C. Essa variação parece não indicar modificações importantes quanto ao grau de desenvolvimento foliar.

As estações E2, E7 e E10 apresentaram melhor desenvolvimento foliar. Quanto à redução da superfície foliar na *Rhizophora mangle* nas estações E3, E4, E5. Observa-se que na E3 a *Rhizophora mangle* cresce sobre substrato rochoso e a estação E5 recebe efluentes agroindustriais e urbanos dos municípios de Valença, Nilo Peçanha e Taperoá.

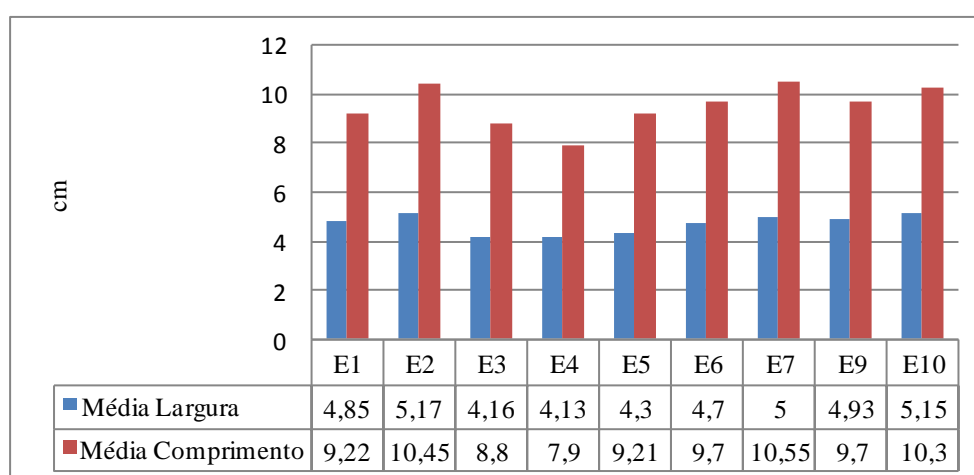


Figura 50. Médias do comprimento e largura das folhas de *Rhizophora mangle* L. de zonas de manguezal da Ilha de Tinharé (E1 a E4), e Boipeba (E5 a E10), município de Cairu, Bahia.

Fonte: Análises Laboratoriais.

- *Avicennia schaueriana*

Os resultados médios obtidos da biometria foliar foram inseridos na Figura 51 e Apêndice B, que revelam, respectivamente, valores médios por estação e por espécie de mangue amostrada por estação. A Figura 52 demonstra valor máximo para o comprimento foliar na estação E9, valores moderados as estações E2, E6, E7 e E8, enquanto que as estações E1, E3, E4 e E5 mostraram valores inferiores. Sobre a largura, nota-se que as estações E2, E8 e E9 apresentam os valores médios mais elevados, as estações E6 e E7 apresentaram valores moderados e que as estações E1, E3, E4 e E5 obtiveram médias inferiores.

A análise biométrica sugeriu pequena variação na largura e no comprimento, para a siriúba, mas as análises estatísticas desses dados, com 95% de confiança, não demonstrou existir alteração significativa entre as estações para os valores médios (Apêndice C). Infere-se que essa variação não indica alterações importantes no desenvolvimento foliar.

Foi registrado na estação E9 o maior grau de desenvolvimento foliar, mas nas estações E1, E3, E4, E5 observa-se certa redução desta superfície na *Avicennia schaueriana*, podendo está associado à interação entre tensores ecológicos e antrópicos. Na estação E1 e E4 a redução das folhas pode ser atribuída a condições ambientais desfavoráveis, aporte de água doce, ou a impactos decorrentes de atividades antrópicas. Sugere-se para as estações E3 e E5 que a redução da superfície foliar pode estar relacionada, respectivamente, ao crescimento da siriúba sobre substrato rochoso e a localização na desembocadura do rio dos Patos, que recebe efluentes agroindústrias e domésticos de Valença, Nilo Peçanha e Taperoá.

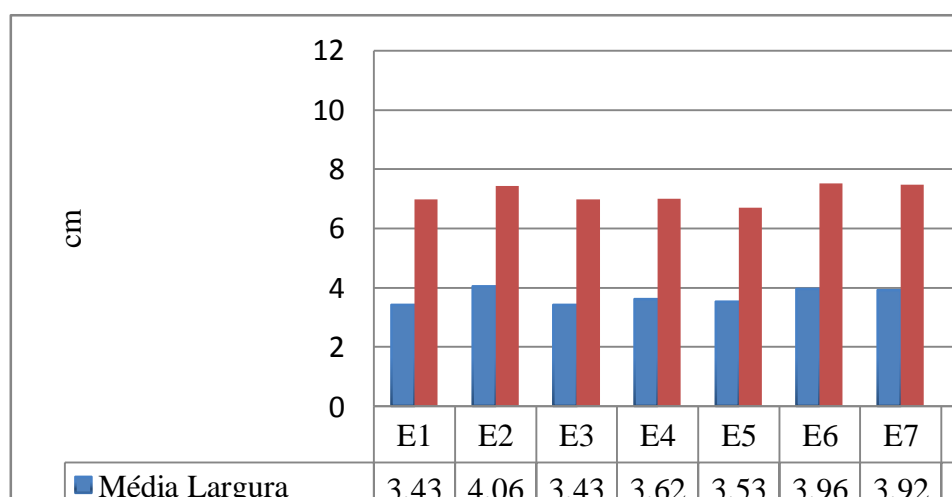


Figura 51 Médias do comprimento e largura das folhas de *Avicennia schaueriana* de zonas de manguezal da Ilha de Tinharé (estações E1 a E4), e Boipeba (estações E5 a E10).

Fonte: Análises Laboratoriais.

- *Laguncularia racemosa*

A Figura 52 e o Apêndice B demonstraram os valores médios obtidos da biometria foliar, para os, valores médios por estação e espécie amostrada em cada estação. A Figura 52 mostra que as estações E9 e E10 apresentam relativamente os valores médios mais elevados para o comprimento, seguida por médias moderadas para as estações E4, E6 e E8 e que as estações E1, E2, E3 e E5 revelaram valores inferiores. No específico da largura foliar, percebe-se que as estações E2, E6, E9 e E10 demonstraram valores médios superiores, as estações E4 e E8 mostraram valores moderados e as estações E1, E3 e E5 foram inferiores.

As medidas mostraram que houve uma pequena variação, na largura e no comprimento, entretanto as análises estatísticas destes dados, com 95% de acerto, demonstraram que não ocorreu variação significativa entre as estações quanto ao grau de desenvolvimento foliar (Apêndice C). As variações observadas não indicam comprometimento significativo quanto ao grau de desenvolvimento foliar.

A estação E9 revelou o mais pronunciado grau de desenvolvimento foliar, também observado para *Avicennia schaueriana* (Figura 52). Nas estações E3 e E5 foram registrados os valores mínimos das superfícies foliares. Para estação E3 o mangue-branco cresce sobre substrato rochoso, em posição frontal ao mar e na estação E5 situa-se na foz do rio dos Patos, que pode receber efluentes agroindústrias e domésticos de Valença, Nilo Peçanha e Taperoá.

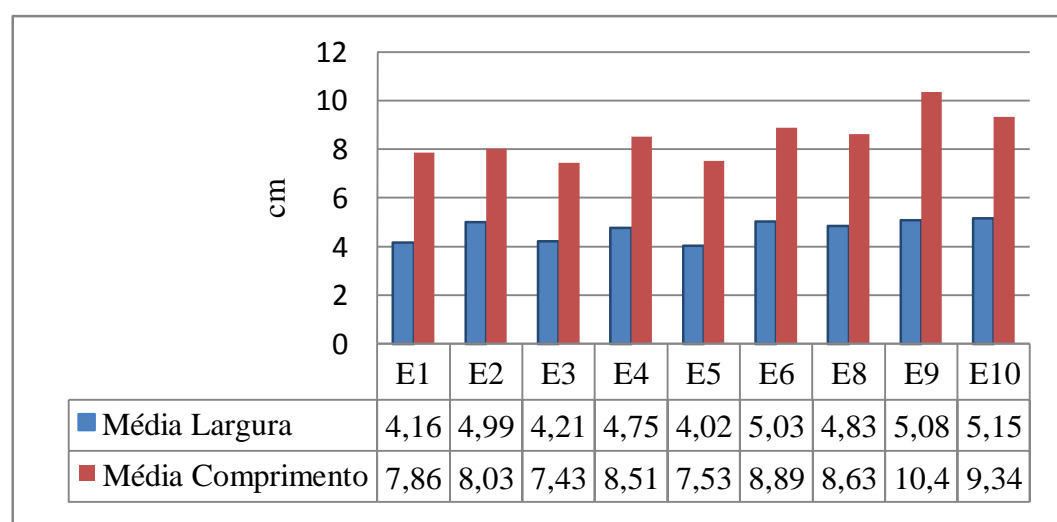


Figura 52. Médias do comprimento e largura de folhas de *Laguncularia racemosa* de manguezais de Tinharé (estações E1 a E4) e Boipeba (estações E5 a E10), Cairu, Bahia.

Fonte: Análises Laboratoriais.

A maior parte da atividade fotossintética das plantas superiores ocorre nas suas folhas, especialmente adaptadas para realizar eficientemente este processo (NULTSCH, 2005). Segundo Esau (1974), as adaptações das folhas às condições ambientais estão associadas a variações estruturais e funcionais nas plantas superiores.

Estudo realizado por Rodrigues *et al.* (1989) em plantas de mangue da Baixada Santista, São Paulo, apresentou modificações na área foliar ligadas à derrames de óleo. Medidas de comprimento e largura de folhas têm sido usadas como indicadoras da qualidade ambiental e a redução na superfície foliar vem sendo relacionada a tensores crônicos, a exemplo da salinidade e o petróleo (SCHAEFFER NOVELLI & CITRÓN, 1995).

Na Bahia, os dados de pesquisas em zonas de manguezais realizadas por Virgens (2003) e Garcia (2005) na BTS e Brito (2006), em Valença relacionaram a redução da área foliar de plantas aos impactos das atividades urbano-industriais. Para Cutter (1986) a redução da área foliar da planta sobre estresse pode comprometer o seu metabolismo fotossintético.

Oliveira (2000), Araújo (2000) notaram ao pesquisar manguezais estaduais, respectivamente, da Baía de Camamu e de Valença, sobre a influência de atividades antropogênicas, alterações na anatomia foliar de plantas de mangue como: cutícula espessada, aumento do número de tricomas e do aerênquima hipertrofiado. As pesquisas de Garcia (2005) e Brito (2006) corroboram a relação entre as alterações anatômicas e o estresse de atividades urbano-industriais e sugerem a redução da superfície foliar.

A Tabela 06 permite uma comparação entre os menores e as maiores médias das medidas biométricas do atual estudo com os dados da literatura. Desta maneira, foi percebido que as medidas de comprimento e largura das folhas de mangues das ilhas de Tinharé e de Boipeba foram semelhantes entre si e próximas aos apresentados para outros manguezais.

Tabela 06. Comparação de valores mínimos e máximos para a largura e o comprimento de folhas plantas de mangue das ilhas de Tinharé e Boipeba, Cairu, Bahia.

Espécie	Largura (cm)	Comprimento (cm)	Local	Bibliografia
<i>Rhizophora mangle</i>	4,13 - 5,17	7,9 - 10,45	Tinharé/BA	Presente Trabalho
<i>Avicennia schaueriana</i>	3,43 - 4,06	6,98 - 7,43		
<i>Laguncularia racemosa</i>	4,16 - 4,99	7,43 - 8,51		
<i>Rhizophora mangle</i>	4,3 - 5,15	9,21 - 10,55	Boipeba/BA	Presente Trabalho
<i>Avicennia schaueriana</i>	3,53 - 4,48	6,71 - 8,45		
<i>Laguncularia racemosa</i>	4,02 - 5,15	7,53 - 10,35		
<i>Avicennia schaueriana</i>	3,53 - 3,83	7,66 - 8,43	BTS/BA	Garcia (2005)
<i>Avicennia schaueriana</i>	3,69 - 5,45	7,27 - 10,85	Valença/BA	Brito (2005)
<i>Laguncularia racemosa</i>	4,1 - 5,2	8,1 - 10,0	BTS/BA	Virgens (2003)

Fonte: Elaboração do Autor.

5.4.4 Análise de Metais

Os resultados médios das análises para os elementos-traço Cu, Cd, Pb e Zn obtidos em folhas de *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia* em manguezais de Tinharé/Boipeba foram apresentados na Tabela 07 e Figura 53. Para cada elemento cujos teores foram abaixo do limite de detecção da técnica adotada recorreu-se ao artifício estatístico usado por Araújo (2000) e Oliveira (2000) de se considerar a metade do mesmo limite.

- Cobre

Os valores da concentração de Cu nas folhas do mangue-vermelho (Figura 53 e Tabela 07) nas estações E1 e E4, na ilha de Tinharé, apresentaram-se abaixo do limite da detecção da técnica analítica utilizada ($1,85 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que nas estações E3 e E2 o teor médio mínimo e máximo foram, respectivamente, $3,66 \mu\text{g.g}^{-1}$ e de $43,48 \mu\text{g.g}^{-1}$. Em Boipeba os teores do cobre foram abaixo do limite de detecção para todas as estações de amostradas.

Os resultados de Cu nas folhas de mangue-branco (Figura 53 e Tabela 07) na ilha de Tinharé mostraram-se inferior ao limite de detecção ($1,85 \mu\text{g.g}^{-1}$) na estação E1, mas variou de $5,35 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E3 e de $42,05 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E2. Em relação aos valores obtidos para ilha de Boipeba, as estações E5, E6 e E7 revelaram-se abaixo do limite de detecção, mas foi obtido o valor mínimo de $4,32 \mu\text{g.g}^{-1}$ na E10 e máximo de $26,35 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E9.

Os níveis de Cu na siriúba (Tabela 07 e Figura 53), nas estações E1 e E4, em Tinharé, foram inferiores ao limite de detecção, mas variou de $7,93 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E3 e de $18,25 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E2. Na ilha de Boipeba, as estações E5, E6 e E7 revelaram valores abaixo do limite de detecção, mas variou de $3,29$ e de $16,30 \mu\text{g.g}^{-1}$, nas estações E8 e E9, nesta ordem.

Com base nos valores da Tabela 08, sugeridos por Ross (1994), mostrou-se que os teores de Cu para o mangue-vermelho estão na faixa de normalidade ($4,0 \mu\text{g.g}^{-1}$ - $15 \mu\text{g.g}^{-1}$), exceto na estação E2 ($43,48 \mu\text{g.g}^{-1}$), em Tinharé, considerado tóxico ($20 \mu\text{g.g}^{-1}$ - $100 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Os valores para o Cu nas estações E3 ($42,05 \mu\text{g.g}^{-1}$) e E9 ($26,35 \mu\text{g.g}^{-1}$) em Boipeba, para o mangue-branco, pertenceram ao intervalo de toxicidade de Ross (1994). Enquanto os teores de Cu na siriúba, nas ilhas estudadas foram normais para as duas ilhas (Tabela 08).

