



**CENTRO UNIVERSITÁRIO VILA VELHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
ECOSSISTEMAS**

Dissertação de Mestrado

**BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS EM *Amphimedon viridis*
(DUCHASSAING E MICHELOTTI, 1864) COM OCORRÊNCIA EM
HABITATS COSTEIROS BENTÔNICOS DA REGIÃO DA GRANDE
VITÓRIA, ES**

RONAN PEREIRA GARCIAS MOREIRA

**VILA VELHA
MARÇO DE 2011**



CENTRO UNIVERSITÁRIO VILA VELHA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE
ECOSSISTEMAS

Dissertação de Mestrado

BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS EM *Amphimedon viridis*
(DUCHASSAING E MICHELOTTI, 1864) COM OCORRÊNCIA EM
HABITATS COSTEIROS BENTÔNICOS DA REGIÃO DA GRANDE
VITÓRIA, ES

Dissertação apresentada ao Centro Universitário Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do título de Mestre em Ecologia.

RONAN PEREIRA GARCIAS MOREIRA

Orientador:

Prof. Dr. Werther Krohling

Co-orientador:

Prof^a. Dr^a. Denise Coutinho Endringer

CENTRO UNIVERSITÁRIO VILA VELHA (UVV)
VILA VELHA
MARÇO DE 2011

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

M838b Moreira, Ronan Pereira Garcias.

Bioacumulação de metais pesados em *Amphimedon viridis* (Duchassaing & Michelotti, 1864) com ocorrência em habitats costeiros bentônicos da região da Grande Vitória, ES / Ronan Pereira Garcias Moreira. – 2011.

40 f. : il.

Orientador: Prof. Dr. Werther Krohling.

Dissertação (mestrado Ecologia de Ecossistemas) - Centro Universitário Vila Velha, 2011.

Inclui bibliografias.

1. Toxicologia ambiental. 2. Invertebrado. 3. Molusco
4. Água – Poluição. I. Krohling, Werther. II. Centro Universitário Vila Velha. III. Título.

CDD 571.95

Dissertação de Mestrado

**BIOACUMULAÇÃO DE METAIS PESADOS EM *Amphimedon viridis*
(DUCHASSAING E MICHELOTTI, 1864) COM OCORRÊNCIA EM
HABITATS COSTEIROS BENTÔNICOS DA REGIÃO DA GRANDE
VITÓRIA, ES**

RONAN PEREIRA GARCIAS MOREIRA

Aprovada em 29 de março de 2011,

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Paulo Dias Ferreira Júnior – UVV

Prof. Dr. Juliano Souza Ribeiro – IFES

**Prof. Dr. Werther Krohling – UVV
(orientador)**

**Prof. Dr^a. Denise Coutinho Endringer – UVV
(co-orientadora)**

*À minha família pelo apoio contínuo em
minha formação. A minha esposa Adriana
e nossa fonte de energia, Júlia.*

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Dr. Werther Krohling, por todo o apoio e tempo de dedicação dispensados a este trabalho. Pela companhia e orientação nos trabalhos de campo e pela parceria nas decisões e escolhas.

À minha co-orientadora Dr^a Denise Coutinho Endringer, por toda a ajuda, paciência, boa vontade, experiência e humanidade. Peça fundamental neste trabalho.

Ao professor Dr. Paulo Dias Ferreira Júnior por acreditar na ideia deste trabalho e possibilitar os meios necessários a sua realização. Agradeço a dedicação e incentivo permitindo a realização do mestrado de forma otimista e econômica.

À equipe de professores do mestrado em Ecologia de Ecossistemas por todo conhecimento dispensado.

Aos colegas de turma Fabiano, Renan, Milena, Carminha, Vanessa, Fabio, Adriana, Claudio e Rodrigo Oss, pela companhia nesta caminhada. Destaco um agradecimento especial a Frederico Eutrópio, um verdadeiro mestre da ecologia.

À toda a ajuda oferecida pelo Rômulo José Ramos, Marcelo Decotté, Pedro Henrique Carneiro, Gustavo Rocha Leite, Leonardo Zago, Aline, Fernanda Pim e Raiza Salvador. Obrigado!

À UVV, pelas oportunidades oferecidas e a UFOP, pela grande colaboração com o trabalho, representada especialmente pela equipe coordenadora: Adriana Trópia, Leonardo e o Dr. Hermínio.

Ao professor mestre Fabrício Ascacibas pelo incentivo e auxílio nos momentos de pane tecnológica.

Ao professor Dr. Juliano Souza Ribeiro – IFES por sua contribuição extremamente positiva e norteadora.

À todos que de alguma maneira participaram desse projeto e desses anos de faculdade.

Ao Serviço Social da Indústria – SESI – DR – ES pela contribuição nos estudos e crescimento profissional.

Aos meus pais, Formiga e Penha, e a minha irmã Adriana. Os principais incentivadores da minha caminhada junto com minha esposa Adriana e sua linda família. À nossa filha Júlia.

