

Artigo Técnico

Qualidade das águas e análise de metais em folhas de mangue na APA Tinharé-Boipeba (BA)

Water quality and analysis of metals in mangrove leaves in the APA Tinharé-Boipeba (BA)

Manuel Portugal Gonçalves^{1*} , Iracema Reimão Silva¹ ,
Antonio Bomfim da Silva Ramos Junior¹ , Rodrigo Alves Santos¹ ,
Luis Henrique Couto Paixão² , Cristina Maria Macêdo de Alencar² , Juan Carlos Rossi Alva² 

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar as águas superficiais e os níveis foliares dos elementos-traço (Cu, Zn, Cd e Pb) da *Avicennia schaueriana* na área de proteção ambiental (APA) Tinharé-Boipeba, litoral sul da Bahia, com ênfase na relação entre a qualidade ambiental e o gerenciamento costeiro. Mensuraram-se *in situ* variáveis físico-químicas nas águas superficiais, e tomaram-se alíquotas para análises microbiológicas. Também foram coletadas folhas de árvores de mangue em nove estações amostrais. Realizou-se a leitura dos elementos-traço por espectrometria de absorção atômica com chama (F-AAS). As análises físico-químicas e microbiológicas das águas superficiais, ainda que preliminares, indicaram perda de qualidade e desafios ao saneamento, os quais merecem a atenção de autoridades sanitárias ou de saúde pública e consulta à comunidade para elaboração de soluções técnicas compatíveis com os usos da natureza e modos de vida tradicionais na APA. Os níveis foliares dos metais foram normais e não tóxicos, sendo menores do que em áreas costeiras impactadas. Os bosques de mangue encontram-se em bom estado de conservação e servem de área de referência, recomendando-se o monitoramento dos elementos-traço nas folhas ou sedimentos de mangue e qualidade da água. Esta pesquisa tem relevância à conservação dos manguezais, aos usos culturais da natureza e ao gerenciamento costeiro.

Palavras-chave: saneamento; coliformes termotolerantes; *Avicennia*; elementos-traço; usos da natureza.

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the surface waters and leaf levels of trace elements (Cu, Zn, Cd, and Pb) of the *Avicennia schaueriana* in the Tinharé-Boipeba Environmental Protection Area (APA), South Coast of Bahia, with emphasis to the relationship between environmental quality and coastal management. Physical-chemical variables were measured *in situ* in surface waters and aliquots were taken for microbiological analysis. Also, leaves of mangrove trees were collected at nine sampling stations. The trace element reading was performed by F-AAS. Physical-chemical and microbiological analyzes of surface water, although preliminary, indicated that there is a loss of quality and challenges to sanitation, which deserve the attention of sanitary authorities, and of public health, and consultation with the community to elaborate technical solutions compatible with the uses of nature and traditional lifestyles in APA. Leaf metal levels were normal and nontoxic, being lower than in impacted coastal areas. Mangrove forests are in good state of conservation and serve as a reference area, recommending the monitoring of trace elements in mangrove leaves or sediments and water quality. This research has relevance to the conservation of mangroves, cultural uses of nature and coastal management.

Keywords: sanitation; thermotolerant coliforms; *Avicennia*; trace elements; use of nature.

INTRODUÇÃO

O litoral brasileiro representa uma das regiões de maior demanda para o turismo e a ocupação urbana (ANDRADE; DOMINGUEZ, 2002). Essa relevância estratégica decorre da sua situação geográfica, biodiversidade, recursos diversos e serviços ambientais costeiros, basilares para múltiplas atividades, a exemplo da recreação, alimentação, energia e transporte.

O estado da Bahia tem o mais extenso litoral nacional, com aproximadamente 1.150 km (IBGE, 2004), cuja degradação dos ecossistemas marinhos e costeiros, como os manguezais, e a produção de injustiças sociais refletem os usos do solo e o modelo de desenvolvimento. De acordo com Pedrão (2009) e Alencar (2011), o desenvolvimento pode ser compreendido como um processo histórico desigual e combinado,

¹Universidade Federal da Bahia - Salvador (BA), Brasil.

²Universidade Católica do Salvador - Salvador (BA), Brasil.

*Autor correspondente: zoovitor81@yahoo.com.br

Recebido: 14/03/2018 - Aceito: 27/05/2019 - Reg. ABES: 192874

do qual emergem tanto avanços quanto retrocessos à superação das injustiças sociais, também conhecidas como assimetrias.

No processo de desenvolvimento ocorre a apropriação privada da natureza ante a acumulação do capital (social, cultural, econômico, estético, ambiental e outros). A tentativa de superação das injustiças sociais pelas regulações institucionais tem produzido, paradoxalmente, mais assimetrias dissimuladas na suposta simetria social (ALENCAR, 2011). Essa é a perspectiva da dinâmica socioambiental adotada nesta pesquisa.

Os manguezais têm rica biodiversidade e excelentes *habitat* para os organismos, embora estejam sob pressão da poluição e da rápida urbanização das regiões costeiras (ZHANG *et al.*, 2014). Segundo Dias e Nayak (2016) e Abou Seedo *et al.* (2017), os manguezais acumulam poluentes orgânicos e metais potencialmente tóxicos, relacionados a conflitos, risco à saúde e perda da qualidade ambiental, porque são reativos e persistem no ambiente mesmo se cessada a fonte.

As espécies que têm maior tolerância e possibilidade acumuladora de metais potencialmente tóxicos pertencem ao gênero *Avicennia*, relevantes às geoquímicas, à bioindicação e à avaliação socioambiental (PENG; WENJIAN; ZHENJI, 1997; MACFARLANE; BURCHETT, 2002). Segundo Oliveira *et al.* (2001) e Berenini *et al.* (2006), as espécies de mangue vêm sendo aplicadas nas pesquisas geoquímicas realizadas, principalmente, nos estados do Pará, Rio de Janeiro, de São Paulo e Bahia porque acumulam poluentes, como os metais, nas folhas e raízes.

No litoral sul da Bahia, a degradação socioambiental foi protagonizada pelo turismo, iniciado em 1992, pelo Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste (PRODETUR NE I e II), consórcio público-privado que consolidou um importante polo turístico do estado, que ampliou a taxa de urbanização, utilização de recursos e descaracterização ambiental. Nesse âmbito, criou-se a área de proteção ambiental (APA) Tinharé-Boipeba (Figura 1), pelo Decreto Estadual nº 1.240/92, como estratégia de proteção dos ecossistemas costeiros — a exemplo dos manguezais, restingas e recifes de corais e algas — e marinhos da ação do turismo.

Os patrimônios natural e cultural têm atraído a ocupação na APA Tinharé-Boipeba, cujo turismo de massa é a principal atividade econômica e fonte de renda (SILVA; SILVA, 2007). Este é mais intenso na localidade de Morro de São Paulo, na qual os impactos da urbanização e do uso do solo sobre a biodiversidade se destacam, e estende-se ao sul da APA, à ilha de Boipeba. Nesta, de infraestrutura simples, o turismo desenvolveu-se nas últimas décadas, decorrendo na fragmentação da paisagem, perda de *habitat* e exploração excessiva de estoques pesqueiros.

Silva, Nascimento e Rebouças (2009) e Alencar (2011) entendem que as indústrias de petróleo, sobrepesca, saneamento e turismo geram conflitos e injustiças na APA Tinharé-Boipeba, e que o analfabetismo ambiental e a insustentabilidade ameaçam o modo de vida tradicional e os usos culturais da natureza, como dos pescadores e das marisqueiras. Gonçalves (2010) chamou atenção para os possíveis impactos da

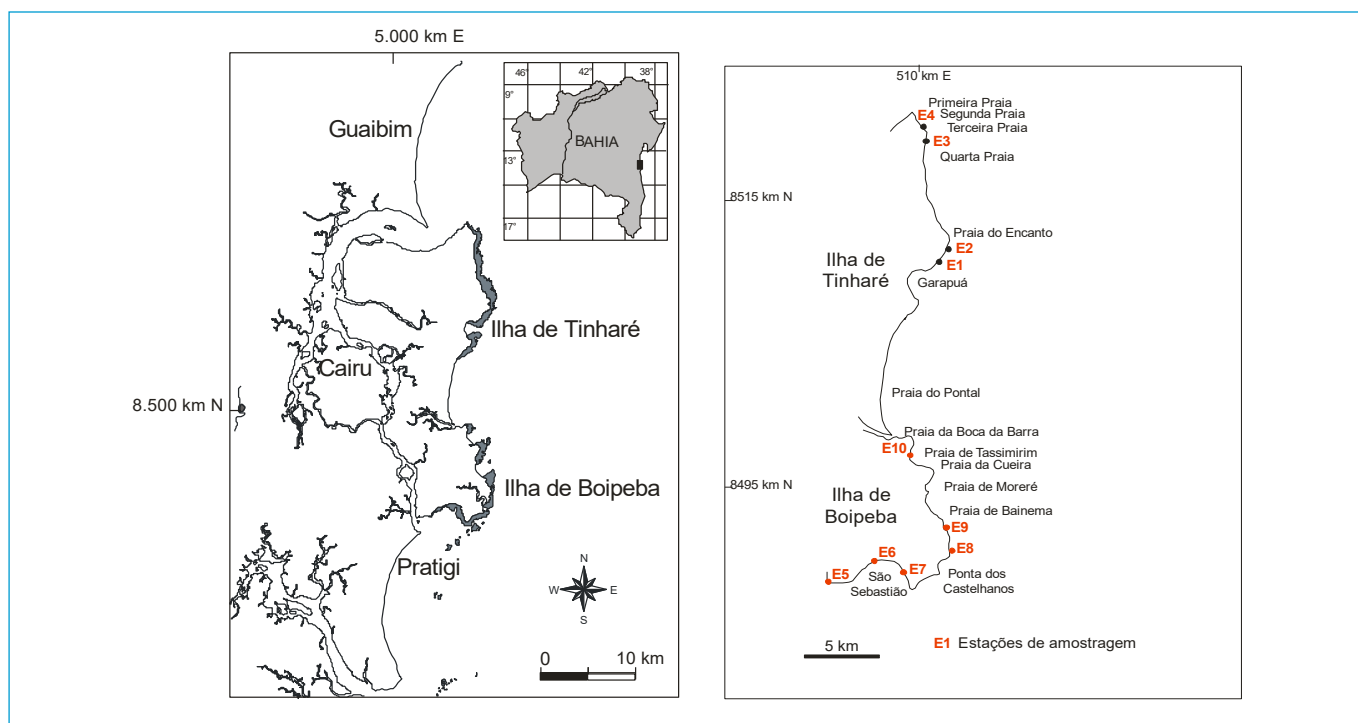


Figura 1 - Mapa de localização e situação e espacialização das estações de amostragem (E1-E9) na área de proteção ambiental Tinharé-Boipeba, litoral sul da Bahia (recifes pétreos em cinza).

exploração de gás natural em *offshore* na ilha de Tinharé, desde 2007, e de óleo na ilha de Boipeba, na bacia de Camamu. Essas atividades podem provocar perda de biodiversidade, desafios ao saneamento e à saúde e comprometimento do modo de vida dos ilhéus e da qualidade do solo e das águas superficiais.