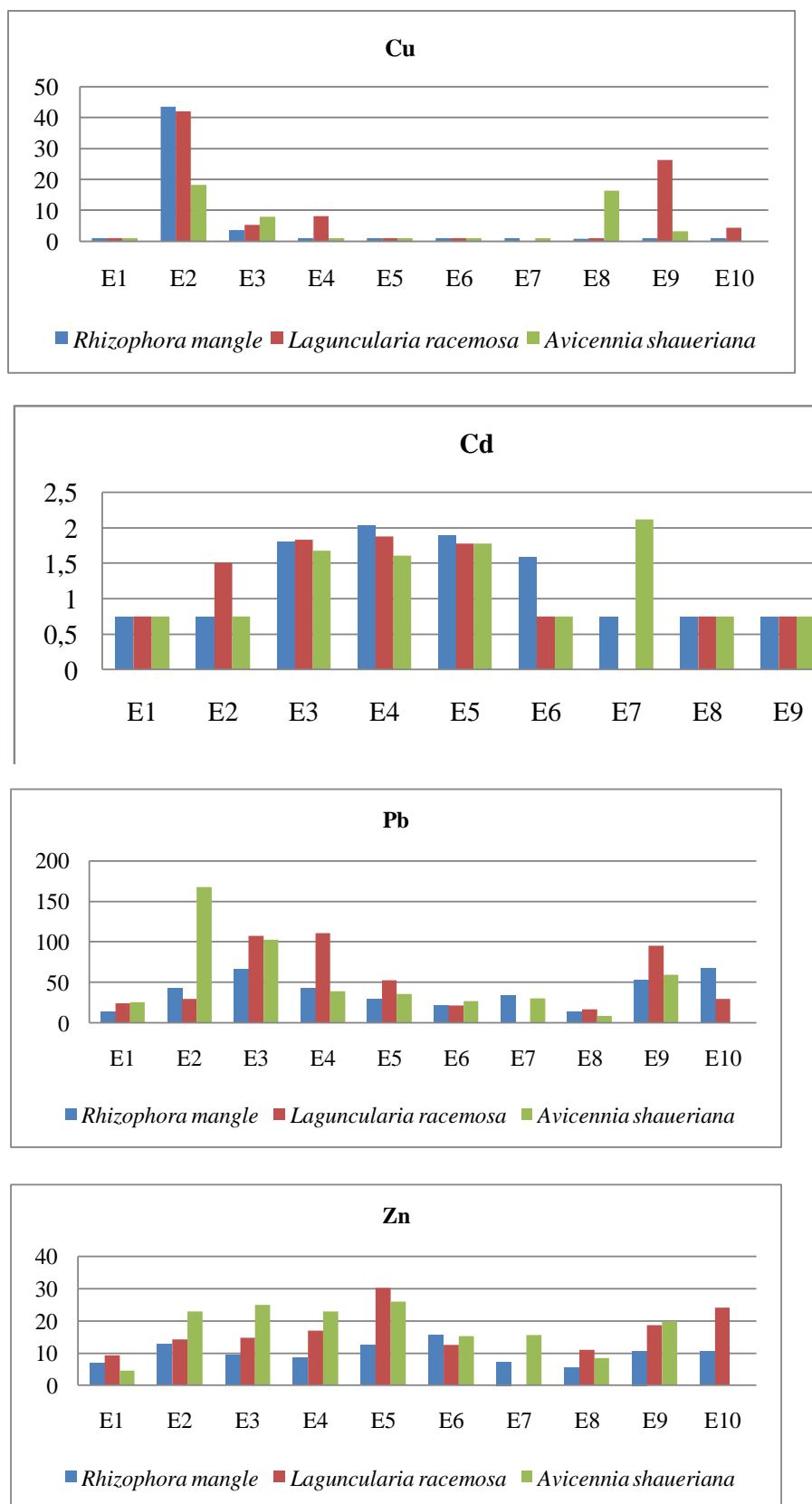


Figura 53. Teores médios ($\mu\text{g.g}^{-1}$) de Cu, Cd, Pb e de Zn em folhas de plantas de mangue das ilhas de Tinharé (E1 a E4) e Boipeba (E5 a E10), Cairu, Bahia.

Fonte: Análises Laboratoriais.

Tabela 07. Metais em Espécies de Mangue de zonas de manguezais das Ilhas de Tinharé (E1 a E4) e Boipeba (E5 a E10), Cairu, Bahia.

Estações	Elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)											
	Cu			Cd			Pb			Zn		
	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Avicennia schaueriana</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Avicennia schaueriana</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Avicennia schaueriana</i>	<i>Rhizophora mangle</i>	<i>Laguncularia racemosa</i>	<i>Avicennia schaueriana</i>
E1	0,93	0,93	0,93	0,75	0,75	0,75	13,74	23,68	21,79	6,84	9,362	14,52
E2	43,48	42,05	18,25	0,75	1,51	0,75	42,31	29,48	167,49	12,86	14,22	22,93
E3	3,66	5,35	7,93	1,80	1,83	1,68	65,93	107,33	102,49	9,42	3,29	24,50
E4	0,93	8,04	0,93	2,04	1,88	1,61	41,96	111,0	38,76	8,49	17,03	22,95
E5	0,93	0,93	0,93	1,89	1,78	1,78	29,47	52,14	35,66	12,58	30,12	25,99
E6	0,93	0,93	0,93	1,59	0,75	0,75	21,85	21,15	26,72	15,55	12,63	15,21
E7	0,93	-	0,93	0,75	-	2,12	23,95	-	30,10	7,31	-	15,60
E8	0,93	0,93	16,30	0,75	0,75	0,75	13,47	16,52	8,21	5,55	11,09	8,48
E9	0,93	26,35	3,29	0,75	0,75	0,75	53,36	95,06	59,39	10,76	18,66	16,17
E10	0,93	4,32	-	1,70	0,75	-	67,19	29,35	-	10,57	24,04	-

Fonte: Análises Laboratoriais.

Tabela 08. Intervalo de valores considerados por Ross, 1994 para os metais Cu, Cd, Pb e Zn.

Elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Normais	Tóxicos
Cu	4,0-15	20-100
Cd	0,02-0,8	5,0-30
Pb	1,0-10	30-300
Zn	8-400	400-4000

Fonte: Adaptado de ROSS, 1994.

Comparando-se o valor mínimo e máximo ($3,66 \mu\text{g.g}^{-1}$ e de $43,48 \mu\text{g.g}^{-1}$) para o Cu, em Tinharé, na *Rhizophora mangle*, com aqueles de trabalhos anteriores citados na Tabela 09, verifica-se que a sua média mínima foi a mais elevada quanto à mínima foi inferior aos teores médios obtidos para a Baía de Camamu/BA, Baía de Aratu/BA, Baía de Todos os Santos/BA e rio São Mateus-ES, áreas sobre influência de atividades poluidoras urbano-industriais.

Os valores mínimos e máximos do Cu, no mangue-branco, foram mais elevados em Tinharé. Seu valor máximo se comparado com outros manguezais foram superiores (Tabela 09), sendo sua menor média superior às obtidas dos rios São Mateus/BA e Mucuri/BA, que se mostraram não tóxicos segundo Bernini *et al.* (2006) e Oliveira, Freitas e Aciolly (1996).

Os níveis de Cu, mínimo e máximo, em *Avicennia schaueriana*, foram mais elevados na ilha de Tinharé em relação a Boipeba. Observou-se na Tabela 09 que o valor máximo em Tinharé foi superior aos observados nos demais manguezais, exceto na Baía de Aratu. Mas a menor média de Tinharé foi mais pronunciada do que as médias para o Rio Itanhém/BA, Baía de Camamu, Rio Joanes/BA, a Ilha do Pati/BA, que segundo, Araújo (2000), Oliveira (2000) e Souza *et al.* (2000) são áreas impactadas por atividades urbano-industriais e mineradora.

As médias, máxima e mínima, obtidas para o Cu foram superiores a zonas de mangue da BTS comprometidas por atividades urbano-industriais, em especial, a petroquímica e mineração, conforme pode ser observado de trabalhos publicados por Leão (2004), Garcia (2005) e Rodrigues (2005). Todavia, os teores de Cu foram abaixo do limite de detecção para a maioria das estações, exceto E2 (Tinharé) e E9 (Boipeba), cuja concentração foi tóxica.

- Cádmi

Os níveis de Cd em folhas de mangue-vermelho (Figura 53 e Tabela 07) nas estações E1 e E2, em Tinharé, foram abaixo do limite da detecção ($1,85 \mu\text{g.g}^{-1}$), variando de $1,80 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E3 e de $2,04 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E4. Em Boipeba, variou de $1,59 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E6 e de $1,89 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E5, sendo nas demais inferiores ao limite de detecção.

A concentração de Cd (Tabela 07 e Figura 53), nas folhas do mangue-branco, na estação E1, na ilha de Tinharé, revelou-se abaixo do limite da detecção experimental da técnica analítica utilizada ($1,50 \mu\text{g.g}^{-1}$), mas oscilou de $1,51 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E2 a $1,88 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E4. Quanto à ilha de Boipeba, verificou-se que para todas as estações os valores médios foram inferiores ao limite de detecção ($1,50 \mu\text{g.g}^{-1}$), exceto pela E5 ($1,78 \mu\text{g.g}^{-1}$).

Tabela 09. Comparação dos teores (mínimos e máximos) de Cu, Cd, Pb e Zn em espécies de mangue Ilhas de Tinharé e Boipeba, Cairu, Bahia.

Trabalhos	Elementos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)											
	Cu			Cd			Pb			Zn		
	R.	L.	A.	R.	L.	A.	R.	L.	A.	R.	L.	A.
	<i>mangle</i>	<i>racemosa</i>	<i>schaueriana</i>	<i>mangle</i>	<i>racemosa</i>	<i>schaueriana</i>	<i>mangle</i>	<i>racemosa</i>	<i>schaueriana</i>	<i>mangle</i>	<i>racemosa</i>	<i>schaueriana</i>
Atual – Tinharé	3,66 - 43,48	5,35 – 42,05	7,93 – 18,25	1,80 - 2,04	1,51 -1,88	1,35 – 1,68	13,74 – 65,93	23,68 – 107,33	21,79 – 167,49	6,84 - 12,86	9,32 - 17,03	14,52 – 24,50
Atual – Boipeba	< LD	4,32-26,35	3,29-16,30	1,59 – 1,89	<LD - 1,78	1,78-2,12	21,85 - 67,19	16,52 - 95,06	26,73-25,99	5,55 - 15,55	11,09 – 30,12	8,48-25,99
Baía de Camamu¹	8,85	8,50	6,80	<LD	<LD	-	9,7	6,50	9,03	7,5	22,50	21,76
Valença (Baía de Camamu)²	-	-	6,93	-	-	-	-	-	-	-	-	20,57
Baía de Aratu (BTS)³	11,74	11,37	-	0,09	008	-	0,45	0,63	-	24,08	26,60	-
Ilha do Pati (BTS)⁴	4,43	11,37	6,93	-	-	-	-	-	-	8,71	16,50	20,57
Rio Mucuri⁵	1,2	1,5	-	<LD	-	-	<LD	-	-	9,6	10,5	-
São Francisco do Conde e Madre de Deus (BTS)⁶	-	-	11,40	-	-	0,07	-	-	0,34	-	-	23,77
São Francisco do Conde (BTS)⁷	-	-	8,82	-	-	0,05	-	-	0,02	-	-	15,49
Rio Capivara Pequeno⁸	15,2	-	-	-	-	-	-	-	-	109,03	-	-
Rio Jacuípe (canal de Itaparica)⁸	1,20	-	-	-	-	-	-	-	-	2,80	-	-
Rio Joanes⁹	-	-	6,95	-	-	< 0,04	-	-	0,22	-	-	14,14
Rio São Mateus/ES¹⁰	0,023	0,03	0,03	-	-	-	-	-	-	0,07	0,19	0,16
Baía de Sepetiba/RJ¹¹	<0,05	-	-	<0,02	-	-	<0,06	-	-	7,2	-	-

1 - Oliveira (2000); 2 – Brito (2006); Leão (2004); 4- Souza *et al.* (1996); 5 - Oliveira, Freitas & Aciolly (1996); 6- Rodrigues (2005); 7 – Garcia (2005); 8 – Oliveira, Brito & Freitas (2000); 9 - Barbosa (2000); 10 - Bernini *et al* (2006); 11 - Lacerda (1997).

Fonte: Elaborado pelo Autor.

Os resultados de Cd em siriúba (Figura 53 e Tabela 07) nas estações E1 e E2, em Tinharé, foram inferiores ao limite de detecção ($1,50 \mu\text{g.g}^{-1}$) e mudou de $1,61 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E4 a $1,68 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E3. Na ilha de Boipeba, variou de $1,78 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E5 a $2,12 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E7, sendo inferiores ao limite de detecção nas outras estações.

Os valores obtidos para o cádmio em *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa* e *Avicennia schaueriana*, nas ilhas de Tinharé/Boipeba, foram inferiores ao intervalo de toxicidade ($5 \mu\text{g.g}^{-1}$ - $30 \mu\text{g.g}^{-1}$), estabelecido por Ross (1994), conforme a Tabela 08.

O valor mínimo e máximo de Cd obtido de folhas da *Rhizophora* e da *Laguncularia* (Tabela 09) foi em Boipeba inferior aos teores observados em Tinharé, até mesmo superiores aos obtidos em manguezais da Baía de Aratu, sobre influência de atividades urbano-industrial, estudadas por Leão (2004). Os teores de Cd na *Avicennia schaueriana* em Boipeba foram superiores aos obtidos na ilha de Tinharé (Tabela 09).

O cádmio forma precipitados insolúveis na superfície da raiz, que propicia a acumulação e a fixação deste no sedimento, podendo reduzir a disponibilidade para as plantas de mangue (LACERDA, 1998). Esta redução pode estar associada à formação das placas de ferro e a complexação da matéria orgânica e a formação de sulfetos (LEÃO, 2004). Estudos de Oliveira (2000), Garcia (2005) e Rodrigues (2005) que correlacionaram os teores de metais do sedimento e das folhas corroboram estas afirmações e os resultados obtidos neste estudo.

Os resultados de Cd em Tinharé/Boipeba foram dentro da faixa de não-toxicidade, mas superiores aos notados em outros manguezais, verificado na Tabela 09. Ressalta-se que o cádmio e o chumbo são considerados sem função biológica e mesmo em baixa quantidade é tóxico à biota (ODUM & BARRET, 2007). As plantas de mangue estudadas podem vir a sofrer os efeitos do estresse crônico, de difícil detecção (RICKLEFS, 2003).

- Chumbo

Os níveis médios máximo e mínimo de Pb (Figura 53 e Tabela 07) na *Rhizophora mangle*, em Tinharé, foi, nesta ordem, de $13,74 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E1 e $65,93 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E3. Em Boipeba, variou entre $13,47 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E8 e $67,19 \mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E10.

Os valores de Pb (Figura 53 e Tabela 07) nas folhas de *Laguncularia racemosa*, em Tinharé, variou de 23,68 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E1 e de 111 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E4. Para a ilha de Boipeba, o valor mínimo foi de 16,62 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E8 e o máximo de 95,06 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na E9.

Os teores de Pb (Figura 53 e Tabela 09) na *Avicennia schaueriana*, em Tinharé, foi de 21,79 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E1 e de 167,49 $\mu\text{g.g}^{-1}$ em E2. Em Boipeba variou entre 8,21 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E8 e de 59,39 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E9.

As concentrações de chumbo no mangue-vermelho se situam na faixa toxicidade de Ross (1994) (Tabela 08), em todas as estações de Tinharé, exceto para E1 (13,74 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Em Boipeba têm valores tóxicos apenas as estações E9 (95,06 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e E10 (67,19 $\mu\text{g.g}^{-1}$).

Os níveis de Pb na *Laguncularia*, em Tinharé, inserem-se na faixa de toxicidade para as estações E3 (107,33 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e E4 (111 $\mu\text{g.g}^{-1}$), segundo a Tabela 08. Os valores tóxicos observados em Boipeba somente nas estações E5 (52,14 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e E9 (95,06 $\mu\text{g.g}^{-1}$).

Os teores de Pb na siriúba mostraram-se tóxicas (Tabela 08) nas estações E2 (167,49 $\mu\text{g.g}^{-1}$), E3 (102,64 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e E4 (38,76 $\mu\text{g.g}^{-1}$), da ilha de Tinharé. Também foram tóxicos os valores das estações E5 (52,14 $\mu\text{g.g}^{-1}$), E7 (30,10 $\mu\text{g.g}^{-1}$) e E9 (59,39 $\mu\text{g.g}^{-1}$), em Boipeba.

As menores concentrações médias obtidas para o chumbo a partir das folhas de *Rhizophora*, *Laguncularia* e *Avicennia* (Tabela 07), nas ilhas de Tinharé/Boipeba foram superiores aos resultados revelados para outras zonas de manguezais. Oliveira (2000) obteve um teor máximo para folhas da *Avicennia schaueriana* de 24 $\mu\text{g.g}^{-1}$.