*“... Grande é o valor da tua lembrança,
Que me impulsiona para viver,
Tirando-me da desesperança,
Induzindo-me para vencer.”*

Mardilê Friedrich Fabre

SUMÁRIO

RESUMO.....	1
ABSTRACT.....	2
1. INTRODUÇÃO.....	3
2. JUSTIFICATIVA.....	5
3. OBJETIVOS.....	8
3.1. OBJETIVO GERAL.....	8
3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO	8
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	9
4.1. Área de estudo	9
4.2. Preparação e análise química das amostras	10
4.3. Análise estatística	12
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	13
7. REFERÊNCIAS	25
ANEXO	36

RESUMO

Poluentes orgânicos, metais pesados, halogênios, entre outros componentes, têm sido encontrados em ambientes que interagem com populações humanas. Dentre estes ambientes, podemos destacar as zonas costeiras. Os metais pesados e poluentes orgânicos podem bioacumular na cadeia alimentar e, portanto, podem ser bioamplificados. Estudos de biomonitoramento na Grande Vitória são escassos, apesar de importantes para avaliar a saúde ambiental dos ecossistemas. *Amphimedon viridis* é uma esponja com potencial para ser mais eficaz como bioindicador de poluição do que os moluscos bivalves. O objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de *A. viridis* como bioindicador de metais pesados em comparação com *Perna perna* (moluscos bivalves). A área de estudo incluiu Ilha Pituã, em Vila Velha, Ilha do Boi e Praia de Jardim Camburi, em Vitória - ES. A coleta das amostras foi composta por água do mar, mexilhão (*Perna perna*) e esponja (*A. viridis*), no verão (março/2010) e inverno (setembro/2010), sendo coletadas em quadruplicata.

As amostras foram analisadas para 11 elementos: alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb), manganês (Mn), potássio (K), titânio (Ti) e zinco (Zn). Alíquotas foram digeridas com ácido nítrico e ácido clorídrico ultrapuro (HNO₃: HCl, 8:3), a 80 ° C, até que a solução ficasse translúcida. A análise foi realizada em espectrômetro de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado (ICP OES). A concentração dos elementos encontrados nas esponjas foi significativamente maior que os mexilhões e água do mar. Na água do mar as concentrações de metais foram inferiores aos valores obtidos para *P. perna* e *A. viridis*. No entanto, as concentrações de Cr, Fe e Zn na água foram superiores aos valores recomendados para água do mar, de acordo com a CONAMA. A análise de componentes principais (PCA) foi realizada com PC1 e PC2 apresentando 79,26% da variância total. Essa análise revelou que *A. viridis* tem maior bioacumulação dos elementos do que *P. perna*. Os dados encontrados neste estudo mostraram a eficiência do *A. viridis* como bioindicador dos metais analisados (Al, Ba, Cr, Fe e Mn).

Palavras-chave: esponja, porifera, costão rochoso, molusco, elemento traço.

ABSTRACT

Organic pollutants, heavy metals, halogens, among other pollutants, have been found in important environments that somehow have interaction with human populations. Among these environments, the coastal areas can be highlighted. Heavy metals and organic pollutants could be accumulated in the food chain and therefore could be biomagnified. Biomonitoring studies at Grande Vitória are rare. That is, however, an important approach to evaluate the health of the environment of ecosystems. *Amphimedon viridis* is a sponge with potential to be more effective as bioindicator species of pollution than molluscs (bivalves). The aim of this study was to evaluate the efficiency of *A. viridis* as a bioindicator of heavy metals comparing with *Perna perna* (molluscs bivalve). The area studied included Pituã Island at Vila Velha - ES, Ilha do Boi and Jardim Camburi beach at Vitória - ES. The sample collection comprised seawater, mussel (*P. perna*) and sponge (*A. viridis*) in summer (March - 2010) and winter (September - 2010), being collected in quadruplicate. The samples were analyzed for 11 elements: aluminum (Al), arsenic (As), barium (Ba), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), lead (Pb), manganese (Mn), potassium (K), titanium (Ti) and zinc (Zn). Aliquots were digested with ultrapure nitric acid and ultrapure chloridric acid (HNO₃: HCl, 8:3), at 80 °C, until the solution was transparent. The analysis was performed in an Optical Emission Spectrometer Inductively Coupled Plasma (ICP OES). The concentration of the elements found in the sponges was significantly higher than mussels and water. In the seawater the metal concentrations were lower than the values gathered for the *P. perna* and *A. viridis*. However, the concentrations of Cr, Fe and Zn in the water were above the recommended values for seawater, according to CONAMA. A Principal component analysis (PCA) was performed with PC1 and PC2 accounting for 79.26% of total variance. This analysis showed that *A. viridis* bioaccumulates more elements than *P. perna*. The data found in this study showed the efficiency of *A. viridis* as a bioindicator for metals analyzed (Al, Ba, Cr, Fe and Mn).

Key words: sponge, porifera, rocky reef, mussel, trace elements.