Nas ilhas de Tinharé-Boipeba, os ecossistemas costeiros fornecem relevantes serviços ecossistêmicos, como os recifes de corais e algas (ELLIFF; KIKUCHI, 2017). Nessas ilhas, segundo Gonçalves (2010), Alencar (2011), Pelegrini (2010) e Paixão (2015), os manguezais fornecem serviços aos modos de vida e usos culturais da natureza, a exemplo: proteção da costa contra erosão marinha, exportação de nutrientes, abrigo a organismos juvenis, estoques pesqueiros, retenção de poluentes e sequestro de carbono. Esses serviços ecossistêmicos são essenciais ao gerenciamento costeiro integrado e devem ser entendidos, principalmente, se as informações socioambientais forem insuficientes ao gerenciamento (FIDELMAN, 2001). Schaeffer-Novelli (1995) e Fidelman (2002) propõem que o manejo de manguezais deva acolher os aspectos socioeconômicos e o potencial em gerar bens e serviços.

Nesse contexto, a pesquisa da geoquímica nos manguezais da APA Tinharé-Boipeba exige interação com a ecologia, a biologia da conservação, as ciências sociais e a gestão costeira. Este artigo propõe-se a investigar as águas superficiais e os teores de metais potencialmente tóxicos, a biometria e a diagnose foliar na *Avicennia schaueriana* na APA Tinharé-Boipeba, no litoral sul da Bahia, com ênfase na relação entre qualidade dos manguezais e gerenciamento costeiro.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

Esta pesquisa foi realizada na APA Tinharé-Boipeba, no município de Cairu, litoral sul da Bahia (Figura 1). Esse município possui produto interno bruto de R\$ 1.397.356,00, índice de desenvolvimento humano municipal de 0,627, índice de esgotamento sanitário adequado de 45% e 15.374 habitantes, nos distritos de Cairu, Galeão, Gamboa e Velha Boipeba (IBGE, 2010).

A APA Tinharé-Boipeba apresenta área de 43 mil hectares, clima quente e úmido, tropical costeiro, nas faixas Aw e Af, segundo a classificação de Köppen (1948). A temperatura média anual é de 24,6°C, máximas de 31,2°C (março) a 27,6°C (julho), mínimas de 24,4°C (março) a 19,4°C (agosto). A pluviometria média anual atinge 2.118,7 mm, com chuvas concentradas entre março e agosto, e umidade relativa de 80–90% (BRASIL, 1995; SEI, 2014).

O arquipélago Tinharé-Boipeba é constituído de um modelado plano a suave ondulado e forte ondulado, representado pelas seguintes unidades geomorfológicas: baixada litorânea e planícies marinhas

e fluviomarinhas. Esta segunda unidade revela enorme diversidade de feições, relevantes à ocupação do solo pela forte interação entre os processos geológicos e antrópicos. Nesse modelado, distribui-se uma rede hidrográfica densa e marcadamente dendrítica, que é caracterizada por seus rios de primeira a terceira ordens, sendo a maioria perene, em que os rios mais importantes possuem influência direta da dinâmica do oceano e das marés (BRASIL, 1995).

Na geologia local (Figura 2), arenitos, carbonatos e folhelhos cenozoicos ou mesozoicos da bacia de Camamu sobrepõem-se ao embasamento cristalino gnáissico (BARBOSA; DOMINGUEZ, 1996). Destacam-se Formações Sergi e Fm. Aliança, Grupo Brotas (Jurássico/Mesozoico), Taipus e Algodões (Cretáceo) e Depósitos Quaternários (terraços marinhos holocênicos e pleistocênicos, de recifes, mangue e área úmida). A APA tem potencialidade hidrogeológica alta a muito alta nas unidades aquíferas hospedadas em litofácies dos terraços marinhos pleistocênicos e holocênicos, arenitos friáveis da Fm. Sergi e carbonatos da Fm. Algodões (BRASIL, 1995).

A bacia de Camamu e as subidas e descidas do nível do mar no Quaternário controlam a morfologia e a configuração costeira regional (DOMINGUEZ; CORREA-GOMES, 2006; SILVA; SILVA, 2007). Afloram rochas sedimentares de períodos transicionais ou marinhos rasos (Cretáceo), sobrepostos às rochas jurássicas e às coberturas quaternárias (INDA; BARBOSA, 1978). Essa bacia tem relevância hidrogeológica e hospeda minérios não energéticos (barita) e óleo e gás nos folhelhos da Fm. Sergi. As falésias de arenitos e carbonatos e pequenas enseadas e promontórios rochosos têm importância paisagística ao turismo, como em Morro de São Paulo.

Os solos da APA Tinharé-Boipeba são, no geral, profundos, arenosos, permeáveis e pouco férteis, com lençol freático próximo à superfície (BRASIL, 1995). Nos tabuleiros e nas colinas antigas são profundos, pouco férteis e com textura média-argilosa, ligados aos sedimentos finos da Fm. Sergi: podzólico vermelho-amarelo álico e plintossolo álico. Nas planícies costeiras, associados aos sedimentares recentes e areias da Fm. Sergi, cobertas ou não por dunas pleistocênicas fixas pela vegetação, os solos sob relevo ondulado/forte ondulado são quartzosos, profundos, bem drenados e pouco férteis. Destacam-se os grupos: podzol hidromórfico, solos orgânicos distróficos, areia quartzosa marinha hidromórfica e areia bioclástica marinha hidromórfica eutrófica.

A APA tem fitofisionomias diversas, como Mata Atlântica, praias e restingas, associadas aos terraços marinhos quaternários, aos brejos, aos bosques de mangue e à vegetação descaracterizada (antropizada). Os remanescentes de Mata Atlântica, em diferentes estágios de conservação, ocorrem bordejados pelos recifes de corais e algas coralinas e pelo bosque de mangue estuarino ou em franja. Os manguezais são expressivos no distrito de Garapua, na

ilha de Tinharé. Contudo ganham destaque na ilha de Boipeba, quase completamente bordejada pelos bosques de mangue, ligados ao rio Catu, parte sul.

Análises laboratoriais e estatística

A definição das estações amostrais deu-se pela distribuição de mangue em franja: quatro na ilha de Tinharé (E1-E4) e cinco na ilha de Boipeba (E5-E9) (Figura 1). Em cada estação, posicionada por Global Positioning System (GPS), foram mensuradas *in situ* variáveis físico-químicas (pH, temperatura e oxigênio dissolvido – OD), por sonda multiparâmetros, e coletadas água superficial e 30 folhas de duas árvores adultas de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman, na baixa-mar, dentro de quadrados de 10 m². As análises laboratoriais foram realizadas pela colaboração entre o Laboratório de Estudos em Meio Ambiente (LEMA), da Universidade Católica do

Salvador (UCSAL), e o Núcleo de Estudos Ambientais (NEA), da Universidade Federal da Bahia (UFBA).

Tomaram-se alíquotas de águas superficiais para as análises microbiológicas na ilha de Tinharé (E2-E4) por meio de coletores plásticos estéreis, postos contra a corrente, com tiosulfato de sódio, que foram refrigeradas em caixa de isopor com gelo e levadas ao LEMA para as análises de coliformes realizadas pelo método preconizado pela American Public Health Association (APHA), pela American Water Works Association (AWWA) e pela Water Environment Federation (WEF) (1995). Aplicou-se a quantificação do número mais provável (NMP) em 100 mL de água nos testes positivos de cinco porções de 0,1, 1,0 e 10,0 mL. Empregou-se o caldo lauril sulfato triptose (LST, Acumedia) no teste presuntivo (incubação a 35°C/48 h) e o caldo lactosado bile verde brilhante (LBVB, Acumedia) no teste confirmatório de coliformes totais (incubação a 35°C/48 h). Também se utilizou o

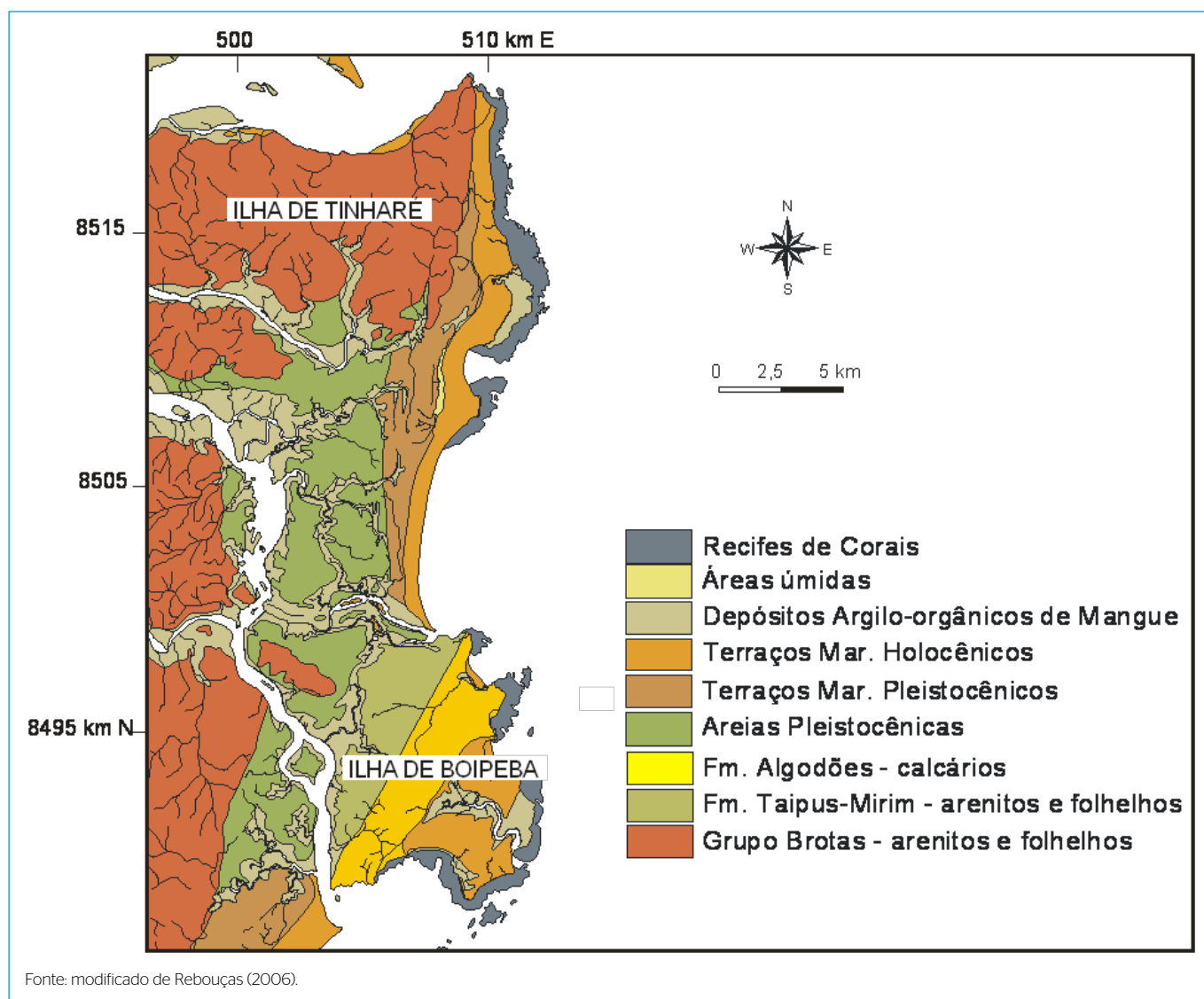


Figura 2 - Principais unidades geológicas da área de proteção ambiental (APA) Tinharé-Boipeba (BA).