Sobre os limites de concentração de metais pesados considerados tóxicos às plantas não há um consenso entre a comunidade científica (COSTA, 2007). Assim, mesmo que este trabalho tenha adotado os limites de toxidez de Ross (1994), outros limiares são sugeridos na literatura, como o intervalo estabelecido por Brooks (1983), que no caso particular do chumbo admite como normais valores de até 70 $\mu\text{g.g}^{-1}$. Em relação a este limite, abrangente, apenas as estações E2, E3, E4 e E9 apresentaram valores tóxicos para o chumbo (Tabela 07).

Pesquisas efetuadas pelas autoras Leão (2004), Rodrigues (2005), Garcia (2006), nos manguezais da Baía de Todos os Santos sugerem que estes ecossistemas sofram forte pressão de atividades urbano-industriais do entorno da BTS/BA, em especial nas áreas de São Francisco do Conde e Madre de Deus, relacionada à indústria petroquímica, da carga de contaminantes que chega ao setor norte da Baía de Aratu pelo rio Subaé, proveniente da contaminação de chumbo. Concentrações de Pb superiores às apresentadas para a BTS foram verificadas na Baía de Camamu/BA associadas à atividade mineradora (OLIVEIRA, 2000).

O elemento chumbo é amplamente distribuído na crosta terrestre, podendo está presente nos reservatórios ambientais em pequenas quantidades, na forma metálica. Segundo Santos (2002), este metal pode ocorrer na forma de carbonato de chumbo, sulfato de chumbo e sulfeto/galena, este representa seu minério mais abundante, principal fonte comercial.

Os metais pesados atingem o manguezal, principalmente, por meio das marés nas formas trocáveis: incorporados a matéria orgânica em suspensão ou dissolvidos (LACERDA, 1994). No manguezal, as plantas os absorvem do sedimento pelo seu sistema radicular.

Onofre *et al.* (2007) informam que a contaminação do sedimento pelo chumbo pode ocorrer de fonte geológica ou antrópica, por conta do seu emprego industrial, em destaque, na indústria petrolífera, de acumuladores, de tintas e corantes, cerâmica, gráfica e bélica. Entretanto Garcia *et al.* (2007) afirmam que o Brasil não dispõe de uma norma ambiental que estabeleça os critérios de qualidade para os sedimentos, incluindo a contaminação por metais pesados, substâncias muito reativas, indestrutíveis e passíveis de toxidez e bioacumulação.

No sedimento, os metais podem formar precipitados insolúveis na superfície da raiz, que possibilita a acumulação e a fixação dos mesmos, que conta com processos geoquímicos auxiliados por oxi-hidróxidos de ferro e manganês, as placas de ferro (LACERDA, 1998).

A Tabela 07 mostra que a concentração de chumbo mais tóxica na estação E2, segundo a classificação de Ross (1994), em folhas amostradas de *Avicennia schaueriana*, foram superiores cerca de quatro vezes os teores encontrados na *Laguncularia* e na *Rhizophora*. Para Andrade & Patchineelam (2000), o maior teor de metais associada à fração reativa do sedimento com *Avicennia*, ligado ao elevado potencial oxidante da sua rizosfera, sugere que este ambiente propicia uma maior biodisponibilidade do que a *Rhizophora*. Araújo (2000) encontrou correlação positiva entre os teores de chumbo no sedimento e nas folhas. Para a autora, a absorção do chumbo possivelmente esteja associada à fixação dessa espécie química nas placas de ferro, concentrando-o, o que não impede a sua biodisponibilidade.

A biodisponibilidade também depende de variáveis como pH, Eh e de características dos sedimento, dentre as quais a textura e teor de argila e matéria orgânica. Conforme Costa *et al.* (2007) a porcentagem de argila e de matéria orgânica condicionam as propriedades químicas, físicas e biológicas do sedimento, a exemplo da competência de retenção de água, disponibilidade de elementos para as plantas e a capacidade de reter cátions. Pesquisas feitas por Oliveira (2000); Bernini *et al.* (2006) demonstraram que a granulometria influencia a concentração de nutrientes e de contaminantes do sedimento.

As plantas se diferem quanto à capacidade de acumular espécies químicas presentes no sedimento e nas suas respostas ao aumento ou decréscimo na quantidade dos elementos constituintes na forma biodisponível (COSTA, 2007). Em relação aos metais pesados, Araújo (2000) encontrou correlações positivas entre os teores de metais no sedimento e nas folhas de mangue no Sul da Bahia. Porém, Leão (2004), Garcia (2005), Rodrigues (2005), Brito (2006), em manguezais da BTS/BA, não encontraram correlações positivas, assim sugeriram existir barreiras biogeoquímicas para a absorção de metais pelas plantas de mangue.

A entrada de metais pesados nas plantas é evitada por mecanismos de tolerância, até certo limiar, acima desse limiar as plantas perdem sua capacidade seletiva, permitindo a entrada de enormes quantidades de íons tóxicos (BROOKS, 1983). Os metais pesados, mesmo os com função biológica, quando em patamares tóxicos, a exemplo do observado para o chumbo nas duas ilhas em apreço, provocam o estresse na planta. Larcher (2000) define o estresse na planta como um estado no qual o aumento da demanda energética leva a perda de estabilidade inicial das suas funções, seguida pela normalização e aumento da resistência.

Os metais pesados permanecem no ecossistema em concentrações perigosas por um longo período, sobretudo nos sedimentos (LARCHER, 2000). Malavolta¹ segundo (COSTA, 2007) sugere que o chumbo é entre os metais pesados o menos móvel no sedimento, cuja disponibilidade depende do teor de argila, que o fixa. Costa *et al.* (2004) afirma que o chumbo pode até ser absorvido pelas raízes, mas não será translocado para as partes aéreas, ficando retido nas raízes. Esta condição não pode ser observada nas ilhas de Tinharé e Boipeba, que mostraram teores elevados e tóxicos de chumbo nas folhas para as três espécies de mangue.

Os teores de chumbo, elemento-traço, mostraram-se elevados para as três espécies de plantas de mangue amostradas e se considerado a técnica analítica adotada, a Espectrometria de absorção atômica por chama (FAAS), podem ser atribuídos a contaminação das amostras. Entretanto, deve-se considerar o caráter preliminar deste estudo, que limita uma argumentação mais consistente. Tal contaminação comprometeria o resultado em termos dos valores absolutos das análises, ainda assim os valores relativos poderiam ser usados a bioindicação da qualidade ambiental dos manguezais estudados, pois o comportamento gráfico observado na Figura 53 sugere uma situação de estresse que merece posteriores análises.

¹ COSTA, S. **Estrutura da vegetação herbáceo-arbustiva dos solos construídos em áreas mineradas de carvão a céu aberto e a relação de *Axonopus obtusifolius* (Raddi) Chase com Mn e Pb.** Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Universidade do Extremo Sul Catarinense, 115p.

- Zinco

A concentração de Zn (Figura 53 e Tabela 07) em folhas de *Rhizophora mangle* em Tinharé variou de 6,84 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E1 a 12,86 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E2. Na ilha de Boipeba, o menor valor médio foi de 5,55 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E8 e o maior de 15,55 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E6.

O valor mínimo e máximo para o Zn (Figura 53 e Tabela 07), na *Laguncularia racemosa*, em Tinharé, variou de 9,32 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E1 a 17,03 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E4. Na ilha de Boipeba foram de 11,09 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E8 e de 30,12 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E5.

O resultado de Zn (Tabela 07 e Figura 53), nas folhas de siriúba, na ilha de Tinharé, variou de 14,52 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E1 a 24,50 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E3. Em Boipeba, os valores foram de 8,48 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E8 e 25,99 $\mu\text{g.g}^{-1}$ na estação E9.

Os valores de zinco em *Rhizophora mangle*, *Laguncularia racemosa*, *Avicennia schaueriana*, nas ilhas de Tinharé e de Boipeba foram abaixo do intervalo de toxicidade (8 $\mu\text{g.g}^{-1}$ - 400 $\mu\text{g.g}^{-1}$) sugerido por Ross (1994), conforme a Tabela 08.

Os maiores e os menores valores registrados nas ilhas estudadas foram próximos (Tabela 09). Estes teores mostram que as médias mínimas deste trabalho para o *Rhizophora* foram superiores as obtidas para o Rio São Mateus e inferiores aos da Baía de Aratu.

Comparativamente o valor mínimo e máximo obtidos na ilha de Boipeba para a *Laguncularia* foi superior ao observados na ilha de Tinharé (Tabela 09). Valores próximos aos deste trabalho são conhecidos para zonas de mangue da Baía de Camamu, Baía de Todos os Santos e da Baía de Aratu, mas inferiores ao teor máximo de Zn em Boipeba (Tabela 09).

Comparando-se os resultados obtidos para o zinco em folhas de *Avicennia schaueriana* entre as ilhas estudadas (Tabela 09), notou-se que o valor mínimo foi superior em Tinharé. Verificou-se que os valores máximos registrados para as ilhas de Tinharé e Boipeba foram inferiores apenas que o resultado da Baía de Aratu, como mostra a Tabela 09.

Carneiro, Siqueira & Moreira (2002) estudando o comportamento de metais em espécies herbáceas verificaram que o aumento da concentração zinco, e do cádmio, na porção aérea das plantas foi proporcional a elevação destes metais no solo/sedimento contaminado. Araújo (2000) sugeriu que o zinco teria absorção rápida e que a presença de placas de ferro nas raízes de plantas de mangue funciona como barreira a translocação de Zn da planta para o sedimento até 350 $\mu\text{g.g}^{-1}$, para valores superiores o Zn concentra-se fora das raízes.

5.4.5 Capacidade Relativa de Bioindicação de Metais Pesados

Após as análises dos teores de metais por espécie estudada, as plantas de mangue foram comparadas quanto à capacidade de bioindicação. Segundo Larcher (2000) os bioindicadores são organismos ou uma comunidade destes sensíveis ao estresse da poluição e que respondem por meio de alterações nos seus processos vitais ou pela acumulação de poluente.

Corrêa (2006) classifica as plantas quanto à biodisponibilidade de metais pesados no solo/sedimento como sensíveis, tolerantes e acumuladoras. As plantas sensíveis não demonstram mecanismos de tolerância a certos metais, as tolerantes têm a habilidade de evitá-los ou excluí-los para reduzir a sua incorporação celular e as acumuladoras fixam grandes concentrações de determinados metais porque possuem mecanismos de desintoxicação.

O modo de vida sedentário das plantas as obriga a exposição ao estresse decorrente da poluição local, podendo ser utilizadas como bioindicadores de substâncias tóxicas, ou seja, a análise química das plantas permite uma avaliação do grau de poluição (LARCHER 2000). Frizzo e Porto (2004) sugerem que a vegetação reflete a constituição de seu substrato, por isso, sendo baixa a disponibilidade de metais no solo/sedimento também será pequena o teor na planta, mas é possível que o acúmulo na mesma independente da concentração no solo.

A Figura 53 mostra que os teores foram próximos para as três espécies, por isso sugere semelhante condição bioindicadoras, porém levemente superiores na *Avicennia* para o chumbo e o zinco, mais elevados na *Laguncularia* para o cobre e mais acentuados na *Rhizophora* para o cádmio. Segundo Larcher (2000), as plantas diferem amplamente quanto sua concentração absoluta e nas proporções relativas das distintas espécies químicas.

A eficiência de absorção de nutrientes e a preferência por um determinado elemento dependem de um conjunto de fatores internos e externos a planta (BERNINI *et al.*, 2006). Conforme Corrêa (2006), os teores de metais nas plantas podem está associados a variáveis diversos como: a idade da planta, sensibilidade, tempo de exposição e metal considerado.

Os teores médios de metais entre as espécies estudadas foram comparados entre si através do coeficiente de variação (CV), medida de dispersão relativa obtida da relação entre o desvio padrão pela média. Assim, quanto menor o CV maior é capacidade de bioindicação. Segundo a Tabela 10, em Tinharé, a *Rhizophora* mostrou-se melhor bioindicadora para o Pb, a *Laguncularia* para o Cu e a *Avicennia* para o Cd e o Zn. Em Boipeba (Tabela 11) a *Rhizophora* foi a melhor bioindicadora para o Cd e para o Zn e a *Avicennia* para o Cu e Pb.

Tabela 10. Coeficiente de Variação de Pearson (CV) para plantas de mangue de Tinharé, BA.

Elemento	Espécie	Média	Desvio Padrão	CV(%)
Cobre	<i>Rhizophora mangle</i>	12,25	20,86	170,28
	<i>Laguncularia racemosa</i>	14,09	18,87	133,88
	<i>Avicennia schaueriana</i>	46,70	86,93	186,16
Cádmio	<i>Rhizophora mangle</i>	1,34	0,68	51,13
	<i>Laguncularia racemosa</i>	1,49	0,52	34,94
	<i>Avicennia schaueriana</i>	1,35	0,42	31,38
Chumbo	<i>Rhizophora mangle</i>	40,95	21,40	52,26
	<i>Laguncularia racemosa</i>	67,87	47,76	70,37
	<i>Avicennia schaueriana</i>	82,71	66,47	80,36
Zinco	<i>Rhizophora mangle</i>	9,40	2,54	27,01
	<i>Laguncularia racemosa</i>	13,84	3,25	23,46
	<i>Avicennia schaueriana</i>	21,23	4,53	21,34

Fonte: Pesquisa de Campo e de Laboratório.

Tabela 11. Coeficiente de Variação de Pearson (CV) para plantas de mangue de Boipeba, BA.

Elemento	Espécie	Média	Desvio Padrão	CV (%)
Cobre	<i>Rhizophora mangle</i>	-	-	-
	<i>Laguncularia racemosa</i>	6,69	11,09	165,67
	<i>Avicennia schaueriana</i>	4,48	6,69	149,43
Cádmio	<i>Rhizophora mangle</i>	0,54	1,24	43,98
	<i>Laguncularia racemosa</i>	0,96	0,46	48,18
	<i>Avicennia schaueriana</i>	1,23	0,67	54,32
Chumbo	<i>Rhizophora mangle</i>	36,59	20,13	55,02
	<i>Laguncularia racemosa</i>	42,84	32,24	75,26
	<i>Avicennia schaueriana</i>	38,98	12,97	33,28
Zinco	<i>Rhizophora mangle</i>	10,39	3,59	34,58
	<i>Laguncularia racemosa</i>	19,31	7,93	41,10
	<i>Avicennia schaueriana</i>	16,29	12,97	38,43

Fonte: Pesquisa de Campo e de Laboratório.

Estudos realizados por Oliveira (2000), Garcia (2005) e Brito (2006), respectivamente da BTS/BA e Valença/BA sugeriram a *Avicennia schaueriana* como a espécie de mangue de melhor capacidade bioindicadora. Este comportamento se assemelha ao descrito por Leão (2004) para Baía de Aratu/BA, por Ramos (2007) que estudou a bacia do Rio Cubatão/SP. No presente trabalho, conforme o CV, a *Avicennia schaueriana* mostrou-se melhor indicadora apenas para o Cd e o Zn, para a ilha de Tinharé, e para o Cu e Pb, na ilha de Boipeba.

Neste trabalho contou-se com dados preliminares de uma pequena amostragem, o que limita uma discussão detalhada sobre a capacidade de bioindicação das espécies estudadas. A realização de estudos posteriores que também utilizem outros indicadores de qualidade ambiental, a exemplo da fauna, das águas e sedimentos e considere maiores intervalos de tempo e amostragem, poderão complementar as informações deste estudo e contribuir a análise mais acurada das fontes de contaminação observadas.

5.5 ANÁLISE AMBIENTAL INTEGRADA DE TINHARÉ E BOIPEBA

Nas ilhas de Tinharé e Boipeba as principais fontes de impactos e conflitos a sustentabilidade dos manguezais, e demais ecossistemas costeiros, notadas foram: pesca e mariscagem (inclui uso de geradores), turismo e a exploração de petróleo e gás natural. A ação dos estressores antropogênicos compromete a capacidade do manguezal em prover benefícios socioeconômicos e a qualidade de vida da comunidade local (FELDMAN, 2002).