1. INTRODUÇÃO

Uma das grandes preocupações ecológicas atuais refere-se ao impacto ambiental causado pelo homem nos diversos ambientes naturais. Poluentes orgânicos, metais pesados, halogênios, entre outros poluentes, têm sido encontrados em ambientes importantes que de alguma forma têm interação com populações humanas (Jesus et al., 2004; Camargo et al., 2006; Knobel e Medeiros-Neto, 2007; Bastos et al., 2008; Costa et al., 2008). Dentre estes ambientes, podemos destacar as zonas costeiras, especialmente aquelas perto dos grandes centros urbanos, que têm maior exposição à contaminação química, devido à proximidade das diversas fontes poluidoras (Girardi e Cometti, 2006; Farias et al., 2007; Cardellicchio et al., 2008).

Os ecossistemas marinhos frequentemente são monitorados por meio das medidas periódicas das características físico-químicas da água e do sedimento (Borges et al., 2007; Hortellani et al., 2008; Sonak et al., 2009). Como alternativa à análise físico-química da água e do sedimento, estudos de biomonitoramento têm sido amplamente realizados (Ferreira et al., 2005; Rao et al., 2006; Negri et al., 2006; Liu et al., 2007; Cebrian et al., 2007). Liu et al. (2007) biomonitoraram a região de Bohai, China, empregando análises de metais pesados e poluentes orgânicos em diferentes espécies de mexilhões e evidenciaram que as concentrações de cádmio excederam os padrões de qualidade biológica daquele país. Cebrian et al. (2007) propuseram a espécie de esponja marinha (*Crambe crambe*) como bioindicadora da região nordeste da costa ibérica do Mar Mediterrâneo para análise de metais pesados. Ferreira et al. (2005) estudaram a variação espaço-temporal da concentração de metais pesados em uma espécie de ostra (*Ostrea equestris*) no litoral norte do Rio de Janeiro, encontrando altas concentrações de zinco. Rao et al. (2006) estudaram bioacumulação de metais (Al, Fe, Mn, Ni, Co, Cu) na esponja *Petrosia testudinaria* no Golfo de Mannar, Índia, mostrando que a acumulação de metais foi até 64 vezes maior perto da costa (0,5 a 1 km) do que longe da costa (5 a 7 km). A análise realizada por Negri et al. (2006) de metais pesados em molusco (*Laternula elliptica*) e três espécies de esponja (*Homaxinella balfourensis*, *Mycale acerata* e *Sphaerotylus antarcticus*) da Antártida evidenciou elevadas concentrações de cobre no molusco em um dos sítios amostrais, não encontrando diferenças espaciais significativas para as esponjas.

Assim como as áreas marítimas descritas acima, que foram biomonitoradas, a região da Grande Vitória tem sofrido ao longo de várias décadas uma forte degradação ambiental, por ocupação populacional desordenada, aterros, implantação de indústrias, atividades portuárias e, principalmente, devido ao lançamento de resíduos domésticos sem tratamento (Jesus et al., 2004; Chippari-Gomes et al., 2005). Dessa forma, ocorre uma alta concentração de nutrientes, poluentes orgânicos e de metais pesados (Storelli e Marcotrigiano, 2003), resultando em uma bioacumulação destes através da cadeia trófica marinha (Meyers-Shone e Walton, 1994; Canli e Atli, 2003), comprometendo a biodiversidade e a qualidade ambiental.

Os metais pesados e os poluentes orgânicos podem bioacumular e biomagnificar na cadeia alimentar, iniciando-se pelas plantas aquáticas e invertebrados (Galvão et al., 2009), seguidos por peixes (Canli e Atli, 2003; Floeter et al., 2006), répteis (Meyers-Shone e Walton, 1994; Storelli e Marcotrigiano, 2003), e mamíferos (Siciliano et al., 2005) e, via de regra, quanto maior o nível trófico do organismo, maior a concentração do contaminante (Azevedo e Chasin, 2003; Yap et al., 2004; Selvin et al., 2007).

Estudos de biomonitoramento na região da Grande Vitória são importantes para avaliar a saúde ambiental dos ecossistemas. Espera-se que o emprego de esponjas marinhas como bioindicadores possa ser mais eficaz, pois estes organismos possuem uma capacidade maior de filtração que bivalves e permanecem estáveis por muito tempo após as perturbações. Este estudo avalia a eficiência de *Amphimedon viridis* como bioindicadora de metais utilizando como referência o mexilhão *Perna perna*.

2. JUSTIFICATIVA

Diversos estudos relatam a bioacumulação de metais pesados em organismos, destacando-se trabalhos com algas (Amado-Filho et al., 2008), moluscos (Carvalho et al., 2000; Negri et al., 2006, Rojas et al., 2007), peixes (Gomes et al., 2009; Porto e Ethur, 2009) e tartarugas (Meyers-Shone e Walton, 1994; Storelli e Marcotrigiano, 2003).