caldo *Escherichia coli* (EC, Acumedia) para os coliformes termotolerantes (incubação a 44,5°C/24 h em banho-maria). A turvação do meio e a formação de gás em tubos de Durhan comprova a presença dos coliformes.

A leitura dos metais potencialmente tóxicos (Cu, Cd, Pb e Zn) foi realizada por espectrometria de absorção atômica com chama (F-AAS) (Varian Spectr AA-6440Z), após a adição de 3 ml de HNO₃ (1:1) na amostra de 0,5 g (peso seco) e a abertura em forno de micro-ondas. A leitura dos metais contou com duplicatas, para cada espécime, mais brancos e o padrão de referência internacional (National Institute of Standards and Technology, Apple Leaves — NIST-1515). A Tabela 1 informa sobre o controle de qualidade analítico, cuja recuperação variou de 60–103%.

A estatística abrangeu testes de normalidade (Shapiro-Wilk), comparações múltiplas, de análise paramétrica (ANOVA) ou não paramétrica (Kruskal-Wallis), significância de 95% e análise das componentes principais (ACP), cuja correlação entre *loadings* e variável original é forte para *loadings* de variável de ± 1 e significativa se for superior a 0,5 (HU; LUO; JING, 2013).

Tabela 1 - Avaliação da recuperação de abertura de metais, em $\mu\text{g.g}^{-1}$, em amostras de folhas de *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman, em forno de micro-ondas, com padrão de referência internacional National Institute of Standards and Technology (NIST).

| Padrão | Cu | Cd | Pb | Zn |
|------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| λ (nm) | 324,80 | 228,80 | 217,00 | 213,90 |
| NIST 1515 | 5,64 | 0,002 | 0,47 | 12,50 |
| Padrão (média do valor encontrado) | 3,87 | 0,001 | 0,35 | 12,92 |
| Recuperação (%) | 70 | 60 | 74 | 103 |

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Estações amostrais e saneamento

A Tabela 2 sumariza aspectos dos bosques de mangue das ilhas de Tinharé (E1-E4) e Boipeba (E5-E9), relacionados às praias protegidas por recifes. Os bosques de mangue abrangem as espécies *Rhizophora mangle* L., *Avicennia schaueriana* Stapf & Leechman e *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, que crescem sobre substratos distintos, a exemplo dos topos de recifes pétreos (carbonático), blocos rolados de arenito da Fm. Camamu, arenoso e arenoso-lamoso, lamoso.

Na APA Tinharé-Boipeba, os valores da altura média variaram de 5 a 20 m (Tabela 2), com maior desenvolvimento e densidade de raízes na estação E2. Ocorreram indivíduos jovens da *A. schaueriana* e acumulação de serapilheira entre E1-E2 e bosques juvenis em E6. Brito (2006) e Pellegrini (2010) obtiveram intervalo similar para altura de plantas de mangue de Garapua e Valença, litoral sul da Bahia. Oliveira (2000) e Santos (2013) tiveram menor desenvolvimento da *A. schaueriana* nos manguezais da Baía de Camamu e da Baía de Todos os Santos, essa redução do desenvolvimento foi atribuída a impactos da mineração e das petrolíferas.

Nas estações E1-E9, destacaram-se, entre os estressores antrópicos, o fluxo de tratores coletores de resíduos sólidos, garrafas e sacos plásticos na praia na baixa-mar, a falta de saneamento ambiental adequado, as construções de alvenaria na linha de praia e o corte de árvores de mangue (E2). Esses conflitos socioambientais exigem melhoras no saneamento ambiental e na gestão costeira. Os conflitos socioambientais emergem do problema de que uns se beneficiam mais que outros: certos grupos sociais sofrem maior custo, os quais demandam uma gestão desejável, viável e ecologicamente prudente (SACHS, 2000; MARTINEZ-ALIER, 2004).

Tabela 2 - Características das estações amostrais em bosque de mangue frontal no sítio de estudo.

| Estação | Localidade | Coordenadas (UTM) | | Substrato/ Vegetação de Mangue | Altura Relativa (m) |
|---------|------------------------------|-------------------|---------|---|---------------------------|
| E1 | Praia do Encanto* | 510383 | 8515242 | Arenoso rico em bioclasto; domínio da <i>R. mangle</i> ; <i>Littoraria angulifera</i> . | 10 (± 6) (2-8) |
| E2 | Praia do Encanto* | 510249 | 8516142 | Sedimentos fino lamoso ou arenoso; heterogênea; <i>Littoraria angulifera</i> . | (4-10) |
| E3 | 2ª Praia* | 510325 | 8520104 | Arenito, arenoso e recifes pétreos; domínio da <i>L. racemosa</i> | 5 (± 3) (± 2) |
| E4 | 4ª Praia* | 509273 | 8520884 | Arenito da Fm. Camamu, lamoso-arenoso, recifes; domínio da <i>L. racemosa</i> | 5 (± 4) |
| E5 | Ilha do Rato/rio dos Patos** | 5033797 | 8488164 | Arenoso ou arenoso-lamoso; heterogênea; <i>Littoraria angulifera</i> . | 5 (± 3) |
| E6 | São Sebastião** | 505833 | 8489440 | Arenoso ou arenoso-lamoso raso, fétido; heterogênea | 10 (± 6) (1-10) |
| E7 | Ponta dos Castelhanos** | 508930 | 8488324 | Arenoso; domínio da <i>R. mangle</i> ; <i>Littoraria angulifera</i> . | 10 (± 8) (> 6) |
| E8 | Moreré/rio Catu** | 511260 | 8492542 | Arenoso; domínio da <i>R. mangle</i> | 10-20 (± 2) 0) |
| E9 | Moreré/rio Bainema** | 510073 | 8495132 | Arenoso; heterogênea; <i>Littoraria angulifera</i> . | 10 (± 5) |

*Morro de São Paulo, pertencem ao distrito de Gamboa; **pertencem ao distrito Velha Boipeba.

A Tabela 3 apresenta uma síntese do saneamento obtido pela pesquisa de Paixão (2015) nas localidades de Gamboa, Garapuá, Moreré e São Sebastião, no município de Cairu (BA), com base nos dados do IBGE (2010). A cobertura do abastecimento de água pela Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. (EMBASA) abrange as localidades de Gamboa, Garapuá e São Sebastião, todavia existem desafios ao esgotamento sanitário, que representa um risco de poluição do solo, das águas e à saúde. As abrangências da coleta e a disposição dos resíduos sólidos (lixo) foram similares nesses distritos, dominando a cobertura pelo serviço de limpeza realizado pelo município.

Na localidade de Garapuá, que tem a quase totalidade dos domicílios abastecida pela rede de água, não há esgotamento sanitário, e 154 domicílios utilizam fossas rudimentares (Tabela 3). As pessoas lavam roupas e lançam esgoto na lagoa homônima da localidade, conflitando com outros usos da água, como recreação e abastecimento. Em Moreré, segundo dados do IBGE (2010), não há sistema de esgotamento sanitário e a maioria dos domicílios utilizam fossas sépticas. Os domicílios também não contam com a rede de água, o que obriga os moradores a utilizar fontes naturais locais no abastecimento.

A localidade de Morro de São Paulo, na ilha de Tinharé, com 1.558 habitantes (IBGE, 2010), possui, desde 2002, um sistema de esgotamento sanitário, em que a rede geral ou pluvial da EMBASA abrange 96% dos domicílios e as fossas sépticas e rudimentares outros 4% (Tabela 3). Contudo, segundo o plano de manejo da APA Tinharé-Boipeba e os dados

da pesquisa de campo, as residências e os equipamentos presentes na beira dos rios nos distritos de Cairu, Galeão, São Sebastião e Velha Boipeba lançam efluentes domésticos diretamente em rios, estuários ou mar.

No município de Cairu, os vazadouros a céu aberto (lixões), ou a disposição dos resíduos sólidos (lixo), encontram-se, de forma geral, em desacordo com a Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010), que estabelece a política nacional de resíduos sólidos. Esse cenário aflige os distritos de Cairu, como Cairu, Velha Boipeba (Morere) e Gamboa (Morro de São Paulo). A coleta, o transporte e a disposição final do lixo, que abrange garrafas *pet*, vidro, latas, papel e papelão, são desafios para Morro de São Paulo.

Físico-química, microbiologia e qualidade das águas

A Tabela 4 permite avaliar a qualidade das águas costeiras da APA Tinharé-Boipeba, segundo a Resolução Conama nº 357/2005 (BRASIL, 2005). As amostras revelaram valores da temperatura de 27,7 a 31,0°C e salinidade de 36,6 a 37,0 PSU, identificadas as águas salinas classes 1 e 2. Esses valores foram similares à salinidade das águas costeiras de Garapuá e refletem a influência do ar e da massa de água tropical e corrente do Brasil, caracterizadas pelos valores de salinidade superiores a 36,9 PSU e temperaturas variando entre 22 e 28°C.