A tríade apresentada produz impactos aos manguezais e conflitos socioambientais com a legislação ambiental, como o lançamento de lixo e esgotos, redução do pescado, contaminação por óleo e metais pesados, supressão da vegetação e perda da qualidade de vida das populações locais (Figura 54). Também geram conflitos socioambientais nestas ilhas a retirada de areia e a expansão urbana e ocupação desordenada do solo (BRASIL, 2010).

A pesca e a mariscagem geram renda, segurança alimentar e dignidade as populações locais, porém produzem impactos negativos. A pressão aos bancos pesqueiros das ilhas está ligada ao turismo local, que produz conflitos pelo uso dos recursos costeiros. As organizações de moradores de Tinharé e Boipeba asseguram que a pesca predatória é realizada por grupos externos, relacionados ao comércio da Mesorregião de Valença (LIZIÊ, 2008).

Quanto ao recente desenvolvimento da atividade petrolífera e do turismo, estas têm intensificado a expansão urbana e a pressão sobre os recursos ambientais. Estas indústrias propiciam por um lado a geração de renda, mas produzem alterações rápidas no estilo de vida das populações locais, conflitos com pescadores sobre o acesso e uso dos recursos naturais, a perda de atributos paisagísticos e a degradação dos ecossistemas e da saúde humana.

Então, poderia o crescimento econômico promover à sustentabilidade do arquipélago Tinharé/ Boipeba? Segundo Herman e Farley (2004) uma economia ecológica deve considerar o tamanho da produção em relação ao ecossistema, a criação de direitos para os bens comuns, os limiares ecológicos e as externalidades. Tal economia poderia alicerçar um gerenciamento costeiro sustentável, que assegure a capacidade de carga dos ecossistemas e distribua com justiça os serviços ambientais básicos ao bem estar humano a intergeracional/intrageracional.

A implantação de um Gerenciamento Ambiental Costeiro Integrado - GACI projetado adequadamente no espaço e no tempo pode ser uma ferramenta relevante para o gerenciamento dos conflitos para a melhora da qualidade de vida das comunidades locais e visitantes, e, uso sustentável dos recursos ambientes das ilhas de Tinharé e Boipeba.

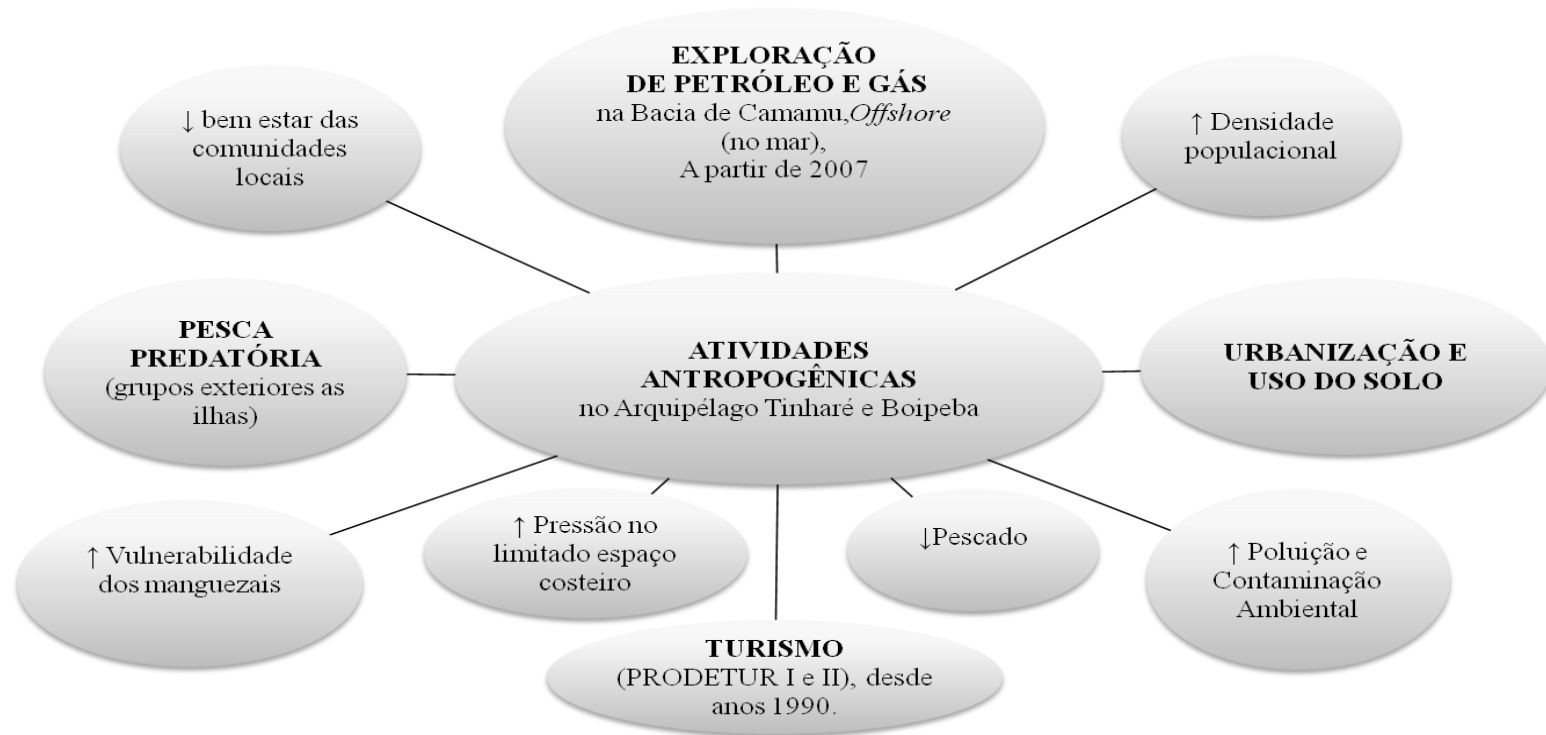


Figura 54. Atividades econômicas, impactos e conflitos socioambientais pelo acesso e uso dos recursos naturais do Arquipélago Tinharé/Boipeba, Bahia.

Fonte: Elaboração do autor.

Neste contexto foram reunidos os resultados no Quadro 11, para que subsidiassem uma proposta de análise integrada da qualidade ambiental costeira de Tinharé/Boipeba, em especial dos manguezais, devido à relevância de seus serviços ambientais para as populações locais e visitantes, e, a conservação da biodiversidade costeira, estuarina e marinha.

Os resultados no Quadro 11 apontam o comprometimento do saneamento e a perda da qualidade ambiental. Os teores de OD, indicador da qualidade da água, foram inferiores aos limites das Resoluções do CONAMA n°. 274/00 e n°. 357/05, exceto na estação E7, Boipeba.

Para a estação E3, o valor de OD, de 1,14 mg/L, foi o mais baixos entre as estações e muito inferiores aos limites da Resolução n°357/05 do CONAMA. Este resultado indica alteração na qualidade da água associada ao lançamento de esgoto. Esta fonte de contaminação foi confirmada por meio dos resultados das análises microbiológicos (Quadro 11), que mostraram a presença de coliformes termotolerantes, como a bactéria *Escherichia coli* indicadora específica de contaminação fecal humana para todas as amostras de água. Estes dados não condizem com uma boa situação de balneabilidade, sanitária e ambiental.

A estação E3 situa-se em Morro de São Paulo, na ilha de Tinharé, que conta com uma rede de esgotamento sanitário, de 7 km de extensão, desde 2002, e abrange grande porção dos domicílios da APA Tinharé e Boipeba (GULBERG, 2008). O despejo dos efluentes filtrados da estação de tratamento final ocorre em um emissário submarino, na Terceira praia.

Foram observados durante a pesquisa de campo nas estações E3 e E4 na ilha de Tinharé, o lançamento de esgotos nas águas do mar na Primeira e na Terceira Praia, confirmada pelos dados laboratoriais (Quadro 11), bem como a disposição inadequada de lixo na faixa praial. Estes aspectos ambientais devem ser enfrentados como relevantes desafios do saneamento e a gestão ambiental costeira da APA Tinharé/Boipeba que assegurem a qualidade de vida de seus habitantes e visitantes e o uso sustentável dos seus recursos ambientais.

Na estação E6, em Cova da Onça, em Boipeba, o valor do OD indicou a recuperação da qualidade da água local, onde foram observadas fezes expostas e esgoto domiciliar lançados no mar. Segundo Gulberg (2008), o Plano de Manejo da APA sugere o monitoramento das águas para verificação das variações nos índices de qualidade e correlações com o clima e a população. Estes aspectos sanitários estão relacionados às baixas condições socioeconômicas das comunidades locais e ao processo de urbanização não planejado e/ou sem adequação as considerações socioambientais locais, potencializados pelo turismo desde anos 1990.

Quadro 11. Matriz de Indicadores de Qualidade Ambiental de zonas de manguezais das ilhas de Tinharé e Boipeba, Cairu, Bahia, Brasil.

Estações	Águas Superficiais Amostradas*					Folhas de Plantas de Mangue								Altura Relativa das Plantas de Mangue (m)
	Parâmetros Físico-Químicos			Coliformes/Todas as Amostras (Índice NMP por 100 ml de água) ¹		Espécies de Mangue	Alterações Mais Intensas na Morfologia Externa	Biometria (cm)		Metais Pesados (µg.g-1)				
	OD	pH	°C	Totais	Fecais			Largura	Comprimento	Cu	Cd	Pb	Zn	
E1	-	-	-	-	-	<i>Rhizophora</i>	Manchas	4,85	9,22	0,93	0,75	13,74	6,84	2 a 10 m
						<i>Avicennia</i>	Pastejo	3,43	6,98	0,93	0,75	21,79	14,52	2 a 8 m
						<i>Laguncularia</i>	Perfurações	4,16	7,86	0,93	0,75	23,68	9,32	2 a 4 m
E2	-	-	-	-	-	<i>Rhizophora</i>	Baixa intensidade	5,17	10,45	43,48	0,75	42,31	12,86	2 a 10 m
						<i>Avicennia</i>	Pastejo	4,06	7,43	18,25	0,75	167,49	22,93	2 a 10 m
						<i>Laguncularia</i>	Perfurações	4,99	8,03	42,05	1,51	29,48	14,22	1 a 6 m
E3	1,14	7,2	27,9	≥16	≥16	<i>Rhizophora</i>	Cloroses	4,16	8,80	3,66	1,80	65,93	9,42	Inferior a 5 m
						<i>Avicennia</i>	Baixa intensidade	3,43	6,99	7,93	1,68	102,64	24,50	Inferior a 5 m
						<i>Laguncularia</i>	Perfurações e manchas	4,21	7,43	5,35	1,83	107,33	14,77	1 a 4 m
E4	4,0	7,5	27,7	≥16	≥16	<i>Rhizophora</i>	Baixa intensidade	4,13	7,90	0,93	2,04	41,96	8,49	Até 4 m
						<i>Avicennia</i>	Baixa intensidade	3,62	7,01	0,93	1,61	38,76	22,95	Até 4 m
						<i>Laguncularia</i>	Baixa intensidade	4,75	8,51	8,04	1,88	11,0	17,30	Até 4 m
E5	3,34	-	30,5	-	-	<i>Rhizophora</i>	Limbo revoluto	4,30	9,21	0,93	1,89	29,47	12,58	Inferior a 3 m
						<i>Avicennia</i>	Cloroses e limbo revoluto	3,53	6,70	0,93	1,78	35,66	25,99	Até 5 m
						<i>Laguncularia</i>	Cloroses	4,02	7,53	0,93	1,78	52,14	30,12	1 a 4 m
E6	5,75	-	35,5	-	-	<i>Rhizophora</i>	Baixa intensidade	4,70	9,70	0,93	1,59	21,85	15,55	2 a 6 m
						<i>Avicennia</i>	Cloroses e pastejo	3,96	7,51	0,93	0,75	26,72	15,21	1 a 10 m
						<i>Laguncularia</i>	Baixa intensidade	5,03	8,89	0,93	0,75	21,15	12,63	2 a 10 m
E7	6,17	-	37,8	-	-	<i>Rhizophora</i>	Baixa intensidade	5,0	10,55	0,93	0,75	23,95	7,31	2 a 10 m
						<i>Avicennia</i>	Cloroses e pastejo	3,92	7,48	0,93	2,12	30,10	15,60	2 a 10 m
						<i>Laguncularia</i>	-	-	-	-	-	-	-	-
E8	3,31	-	35,0	-	-	<i>Rhizophora</i>	Limbo revoluto	-	-	0,93	0,75	13,47	5,55	Superior a 10 m
						<i>Avicennia</i>	Cloroses, galhas, perfurações e pastejo	7,04	7,51	16,30	0,75	8,21	8,48	Superior a 10 m
						<i>Laguncularia</i>	Baixa intensidade	4,83	8,63	0,93	0,75	16,52	11,09	1 a 4 m
E9	3,78	-	38,5	-	-	<i>Rhizophora</i>	Baixa intensidade	4,93	9,70	0,93	0,75	53,36	10,76	1 a 8 m
						<i>Avicennia</i>	Pastejo	4,48	8,45	3,29	0,75	59,39	16,17	1 a 8 m
						<i>Laguncularia</i>	Baixa intensidade	5,08	10,35	26,35	0,75	95,06	18,66	1 a 4 m
E10	3,71	-	31,0	-	-	<i>Rhizophora</i>	Cloroses	5,15	10,30	0,93	1,70	67,19	10,57	Inferior a 4 m
						<i>Avicennia</i>	-	-	-	3,29	0,75	59,39	16,17	-
						<i>Laguncularia</i>	Baixa intensidade	5,15	9,34	4,32	0,75	29,35	24,04	Inferior a 4 m

*Exceto para amostra de água potável da Empresa Baiana de Água e Saneamento - EMBASA, com índice de NMP de coliformes por 100 ml < 2,2.

Fonte: Pesquisa de Campo e Análise Laboratoriais.

Em relação aos teores dos metais estudados, nas estações E1 (Tinharé), E6 e E8 (Boipeba) não se mostram tóxicos (Quadro 11), assim mesmo foram observadas alterações na morfologia foliar externa. Na estação E1 as alterações mais intensas foram manchas na *Rhizophora*, pastejo na *Avicennia* e perfurações na *Laguncularia*. As alterações mais significativas na estação E6 foram cloroses e pastejo na *Avicennia schaueriana*. Na estação E8 destacaram-se o limbo revoluto na *Rhizophora* e cloroses, galhas e pastejo na *Avicennia*. Pode-se notar que a herbivoria aparentou ser expressiva na *Avicennia* e que as manchas e o limbo revoluto na *Rhizophora* podem estar indicando um agente estressor não considerado nesta pesquisa. A estação E1 apresentou a menor superfície foliar para as três espécies.

A estação E2 demonstrou teores tóxicos de Cu para a *Rhizophora mangle* e para a *Laguncularia racemosa*. Teores tóxicos de Pb também foram verificados nesta estação para a *Rhizophora* e para a *Avicennia schaueriana*. Foram registradas como as alterações mais pronunciadas na estação E2 o pastejo na *Avicennia schaueriana* e as perfurações na *Laguncularia racemosa*, ou seja, redução da superfície foliar relacionada à atividade de herbívoros. A análise biométrica sugeriu um bom grau de desenvolvimento foliar no mangue-vermelho e para a siriúba, mas o mangue-preto revelou um dos menores graus entre as estações amostradas em ambas as ilhas. É possível que o estresse ambiental ainda não tenha afetado o grau de desenvolvimento foliar no mangue-vermelho e na siriúba.

Sugere-se entre as possíveis fontes de Cu para E2 e E9, situadas na linha de praia de baixa urbanização, o tráfego de lanchas rápidas, a poluição por esgotos e resíduos sólidos locais, dispostos inadvertidamente no ambiente (BID, 2005; GULEBERG, 2008), inclusive em lixões passíveis de contaminação dos sedimentos arenosos dos terraços marinhos e cordões arenosos, do lençol freático e das águas superficiais, carreados às estações em apreço.