Na década de 1960, os moluscos bivalves foram apresentados como um modelo biológico para se avaliar a dinâmica de metais pesados no ambiente (Brooks e Rumsby, 1967). A utilidade dos bivalves como biomonitores foi ratificada em 1975 pelo programa internacional de monitoramento de poluentes marinhos (“Mussel Watch”) da National Oceanic and Atmospheric Administration - NOAA (Goldberg, 1975) e, em 2004, pelo Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas - UNEP. Diversos estudos evidenciaram que mexilhões (moluscos) eram de fato úteis para o biomonitoramento da contaminação química e, portanto, poderiam ser utilizados para indicar níveis de metais pesados no meio marinho (Carvalho et al., 2001; Francioni et al., 2004; Liu e Kueh, 2005; Wu et al., 2007).

O emprego de *Perna perna* (Linnaeus, 1758) como organismos bioindicadores para o estudo da poluição por metais pesados deve-se a sua ampla distribuição geográfica, ocorrendo em estuários e zonas costeiras (Jorge et al., 2002) facilitando a comparação dos dados obtidos de regiões diferentes. Esses organismos aparecem freqüentemente em alta densidade, são de fácil coleta, filtradores, sésseis e fazem parte da dieta humana (Tureck e Oliveira, 2003). Pode-se dizer que as concentrações de poluentes nos mexilhões são correlacionadas com os níveis de contaminação da água onde eles são encontrados (Rainbow, 2002; Amiard et al., 2006).

O *P. perna* é nativo das regiões tropicais e sub-tropicais do Oceano Atlântico, encontrado nas águas ao longo da costa oeste da África e da costa leste da América do Sul até o Caribe (Abada-Boudjema e Dauvin, 1995). No Brasil, esta espécie exótica (Teixeira et al., 2010) vem sendo utilizada em estudos de biomonitoramento (Carvalho et al., 2001; Ferreira et al., 2004; Francioni et al., 2004). Além da ecologia desta espécie ser favorável a escolha para estudos de biomonitoramento, ela tem sido amplamente utilizada em

cultivos, apresentando relação direta com os hábitos alimentares do seres humanos (Cochôa e Magalhães, 2008).

Outros organismos são utilizados em estudos relacionados a metais pesados, como as algas, utilizadas no tratamento de resíduos aquosos contendo poluentes inorgânicos, ostras, plantas, gastrópodes, mexilhões, tartarugas, entre outros, como bioindicadores de metais pesados (Rebelo et al., 2005; Galvão et al., 2006; Gonçalves et al., 2007; Henriques-de-Oliveira et al., 2007; Costa et al., 2008; Barbieri, 2009; Zocche et al., 2010).

O programa de biomonitoramento do ambiente marinho ideal deve abranger uma variedade de organismos em diversos níveis tróficos (Cebrian et al., 2007). Os organismos bentônicos, dentre eles, as esponjas (Muricy e Hajdu, 2006; Docio et al., 2010), constituem-se alimentos de peixes tropicais (donzelas, peixes-borboleta, peixes-anjo) (Walters e Pawlik, 2005), tartarugas, gastrópodos e estrelas-do-mar (Santos et al., 2002).

Por essa razão, animais do filo Porifera vêm sendo empregados como complemento aos programas que utilizam mexilhões como bioindicadores (Agell et al., 2001; Negri et al., 2006), e em alguns casos como alternativa ao emprego dos mexilhões, pois poríferas têm uma capacidade maior de filtragem que bivalves, e são capazes de processar milhares de litros de água por hora (Perez et al., 2005; Cebrian et al., 2007).

Apesar da sensibilidade a perturbação, esponjas podem permanecer estáveis por muito tempo, tornando-as espécies adequadas para biomonitoramento de metais, encontrando-se mais expostas a agentes tóxicos presentes no meio do que outras espécies (Cebrian et al., 2007).

Os poríferos por serem sésseis (fixos) e com poucas defesas físicas, são altamente especializados no desenvolvimento de defesas químicas contra predadores e assentamentos de larvas de outros organismos sésseis (Becerro et al., 2003; Wulff, 2006). As esponjas constituem-se uma rica fonte de substâncias químicas farmacologicamente ativas a partir de organismos marinhos, como substâncias com atividade antitumoral, antiviral, atividade antifúngica e antibacteriana (Muricy e Silva, 1999; Berlinck et al. 2004; Blunt et al. 2007; Selegim et al. , 2007). Entre as esponjas estudadas quanto a constituição química estão os gêneros *Aaptos*, *Aplysina*, *Callyspongia*, *Haliclona*, *Niphates*, *Cliona*, *Darwinella*, *Dysidea*, *Ircinia*, *Monanchora* e *Mycale* (Selegim et al. , 2007), e quanto a sua aplicação bioindicadora estão

principalmente as espécies *Chondrosia reniformis*, *Crambe crambe*, *Phorbas tenacior*, *Dysidea avara* e *Amphimedon viridis* (Almeida e Berlinck, 1997).

A espécie *A. viridis* possui grande ocorrência no litoral brasileiro, sendo um organismo da classe Demospongiae do filo Porifera, apresentando cor externa verde ou verde azulada, forma maciça irregular ou incrustante e superfície finamente rugosa (Muricy e Hadju, 2006). Comum em rochas do infralitoral, exposta à luz ou sob pedras, de 1 a 8 metros de profundidade, produz halitoxinas e amphitoxinas, compostos com atividade antibacteriana, antimetabólica, hemolítica, hipoglicemizante, ictiotóxica, neurotóxica e antitumoral (Moraes et al., 2003).