A alcalinidade das amostras foi atribuída à influência das águas marinhas, com maiores valores na foz dos rios Catu (E7-E8) e Bainema (E9), cujos valores do pH foram similares aos das águas costeiras de Garapuá e

Tabela 3 – Síntese do saneamento no município de Cairu (BA), pela análise de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 2010.

| Aspectos do Saneamento | Gamboa* | Garapuá* | Moreré* | São Sebastião* | Morro de São Paulo* |
|---|---------|----------|---------------|----------------|---------------------|
| 1 Abastecimento de Água | | | | | |
| 1.1 Rede Geral da EMBASA | 810 | 156 | 4 | 202 | 1425 |
| 1.2 Poço ou nascente (particular) | 10 | - | 19 | 10 | - |
| 1.3 Outra (águas pluviais, carro-pipa, etc.) | 38 | 5 | 46 | 8 | 133 |
| 2 Esgotamento Sanitário | | | | | |
| 2.1 Rede Geral ou pluvial da EMBASA | 6 | - | - | 3 | 1.503 |
| 2.2 Via Fossa Séptica | 110 | - | 60 | 194 | 50 |
| 2.3 Fossa Rudimentar (negra, poço, buraco etc.) | 402 | 154 | 2 | 3 | 5 |
| 2.4 Via vala | 8 | - | - | - | - |
| 2.5 Via lago, rio, mar | 310 | - | - | - | - |
| 2.6 Outro escoadouro | 22 | 7 | 1 | 20 | - |
| 3 Coleta e Destinação do Lixo | | | | | |
| 3.1 Serviço de Limpeza | 852 | 160 | 51 | 204 | 1.526 |
| 3.2 Caçamba de Serviço de Limpeza | 5 | - | 16 | - | - |
| 3.3 Queimado na propriedade | 1 | 1 | 1 | 16 | 2 |
| 3.4 Enterrado na propriedade | - | - | 1 | - | - |
| 4 Distrito | | | | | |
| 4.1 Número de Habitantes | Gamboa | Garapuá | Velha Boipeba | Velha Boipeba | Gamboa |
| 4.2 Número de Domicílios | 2.736 | 587 | 254 | 729 | 4.501 |
| | 858 | 161 | 69 | 220 | 1.558 |

*Representa unidade domiciliar (DU).

Fonte: adaptado de IBGE (2010).

Barra dos Carvalhos, exceto nos estuários (Tabela 4). Segundo Chapman e Wang (2001) e Che, He e Lin (2003), os estuários são ecossistemas sensíveis às interações entre a água doce, a água salina, os sedimentos e as oscilações diárias da maré. Nas condições de pH das amostras, a maioria dos metais estaria pouco disponível em formas coloidal e particulada, em matéria orgânica e matriz salina e adsorvida nos sedimentos.

Os níveis de OD variaram de 1,1 a 6,2 mg.L⁻¹, cujos baixos níveis decorreram, em grande parte, da poluição pelos esgotos domésticos e dos usos do solo (Tabela 4). Esses teores de OD são inferiores aos obtidos nas águas estuarinas e costeiras de Garapuí, Barra dos Carvalhos, Canal de Taperoá, Rio Graciosa e dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. A amostra da estação E4, quarta praia, na localidade de Morro de São Paulo, revelou o menor valor de OD, sendo explicado pela poluição pelos esgotos domésticos. Os teores de OD, de 5,6 mg.L⁻¹ (E1), 5,8 mg.L⁻¹ (E6) e 6,2 mg.L⁻¹ (E7), estão em conformidade com a Resolução Conama n° 357/05, atribuídos à maior influência da água do mar. Em São Sebastião (E6), destacam-se a ausência de drenagem pluvial e saneamento adequado e as fossas sépticas.

Os valores de coliformes termotolerantes encontrados nas amostras das estações E3-E4 indicam não haver condições sanitária e de balneabilidade adequadas nas terceira e quarta praias de Morro de São Paulo, que conta com sistema de esgotamento sanitário (Tabela 5). Nessas estações, os níveis de OD estão em desacordo com a Resolução Conama n° 357/05 para as águas salinas e indicam perda da qualidade da água e risco à saúde. Os coliformes, especialmente a *Escherichia coli*, sugerem contaminação fecal recente, humana ou de outros endotérmicos, e a provável presença de bactérias patogênicas, vírus entéricos e outros (AMARAL *et al.*, 2005).

No entrono das estações amostrais E3-E4, situadas na ilha de Tinharé, pode ser verificada a presença de riachos fétidos, de cor escura, próximos às

piscinas nos recifes usadas pelos banhistas na baixa-mar. Conhece-se também a pressão e os impactos do turismo em relação ao uso das piscinas dos recifes em Moraré, na ilha de Boipeba. Os recifes coralíneos atuais da APA Tinharé-Boipeba estão em difícil estado de conservação, ainda que dominem espécies resistentes, por conta dos impactos do turismo, da pesca predatória e da poluição de fossas sépticas (ELLIFF; KIKUCHI, 2017). Os serviços fornecidos por recifes concentram-se nas áreas preservadas, como Garapuí e Velha Boipeba. Nessas áreas, os bosques de mangue são mais conspicuos e, às vezes, estão sobre recifes, no sistema recifes-mangue.

O Serviço Geológico do Brasil (1995) e Filgueiras (2016) realizaram pesquisas no âmbito da hidrogeoquímica na APA Tinharé-Boipeba. O crescimento de coliformes termotolerantes nas amostras variou entre < 2 (ausente) e $\geq 1,6 \times 10^3$ NMP/100 mL. Ocorreram restrições de potabilidade, segundo a Portaria n° 2.914/11 (BRASIL, 2011), para coliformes

Tabela 5 - Medidas de coliformes em águas superficiais de Morro de São Paulo, ilha de Tinharé.

| Pontos | Local | Tubos (+) | NMP | Tubos (+) | NMP |
|--------|--|-----------|---------|-----------|---------|
| PO1 | Córrego na Primeira Praia (E3) | 5 | > 16,00 | 5 | > 16,00 |
| PO2 | Água Superficial na Segunda Praia (E3) | 5 | > 16,00 | 5 | > 16,00 |
| PO3 | Córrego na Terceira Praia (E4) | 5 | > 16,00 | 5 | > 16,00 |
| PO4 | Córrego na Quarta Praia (E4) | 5 | > 16,00 | 5 | > 16,00 |
| PO5 | Água da Torneira (EMBASA) | 3 | 2,20 | 3 | 2,20 |

NMP: número mais provável.

Tabela 4 - Medidas das variáveis físico-químicas de água superficial de estuários e áreas costeiras da Bahia.

| Autor | Localização | pH | Temperatura (°C) | Salinidade (PSU) | OD (mg.L ⁻¹) |
|-------------------------------------|--|-----------|------------------|------------------|--------------------------|
| Presente Estudo | APA Tinharé-Boipeba | 7,20-8,20 | 27,70-31,60 | 36,60-37,00 | 1,10-6,20 |
| Santos (2002) | Enseada de Garapuí, ilha de Tinharé | 6,80-8,60 | 22,00-31,00 | 34,00-46,00 | 3,85-7,60 |
| Viana (2005) | Enseada de Garapuí, ilha de Tinharé | 6,70-8,60 | 23,40-30,20 | 34,00-46,00 | 6,33-8,43 |
| Viana (2005) | Estuário do Rio Garapuí, ilha de Tinharé | 6,30-7,79 | 23,20-31,60 | 2,00-31,00 | 3,74-6,50 |
| Almeida (2000) | Barra dos Carvalhos, ilha de Boipeba | 7,64-7,77 | 30,00-30,00 | 18,00-20,00 | 5,15-6,24 |
| Santana (2002) | Barra dos Carvalhos, ilha de Boipeba | 7,24-8,11 | 23,10-30,70 | 8,90-33,10 | 3,15-6,80 |
| Gama (2003) | Barra dos Carvalhos, ilha de Boipeba | 5,70-8,11 | 23,00-28,20 | 23,30-33,90 | 4,82-8,30 |
| Celino <i>et al.</i> (2014) | Estuário dos rios Una e Pardo | 5,80-10,3 | 25,00-30,00 | 0,50-30,00 | 5,70-10,80 |
| Quaglia (1993) | Canal de Taperoá, Taperoá | 7,60-8,47 | 22,50-30,90 | 24,70-34,70 | 4,80-8,30 |
| Gama (2003) | Estuário de Taperoá, Taperoá (Estuário) | 5,54-8,13 | 25,00-28,50 | 6,00-17,00 | 3,90-8,10 |
| Viana (2005) | Canal de Taperoá, Taperoá | 7,40-8,05 | 23,90-30,80 | 20,00-36,00 | 3,46-7,40 |
| CONAMA n° 357/2005 (Águas Salobras) | Classe 1 | 6,50-8,50 | - | 0,50-30,00 | > 6,00 |
| CONAMA 357/2005 (Águas Salinas) | Classe 1 | 6,50-8,50 | - | ≥ 30,00 | > 5,00 |

CONAMA: Conselho Nacional do Meio Ambiente; OD: oxigênio dissolvido.

totais e termotolerantes ($\geq 90\%$). Amaral *et al.* (2003), Colvara, Lima e Silva (2009), Nunes *et al.* (2010) e Daneluz e Tessari (2015) encontraram desafio higiênico-sanitário similar para águas de poços rasos e de fontes naturais.

As análises de OD e coliformes, mesmo preliminares, apontam desafios ao saneamento, em desacordo com as leis nº 12.305/2010 e nº 11.445/2007. Esse cenário exige consulta à comunidade e soluções técnicas que atendam aos modos de vida tradicionais, aos visitantes e aos interessados na APA. Segundo Cappi *et al.* (2012) e Martins Mendonça *et al.* (2017), o acesso à água potável pode reduzir a prevalência de doenças de veiculação hídrica, embora a ausência ou a irregularidade de monitoramento de mananciais limite a sua efetividade.

Nutrientes e metais tóxicos em folhas

A Tabela 6 mostra o resumo estatístico dos níveis foliares de metais investigados, em ordem decrescente: Zn > Cu > Cd > Pb. Houve teores abaixo do limite de detecção analítico para o Cu (E1, E4, E6-E7). O resultado do teste de Tukey-Kramer (ANOVA) sugeriu que os níveis dos metais Zn ($p = 0,2$), Cd ($p = 0,7$) e Pb ($p = 0,51$) não diferem entre as estações.

Os níveis foliares do Zn variaram entre 12,38 e 31,43 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, sendo considerados normais ao crescimento da planta e não tóxicos nas estações E2-E5 (Figura 3). Segundo Ernst, Verkleij e Schat (1992), o Zn constitui enzimas do metabolismo respiratório e da síntese de hormônios de crescimento, cuja deficiência interfere no desenvolvimento e na frutificação

e provoca microfilia. Os micronutrientes Zn e Cu apresentam relevância para a nutrição das plantas porque compõem enzimas que participam do crescimento vegetal (MALAVOLTA; VITTI; OLIVEIRA, 1997).