Outra fonte de metais seria o Campo de Manati, trazidos pelas marés, até os produtos da oxidação de elementos metálicos da sua plataforma podem ser transportados e depositados localmente. A linha de costa protegida por recifes em E2 (Tinharé) e E9 (Boipeba) sugerem que a maré pode ser o principal agente hidrodinâmico a influenciar os processos costeiros (FREITA, 2002; SILVA, 2004). Também o tráfego de lanchas rápidas pode ser considerado.

A biometria foliar tem sido descrita como bioindicador ambiental por demonstrar que a redução da superfície foliar pode ser um dos indicadores de alteração na sua fisiologia (CINTRON & SCHAEFFER-NOVELLI, 1995). Isto não foi percebido para E2, assim se sugere melhor compreensão do uso de parâmetros biométricos como indicadores de estresse ambiental em plantas de mangue, e, suas respostas ecofisiológicas a agentes estressores.

Na estação E3, os teores de Pb foram tóxicos nas espécies estudadas, sendo na *Avicennia* e na *Laguncularia* quase duas vezes superiores aos da *Rhizophora* (Quadro 11). Para Lacerda (1998), as espécies sal excludente, a siriúba e o mangue-preto, possuem mecanismos ligados as suas glândulas excretoras que devem ser mais eficientes no aprisionamento de metais em relação ao mangue-vermelho, que secreta sal. Nesta estação as alterações foliares foram intensas na *Laguncularia*, moderadas na *Rhizophora*, e menores na *Avicennia*. Os dados da biometria sugerem uma redução da superfície foliar nas três espécies.

Os teores de Pb para E4 foram tóxicos nas espécies estudadas (Quadro 11), sendo próximos na *Avicennia* e *Rhizophora*, os quais inferiores a *Laguncularia* em quase a metade. Foi notado nas três espécies um dos melhores graus de integridade foliar entres as estações. Porém, a biometria sugere uma redução da área foliar, mais acentuada na *Laguncularia*.

As espécies de mangue nas estações E3 e E4 apresentaram as menores alturas entre as estações estudadas (Quadro 11). Contudo, as plantas estudadas, além dos valores tóxicos para o Cu e o Pb, desenvolvem-se em trechos de substrato rochoso, aspectos que pode está relacionada ao baixo porte das árvores. Segundo Larcher (2000) os fatores de estresse podem reduzir o metabolismo energético das plantas decorrendo na diminuição do porte das mesmas.

Os teores tóxicos de Pb em E5 foram bem marcados na *Laguncularia* e mais sutis na *Avicennia* (Quadro 11). Esta última revelou alterações moderadas na morfologia foliar e baixas na *Laguncularia*. A biometria indicou a redução da superfície foliar nas três espécies.

A estação E7, em Boipeba, apresentou um valor médio de chumbo para *Avicennia schaueriana* levemente inseridos no intervalo de toxicidade sugerido por Ross (1994). Nesta estação foram notadas alterações foliares na fase de campo e no laboratório obteve-se um moderado grau de integridade foliar, figurando entre as principais alterações o pastejo e a clorose. Os resultados da biometria foliar não sugerem uma redução da área foliar.

A estação E9 (Boipeba) apresentou teores tóxicos de Pb nas três espécies (Quadro 11). Os valores de Cu foram tóxicos apenas na *Laguncularia*. As alterações na morfologia externa foram menos significativas na *Laguncularia* e moderadas na *Rhizophora* e na *Avicennia*, aparecendo nesta última o pastejo como a mais importante. Os valores tóxicos de Cu e Pb não afetaram a altura relativa e a biometria foliar, as maiores entre as estações amostradas.

Notou-se na estação E10 teores tóxicos de Pb para a *Rhizophora mangle* (Quadro 11). Porém, esta espécie revelou um bom grau de integridade foliar em quando comparado as demais estações estudadas. As alterações mais intensas na *Rhizophora* foram cloroses.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS E REMOMENDAÇÕES

Os ecossistemas presentes na costa das ilhas de Tinharé e Boipeba têm sofrido impactos das atividades de pesquisa e exploração de gás natural e petróleo desde 1970, sendo iniciada a exploração de gás natural em *offshore*, no campo de Manati, no Bloco BCAM-40, na costa norte de Tinharé. Enquanto que no litoral sul da ilha de Boipeba a empresa El Passo prepara-se para a exploração de petróleo. Além disso, as ilhas em questão se localizam logo a sul da Baía de Todos os Santos, que há muito sofre impactos da indústria petrolífera.

A zona costeira das ilhas em consideração é bordejada, quase totalmente, por recifes pétreos e algas coralinas em franja, podendo ser encontrados extensos bosques de mangue misto crescendo sobre tal substrato, mais bem desenvolvidos em Boipeba.

Nas ilhas de Tinharé e Boipeba observam-se manguezais frontais e estuarinos, ressaltam-se os da Praia do Encanto e os de Guarapuá, na ilha de Tinharé, e, os extensos manguezais de Boipeba, com destaque aos do litoral sul desta ilha, especificamente na margem norte do rio Catu. Os manguezais e os recifes de corais são ecossistemas de grande vulnerabilidade e ecoprodutividade e de limpeza natural considerada muito reduzida e lenta.

Nas duas ilhas, devido à forte presença dos recifes em franja, a linha de costa pode ser classificada como protegida, com baixa energia de ondas e pequena declividade na face da praia, cuja capacidade de remoção natural de petróleo é pequena e lenta. Também, a presença de diversos trechos de manguezais sobre recifes, de diversos tamanhos, cuja limpeza é crítica à luz das técnicas existentes, torna a região prioritária para proteção e limpeza no caso de acidente com petróleo e derivados. Infere-se igualmente a necessidade de um eficiente e permanente programa de monitoramento ambiental para este ecossistema.

Este estudo abordou o levantamento de parâmetros qualitativos (integridade do limbo foliar e altura relativa) e quantitativos (biometria foliar) e a concentração de metais pesados em folhas das três espécies de mangue encontradas, fundamental para a compreensão do comportamento e grau de estresse de zonas de manguezais na localidade estudada.

Os dados secundários levantados, como os aspectos fisiográficos e socioeconômicos confirmaram importantes informações. Inferiu-se que esses aspectos contribuíram para influenciar ou alterar o ambiente em consideração. Mas a indisponibilidade de dados referentes aos padrões de distribuição e composição dos sedimentos, dinâmica das correntes costeiras, hidrogeológicas e de hidroquímica dificultaram a realização do estudo e o limitou.

A interpretação de mapas de hidrografia e geoambiental das ilhas alentadas sugeriram um padrão de drenagem dendrítica densa, no geral, com pouca competência e capacidade de carga, distribuída sobre os depósitos sedimentares descritos, que cobre e compõe um relevo arrasado e baixo, lençol freático superficial nas imediações costeiras, que elevam o risco de contaminantes causarem impactos negativos significativos nas componentes ambientais.

A descrição textural, macroscópica, dos substratos das plantas de mangue foi predominantemente arenoso com trechos lamosos rasos, em menor escala rochoso. Este padrão ratifica a pouca competência e capacidade de carga dos rios locais. Também, a ausência de praias arenosas em trechos da costa de ambas as ilhas e uma tendência erosiva evidenciada pelas falésias ativas de Tinharé e coqueiros caídos ou com raízes expostas.

Os resultados dos parâmetros físico-químicos contribuíram para a análise das concentrações dos metais pesados analisados, sugeriram modificação associada a presença de fontes continentais e alteração na qualidade ambiental da coluna d'água. Estas constatações foram corroboradas pelos valores obtidos para o oxigênio dissolvido (OD), de temperatura e de potencial hidrogeniônico (pH), quando possível de serem determinados. As alterações nestes parâmetros permitiram que fosse inferida a presença e ação de agentes estressores, não observado para estações E6 e E7, em Boipeba.

Os dados verificados na fase de campo para altura relativa, qual se inferiu o grau de desenvolvimento da planta de mangue, foram mais reduzidos nas estações consideradas impactadas por teores tóxicos de chumbo se comparadas as demais estações amostradas em ambas as Ilhas em apreço. Este fator de estresse pode estar influenciando o metabolismo energético dos vegetais em questão. Porém, na estação E2, em Tinharé, não foi observado.

Os resultados apresentados para a morfologia externa revelaram associação entre o grau de integridade foliar e estresse, nas estações consideradas impactadas, sendo mais comuns as seguintes alterações: pastejo, perfurações, necrose e clorose. Infere-se que estas modificações morfológicas devem está relacionadas a mudanças fisiológicas.

Os valores da biometria sugerem uma redução na área foliar nas estações sobre estresse, ligada, possivelmente, aos teores tóxicos de chumbo notados. Estas considerações apontam a necessidade de estudos detalhados de alterações morfológicas, de resistência a contaminantes, fisiológicos, fitossociológicos e ecológicas nas plantas de mangue.

As concentrações apresentadas para os metais pesados foram, em sua maioria, não-tóxicos. Nas estações E2, E3, em Tinharé, e E9, em Boipeba, foram apresentados valores tóxicos para cobre. Foram observados elevados teores de chumbo obtidos das análises químicas das folhas de mangue, nas três espécies estudadas, quais não podem ser suficientemente explicados pela possibilidade de contaminação das amostras, durante as etapas deste trabalho. Os dados foram considerados igualmente insuficientes para uma argumentação mais consistente por se tratar de um estudo preliminar, cuja compreensão da mobilidade dos elementos-traços nos compartimentos dos manguezais, das ilhas estudadas, foi limitada pela ausência de informações, para a maioria das estações, de pH.

A responsabilidade das atividades do turismo e petrolíferas nas ilhas em apreço com a promoção de novas pesquisas elucidativas deve ser frisada. Mas, no específico das empresas petrolíferas presentes não foi possível a associação direta da sua atividade aos valores de chumbo verificados para as folhas de mangue, superiores aos apresentados para BTS, sobre forte influência de tensores urbano-industriais em maior escala do que a região estudada.

Sugere-se a possibilidade de contaminação natural, principalmente pelas águas subterrâneas, com a contribuição dos cursos d'água superficiais e escoamento superficial associada à percolação em substrato predominante arenoso, com baixo teor de argila. Estes possivelmente são menos eficientes para o aprisionamento de metais no substrato através das placas de ferro, complexação, quelação, ou outras barreiras geoquímicas.

As três espécies estudadas se mostraram passíveis de serem usadas para bioindicação ambiental, porém a *Avicennia schaueriana* foi considerada o melhor bioindicador porque as distribuições das suas médias foram mais homogêneas, o que se pode inferir através do coeficiente de correlação de Pearson (CV). A *Rhizophora mangle* e a *Laguncularia racemosa* mostraram uma capacidade equivalente de indicar estresse decorrente dos elementos-traço.

As informações levantadas não permitiram a identificação de uma fonte principal para a contaminação com o chumbo, pelo contrário, sugere fontes difusas, que se pode inferir a partir de novos estudos e do uso de mais indicadores, por um maior período de tempo. A implantação de uma gestão ambiental costeira integrada pode ser uma interessante opção.

A partir dos resultados desta pesquisa e para uma mais adequada compreensão técnica da dinâmica, conservação e uso sustentável das zonas de manguezais das ilhas de Tinharé e Boipeba, fundamentais para a formulação de um futuro programa de gerenciamento ambiental costeiro integrado, foram tecidas algumas recomendações a seguir.

Recomenda-se a realização de uma investigação integrada de parâmetros anatômica, histoquímicas, morfológicos, biométricas, de composição química e ecofisiológicas de folhas das três espécies de mangue.

Recomenda-se a produção de pesquisas de ecologia e bioindicação ambiental por elementos e comunidades da biota dos manguezais das ilhas de Tinharé e Boipeba.

Recomenda-se que seja feitos estudos de biogeoquímica nos compartimentos dos manguezais das ilhas estudadas: na biota (fauna e flora), sedimento e coluna d'água, para uma compreensão mais precisa das fontes e efeitos adversos à biota associada a este ecossistema.

Recomenda-se um levantamento exploratório de dados hidrogeológicos quanto a sua estrutura, composição, grau de conservação, potabilidade, comportamento de contaminantes, potencialidades e classes de uso, características referentes à qualidade das águas subterrâneas.

Recomenda-se um estudo dos padrões de distribuição e composição química dos sedimentos costeiros e sua interação com o sistema de correntes marinhos.

Recomenda-se a gestão de política de saneamento ambiental abrangente a totalidade das ilhas de Tinharé e de Boipeba para a elevação da qualidade de vida dos seus moradores e conservação do patrimônio sócio-histórico e natural, atrativos a atividade do turismo;

Recomenda-se a elaboração de um Programa de Educação Ambiental permanente, apoiado financeiramente por recursos públicos e privados, com a capacitação e formação para participação intervenção sócio-cultural e política dos moradores locais, estendido aos turistas.

Recomenda-se a disponibilização e sistematização de dados a cerca dos aspectos socioculturais e ambientais, primários e secundários, obtidos na região em questão.

Recomenda-se urgentemente a fiscalização do uso e ocupação do solo em Tinharé e Boipeba, que inclua a capacitação, construção de programa de apoio e política pública e estrutura logística, para a participação efetiva das comunidades do interior e do entorno das ilhas, qual é composta pelos principais sujeitos sociais interessados na sustentabilidade local.

Recomenda-se o uso dos resultados apresentados nesta pesquisa como subsídio a futuros programas de Gerenciamento Ambiental Costeiro Integrado, de conservação e monitoramento dos manguezais e demais ecossistemas presentes na zona costeira, que propiciem a sustentabilidade das ilhas de Tinharé/Boipeba.

REFERÊNCIAS

- ACSELRAD, Henri. **As práticas espaciais e o campo dos conflitos ambientais**. In: ACSELRAD, Henri (Org). *Conflitos Ambientais no Brasil*. Rio de Janeiro: Relume Dumará: Fundação Heinrich Böll, 2004. 13 – 29pp.
- AGRA-FILHO, Severino Soares **Gestão Ambiental**. In: First, A.K. *et al.* Modulo IV – Gestão Ambiental. Disciplina Eng.269 – Ciências do Ambiente/2008.2, Departamento de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador, Bahia.
- AJARA, Cesar. **As difíceis vias para o desenvolvimento sustentável: gestão descentralizada do território e zoneamento- ecológico- econômico**. Rio de Janeiro: Textos para discussão da Escola Nacional de Estatísticas, nº. 8, 2003.
- ALMEIDA, Tatiana da Cruz de Almeida. **Ecosistema de Manguezal: Aspectos Gerais e Principais Estressores**. 2001. 42 f. Monografia (Graduação) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Católica do Salvador, Salvador. 2001.
- ANDRADE, Ana Cláudia da Silva; DOMINGUEZ, José Maria Landim. **Informações Geológico-Geomorfológicas como Subsídios à Análise Ambiental: O Exemplo da Planície Costeira de Caravelas – Bahia**. Boletim Paranaense de Geociências, n. 51, p. 9-17, 2002. Editora UFPR.
- ANDRADE, R.C.B.; PATCHINEELAM, S.R. 2000. **Especiação de metais-traço em sedimentos de florestas de manguezais com *Avicennia* e *Rhizophora***. *Rev. Química Nova*, 23(6): 733-736.
- APPEZZATO-DA-GLÓRIA, Beatriz. & CARMELLO-GUERREIRO, Sandra Maria. **Anatomia Vegetal**. Viçosa: UFV, 2003. 438p.
- ARAÚJO, Bárbara Rosemar Nascimento. **Diagnóstico Geoambiental de Zonas de Manguezal do Estuário do Rio Itanhém, Município de Alcobaça – Extremo Sul do Estado da Bahia**. 2000. 159 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Bahia. 2000.
- ARAÚJO, S. I.; SILVA, G. H.; MUEHE, D. **Minuta do Manual Básico para Elaboração de Mapas de Sensibilidade no Sistema PETROBRAS**, 40 p., 2000.
- BAHIA, BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade da Zona Costeira e Marinha**. Disponível em: www.mma.gov.br. Acessível em: 15.04.2010.
- BARBOSA, Johildo Salomão Figueiredo; DOMINGUEZ, José Maria Landim. **Geologia da Bahia**. Texto explicativo para o mapa 1:1.000.000. Salvador, 1996. Superintendência de Geologia e Recursos Minerais, Convênio SICM / UFBA /SGM / PPPG / FAPEX, 400p
- BENSUSAN, Nurit. **Conservação da Biodiversidade em áreas protegidas**. 1ª ed. Rio de Janeiro: Editora FGV, 2006.