Estudos com o filo Porifera ainda são incipientes na região da Grande Vitória (ES), apenas alguns trabalhos na costa do Rio de Janeiro e São Paulo citam a ocorrência de algumas espécies no estado capixaba (Carvalho et al., 2004; Hadju e Lopes, 2007). Além disso, poucos trabalhos sobre metais pesados têm sido realizados no sistema estuarino dessa região (Jesus et al., 2004) que engloba cinco municípios (Vitória, Vila Velha, Cariacica, Serra e Guarapari) com uma população de 1.603.357 habitantes (IBGE 2010), apresentando ambientes de manguezais, praias lodosas, costões rochosos e substratos artificiais (*piers*, pontes e atracadouros). Embora tenham importância ecológica e econômica na região, grande parte desses ambientes recebe diariamente elevada quantidade de efluentes domésticos e industriais, sofrendo ao longo de várias décadas uma forte degradação ambiental (Donatelli, 1998; Jesus, 1999; Sterza, 2002; Jesus et al., 2003).

O biomonitoramento do ambiente marinho da região costeira da Grande Vitória, empregando esponjas como bioindicador, é de extrema relevância permitindo a construção de subsídios para futuros estudos ecológicos associados a esses organismos.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a eficiência da esponja *Amphimedon viridis* como bioindicador de metais pesados comparado ao molusco *Perna perna*.

3.2. OBJETIVO ESPECÍFICO

Avaliar a concentração espaço-temporal de alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), chumbo (Pb), manganês (Mn), potássio (K), titânio (Ti) e zinco (Zn) em *A. viridis* e *P. perna* (mexilhão) em diferentes sítios costeiros do litoral da Grande Vitória (ES).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Área de estudo

Os locais estudados compreendem diferentes costões rochosos situados na região costeira do Grande Vitória, ES, sendo eles: (1) porção norte da Praia de Camburi; (2) Ilha Galheta de Dentro na Ilha do Boi e (3) Ilha Pituã (Figuras 1 e 2). Os locais 1 e 2 recebem descarga de efluentes domésticos provenientes das galerias de águas pluviais da Cidade de Vitória enquanto a parte externa do ponto 3 localiza-se a aproximadamente 150 metros da costa do município de Vila Velha (ponto controle).

A porção norte da praia de Camburi recebe efluentes de indústrias siderúrgicas, além de efluentes domésticos. Na Ilha do Boi encontramos impactos ambientais relacionados a efluentes domésticos e do ramo hoteleiro. A Ilha Pituã também recebe efluentes cargas de efluentes domésticos provenientes do rio Jucú.



Figura 1 – Localização dos pontos de estudo: Ponto 1 – Face norte da Praia de Camburi; Ponto 2 – Ilha Galheta de Dentro; Ponto 3 – Ilha Pituã. Fonte: imagem Google Earth 6.0 (beta).