Os teores do Cu estiveram na faixa de normalidade proposta por Ross (1994), servindo ao crescimento das plantas nas estações E2, E3 e E8 (Figura 3). O Cu participa de síntese proteica, metabolismos enzimático e dos carboidratos, nas mitocôndrias e cloroplastos, cadeia transportadora de elétrons e lignificação da parede celular (PARVARESH *et al.*, 2011). A deficiência de Cu provoca a redução da altura da planta, o comprometimento da integridade foliar, como a clorose, necrose, dobramento do ápice foliar, e induz à perda de água e ao estresse.

Os níveis foliares do metal Cd oscilaram de 0,05 a 0,23 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, e as concentrações do Pb foram de 0,08 a 4,18 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ (Tabela 5), considerados não tóxicos às plantas. Os maiores níveis do Cd ocorreram nas estações E3, E4, E5 e E7, e os mais altos do Pb nas estações E2 e E9. Segundo Ignácio *et al.* (2005) e Epstein e Bloom (2006), a biogeoquímica da planta reflete a composição do substrato, as condições físico-químicas do ambiente e a presença de fontes.

Os teores foliares dos micronutrientes (Cu, Zn) e metais tóxicos (Cd e Pb) foram comparados a estudos realizados em outros bosques de mangue (Tabela 7). Os níveis foliares de Cu e Zn foram similares aos dados da literatura para a *Avicennia sp.*, exceto nas pesquisas realizadas por Ferreira (2002) na Baía de Aratu, BTS, Brasil, e por Einollahipeer,

Tabela 6 - Resumo estatístico dos resultados dos metais (Cu, Zn, Cd e Pb) nas folhas da *A. schaueriana*.

| Analitos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) | Normais ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (ROSS, 1994) | Tóxicos ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) (ROSS, 1994) | Tamanho | Mín.-Máx. | Mediana | Média \pm Erro padrão | CV (%) | Shapiro-Wilk (valor de p) |
|--|--|--|---------|-------------|---------|-------------------------|--------|---------------------------|
| Cu | 4-15 | 20-100 | 13 | 2,24-19,61 | 10,01 | 11,02 \pm 1,69 | 55 | 0,03 |
| Zn | 8-400 | > 400 | 30 | 11,54-31,47 | 16,97 | 18,53 \pm 0,99 | 29 | 0,01 |
| Cd | 0,002-0,8 | 5-30 | 30 | 0,05-0,23 | 0,15 | 0,15 \pm 0,01 | 28 | 0,61 |
| Pb | 1-10 | 30-300 | 30 | 0,08-1,84 | 0,3 | 0,46 \pm 0,01 | 88 | 0,01 |

CV: coeficiente de variação.

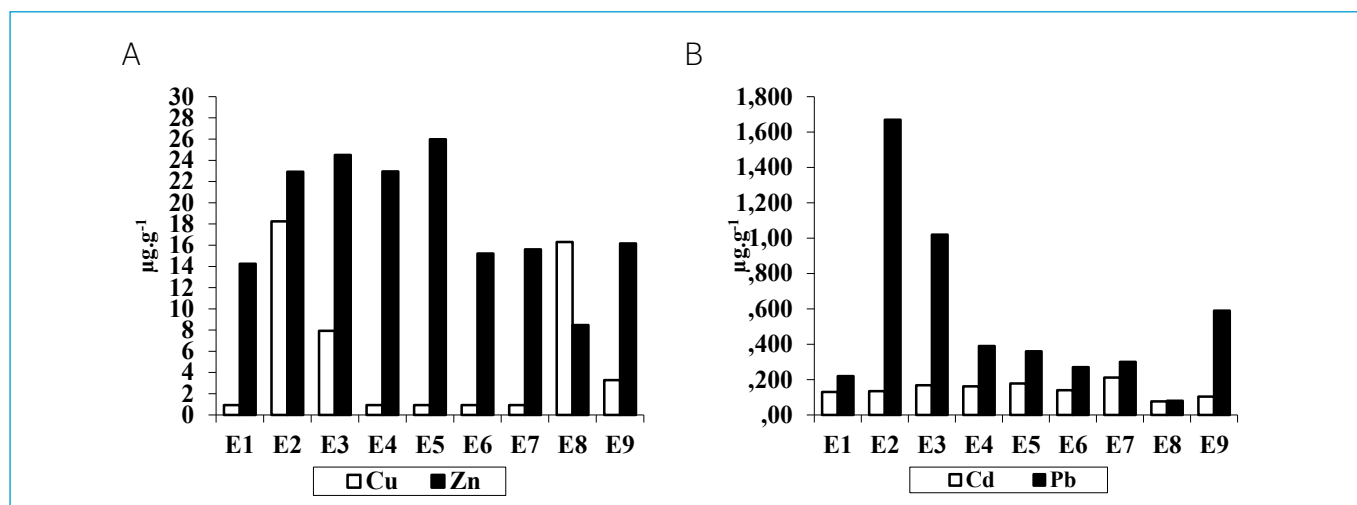


Figura 3 - Distribuição dos teores foliares de micronutrientes (Cu, Zn) e metais potencialmente tóxicos (Cd, Pb).

Tabela 7 - Níveis dos metais em folhas de mangue da área de proteção ambiental (APA) Tinharé-Boipeba e outros manguezais.

| Autor/Data | Espécie | Localização | Folhas ($\mu\text{g.g}^{-1}$) | | | | FC | | | |
|--|----------------------|--------------------------------|---------------------------------|-------|----------|--------|------|------|------|------|
| | | | Cu | Zn | Cd | Pb | Cu | Zn | Cd | Pb |
| Bosques de mangue brasileiros | | | | | | | | | | |
| Presente Estudo | <i>A. shaueriana</i> | Tinharé e Boipeba, Ba | 11,02 | 18,53 | 0,15 | 0,71 | 0,11 | 0,19 | 0,50 | 0,02 |
| Oliveira (2000) | <i>A. shaueriana</i> | Baía de Camamu, Ba | 6,80 | 21,76 | 0,69 | 9,03 | 0,37 | 0,34 | - | 0,10 |
| Araújo (2000) | <i>A. shaueriana</i> | Rio Itanhém, Ba | 6,76 | 12,98 | 0,37 | 1,97 | 0,77 | 2,39 | - | 1,97 |
| Brito (2006) | <i>A. shaueriana</i> | Valença, Ba | 6,93/13 | 20,57 | - | - | - | - | - | - |
| Cuzzuol e Campos (2001) | <i>A. shaueriana</i> | Rio Mucuri, Ba | 4,30 | 22,70 | - | - | 2,87 | 2,57 | - | - |
| Garcia <i>et al.</i> (2014) | <i>A. shaueriana</i> | Sul da Bahia, Ba | 1,68 | 11,22 | - | - | - | - | - | - |
| Santos (2013) | <i>A. shaueriana</i> | Madre de Deus, Ba | 3,90 | 10,76 | - | 0,11 | 0,40 | 0,86 | - | 0,03 |
| Garcia <i>et al.</i> (2008) | <i>A. shaueriana</i> | S.F.C; M. de Deus, Ba | 11,40 | 23,77 | 0,07 | 0,34 | 0,47 | 0,47 | 0,33 | 0,02 |
| Santos (1997); Barbosa (2000) | <i>A. shaueriana</i> | Rio Joanes, BTS, Bahia | 6,95 | 14,14 | 0,02 | 0,22 | 0,59 | 0,60 | - | 0,01 |
| Souza <i>et al.</i> (1996) | <i>A. shaueriana</i> | Ilha do Pati, Ba (BR) | 6,93 | 20,57 | - | - | 3,27 | 5,19 | - | - |
| Ferreira (2002) | <i>A. shaueriana</i> | Baía de Aratu, BTS (BA) | 22,39 | 42,88 | - | - | 1,52 | 1,14 | - | - |
| Bernini <i>et al.</i> (2006) | <i>A. germinans</i> | Rio São Mateus (ES) | 1,90 | 10,46 | 0,01 | 0,03 | 0,96 | 1,52 | - | - |
| Madi, Boeger e Reissmann (2015) | <i>A. shaueriana</i> | Antonina, Paraná (BR) | 1,40 | 12,70 | - | - | 0,88 | 1,43 | - | - |
| Madi, Boeger e Reissmann (2015) | <i>A. shaueriana</i> | Guaratuba Paraná (BR) | 2,70 | 16,90 | - | - | 0,35 | 3,12 | - | - |
| Ramos e Geraldo (2007) | <i>A. shaueriana</i> | Cubatão, São Paulo (BR) | 3,40 | 27,10 | 0,52 | LD | - | - | - | - |
| Machado <i>et al.</i> (2005) | <i>A. shaueriana</i> | Sudeste do Brasil | - | 37,00 | - | - | - | 0,04 | - | - |
| Lacerda <i>et al.</i> (1993) | <i>A. shaueriana</i> | Baía de Sepetiba (RJ) | 12,4 (7,3) | 31/14 | 2,80 | 17,80 | 0,59 | 0,05 | - | - |
| Lacerda <i>et al.</i> (1986) | <i>A. shaueriana</i> | Costa Sudeste do Brasil | 11,00 | 43,00 | - | 24,00 | - | - | - | - |
| Bosques de mangue em diversas parte do mundo | | | | | | | | | | |
| Peng, Wenjian e Zhenji (1997) | <i>A. marina</i> | Shenzhen, China | 4,98 | 22,80 | 0,26 | 2,01 | 0,13 | 0,20 | 1,87 | 0,07 |
| Che, He e Lin (2003) | <i>A. marina</i> | Ting Kok, Hong Kong | 16,00 | 15,00 | - | 8,00 | 1,26 | 0,28 | - | 0,24 |
| Zahir, Naqvi e Zehra (2004) | <i>A. marina</i> | Karachi, Paquistão | 3,2-14 | 10-19 | - | 11-23 | 0,27 | 0,29 | - | 0,36 |
| MacFarlane e Burchett (2002) | <i>A. marina</i> | Port Jackson, SE, Austrália I | 24,80 | 22,10 | - | 3,50 | 0,40 | 0,15 | - | 0,02 |
| MacFarlane e Burchett (2002) | <i>A. marina</i> | Port Jackson, SE, Austrália II | 10,70 | 35,50 | - | 8,90 | 0,10 | 0,10 | - | 0,02 |
| MacFarlane e Burchett (2002) | <i>A. marina</i> | Hawkesbury, SE, Austrália | 3,20 | 14,30 | - | 1,70 | 0,17 | 0,15 | - | 0,06 |
| MacFarlane e Burchett (2002) | <i>A. marina</i> | Port Hacking, SE, Austrália | 3,20 | 34,30 | - | 0,10 | 2,91 | 3,33 | - | 0,04 |
| MacFarlane, Pulkownik e Burchett (2003) | <i>A. marina</i> | Port Hacking, SE da Austrália | 9,00 | 25,00 | - | 5,00 | 0,15 | 0,10 | - | 0,05 |
| Parvaresh <i>et al.</i> (2010) | <i>A. marina</i> | Sirik Azini Creek, Irã | 10,63 | 18,91 | 0,93 | 8,06 | 0,40 | 0,21 | 0,04 | 0,16 |
| Kamauzzan <i>et al.</i> (2011) | <i>A. marina</i> | Pahang, Malásia | 4,13 | - | - | 5,93 | - | - | - | 0,59 |
| Kumar <i>et al.</i> (2011) | <i>A. marina</i> | Gujarat, Índia | - | 11,24 | 2,40 | 48,64 | - | 2,89 | 5,71 | 0,84 |
| Keshavarz <i>et al.</i> (2012) | <i>A. marina</i> | Oman, Irã | - | - | 0,005 | 8,21 | 0,40 | 0,22 | 0,04 | 0,16 |
| Lotfinasabasi e Gunale (2012) | <i>A. marina</i> | Alibaug, Maharashtra, Índia | 43,19 | - | 24,34 | - | 0,57 | - | 3,83 | - |
| Abohasson <i>et al.</i> (2013) | <i>A. marina</i> | Sea Cosat of Saudi Arabia* | 4,17 | 4,23 | 0,01 | 0,57 | 1,00 | 1,51 | 0,50 | 1,07 |
| Einollahipeer, Khammar e Sabaghzadeh (2013) | <i>A. marina</i> | Ilha Qeshm | 37,73 | 33,83 | - | 0,84 | 0,89 | 0,77 | - | 0,02 |
| Chakraborty <i>et al.</i> (2013) | <i>A. officinals</i> | Estuário da Costa Hooly, Índia | 22,77 | 9,17 | - | 2,40 | - | - | - | - |
| Pakzadtoochaei (2013) | <i>A. marina</i> | Mar de Omã (Golfo Gwater), Irã | 8,26 | 12,33 | 0,42 | - | 0,39 | 0,27 | - | 0,60 |
| Pakzadtoochaei (2013) | <i>A. marina</i> | Baía de Kharchana, Irã | 7,74 | 22,78 | 0,37 | - | 0,90 | 0,60 | - | 1,68 |
| Almahasheer <i>et al.</i> (2014) | <i>A. marina</i> | Baía de Tarut, Arábia Saudita | 107,22 | 3,62 | 0,01 | 0,15 | - | - | - | - |
| Mendhulkar <i>et al.</i> (2015) | <i>A. officinals</i> | Mumbai, Índia | 0,034 | 0,196 | 0,013 | 0,03 | 0,02 | 0,04 | 0,56 | 0,03 |
| Kannan <i>et al.</i> (2016) | <i>A. marina</i> | Costa Leste da Índia | 5,19 | 0,59 | 1,44 | 3,36 | 0,20 | 0,17 | 0,27 | 0,62 |
| Abou Seedo <i>et al.</i> (2017) | <i>A. marina</i> | Baía de Tubli, Bahrain | 18,40 | 41,10 | - | - | 0,65 | 0,92 | - | - |
| Negi <i>et al.</i> (2017) | <i>A. marina</i> | Caster Road Greek (poluída) | 61,30 | 48,40 | - | 8,75 | 0,79 | 0,78 | - | 0,41 |
| Negi <i>et al.</i> (2017) | <i>A. marina</i> | Naigaon (não poluída) | 25,70 | 13,20 | - | 5,05 | 0,62 | 0,31 | - | 0,35 |
| Martuti <i>et al.</i> (2017) | <i>A. marina</i> | Tapak Tugurejo, Indonésia | 1,86 | - | - | - | 0,10 | - | - | - |
| Epstein (1965); Hopkins (2000) | | Teores ótimo | 6 | 20 | - | - | - | - | - | - |
| Ross (1994) | | Teores normais | 4-15 | 8-400 | 0,02-0,8 | 1-10 | - | - | - | - |
| | | Teores tóxicos | 20-100 | > 400 | 5-30 | 30-300 | - | - | - | - |