BERNINI, Elaine et al. **Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil.** *Rev. bras. Bot.* [online]. 2006, vol.29, n.4, pp. 689-699. ISSN 0100-8404. Disponível em: www.scielo.br/scielo.php?pid=S0100-84042006000400018&script=sci_arttext. Acesso em: 17 de setembro de 2009.

BID, Cairú 2030 - **Plano de Desenvolvimento Estratégico do Município de Cairú.** Antônio José Sá & Associados, Agripro Ambiente Consultores, S.A. 2005.

BIODINÂMICA ENGENHARIA E MEIO AMBIENTE LTDA. Relatório de Impactos Ambientais do bloco BCAM-40. In: BIODINÂMICA. **Estudo de Impacto Ambiental da Atividade de Produção e Escoamento de Gás da Bacia de Camamu-Bloco BCAM-40.** Salvador, jan/2003.

BITTENCOURT, A. C. S. P. et al. **Geologia dos Depósitos Quaternários no litoral Norte do estado da Bahia.** Textos básicos. Salvador, SME/CPM. 1979 a. v.1, p.452-464.

BITTENCOURT, Abílio Carlos da Silva Pinto. 1996. **As coberturas terciárias e quaternárias do interior e da zona costeira.** In: BARBOSA, J. S. F. & DOMINGUEZ, J. M. L. 1996. (Eds.) Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia. Esc. 1: 1.000.000 - SGM/PPPG/FAPEX. Salvador, 109-122

BONNER, James; GALSTON, Arthur, W. **Princípios de Fisiologia Vegetal.** Tradução ao espanhol de: Federico Portillo. Madrid: 5º Ed, Aguilar, 1967. 483p.

BOTELHO, André Luis Magalhães. **Análise da Contaminação por Óleo na APA de Guapimirim: Aspectos Geoquímicos e Socioambientais.** 2003. 94 f. CD-ROM. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói. 2003. Disponível em: <http://www.uff.br/cienciaambiental/dissertacoes/ALMBotelho.pdf>. Acesso em: 10 de junho. 2009.

BRAGA et al. **Introdução à Engenharia Ambiental: o desafio do desenvolvimento sustentável.** São Paulo: 2ª ed., Pearson, 2006. 313p.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Especificações e Normas Técnicas para a Elaboração de Cartas de Sensibilidade Ambiental para Derrames de Óleo.** Brasília: Programa de Proteção e Melhoria da Qualidade Ambiental, 94 p., 2002.

BRITO, Marcos Edézio Batista. **Estudos Biogeoquímicos no Manguezal da Região Estuarina de Valença – Bahia.** 2006. 172 f. Dissertação (Mestrado), Instituto de Geoquímica e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2006.

BROOKS, R. R. **Biological methods of prospecting for minerals.** New York: Wiley-Interscience, 1983.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O; MOREIRA, F. M. S. **Comportamento de espécies herbáceas em misturas de solo com diferentes graus de contaminação com metais pesados.** *Pesq. agropec. bras.* [online]. 2002, vol.37, n.11, pp. 1629-1638. ISSN 0100-204X. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/pab/v37n11/14529.pdf>. Acesso em: 02 de março de 2010.

CARRARINE, Djan do Nascimento. **Avaliação Geoambiental em Áreas de manguezal da Região de São Francisco do Conde – Recôncavo Baiano**. 2004. 44 f. Monografia (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2004.

SÃO PAULO (Estado). CETESB. **Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental** [on-line]. Disponível em:
<www.ib.usp.br/textos.sp.gov.br/Agua/rios/variáveis.aso.temperatura>. Acesso em: 13.11.09.

CPRM. Ministério de Minas e Energia. Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Superintendência Regional de Salvador. **Projeto Ilhas de Tinharé e Boipeba Área de Proteção Ambiental**. Etapa I – Diagnóstico Ambiental, Vol. II – Estudos do Meio Físico, 1995. Convênio CONDER; CRA; CPRM.

CORRÊA, Tatiana Lopez. **Bioacumulação de Metais Pesados em Plantas Nativas a partir de suas Disponibilidades em Rochas e Sedimentos: o Efeito na Cadeia Trófica**. 2006. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Evolução Crustal e Recursos Naturais, Departamento de Geologia da Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2006.143p.

COSTA, Samuel et al. **Acúmulos de Zn, Fe e Pb em Plantas de Crisântemo após Cultivo em Substrato Contendo Doses de Resíduo Industrial de Galvanoplastia**. Acta Scientiarum Agronomy, v. 26, n.4, 2004. 407-411p.

COSTA, Samuel. **Estrutura da vegetação herbáceo-arbustiva dos Solos construídos em áreas mineradas de carvão A céu aberto e a relação de *Axonopus obtusifolius* (Raddi) Chase COM Mn E Pb**. 2007. 115 f. Universidade do Extremo Sul Catarinense – UNESC Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, Criciúma. 2007. Disponível em: <http://www.pdf4free.com>. Acesso em: 06 de março de 2010.

CUZZUOL, Geraldo Rogério Faustini. & CAMPOS, Andréa. Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil, 2001. Revista Brasileira de Botânica, vol.24.

CUTTER, Elizabeth. G. 1986. **Anatomia Vegetal**. Parte 1. Células e Tecidos. São Paulo, Tradução Roca, 2ªed., 304p

DALY, HERMAN; FARLEY, JOSHAA. Economia Ecológica: Princípios e Aplicação. Lisboa: Instituto Piaget, 2004. 29 - 88 pp.

DIAS, Genebaldo. F. **Iniciação à Temática Ambiental**. 2ªed. São Paulo: Global, 2002.110p.

DOMINGUEZ et al. **Diagnóstico Ambiental da Zona Costeira na Bacia de Cumuruxatiba-Ba. Laboratório de Estudos Costeiros-CPGG-UFBa**. Convênio Laboratório de Estudos Costeiros - UFBA/PETROBRAS. Salvador-Bahia (não publicado), 1998. 240p.

DOMINGUEZ, José Maria Landim. **The Costal Zone of Brazil – an overview**. Journal of Coastal Research, 2004. 39. 7.

DOMINGUEZ, José Maria Landim e CORREIA-GOMES. **Projeto Costa do Dendê**. Convênio CBPM/UFBA/CPGG. Bahia, Salvador, 2006.

DOMINGUEZ, José Maria Landim. & NASCIMENTO, D. M.C. **Avaliação da vulnerabilidade ambiental como instrumento de gestão costeira nos municípios de Belmonte e Canavieiras, Bahia**. Revista Brasileira de Geociências: 39(3): 395-408. Disponível em: www.sbgeo.org.br. Acessível em: 06 de fevereiro de 2009.

ESAU, Katherine. **Anatomia das plantas com sementes** [tradutor Berta Lange de Morretes]. São Paulo, Edgard Blücher, 1986. 286p.

ESTEVES, Francisco de Assis. **Fundamentos de Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciências, 1998. 549.

FEDELMAN, Pedro. **Diagnóstico Ambiental como Subsídio ao gerenciamento Costeiro Integrado**. Ilhéus, Bahia, 2002.

FERRI, Mário Guimarães. **Vegetação Brasileira**. Belo Horizonte: Itatiaia, 1980. 157p.

FREITAS, Leonardo Maximiliano Bittner. **Caracterização Geoambiental e Sensibilidade da Linha de Costa com Ênfase nas Praias da Costa do Dendê – BA Utilizando um Sistema de Informações Geográficas (SIG)**. 2002. 41 f. Monografia (Graduação) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2002.

FREITAS, José Miranda Orlando. **O Gás Natural e a Perspectiva de Uso na Matriz Energética do Estado da Bahia**. 2005. 115 f. Monografia (Especialização), Gerenciamento Ambiental, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2005.

FRIZZO, Taís Cristine Ernst & PORTO, Maria Luiza. **Zoneamento da Vegetação e sua Relação com a Ocorrência de Estruturas Mineralizadas na Mina Volta Grande, Lavras do Sul, RS, Brasil**. Revista Iheringia, Série Botânica, v.59, nº1, Porto Alegre, 2004. 1-112p.

FURTADO, Cydia de Menezes. **Caracterização Limnologia e Avaliação da Qualidade da Água de um Trecho Urbano do Rio Acre, Rio Branco – AC, Brasil**. 2005. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Manejo de Recursos Naturais, Universidade Federal do Acre, como requisito à obtenção do título de Mestre em Ecologia e Manejo de Recursos, Rio Branco, 2005.

GARCIA, Karina Santos. **Estudos Biogeoquímicos em Folhas de *Avicennia shaueriana* Stapf & Leechman em Zonas de Manguezal de São Francisco do Conde e Madre de Deus – BA**. 2005. 130 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

PERNAMBUCO. GERCO/PE. Gerenciamento Costeiro de Pernambuco. **O Ecossistema Manguezal**. Disponível em: <http://vivimarc.sites.uol.com.br/manguezal2.htm>. Acesso em: 04.10.09.

GEUS, Juliana Aline Mascarenhas; LIMA, Isaura Alberton. **Análise de Coliformes Totais e Fecais: um Comparativo entre Técnicas Oficiais VRBA e Petrifilm EC Aplicados em uma Indústria de Carnes.** 2º Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. 2009.

GUERREIRO, Mariana Vianna. **Ecosistemas de Manguezal, Uma Experiência em Madre de Deus - Bahia.** 2002. 44 f. Monografia (Especialização), Gerenciamento Ambiental, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2002.

GULBERG, Liana Duarte. **Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental das Ilhas de Tinharé e Boipeba - Estudo de Caso.** 2008 46 f. Monografia (Especialização) – Pós-Graduação em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo Ênfase em Produção Limpa, Escola Politécnica, Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia, 2008.

HAY, J.D.; LACERDA, Luiz Drude de. 1984. **Ciclagem de Nutrientes no Ecosistema Restinga.** In Restinga: Origem, Estrutura, Processos (L.D. Lacerda, D.S.D. Araújo, R. Cerqueira & B. Turq, eds.). CEUFF, Niterói, p.461-477.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Mapa de Biomas do Brasil, 2004. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em www.ibge.gov.br. Acesso em: 09 de setembro de 2009.

BRASIL. IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. **Operação Lagosta inibe Pesca Predatória na Bahia.** Jornal Folha Verde, 2010. Especial de Aniversário. P.10.

JESUS, H.C.; COSTA, E.A.; MENDONÇA, A.S.F; ZANDONADE, E. **Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES.** Química Nova, 2004. 27:378-386. Disponível em: quimicanova.sbq.org.br/qn/qnol/2004/vol27n3/03-AR03073.pdf. Acesso: 06 de março de 2010.

JOLY, Ailton Brandão. **Conheça a Vegetação Brasileira.** São Paulo: Polígono, 1970. 181p.

JUNIOR, Laerte de Medeiros Barros. **Biosorção de Metais Pesados Presentes em Águas de Produção da Indústria do Petróleo.** 2001. 134 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química, Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2001.

JUNIOR, Jorge Luiz Silva dos Reis. **Considerações de Crescimento da Ostra de Mangue (*Crassostrea rizophorae* GULDING, 1828) na Comunidade de Graciosa – Município de Taperoá, Litoral Sul da Bahia.** 2006. 34 f. Monografia (Graduação), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2006.

LACERDA, Luiz Drude de. **Biogeoquímica de Metais Pesados em Ecosistemas de Manguezal.** Tese (Concurso para Professor Titular), Universidade Federal Fluminense, Niterói, Rio de Janeiro, 1994. 68p.

LACERDA, Luiz Drude de. Trace metals in mangrove plant: why such low concentration? In: Kjerfv, B.; Lacerda, L.D.; Dip, EL H.S. (Eds). **Mangrove Ecosystem studies in Latin America and Africa**, Ed. Unesco, 1997. 171-178p.

LACERDA, Luiz Drude de. **Trace metals biogeochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystems**. ISME – Mangrove Ecosystem Occasional Papers n.º.2, Ed.M. Vannuci, 1998. 401-405p.

LACERDA et al. **The biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove rhizospheres**. *Biotropica*, 2003. 25(3): 252-257p.

LAMPARELLI, C. C.; MOURA, D. O. de.; RODRIGUES, F. de O. **Efeitos do Óleo nas Folhas de Mangue**. Ambiente Revista CETESB 3 (1): 36-45.1989. Rio de Janeiro, 1993.
LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal** [tradutor Carlos Henrique B. A. Prado]. São Carlos: Rima. 2000. 470p.

LEÃO, Cláudia da Silva. **Caracterização Geoambiental de Zonas de Manguezal da Baía de Aratu, Bahia, Brasil**. 2004. 124 f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geoquímica e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

LIMA, Danúsia Ferreira. F. **Análises Preliminares dos Indicadores Físico-Químicos de Água para Avaliação de Impactos no Manguezal da Praia do Caçõ, Madre de Deus-BA**. 2006. 67 f. Monografia (Graduação) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2006.

LIZIÊ, Camila. Era uma vez em Boipeba... Revista Boipeba: onde vivo! Bahia: AMOABO, 2008.

LOPES, Tell Luiz Pennella Santos. **Estudo Comparativo Quanto à capacidade de Bioacumulação dos Metais Pesados Cu, Cd, Zn & Fe por Moluscos Bivalves da Praia de Cabuçõ, Saubara – Bahia, Brasil**. 2005. 27p. Monografia (Graduação), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2005.

BRASIL. Fundação Nacional de Saúde. **Manual técnico de análise de água para consumo humano**. Brasília: Funasa, 2006.

MARTIN, L.; DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. .S. P. 1998. **Climatic control of coastal erosion during a sea-level fall episode**. *An. Acad. Bras. Ciênc.* **70** (2): 249-266.

MARTINEZ-ALIER, Joan. **Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad**. In: Revista Iberoamericana de Economía Ecológica, 1:21-30. ISSN 13902776. Disponível em: [HTTP://www.redibec.org/archivos/revibec.htm](http://www.redibec.org/archivos/revibec.htm). Acesso em: 22 de outubro de 2004.

MARTINEZ-ALIER, Joan. **O Ecologismo dos Pobres: Conflitos Ambientais e Linguagens de Valoração** [tradutor Maurício Waldman]. São Paulo: Contexto, 2007. 145-208p.

MENDONÇA, Santos; CORTEZ, Almeida. **Caracterização da galha induzida por ácaro em *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn (Combrataceae)**. [online] Revista Biota Neotropical, vol.7, 2007, p.163-170. Disponível em: www.biotaneotropica.org.br/v7n3/pt/abstract.article.bn02607032007. Acesso em: 10 de dezembro 2009.

MENEZES, Cristiano Marcelino. **A Vegetação de Restinga no Litoral Norte da Bahia, Influência da Evolução Quaternária da Zona Costeira: Estudo de Caso Fazenda Riacho das Flores, Mata de São João, Bahia**. 2007. 96 f. Dissertação (Mestrado), Curso de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2007.

MILLAR, C. E.; TURK, L. M.; FOTH, H. D. **Fundamentos de La Ciência Del Suelo**. Cía. Editorial Continental, 1975. 513p.

MOORE, Janet. **Uma Introdução aos Invertebrados**. São Paulo: Santos, 2003. 30-46p.

NOAA, 1997. **Environmental Sensitivity Index Guidelines**. Version 2.0. NOAA Technical Memorandum NOS ORCA 115. Sestle: Hazardous Materials Response and Assessment Division. National Oceanic and Atmospheric Administration, 79p. +appendices.

NORSE ENERGY. Camamu-Almada. Disponível em: www.mzweb.com.br/norseenergy. Acesso em: 01.02.2009.