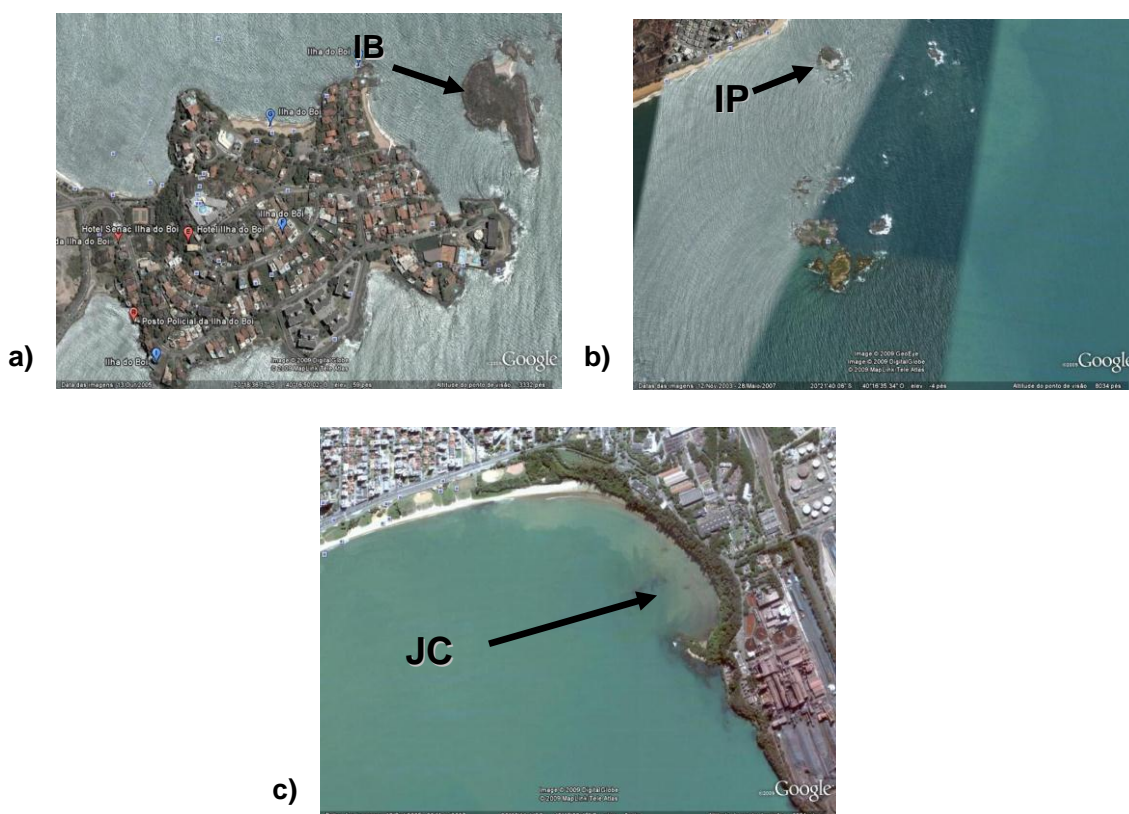


Figura 2 – (a) Ilha Galheta de Dentro na Ilha do Boi Ilha, (b) Ilha Pituã e (c) porção norte da Praia de Camburi. Fonte: imagem Google Earth 6.0 (beta).

4.2. Preparação e análise química das amostras

Amostras de água do mar, *A. viridis* e *P. perna* (Figura 3) foram coletadas *in situ*, através de mergulho livre, durante o período chuvoso, março/2010 (verão) e o período seco, setembro/2010 (inverno). Em cada ponto amostral foi utilizado um quadrat de 30x30cm para a coleta das amostras biológicas. Em cada um destes quadrats, todos os espécimes de *A. viridis* e *P. perna* foram coletados e encaminhados para o laboratório. Concomitantemente, foram coletadas quatro amostras de água do mar (300 ml). Tanto o material biológico quanto a água foram armazenados a -20°C até o momento da preparação da amostra.

As amostras de *A. viridis* e *P. perna* de cada ponto foram homogêneas e submetidas à quarteamento até obtenção da alíquota de 4 g de cada amostra inicial (Farmacopéia Brasileira, 1996). As alíquotas foram secas a 105°C em estufa (Marconi Mod. MA 033), até peso constante. Após a secagem, obteve-se o peso seco das alíquotas.

As amostras foram digeridas conforme Carvalho et al, (2001) e Ferreira et al, (2004). Alíquotas de 300 mg do material seco homogeneizado foram digeridas com 6 mL de ácido nítrico 65 % e 2,3 mL de ácido clorídrico (HNO₃: HCl, 8:3), a 80 °C, até que a solução se tornasse transparente. Os resíduos obtidos foram transferidos para balão de 25 ml e diluídos para o volume final definido, utilizando-se solução de ácido nítrico a 2 M. A análise foi realizada em um espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado, marca Spectro Ciros, modelo CCD. As concentrações dos metais no material biológico foram expressas em $\mu\text{g.g}^{-1}$ e as concentrações dos metais na água do mar em mg.l^{-1} . As amostras foram analisados para alumínio (Al), arsênio (As), bário (Ba), chumbo (Pb), cobre (Cu), cromo (Cr), ferro (Fe), potássio (K), manganês (Mn), titânio (Ti) e zinco (Zn). As amostras foram preparadas e analisadas em quadruplicata.



a)



b)

Figura 3 – (a) *Amphimedon viridis*, (b) *Perna perna*. Fonte: Moreira, RPG, 2010. Foto. Arquivo pessoal.

4.3. Análise estatística

Foi realizado o teste de normalidade de χ^2 (k^2) ($p < 0,05$) para as concentrações dos metais pesados na água do mar. Os elementos Al, Ba, K, Mn e Zn apresentaram distribuição normal. Os elementos As, Cr, Cu, Fe, Pb e Ti não foram testados a normalidade porque apresentaram valores menores do que o limite de quantificação. Foi realizado um teste t de Student ($p < 0,05$) para verificar diferenças significativas com relação às estações do ano.

As concentrações dos metais pesados nos organismos foram testadas quanto a normalidade pelo teste de χ^2 (k^2) ($p < 0,05$). Os elementos Al, As, K e Ti apresentaram distribuição normal. Para o elemento Pb não foi testada a normalidade pois seus valores ficaram abaixo do limite de quantificação. Utilizou-se o teste t de Student ($p < 0,05$) para comparar diferenças significativas dos pontos de coleta entre as estações do ano. A diferença significativa dos organismos nas estações do ano e entre os organismos em cada ponto de coleta foi calculada pelo teste t de Student ($p < 0,05$).

Análise de componentes principais (PCA) foi utilizada para verificar a similaridade dos dados encontrados no material biológico e na água do mar.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As concentrações dos elementos traços (Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn e Zn) nas amostras de água do mar estão sumariados na Tabela 1. Embora seja reduzida a variação na concentração entre as amostras de água do mar, nota-se que a concentração de Cr, Fe e Zn, se encontram acima dos valores recomendados para águas salinas, segundo resolução N° 357/2005 do CONAMA (Brasil, 2005). Os níveis de contaminação por elementos traço dependem do ponto de coleta e do elemento.