A: *Avicennia*; - metais não investigados na pesquisa; FC: fator de concentração.

Khammar e Sabaghzadeh (2013) em áreas impactadas por atividades de mineração, industriais e portuária, na Ilha de Qeshm, no Irã. Os níveis foliares dos metais Cd e Pb foram similares aos obtidos em áreas mangue não poluídas ou com teores subtóxicos. Diferem dos níveis de áreas de mangue poluídas, revelados por Oliveira (2000), Sadiq e Zaidi (1994), Parvaresh et al. (2011) e Kumar et al. (2011).

De acordo com Salisbury e Ross (1992), Lacerda (1998) e Oliveira (2000), o fator de concentração (FC) é calculado pela razão entre os teores metais nas folhas e seus conteúdos disponíveis no substrato. Na área de estudo, o FC foi estimado com base nos teores de metais do folheto padrão, definido por Turekian e Wedepohl (1961). Os valores do FC de 0,11 (Cu), 0,19 (Zn), 0,05 (Cd) e 0,02 (Pb) foram similares aos teores de outros manguezais (Tabela 7). Segundo MacFarlane e Burchett (2002) e Machado et al. (2008), os elementos-traço acumulam-se preferencialmente nas raízes quando os valores do FC são comumente inferiores a 1, dificultando, nessa condição, que os metais sejam translocados até as folhas por conta de mecanismos ecológico-evolutivos de redução da absorção.

CONCLUSÕES

As análises físico-químicas e microbiológicas das águas costeiras revelaram desafios para o saneamento básico quanto à disposição dos

resíduos sólidos, ao esgotamento sanitário e à qualidade das águas. Exigem consulta à comunidade e soluções técnicas compatíveis com os modos de vida tradicionais e os usos da natureza na Tinharé-Boipeba. O controle da qualidade da água deve ser universal e merece a atenção de autoridades sanitárias e de saúde pública.

Os usos dos espaços costeiros da APA, a exemplo das praias, restingas, recifes e manguezais, precisam ser compreendidos na perspectiva dos conflitos socioambientais entre modos de vida tradicionais e o modelo de desenvolvimento centrado na expansão urbana, no turismo de massa e nas petrolíferas. Espera-se a atualização do plano de manejo, a reorientação do saneamento e o planejamento ambiental do turismo na perspectiva do gerenciamento costeiro integrado, atento à proteção dos modos de vida tradicionais e à conservação da biodiversidade.

Nesta pesquisa, as alterações na área e na integridade foliar podem ser atribuídas à ação de um estressor diferente dos investigados, como os aspectos ecológico-evolutivos da herbivoria. Observou-se níveis foliares dos elementos-traço normais ou não tóxicos nas estações amostrais da APA Tinharé-Boipeba, que foram similares aos teores foliares encontrados para espécies de mangue do gênero *Avicennia* em manguezais não poluídos no Brasil e no mundo. Sugere-se pesquisa interdisciplinar dos elementos-traço nos solos-sedimentos, água e biota.

REFERÊNCIAS

- ABOHASSAN, R.A. (2013) Heavy metal pollution in *Avicennia marina* Mangrove systems on the Red Sea Coast of Saudi Arabia. *Journal of King Abdulaziz University*, v. 24, n. 1, p. 35-52. <http://doi.org/10.4197/Met.24-1.3>
- ABOU SEEDO, K.; ABIDO, M.S.; SALIH, A.A.; ABAHUSSAIN, A. (2017) Assessing heavy metals accumulation in the leaves and sediments of urban mangroves (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.) in Bahrain. *International Journal of Ecology*, v. 24, n. 1, p. 35-52. <http://doi.org/10.1155/2017/3978216>
- ALENCAR, C.M.M. (2011) Tensões entre pesca, turismo e exploração de gás reconfigurando ruralidade na ilha de Boipeba-BA. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 23, p. 149-166. <http://dx.doi.org/10.5380/dmav23i0.19578>
- ALMAHASHEER, H.B.; AL-TAISAN, W.A.; MOHAMED, M.K. (2014) Metals accumulation in grey mangrove (*avicennia marina* (forsk.) vierh.) inhabiting tarut bay, eastern Saudi Arabia. *Journal of Agricultural Science*, v. 6, n. 1, p. 137-149. <http://dx.doi.org/10.5539/jas.v6n1p137>
- ALMEIDA, M.R. (2000) *Avaliação de parâmetros hidrológicos em áreas relacionadas ao cultivo de camarões marinhos em gaiolas flutuantes*. 64f. Monografia (Graduação) – Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- AMARAL, L.A.; NADER FILHO, A.; ROSSI JUNIOR, O.D.; FERREIRA, F.L.A.; BARROS, L.S.S. (2003) Água de consumo humano como fator de risco à saúde em propriedades rurais. *Revista de Saúde Pública*, v. 37, n. 4, p. 510-514. <https://doi.org/10.1590/S0034-89102003000400017>
- AMARAL, L.A.; ROSSI JR., O.D.; NADER FILHO, A.; SOUZA, M.C.I. de; ISA, H. (2005) Água utilizada em suinocultura como fator de risco à saúde humana e animal. *Arquivos Veterinária*, Jaboticabal, v. 21, n 1, p. 41-46. <http://dx.doi.org/10.15361/2175-0106.2005v21n1p41-46>
- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA); AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA); WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF). (1995) *Standard methods for examination of water and wastewater*. 19. ed. Washington, DC.: APHA.
- ANDRADE, A.C.S.; DOMINGUEZ, J. M. L. (2002) *Informações Geológico-Geomorfológicas como Subsídios à Análise Ambiental: O Exemplo da Planície Costeira de Caravelas - Bahia*, in Boletim Paranaense de Geociências. Curitiba: Editora UFPR.
- ARAÚJO, B.R.N. (2000) *Diagnóstico geoambiental de zonas de manguezal do estuário do rio Itanhém, município de Alcobaça: região do extremo sul do Estado da Bahia*. 159f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