U. S. NAVY, 1978. *Marine Climatic Atlas of the World*. Vol. IV. South Atlantic Ocean. Washington D. C., 325p.

NULTSCH, Wilhelm. **Botânica Geral** [tradutor Paulo Luiz de Oliveira]. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2005. 475p.

ODUM, P. Eugene & BARRETT, W. Gary. **Fundamentos de Ecologia**. São Paulo: tradução da 5ª ed. norte-americana, 2007. 587p.

OLIVEIRA, Olívia Maria Cordeiro. **Diagnóstico Geoambiental em Zona Manguezal da Baía de Camamu - BA**. Niterói. RJ. 249 f. Tese (Doutorado em Geoquímica Ambiental). Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2000.

OLIVEIRA, O. M. de C; QUIROZ, A. F. de S & ARGÔLO, J. L. **Estudo Mineralógico do Sedimento de Manguezal da Bacia de Camamu - BA**. Revista Escola de Minas, 2002, v.55 (2): p.

OLIVEIRA, S. de S; BRITTO, I.C. & FREITAS, B. de M.H. **Composição Química das Folhas da *Rhizophora mangle* L. e do Sedimento de Manguezais Não Impactados e Impactados por Resíduos Industriais**. Sitientibus, Feira de Santana, 2000, v.23, p.35-44. Disponível em: www.uefs.br/sitientibus/composicao_quimica_das_folhas_da_rhizophora.pdf. Acesso em: 08 de março de 2010.

OLIVEIRA, S. de S; FREITAS, B. de M.H. & ACIOLLY, M. da Costa, 1996. **Composição Química das Folhas de *Avicennia Germinans* (L.) Stearn, *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. F. e *Rhizophora mangle* L. e solo do Manguezal do Rio Mucuri-Ba, sob ação de Resíduos Industriais**. Sitientibus, Feira de Santana, v.15, p.133-150. Disponível em: www.uefs.br/sitientibus/pdf/15/composicao_quimica_das_folhas.pdf. Acesso em: 08 de março de 2010.

ONOFRE et al. **Biodiponibilidade de metais traços no sedimentos de manguezais da porção Norte da baía de todos os santos, Bahia, Brasil.** Revista de Biologia e Ciências da Terra, Segundo Semestre, 2007, vol.7, número 002. ISSN 1519-5228. Disponível em: redalyc.uaemex.mx/src/inicio/IndArtRev.jsp?...9349. Acesso em: 07 de março de 2010.

PÁDUA, José Augusto. A. **O Sopro de Destruição: Pensamento Político e Crítica Ambiental no Brasil Escravagista (1786-1888).** Rio de Janeiro: 2ª ed. Jorge Zahar editora, 2002. 70-119p.

PARAGUASSÚ, L. A. et al. **Ação Comunitária Integrada na Recuperação do Manguezal de Porto de Saúpe.** (FTC; UFBA/LAVIET). Anais do VII Congresso de Ecologia do Brasil, 23 a 28 de Setembro de 2007, Caxambu – MG.

PETROBRAS. **Investidores: Destaques operacionais.** Disponível em: <http://www.petrobras.com.br/pt/investidores/> - Acesso em: 14/05/2010.

PRESS *et al.*. **Para Entender a Terra.** Porto Alegre: 4ª ed. Bookman, 2006. 643 p.

RAMOS, Mirian Gonçalves Martins. **Metais Pesados em Plantas Típicas dos Mangues do Rio Cubatão, SP.** 2005. 37 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, Universidade Católica de Santos, Santos, 2005. Disponível em: www.scielo.br/pdf/esa/v12n4/a11v12n4. Acesso em: 16 de abril de 2009.

RAMOS, Mirian Gonçalves Martins. **Avaliação das Espécies de Plantas *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* como Bioindicadoras de Poluição por Metais Pesados em Ambientes de Mangues.** Revista Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol.12 - Nº 4 - out/dez 2007, 440-445. Disponível em: www.scielo.br/pdf/esa/v12n4/a11v12n4.pdf. Acesso em: 21 de setembro de 2009.

RAMOS, Sérgio (ORG). **Manguezais da Bahia: breves considerações.** Ilhéus: UESC, 2002. 13-28p. 105p.

RAVEN, P.H.; EVERT, R.F.; CURTIS, H. **Biologia Vegetal.** Rio de Janeiro: Guanabara Dois, 2001.

RIBAS, L. M.; BERNINI, E.; REZENDE, C.B. 2006. **Concentração de metais pesados na serapilheira de folhas de *Rhizophora mangle*, do Estuário do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, Brasil.** Disponível em: www.institutomilenioestuarios.com.br/pdfs/.../4.../05_Ribas_et_al.pdf. Acesso em: 17 de junho de 2009.

RICHLEFS, Robert. **A Economia da Natureza.** Rio de Janeiro: 5ª Ed. Editora Guanabara Koogan S.A, 2003. 493p.

ROCHA, J. C.; ROSA, A. H.; CARDOSO, A. A. **Introdução à Química Ambiental.** São Paulo: 2ª ed. Bookman, 2009.

RODRIGUES, Fabíola de Oliveira. **Derramamento de óleo no Ecossistema de Manguezal – Limpeza do ambiente, efeito e metodologia de estudo**. São Paulo, 1997. 185 f. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Saúde Ambiental, Faculdade de Saúde Pública da USP, São Paulo, 1997.

RODRIGUES, F.O.; MOURA, D.O. & LAMPARELLI, C.C. **Efeitos do óleo nas folhas de mangue**. Revista Ambiente, 3 (1): 36-45, 1989

RODRIGUES, Kátia Maria Ribeiro. **Estudos Biogeoquímicos em Folhas de *Avicennia schaueriana* como Indicadora de Impactos Ambientais na Região Petrolífera de São Francisco do Conde e Madre – Bahia**. 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2005.

ROSS, S. M. **Toxic Metals in Soil-Plants Systems**. John Wiley & Sons Ltdd, Chinchester; 1994. 484p

RUSCHEINSKY, A. (ORG). **Sustentabilidade: uma paixão em movimento**. Porto Alegre: Sulina, 2004. In: No conflito das Interpretações: o Enredo da Sustentabilidade.

SACHS, Ignacy. **Ecodesenvolvimento: crescer sem destruir**. São Paulo: Vértice, 1986. 195p.

SACHS, Ignacy. **Caminhos para o Desenvolvimento Sustentável**. 4ª ed. Rio de Janeiro: Garamond, 2002. In: Gestão Negociada e Contratual da Biodiversidade. 65-78p.

SANCHEZ, Luis Enrique. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos**. Oficina de Textos, 2006. 495.

SANTANA, N. R. F et al. **Análise Físico-Química das Águas Estuarinas do Manguezal e das Tocas do Caranguejo-uçá (*Ucides cordatus*) no Município de Saubara – Bahia**. 29ª reunião anual da Sociedade Brasileira de Química (SBQ). FTC. Disponível em: www.sec.sbq.org.br/cd29ra/resumos/T1905-1.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2009.

SANTOS, Fernando Pires. **Caracterização Hidrológica e Produtividade Primária da Baía de Guarapuá (Cairu – Bahia): Subsídio à Pesquisa sobre a Capacidade de Recarga do Ambiente**. 2002. 106 f. Monografia (Ciências Biológicas) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade federal da Bahia, Salvador, 2002.

SANTOS, Patrícia Campos. **Estudo Anátomo – Morfológico das Folhas de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman em áreas de manguezal de Subaúma, Distrito de Entre Rios – Bahia: Submetidos a Impactos Ambientais**. 2003. 34 f. Monografia (Graduação) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2003.

SCHERL, L. M. et al. **As Áreas Protegidas Podem Contribuir para a Redução da Pobreza? Oportunidades e Limitações**. IUCN – União Mundial para a Natureza, 2006.

SCHMIEGELOW, João Marcos Miragaia. **O Planeta Azul: Uma Introdução às Ciências Marinhas**. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 201p.

SHAEFFER-NOVELLI, Yara. **Ecosistema entre a Terra e o Mar**. São Paulo: Carabbean Ecological Research, 1995. 199p.

SILVA, C. G.; COSTA, M. P. de A.; MELLO, M. S. L. de M. **Recursos Minerais Marinhos**. In: NETO, PONZI e SICHEL (Org.). Introdução à Ciência Marinha. Rio de Janeiro: Interciência, 2004. 243-264p.

SILVA, C. G. *et al.*, 2004. **Ambientes de Sedimentação Costeira e Processos Morfodinâmicos Atuantes na Linha de Costa**. In: NETO, PONZI e SICHEL (Org.). Introdução á Geologia Marinha. Rio de Janeiro: Interciências. 175-218p.

SILVA, I. R. *et al.*, (2007). **Avaliação da Sensibilidade Sócio-Econômica e Ambiental para Derrames de Óleo da Costa do Dendê, Sul da Bahia**. Projeto de Pesquisa (CNPQ) do Grupo de Sociedade, Cultura e Desenvolvimento (SCD), da Pós-Graduação do Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento Territorial, da Universidade Católica do Salvador.

SILVA, Iracema Reimão. **Praias da Costa do Descobrimento: Uma Contribuição para a Gestão Ambiental**. 2004. 217 f. Doutorado (Tese), Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

SOARES, C. R. F. S et al. **Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus ciprophylla* em solução nutritiva**. **Pesq, Agropec. Bras.**, 2001. v.36, n.2. 339-348p.

SOBRADO, Maria Antonieta. A. 2004. **Influence of external salinity on the osmolality of xylem sap, leaf tissue and leaf gland secretion of the mangrove *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn. Trees**. 18:422-427.

SOFFIATI, Arthur, 2002. **Notícias dos manguezais nordestinos, especialmente os baianos**. In RAMOS, S (ORG), 2002. Manguezais da Bahia: breves considerações. Ilhéus: UESC, 2002. 105p.

SOUZA, F. H. et al. Alguns Aspectos Fitossociológicos e Nutricionais do manguezal da Ilha de Pati – Bahia - Brasil. *Sitientibus*, Feira de Santana, 1996, v.15, p.151-165.

U.S.NAVY, 1978. **Marine Climatic Atlas of the World**. Vol.IV. South Atlantic Ocean. Washington D.C., 325p.

VANNUCCI, Marta. Os manguezais e nós. São Paulo: Universidade de São Paulo (EDUSP), 1999. 233 p.

VANNUCCI, Marta. **Manguezais e sua Importância: uma visão global**. In RAMOS, S (ORG), 2002. Manguezais da Bahia: breves considerações. Ilhéus: UESC, 2002. 13-28p.

VEIGA, Isa Guimarães. **Avaliação da Origem dos Hidrocarbonetos em Sedimentos Superficiais de Manguezais da Região Norte da Baía de Todos os Santos/Bahia**. 2003. 194 f. Dissertação (Mestrado), Engenharia de Exploração de Reservatório e de Exploração de Petróleo, Universidade Estadual do Norte Fluminense – UENF, Macaé, 2003.

VIANA, Jeferson Cerqueira. **Dinâmica Geoquímica de Metais no Manguezal e sua Interação com o Molusco Bivalve *Anomalocardia brasiliana* na Baía de Camamu: Subsídios a um Programa de Monitoramento Relacionado a Organismos Comestíveis Provenientes de Zonas de Manguezal da Bahia – Brasil.** 2000. 69 f. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós-Graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2000.

VINHAS, Thaís dos Santos. **O Patrimônio Histórico em Morro de São Paulo, Cairu-Bahia: lugar de memória, espaço de cultura, opção de turismo.** 2007. Dissertação (Mestrado), Pós-Graduação em Cultura e Turismo, Universidade de Santa Cruz e Universidade Federal da Bahia, Ilhéus, 2007. 152p.

VIRGENS, Ivana Oliveira. **Análise Biométrica e Morfológica de Folhas de *Laguncularia racemosa* (L.) GAERTN (Combretaceae) de Zonas de Manguezal da Região de São Francisco do Conde – Ba Impactadas por Atividades Petrolíferas.** 2003. 33 f. Monografia (Graduação), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Católica do Salvador, Salvador, 2003.

TONILSON, P. B. *The Botany of Mangroves.* Cambridge University Press. 1986. 449.p.

Zhu, X., A.D. Venosa, M.T. Suidan, and K. Lee. 2001. **Guidelines for the Bioremediation of Marine Shorelines and Freshwater Wetlands.** United States Environmental Protection Agency. Disponível em: (<http://www.epa.gov/oilspill/pdfs/bioremed.pdf>) (February 14, 2006). Acesso em: 26 de agosto de 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A: MORFOLOGIA EXTERNA DE FOLHAS DE MANGUE

Valores atribuídos às alterações na morfologia externa de folhas de *Rhizophora mangle* L. de zonas de manguezais das Ilhas de Tinharé (estações E1 a E4) e Boipeba (estações E5 a E10), Bahia.

Categorias	Estações									
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10
Clorose	10	10	20	10	10	10	10	10	10	20
Manchas	20	10	10	10	10	10	10	0	10	10
Galhas	10	10	0	0	0	10	0	10	10	0
Perfuração	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Limbo Revoluto	10	10	10	10	20	10	10	20	10	10
Pastejo	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Necrose	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Legenda: Ausente = 0, Presente = 10, Muito Presente = 20.

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

Valores atribuídos às alterações na morfologia externa de folhas de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman de zonas de manguezais das Ilhas de Tinharé (estações E1 a E4) e Boipeba (estações E5 a E10), Bahia.

Categorias	Estações								
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9
Clorose	0	10	0	10	20	20	20	20	10
Manchas	0	10	0	0	10	0	0	0	0
Galhas	10	10	0	10	10	10	10	20	10
Perfuração	10	10	10	0	10	10	10	20	10
Limbo Revoluto	0	10	10	10	20	10	10	10	10
Pastejo	20	20	10	10	10	20	20	20	20
Necrose	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Legenda: Ausente = 0, Presente = 10, Muito Presente = 20.

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

Valores atribuídos às alterações na morfologia externa de folhas de *Laguncularia Racemosa* das ilhas de Tinharé (estações E1 a E4) e Boipeba (estações E5 a E10), Bahia.

Categorias	Estações									
	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E9	E10	E11
Clorose	0	10	20	10	20	10	10	10	10	10
Manchas	10	10	20	0	10	10	10	10	10	10
Galhas	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Perfuração	20	20	10	10	10	10	10	10	10	10
Limbo Revoluto	0	0	0	10	10	10	0	10	0	0
Pastejo	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Necrose	10	10	0	0	0	0	10	0	10	10

Legenda: Ausente = 0, Presente = 10, Muito Presente = 20.

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

APÊNDICE B: BIOMETRIA DE FOLHAS DE MANGUE

Valores médios de largura e comprimento (cm) das folhas de *Rhizophora mangle* L. por estação, da área de ocorrência de mangue das Ilhas de Tinharé (E1 a E4), e Boipeba (E5 a E10), Bahia.

Estações	Árvore	Largura		Comprimento	
		Média	Desvio	Média	Desvio
E1	A1	5,05	0,46	9,99	1,20
	A2	4,65	0,59	8,44	1,29
E2	A1	5,15	0,75	10,6	1,34
	A2	5,19	0,79	10,3	1,42
E3	A1	4,16	0,53	8,80	1,64
E4	A1	4,13	0,76	7,90	1,10
E5	A1	4,31	0,52	9,24	1,20
	A2	4,28	0,66	9,18	1,65
E6	A1	4,7	0,6	9,7	1,0
E7	A1	5,4	1,1	11,0	2,50
	A2	4,6	0,6	10,1	1,10
E9	A1	4,5	0,5	8,9	1,30
	A2	5,1	0,6	10,0	1,20
	A3	5,2	0,7	10,2	1,20
E10	A1	4,9	0,6	10,3	1,0
	A2	5,4	0,7	10,3	1,10

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

Valores médios de largura e comprimento (cm) das folhas de *Avicennia schaueriana* por estação, da área de ocorrência de mangue das Ilhas de Tinharé (E1 a E4), e Boipeba (E5 a E10), Bahia.