Curtius et al. (2003) e Ferreira et al. (2010) encontraram para o cromo valores abaixo da resolução ambiental (0,0012 – 0,0771; 0,0007 – 0,0037 mg.l⁻¹), na Baía de Sepetiba (RJ) e na Ilha de Santa Catarina (SC). Para o zinco, Ferreira et al. (2010) encontraram os valores 0,0829 a 0,6096 mg.l⁻¹ sendo superiores ao presente trabalho e conseqüentemente a CONAMA 357. Jesus et al. (2004) demonstraram que os sedimentos de alguns pontos da Baía de Vitória e regiões localizadas próximas à Ilha de Vitória podem ser considerados antropizados com relação aos metais Cu, Pb, Zn, Mn e Hg, e no estuário do rio Aribiri, Vila Velha, foram encontradas altas concentrações dos metais Zn, Fe e Mn.

Com relação às estações do ano, foram observadas diferenças significativas para Al ($p < 0,001$), Ba ($p < 0,001$), Mn ($p < 0,001$), Zn ($p < 0,001$) e K ($p = 0,028$) (figura 5). Esses elementos apresentaram maiores médias no verão.

As médias das concentrações dos metais pesados (Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ti e Zn) nas amostras de esponja (*A. viridis*) e mexilhão (*P. perna*) são apresentadas na Tabela 2. Observam-se maiores médias para Al, Ba, Cr, Fe e Mn em *A. viridis*. Maiores médias de Cu e Zn para o mexilhão *P. perna*.

Tabela 1 - Média das concentrações de Al, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, e Zn na água do mar (mg.l⁻¹) em três pontos da Grande Vitória e a CONAMA N°357 (águas salinas classe I). Ilha Pituã (IP), Ilha do Boi (IB) e Jardim Camburi (JC).

		Al	Ba	Cr	Cu	Fe	Mn	Zn
presente trabalho	IP - verão	1,208± 0,090	0,013± 0,02	0,146± 0,001	<LQ	0,413± 0,054	0,041± 0,001	0,184± 0,083
	IB - verão	1,094± 0,087	0,01± 0,001	0,143± 0,006	<LQ	0,293± 0,193	0,043± 0,003	0,164± 0,071
	JC - verão	1,214± 0,249	0,014± 0,004	0,149± 0,002	<LQ	0,338± 0,235	0,041± 0,002	0,151± 0,078
	IP - inverno	0,12± 0,017	0,009± 0,005	<LQ	<LQ	<LQ	0,026± 0,001	0,047± 0,008
	IB - inverno	0,11± 0,003	0,006± 0,001	<LQ	<LQ	<LQ	0,024± 0,0003	0,037± 0,005
	JC - inverno	0,133± 0,032	0,007± 0,0003	<LQ	<LQ	<LQ	0,026± 0,003	0,03± 0,005
CONAMA N° 357	Águas salinas	1,5	1	0,05	0,005	0,3	0,1	0,09
LQ - Limite de quantificação		0,0121	0,0004	0,0069	0,004	0,0042	0,0009	0,0037