- BARBOSA, J.S.F.; DOMINGUEZ, J.M.L. (Coords.) (1996) *Texto Explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia*. Escala 1:1.000.000. Salvador: SGM/PPPG/FAPEX. 295 p.
- BARBOSA, M.C.F. (2000) *Caracterização dos manguezais do estuário do rio Joanes - Lauro de Freitas - BA*. 68f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- BERNINI, E.; SILVA, M.A.B.; CARMO, T.M.S.; CUZZUOL, G.R.F. (2006) Composição química do sedimento e de folhas das espécies do manguezal do estuário do Rio São Mateus, Espírito Santo, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 29, n. 4, p. 689-699. <https://doi.org/10.1590/S0100-84042006000400018>
- BRASIL. (1995) *Projeto Ilhas de Tinharé e Boipeba, Área de Proteção Ambiental*. Etapa I. Diagnóstico Ambiental. Salvador: Companhia de Desenvolvimento da Região Metropolitana de Salvador (CONDER); Centro de Recursos Ambientais (CRA); Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM). v. 2. 149 p.
- BRASIL. (2005). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- BRASIL. (2010) Ministério do Meio Ambiente. Lei nº 12.305, de 2 de agosto 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS); altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- BRASIL. (2011) Ministério da Saúde. Portaria nº 2.914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. *Diário Oficial da União*, Brasília.
- BRITO, M.E.B. (2006) *Estudos biogeoquímicos no manguezal da região estuarina de Valença - Bahia*. 172f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- CAPPI, N.; AYACH, L.R.; SANTOS, T.M.B.; LIMA GUIMARÃES, S.T. (2012) Qualidade da água e fatores de contaminação de poços rasos na área urbana de Anastácio (MS). *Geografia Ensino & Pesquisa*, v. 16, n. 3, p. 77-92. <https://doi.org/10.5902/223649947581>
- CELINO, J.J.; ESCOBAR, N.F.C.; HADLICH, G.M.; NASCIMENTO, R.A.; QUEIROZ, A.F.S. (2014) Geoquímica de água superficial nos baixos cursos dos rios Una, Pardo e Jequitinhonha, sul da Bahia. In: CELINO, J.J.; HADLICH, G.M.; QUEIROZ, A.F.; OLIVEIRA, O.M.C. (orgs.). *Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade*. Salvador: EDUFBA. p. 63-76.
- CHAKRABORTY, D.; BHAR, S.; MAJUMDAR, J.; SANTRA, S.C. (2013) Heavy metal pollution and phytoremediation potential of *Avicennia officinalis* L. in the southern coast of the Hoogly estuarine system. *International Journal of Environmental Science*, v. 3, n. 6, p. 2291-2303. <http://doi.org/10.6088/ijes.2013030600045>
- CHAPMAN, P.M.; WANG, F. (2001) Assessing sediment contamination in estuaries. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 20, n. 1, p. 3-22.
- CHE, Y.; HE, Q.; LIN, W.Q. (2003) The distributions of particulate heavy metals and its indication to the transfer of sediments in the Changjiang Estuary and Hangzhou Bay, China. *Marine Pollution Bulletin*, v. 46, n. 1, p. 123-131. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(02\)00355-7](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(02)00355-7)
- COLVARA, J.G.; LIMA, A.S.; SILVA, W.P. (2009) Avaliação da contaminação de água subterrânea em poços artesianos no sul do Rio Grande do Sul. *Brazilian Journal of Food Technology*, Campinas, v. 2, p. 11-14.
- CUZZUOL, G.R.F.; CAMPOS, A. (2001) Aspectos nutricionais na vegetação de manguezal do estuário do Rio Mucuri, Bahia, Brasil. *Revista Brasileira de Botânica*, v. 24, n. 2, p. 227-234. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-84042001000200013>
- DANELUZ, D.; TESSARO, D. (2015) Padrão físico-químico e microbiológico da água de nascentes e poços rasos de propriedades rurais da região sudoeste do Paraná. *Arquivos do Instituto Biológico*, v. 82, p. 1-5. <http://dx.doi.org/10.1590/1808-1657000072013>
- DIAS, H.Q.; NAYAK, G.N. (2016) Geochemistry and bioavailability of mudflats and mangrove sediments and their effect on bioaccumulation in selected organisms within a tropical (Zuari) estuary, Goa, India. *Marine Pollution Bulletin*, v. 105, n. 1, p. 227-236. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.02.026>
- DOMINGUEZ, J.M.L.; CORREA-GOMES, C. (2006) *Projeto Costa do Dendê*. Salvador: Convênio CBPM/UFBA/CPGG. 220 p.
- EINOLLAHIPEER, F.; KHAMMAR, S.; SABAGHZADEH, S. (2013) A study on heavy metal concentration in sediment and mangrove (*Avicennia marina*) tissues in Qeshm island, Persian Gulf. *Journal of Novel Applied Sciences*, v. 2, n. 10, p. 498-504.
- ELLIFF, C.I.; KIKUCHI, R.K. (2017) Ecosystem services provided by coral reefs in a Southwestern Atlantic Archipelago. *Ocean & Coastal Management*, v. 136, p. 49-55. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2016.11.021>
- EPSTEIN, E.; BLOOM, A.J. (2006) *Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas*. Londrina: Planta. 403p.
- EPSTEIN, P. (1965) Mineral metabolism. In: BONNER, J.; VARNER, J.E. (orgs.). *Plant biochemistry*. Londres: Academic Press. p. 438-466.
- ERNST, W.H.O.; VERKLEIJ, J.A.C.; SCHAT, H. (1992) Metal tolerance in plants. *Acta Botanica Neerlandica*, v. 41, n. 3, p. 229-248. <https://doi.org/10.1111/j.1438-8677.1992.tb01332.x>
- FERREIRA, L.M.S.L. (2002) *Modificação na composição química e anatomia da folha de Avicennia schaueriana Stapf e Leechman do manguezal da Baía de Aratu e Baía de Iguape - Baía de Todos os Santos - BA*. 58f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- FIDELMAN, P.I.J. (2001) Manguezais do rio Santana, Ilhéus, Bahia: caracterização do sistema. *Revista de Estudos Ambientais*, v. 3, n. 1, p. 86-94.

- FIDELMAN, P.I.J. (2002) Diagnóstico Ambiental como subsídio ao Gerenciamento Costeiro Integrado. *Gerenciamento Costeiro Integrado*, v. 2, p. 25-26. Disponível em: <<https://www.aprh.pt/rgci/>>. Acesso em: 20 ago. 2010.
- FILGUEIRAS, C.M. (2016) *Caracterização hidrogeoquímica das águas subterrâneas da Ilha de Boipeba litoral da Bahia, Brasil*. 116f. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- GAMA, L.B. (2003) *Avaliação do cultivo da ostra de mangue Crassostrea rhizophorae Guilding 1828 (mollusca, ostreidae) em duas localidades no baixo-sul baiano*. 45f. Monografia (Graduação) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- GARCIA, K.S.; NERY, A.L.; ANUNCIACAO, D.S.; ARAÚJO, B.R.N. (2014) Biogeoquímica das folhas de Avicennia e a qualidade ambiental de manguezais nos rios Una, Pardo e Jequitinhonha. In: QUEIROZ, A.F.S.; CELINO, J.J. (orgs.). *Avaliação de ambientes costeiros da região sul da Bahia: geoquímica, petróleo e sociedade*. Salvador: EDUFBA. v. 1. p. 113-131.
- GARCIA, K.S.; OLIVEIRA, O.M.C.; ARAÚJO, B.R.N. (2008) Biogeoquímica de Folhas de Avicennia schaueriana Stapf & Leechman na área norte da Baía de Todos os Santos. In: QUEIROZ, A.F.S.; CELINO, J.J. (orgs.). *Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos*. Salvador: EDUFBA. v. 1. 298 p. p. 213-232.
- GONÇALVES, M.V.P. (2010) *Análise de Plantas de Mangue como Bioindicadoras da Qualidade Ambiental nas Ilhas de Tinharé e Boipeba*. 144f. Dissertação (Mestrado) – Superintendência de Pesquisa e Extensão, Universidade Católica do Salvador, Salvador.
- HOPKINS, W.G. (2000) *Introduction to plant physiology*. 2. ed. Nova York: John Wiley & Sons. 512 p.
- HU, S., LUO, T.; JING, C. (2013) Principal component analysis of fluoride geochemistry of groundwater in Shanxi and Inner Mongolia, China. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 135, p. 124-129. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2012.08.013>
- IGNÁCIO, G.M.; DOMINGUES, D.; LANA, P.C.; CARRILHO, J.C. (2005) Variação nos níveis de herbivoria foliar em dois manguezais da baía de Paranaguá (Paraná - Brasil). *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, v. 9, n. 2, p. 1-4. <https://doi.org/10.14210/bjastv9n2p1-4>
- INDA, H.A.V.; BARBOSA, J.F. (1978) *Texto explicativo para o mapa geológico do estado da Bahia: Escala 1:1.000.000*. Salvador: Governo do Estado da Bahia, Secretaria das Minas e Energia.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2004) *Mapa de Biomas do Brasil*. Rio de Janeiro: IBGE. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: set. 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). (2010) Dados do Censo demográfico 2010. *Diário Oficial da União*.
- KAMARUZZAMAN, B.Y.; RINA SHARLINDA, M.Z.; AKBAR JOHN, B.; WAZNAH, A. (2011) Accumulation and Distribution of Lead and Copper in Avicennia marina and Rhizophora apiculata from Balok Mangrove Forest, Pahang, Malaysia. *Sains Malaysiana*, v. 40, n. 6, p. 555-560.
- KANNAN, N.; THIRUNAVUKKARASU, N.; SURESH, A.; RAJAGOPAL, K. (2016) Analysis of heavy metals accumulation in mangroves and associated mangroves species of Ennore mangrove ecosystem, east coast India. *Indian Journal of Science and Technology*, v. 9, n. 46, p. 1-12. <https://doi.org/10.17485/ijst/2016/v9i46/101551>
- KESHAVARZ, M.; MOHAMMADIKIA, D.; GHARIBPOUR, F.; DABBAGH, A.R. (2012) Accumulation of heavy metals (Pb, Cd, V) in sediment, roots and leaves of mangrove species in Sirik Creek along the sea coasts of Oman, Iran. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, v. 16, n. 4, p. 323-326.
- KÖPPEN, W. (1948). *Climatologia tradicional*. México: Fondo de Cultura Económica.
- KUMAR, I.N.; SAJISH, P.R.; KUMAR, R.N.; BASIL, G.; SHAILENDRA, V. (2011) An Assessment of the Accumulation Potential of Pb, Zn and Cd by Avicennia marina (Forssk.) Vierh. in Vamleshwar Mangroves, Gujarat, India. *Notulae Scientia Biologicae*, v. 3, n. 1, p. 323-326. <https://doi.org/10.15835/nsb315593>
- LACERDA, L.D. (1998) Trace Metals Biogeochemistry and Diffuse Pollution in Mangrove Ecosystems. *Ecosystems Occasional Papers*, v. 2, p. 1-61.
- LACERDA, L.D.; CARVALHO, C.E.V.; TANIZAKI, K.F.; OVALLE, A.R.C.; REZENDE, C.E. (1993) The biogeochemistry and trace metals distribution of mangrove rizospheres. *Biotropica*, v. 25, n. 3, p. 252-257. <https://doi.org/10.2307/2388783>
- LACERDA, L.D.; REZENDE, C.E.; JOSÉ, DV.; FRANCISCO M.C. (1986) Metallic composition of mangrove leaves from the southeastern Brazilian coast. *Revista Brasileira de Biologia*, v. 46. p. 395-399.
- LOTFINASABASL, S.; GUNALE, V.R. (2012) Studies on heavy metals bioaccumulation potential of mangrove species, Avicennia marina. *International Journal of Engineering Science and Technology*, v. 4, n. 10, p. 4411-21.
- MACFARLANE, G.R.; BURCHETT, M.D. (2002) Toxicity, growth and accumulation relationships of copper, lead and zinc in the Grey Mangrove Avicennia marina (Forsk.) Veirh. *Marine Environmental Research*, v. 54, n. 1, p. 65-84. [https://doi.org/10.1016/S0141-1136\(02\)00095-8](https://doi.org/10.1016/S0141-1136(02)00095-8)
- MACFARLANE, G.R.; PULKOWNIK, A.; BURCHETT, M.D. (2003) Accumulation and distribution of heavy metals in the grey mangrove, Avicennia marina (Forsk.) Vierh.: biological indication potential. *Environmental Pollution*, v. 123, n. 1, p. 139-151. [https://doi.org/10.1016/S0269-7491\(02\)00342-1](https://doi.org/10.1016/S0269-7491(02)00342-1)
- MACHADO, W.; GUEIROS, B.B.; LISBOA-FILHO, S.D.; LACERDA, L.D. (2005) Trace metals in mangrove seedlings: role of iron plaque formation. *Wetlands Ecology and Management*, v. 13, n. 2, p. 199-206. <https://doi.org/10.1007/s11273-004-9568-0>
- MACHADO, W.; SANTELLI, R.E.; LOUREIRO, D.D.; OLIVEIRA, E.P.; BORGES, A.C.; MA, V.K.; LACERDA, L.D. (2008) Mercury accumulation in sediments along an eutrophication gradient in Guanabara Bay, Southeast Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, v. 19, n. 3, p. 569-575. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532008000300028>