Estações	Árvore	Largura		Comprimento	
		Média	Desvio	Média	Desvio
E1	A1	3,79	0,37	7,76	0,97
	A2	3,06	0,53	6,16	1,10
E2	A1	4,83	0,61	7,94	1,10
	A2	3,29	0,73	6,92	1,37
E3	A1	3,43	0,64	9,99	1,21
E4	A1	3,62	0,50	7,01	0,75
E5	A1	3,19	0,49	6,40	0,92
	A2	3,87	0,67	7,01	0,91
E6	A1	3,95	0,58	8,03	1,12
	A2	8,03	1,12	6,99	0,95
E7	A1	4,04	0,50	1,13	8,48
	A2	3,80	0,70	6,47	1,29
E8	A1	3,84	0,52	7,63	0,89
	A2	4,23	0,63	7,38	2,12
E9	A1	5,15	0,90	9,06	1,91
	A2	4,62	1,04	8,56	1,48
	A3	3,67	0,45	7,73	0,80

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

Valores médios de largura e comprimento (cm) das folhas de *Laguncularia racemosa* por estação, da área de ocorrência de mangue das Ilhas de Tinharé e Boipeba, Bahia.

Estações	Árvore	Largura		Comprimento	
		Média	Desvio	Média	Desvio
E1	A1	4,41	0,48	8,14	1,05
	A2	3,90	0,63	7,57	1,28
E2	A1	5,25	1,07	8,25	1,75
	A2	4,73	1,08	7,81	1,62
E3	A1	4,21	0,63	7,53	1,34
E4	A1	4,75	0,71	8,51	1,07
E5	A1	3,87	0,60	7,66	1,21
	A2	4,17	0,64	7,40	1,13
E6	A1	4,55	0,39	7,90	1,18
	A2	5,50	0,83	9,49	1,47
E8	A1	4,79	1,04	8,28	1,87
	A2	4,86	0,67	8,98	1,12
E9	A1	5,14	0,92	10,31	1,89
	A2	4,96	1,27	9,96	3,24
	A3	5,13	0,73	10,78	0,88
E10	A1	5,57	0,66	9,51	1,10
	A2	4,73	0,76	9,16	1,42

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

APÊNDICE C: NÍVEL DE SIGNIFICÂNCIA PARA OS DADOS A BIOMETRIA

Dados do nível de significância das medidas de largura e comprimento do limbo foliar de *Rhizophora mangle* de zonas de manguezal das ilhas de Tinharé/Boipeba, município de Cairu, Bahia, apresentando a relação entre as estações comparadas entre si.

Comparação das Estações	Largura			Comprimento		
	Diferença	q	p	Diferença	q	p
E1 vs E2	-0.1600	0.06771	ns P>0.05	-0.6150	0.1285	ns P>0.05
E1 vs E3	0.3450	0.1460	ns P>0.05	0.2100	0.04388	ns P>0.05
E1 vs E4	0.3600	0.1523	ns P>0.05	0.6600	0.1379	ns P>0.05
E1 vs E5	0.2750	0.1164	ns P>0.05	0.005000	0.001045	ns P>0.05
E1 vs E6	0.07500	0.03174	ns P>0.05	-0.2400	0.05015	ns P>0.05
E1 vs E7	-0.07500	0.03174	ns P>0.05	-0.6650	0.1390	ns P>0.05
E1 vs E9	-0.04000	0.01693	ns P>0.05	-0.2400	0.05015	ns P>0.05
E1 vs E10	-0.1500	0.06348	ns P>0.05	-0.5400	0.1128	ns P>0.05
E2 vs E3	0.5050	0.2137	ns P>0.05	0.8250	0.1724	ns P>0.05
E2 vs E4	0.5200	0.2201	ns P>0.05	1.275	0.2664	ns P>0.05
E2 vs E5	0.4350	0.1841	ns P>0.05	0.6200	0.1296	ns P>0.05
E2 vs E6	0.2350	0.09945	ns P>0.05	0.3750	0.07836	ns P>0.05
E2 vs E7	0.08500	0.03597	ns P>0.05	-0.05000	0.01045	ns P>0.05
E2 vs E9	0.1200	0.05078	ns P>0.05	0.3750	0.07836	ns P>0.05
E2 vs E10	0.01000	0.004232	ns P>0.05	0.07500	0.01567	ns P>0.05
E3 vs E4	0.01500	0.006348	ns P>0.05	0.4500	0.09403	ns P>0.05
E3 vs E5	-0.07000	0.02962	ns P>0.05	0.2050	0.04284	ns P>0.05
E3 vs E6	-0.2700	0.1143	ns P>0.05	-0.4500	0.09403	ns P>0.05
E3 vs E7	-0.4200	0.1777	ns P>0.05	-0.8750	0.1828	ns P>0.05
E3 vs E9	-0.3850	0.1629	ns P>0.05	-0.4500	0.09403	ns P>0.05
E3 vs E10	-0.4950	0.2095	ns P>0.05	-0.7500	0.1567	ns P>0.05
E4 vs E5	-0.08500	0.03597	ns P>0.05	0.6550	0.1369	ns P>0.05
E4 vs E6	-0.2850	0.1206	ns P>0.05	-0.9000	0.1881	ns P>0.05
E4 vs E7	-0.4350	0.1841	ns P>0.05	-1.325	0.2769	ns P>0.05
E4 vs E9	-0.4000	0.1693	ns P>0.05	-0.9000	0.1881	ns P>0.05
E4 vs E10	-0.5100	0.2158	ns P>0.05	-1.200	0.2508	ns P>0.05
E5 vs E6	-0.2000	0.08464	ns P>0.05	0.2450	0.05120	ns P>0.05
E5 vs E7	-0.3500	0.1481	ns P>0.05	-0.6700	0.1400	ns P>0.05
E5 vs E9	-0.3150	0.1333	ns P>0.05	-0.2450	0.05120	ns P>0.05
E5 vs E10	-0.4250	0.1799	ns P>0.05	0.5450	0.1139	ns P>0.05
E6 vs E7	-0.1500	0.06348	ns P>0.05	-0.4250	0.08881	ns P>0.05
E6 vs E9	-0.1150	0.04867	ns P>0.05	0.000	0.000	ns P>0.05
E6 vs E10	-0.2250	0.09522	ns P>0.05	-0.3000	0.06269	ns P>0.05
E7 vs E9	0.03500	0.01481	ns P>0.05	0.4250	0.08881	ns P>0.05
E7 vs E10	-0.07500	0.03174	ns P>0.05	0.1250	0.02612	ns P>0.05
E9 vs E10	-0.1100	0.04655	ns P>0.05	0.3000	0.06269	ns P>0.05

Legenda: ns = não significativo, para $p > 0,05$. Intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

Dados do nível de significância das medidas de largura e comprimento do limbo foliar de *Avicennia schaueriana* de zonas de manguezal das ilhas de Tinhare/Boipeba, município de Cairu, Bahia, apresentando a relação entre as estações comparadas entre si.

Comparação das Estações	Largura			Comprimento		
	Diferença	q	p	Diferença	q	p
E1 vs E2	-0.3150	0.1639	ns P>0.05	-0.2250	0.06117	ns P>0.05
E1 vs E3	0.000	0.000	ns P>0.05	-0.005000	0.001359	ns P>0.05
E1 vs E4	-0.09500	0.04942	ns P>0.05	-0.01500	0.004078	ns P>0.05
E1 vs E5	-0.05000	0.02601	ns P>0.05	0.1350	0.03670	ns P>0.05
E1 vs E6	-0.2650	0.1379	ns P>0.05	-0.2650	0.07204	ns P>0.05
E1 vs E7	-0.2450	0.1275	ns P>0.05	-0.2500	0.06796	ns P>0.05
E1 vs E8	-0.3050	0.1587	ns P>0.05	-0.2650	0.07204	ns P>0.05
E1 vs E9	-0.5250	0.2731	ns P>0.05	-0.7350	0.1998	ns P>0.05
E2 vs E3	0.3150	0.1639	ns P>0.05	0.2200	0.05981	ns P>0.05
E2 vs E4	0.2200	0.1145	ns P>0.05	0.2100	0.05709	ns P>0.05
E2 vs E5	0.2650	0.1379	ns P>0.05	0.3600	0.09787	ns P>0.05
E2 vs E6	0.05000	0.02601	ns P>0.05	-0.04000	0.01087	ns P>0.05
E2 vs E7	0.07000	0.03642	ns P>0.05	-0.02500	0.006796	ns P>0.05
E2 vs E8	0.01000	0.005202	ns P>0.05	-0.04000	0.01087	ns P>0.05
E2 vs E9	-0.2100	0.1092	ns P>0.05	-0.5100	0.1386	ns P>0.05
E3 vs E4	-0.09500	0.04942	ns P>0.05	-0.01000	0.002719	ns P>0.05
E3 vs E5	-0.05000	0.02601	ns P>0.05	0.1400	0.03806	ns P>0.05
E3 vs E6	-0.2650	0.1379	ns P>0.05	-0.2600	0.07068	ns P>0.05
E3 vs E7	-0.2450	0.1275	ns P>0.05	-0.2450	0.06661	ns P>0.05
E3 vs E8	-0.3050	0.1587	ns P>0.05	-0.2600	0.07068	ns P>0.05
E3 vs E9	-0.5250	0.2731	ns P>0.05	-0.7300	0.1985	ns P>0.05
E4 vs E5	0.04500	0.02341	ns P>0.05	0.1500	0.04078	ns P>0.05
E4 vs E6	-0.1700	0.08844	ns P>0.05	-0.2500	0.06796	ns P>0.05
E4 vs E7	-0.1500	0.07803	ns P>0.05	-0.2350	0.06389	ns P>0.05
E4 vs E8	0.2100	0.1092	ns P>0.05	-0.2500	0.06796	ns P>0.05
E4 vs E9	-0.4300	0.2237	ns P>0.05	-0.7200	0.1957	ns P>0.05
E5 vs E6	-0.2150	0.1118	ns P>0.05	-0.4000	0.1087	ns P>0.05
E5 vs E7	-0.1950	0.1014	ns P>0.05	-0.3850	0.1047	ns P>0.05
E5 vs E8	-0.2550	0.1327	ns P>0.05	-0.4000	0.1087	ns P>0.05
E5 vs E9	-0.4750	0.2471	ns P>0.05	-0.8700	0.2365	ns P>0.05
E6 vs E7	0.02000	0.01040	ns P>0.05	0.01500	0.004078	ns P>0.05
E6 vs E8	-0.04000	0.02081	ns P>0.05	0.000	0.000	ns P>0.05
E6 vs E9	-0.2600	0.1353	ns P>0.05	-0.4700	0.1278	ns P>0.05
E7 vs E8	-0.06000	0.03121	ns P>0.05	-0.01500	0.004078	ns P>0.05
E7 vs E9	-0.2800	0.1457	ns P>0.05	-0.4850	0.1319	ns P>0.05
E8 vs E9	-0.2200	0.1145	ns P>0.05	-0.4700	0.1278	ns P>0.05

Legenda: ns = não significativo, para $p > 0,05$. Intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

Dados do nível de significância das medidas de largura e comprimento do limbo foliar de *Laguncularia racemosa* de zonas de manguezal das ilhas de Tinharé/ Boipeba, município de Cairu, Bahia, apresentando a relação entre as estações comparadas entre si.

Comparação das Estações	Largura			Comprimento		
	Diferença	q	p	Diferença	q	p
E1 vs E2	-0.4150	0.1762	ns P>0.05	-0.08500	0.01988	ns P>0.05
E1 vs E3	-0.02500	0.01062	ns P>0.05	0.2150	0.05027	ns P>0.05
E1 vs E4	-0.2950	0.1253	ns P>0.05	-0.3250	0.07599	ns P>0.05
E1 vs E5	0.07000	0.02973	ns P>0.05	0.1650	0.03858	ns P>0.05
E1 vs E6	-0.4350	0.1847	ns P>0.05	-0.5150	0.1204	ns P>0.05
E1 vs E8	-0.3350	0.1423	ns P>0.05	-0.3850	0.09002	ns P>0.05
E1 vs E9	-0.4600	0.1954	ns P>0.05	-1.245	0.2911	ns P>0.05
E1 vs E10	-0.4950	0.2102	ns P>0.05	-0.7400	0.1730	ns P>0.05
E2 vs E3	0.3900	0.1656	ns P>0.05	0.3000	0.07015	ns P>0.05
E2 vs E4	0.1200	0.05096	ns P>0.05	-0.2400	0.05612	ns P>0.05
E2 vs E5	0.4850	0.2060	ns P>0.05	0.2500	0.05846	ns P>0.05
E2 vs E6	-0.02000	0.008494	ns P>0.05	-0.4300	0.1005	ns P>0.05
E2 vs E8	0.08000	0.03397	ns P>0.05	-0.3000	0.07015	ns P>0.05
E2 vs E9	-0.04500	0.01911	ns P>0.05	-1.160	0.2712	ns P>0.05
E2 vs E10	-0.08000	0.03397	ns P>0.05	-0.6550	0.1532	ns P>0.05
E3 vs E4	-0.2700	0.1147	ns P>0.05	-0.5400	0.1263	ns P>0.05
E3 vs E5	0.09500	0.04034	ns P>0.05	-0.05000	0.01169	ns P>0.05
E3 vs E6	-0.4100	0.1741	ns P>0.05	-0.7300	0.1707	ns P>0.05
E3 vs E8	-0.3100	0.1316	ns P>0.05	-0.6000	0.1403	ns P>0.05
E3 vs E9	-0.4350	0.1847	ns P>0.05	-1.460	0.3414	ns P>0.05
E3 vs E10	-0.4700	0.1996	ns P>0.05	-0.9550	0.2233	ns P>0.05
E4 vs E5	0.3650	0.1550	ns P>0.05	0.4900	0.1146	ns P>0.05
E4 vs E6	-0.1400	0.05945	ns P>0.05	-0.1900	0.04443	ns P>0.05
E4 vs E8	-0.04000	0.01699	ns P>0.05	-0.06000	0.01403	ns P>0.05
E4 vs E9	-0.1650	0.07007	ns P>0.05	-0.9200	0.2151	ns P>0.05
E4 vs E10	-0.2000	0.08494	ns P>0.05	-0.4150	0.09704	ns P>0.05
E5 vs E6	-0.5050	0.2145	ns P>0.05	-0.6800	0.1590	ns P>0.05
E5 vs E8	-0.4050	0.1720	ns P>0.05	-0.5500	0.1286	ns P>0.05
E5 vs E9	-0.5300	0.2251	ns P>0.05	-1.410	0.3297	ns P>0.05
E5 vs E10	-0.5650	0.2399	ns P>0.05	-0.9050	0.2116	ns P>0.05
E6 vs E8	0.1000	0.04247	ns P>0.05	0.1300	0.03040	ns P>0.05
E6 vs E9	-0.02500	0.01062	ns P>0.05	-0.7300	0.1707	ns P>0.05
E6 vs E10	-0.06000	0.02548	ns P>0.05	-0.2250	0.05261	ns P>0.05
E8 vs E9	-0.1250	0.05308	ns P>0.05	-0.8600	0.2011	ns P>0.05
E8 vs E10	-0.1600	0.06795	ns P>0.05	-0.3550	0.08301	ns P>0.05
E9 vs E10	-0.03500	0.01486	ns P>0.05	0.5050	0.1181	ns P>0.05

Legenda: ns = não significativo, para $p > 0,05$. Intervalo de confiança de 95%.

Fonte: Pesquisa de Laboratório.

ANEXO A: COLIFORMES

Tabela 01. Tabela estatística para a combinação de 05 tubos para o cálculo do NMP de coliformes em uma amostra de água.

Número de Tubos positivos, com formação de gás até 24h	Índice de NMP (100 mL)	Limites de Confiança de 95%	
		Inferior	Superior
0	< 2,2	1	6,0
1	2,2	0,1	12,6
2	5,1	0,5	19,2
3	9,2	1,6	29,4
4	16,0	3,3	52,9
5	>16,0	8,0	Infinito

Fonte: FUNASA (2006).