- MADI, A.P.L.M.; BOEGER, M.R.T.; REISSMANN, C.B. (2015) Distribution of Cu, Fe, Mn, and Zn in Two Mangroves of Southern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 58, n. 6, p. 970-976. <https://doi.org/10.1590/S1516-89132015060255>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. de. (1997) *Avaliação nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS. 319 p.
- MARTINEZ-ALIER, J. (2004) Los conflictos ecológico-distributivos y los indicadores de sustentabilidad. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, v. 1, p. 21-30.
- MARTINS MENDONÇA, M.H.; ROSENO, M.A.M.; CACHOEIRA, T.R.L.; SILVA, A.F.S.; JÁCOME, P.R.L.A.; JÁCOME JUNIOR, A.T. (2017) Análise bacteriológica da água de consumo comercializada por caminhões-pipa. *Revista Ambiente e Água*, v. 12, n. 3, p. 468-475. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1934>
- MARTUTI, N.K.T.; WIDIANARKO, B.; YULIANTO, B. (2017) Translocation and Elimination of Cu in *Avicennia marina*. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*, v. 40, n. 2, p. 285-294.
- MENDHULKAR, V.D.; YERAGI, L.A.; PREETI, P. (2015) ICP-AAS analysis for heavy metals in *Avicennia officinalis*. *International Journal of Research in Environmental Science and Technology*, v. 5, n. 1, p. 35-7.
- NEGI, S. (2017) Study of physicochemical parameters and heavy metal accumulation in soil sediment and leaves of *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh. *International Journal of Applied Environmental Sciences*, v. 12, n. 6, p. 1241-1248.
- NUNES, A.P.; LOPES, L.G.; PINTO, F.R.; AMARAL, L.A. (2010) Qualidade da água subterrânea e percepção dos consumidores em propriedades rurais. *Nucleus*, v. 2, n. 2, p. 95-104.
- OLIVEIRA, J.A.D.; CAMBRAIA, J.; CANO, M.A.O.; JORDÃO, C.P. (2001) Absorção e acúmulo de cádmio e seus efeitos sobre o crescimento relativo de plantas de aguapé e de salvinia. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, v. 13, n. 3, p. 329-341. <https://doi.org/10.1590/S0103-3132001000300008>
- OLIVEIRA, O.M.C. de. (2000) *Diagnóstico Geoambiental em zonas de manguezal da Baía de Camamu-BA*. 249f. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal Fluminense, Niterói.
- PAIXÃO, L.H.C. (2015) *Atividade pesqueira no mundo rural contemporâneo do município de Cairu/Ba*. 207f. Dissertação (Mestrado) - Superintendência de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade Católica do Salvador, Salvador.
- PAKZADTOOCHAEI, S. (2013) Comparing the concentration of heavy metals (Cd, Cu, Ni and Zn) in the sediment and different tissues of *avicennia marina* in Iranian coasts of the Oman Sea. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, v. 4, n. 3, p. 561-569.
- PARVARESH, H.; ABEDI, Z.; FARSHCHI, P.; KARAMI, M.; KHORASANI, N.; KARBASSI, A. (2011) Bioavailability and concentration of heavy metals in the sediments and leaves of grey mangrove, *Avicennia marina* (Forsk.) Vierh, in Sirik Azini Creek, Iran. *Biological Trace Element Research*, v. 143, n. 2, p. 1121-1130. <https://doi.org/10.1007/s12011-010-8891-y>
- PEDRÃO, F. (2009) *Economia, política e poder na periferia globalizada*. Salvador: JusPodium.
- PELLEGRINI, J.A.C. (2010) *Vulnerabilidade socioambiental dos manguezais de Guarapuá, Cairu/BA frente à inserção da indústria petroleira*. 259f. Tese (Doutorado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro.
- PENG, L.; WENJIAN, Z.; ZHENJI, L. (1997) Distribution and accumulation of heavy metals in *Avicennia marina* community in Shenzhen, China. *Journal of Environmental Sciences (China)*, v. 9, n. 4, p. 472-479.
- QUAGLIA, L.J.C. (1993) *Estudo da qualidade da água no canal de Taperoá (Valença-Ba). Implicações na carcinicultura marinha*. 101f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- RAMOS, M.G.; GERALDO, L.P. (2007) Avaliação das espécies de plantas *Avicennia schaueriana*, *Laguncularia racemosa* e *Rhizophora mangle* como bioindicadoras de poluição por metais pesados em ambientes de mangues. *Engenharia Sanitária e Ambiental*, v. 12, n. 4, p. 440-445. <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-41522007000400011>
- REBOUÇAS, R.C. (2006) *Biografia das areias da Costa do Dendê: um estudo da composição das areias de praia entre os rios Jequiçá e Tijupe*. 75f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- ROSS, S.M. (1994) *Toxic metals in soil-plant systems*. Nova York: John Wiley e Sons. 484 p.
- SACHS, I. (2000) *Caminhos para o desenvolvimento sustentável*. Rio de Janeiro: Garamond, 2000. 96 p. (Coleção Idéias Sustentáveis.)
- SADIQ, M.; ZAIDI, T.H. (1994) Sediment composition and metal concentrations in mangrove leaves from the Saudi coast of the Arabian Gulf. *Science of the Total Environment*, v. 155, n. 1, p. 1-8. [https://doi.org/10.1016/0048-9697\(94\)90356-5](https://doi.org/10.1016/0048-9697(94)90356-5)
- SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. (1992) *Plant physiology*. 4. ed. Belmont: Wadsworth.
- SANTANA, C.F. (2002) *Interações e dinâmica de parâmetros físico-químicos na área estuarina de Barra dos Carvalhos, Bahia: Importância para o cultivo de camarões em gaiolas*. 18f. Monografia (Graduação) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- SANTOS, A.L.F. (1997) *Manguezais do estuário do rio Joanes-Lauro de Freitas-Bahia, estudos de caracterização geoquímica como subsídios para um gerenciamento ambiental adequado*. 226f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- SANTOS, L. (2002) *Caracterização hidrológica e produtividade primária da baía de Garapuá (Cairu-BA): um subsídio à pesquisa sobre a capacidade de recarga do ambiente*. 106f. Monografia (Graduação) - Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- SANTOS, L.O. (2013) *Disponibilidade de elementos químicos em apícuos e em sedimentos e folhas de manguezais no município de Madre de Deus, Bahia, Brasil*. 95f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

- SCHAEFFER-NOVELLI, Y. (1995) *Manguezal: ecossistema entre a terra e o mar*. São Paulo: Caribbean Ecological Research. 64 p.
- SILVA, I.R.; NASCIMENTO, H.M.; REBOUÇAS, R.C. (2009) Avaliação da Sensibilidade ambiental das praias localizadas no arquipélago Tinharé/Boipeba, litoral sul do estado da Bahia. *Geociências*, São Paulo, v. 28, n. 2, p. 193-201.
- SILVA, I.R.; SILVA, S.B.M. (2007) Caracterização geo-ambiental e de ocupação das praias da costa do dendê, litoral sul do estado da Bahia. *Geosul*, v. 22, n. 44, p. 27-46.
- SOUZA, H.F.; GUEDES, M.L.S.; OLIVEIRA, S.S.; SANTOS, E.S. (1996) Alguns aspectos fitossociológicos e nutricionais do manguezal da Ilha de Pati, Bahia, Brasil. *Sitientibus*, v. 15, p. 151-165.
- SUPERINTENDÊNCIA DE ESTUDOS ECONÔMICOS (SEI). (2014) Cairu. In: SEI. *Estatísticas dos Municípios Baianos*. Salvador: SEI. v. 4. p. 37-55.
- TUREKIAN, K.K.; WEDEPOHL, K.H. (1961) Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. *Geological Society of America Bulletin*, v. 72, n. 2, p. 175-192. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1961\)72\[175:DOTEIS\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1961)72[175:DOTEIS]2.0.CO;2)
- VIANA, J.C.C. (2005) *Produtividade primária em ecossistemas aquáticos estuarino e costeiro na área de proteção ambiental Tinharé-Boipeba (Bahia-Brasil)*. 139f. Monografia (Graduação) - Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- ZAHIR, E.; NAQVI, I.I.; ZEHRA, I. (2004) Spatial and temporal variation of heavy metals in mangrove and sediment along Karachi coastal areas. *Journal of Saudi Chemical Society*, v. 8, p. 197-202.
- ZHANG, Z. W.; XU, X. R.; SUN, Y. X.; YU, S.; CHEN, Y. S.; PENG, J. X. (2014) Heavy metal and organic contaminants in mangrove ecosystems of China: a review. *Environmental science and pollution research*, v. 21, n. 20, p. 11938-11950. doi:10.1007/s11356-014-3100-8