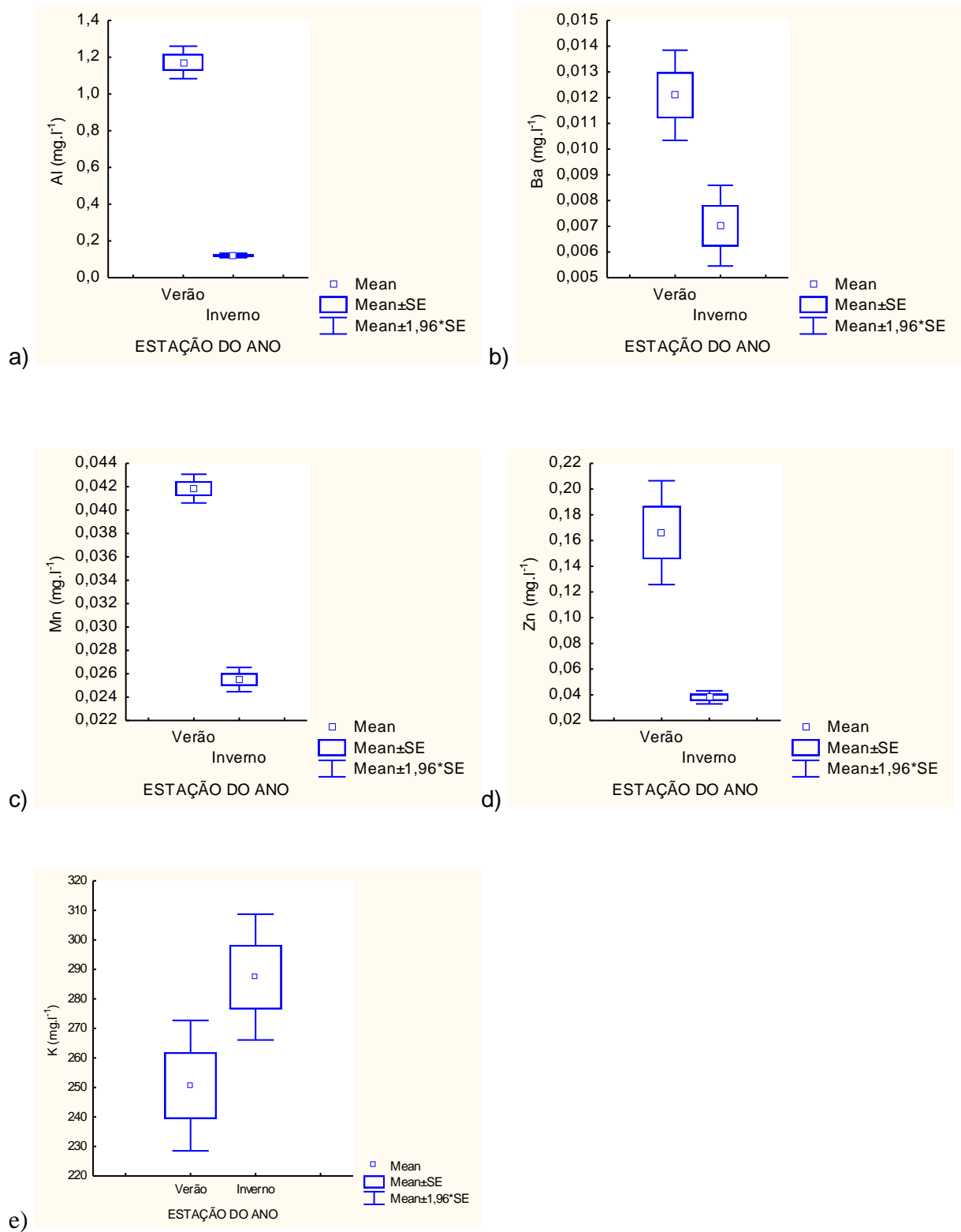


Figura 5 – Variação dos metais pesados (a) Al, (b) Ba, (c) Mn, (d) Zn e (e) K na água do mar com relação as estações do ano (verão e inverno).

Tabela 2 - Concentrações médias de Al, As, Ba, Cr, Cu, Fe, Mn, Ti e Zn em *Amphimedon viridis* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) e *P. perna* ($\mu\text{g.g}^{-1}$) em três sítios costeiros bentônicos da Grande Vitória, ES - Ilha Pituã (IP), Ilha do Boi (IB) e Jardim Camburi (JC).

elemento	amostra	Verão			Inverno			LQ*
		IP	IB	JC	IP	IB	JC	
AL	<i>A. viridis</i>	1893,5± 453,11	1801,25± 344,46	2999,75± 516,01	1874,5± 640,82	1134± 131,03	2884± 334,25	1,0118
	<i>P. perna</i>	568,33± 302,96	471,08± 475,72	156,05± 52,93	2068± 1207,26	1294± 811,70	487,08± 275,04	
As	<i>A. viridis</i>	9,98± 0,474	11,97± 1,99	7,3± 2,46	9,52± 1,57	9,13± 2,72	10,26± 1,15	5,6664
	<i>P. perna</i>	7,4± 1,32	6,04± 0,625	5,3± 0,873	9,92± 0,80	10,51± 3,08	9,28± 3,00	
BA	<i>A. viridis</i>	6,01± 2,378	11,05± 6,868	11,61± 4,01	7,84± 3,61	10,63± 3,83	3,76± 0,47	0,0332
	<i>P. perna</i>	4,47± 3,41	11,18± 8,507	4,87± 4,556	3,95± 2,50	2,01± 1,23	1,23± 0,48	
Cr	<i>A. viridis</i>	13,7± 1,504	11,93± 1,562	13,32± 1,426	16,03± 1,04	9,98± 1,54	11,3± 0,18	0,5785
	<i>P. perna</i>	7,99± 6,582	13,76± 0,795	6,38± 4,933	10,61± 1,34	9,28± 0,46	7,75± 0,72	
Cu	<i>A. viridis</i>	3,28± 0,505	3,56± 0,604	3,04± 0,596	2,29± 0,74	2,35± 0,49	4,49± 0,57	0,3378
	<i>P. perna</i>	3,85± 1,503	3,95± 0,712	3,73± 0,650	4,67± 1,16	10,42± 3,78	5,32± 1,01	
Fe	<i>A. viridis</i>	1806,75± 304,44	2169,75± 342,01	9398,75± 2872,00	2791,5± 700,14	1308± 186,01	3525,5± 528,57	0,3552
	<i>P. perna</i>	689,15± 264,35	546,35± 447,51	376,33± 173,78	1526,75± 793,86	1012,5± 479,14	613,4± 345,35	
Mn	<i>A. viridis</i>	24± 2,56	64,85± 18,72	81,9± 35,23	74,35± 6,85	21,28± 1,29	65,25± 4,83	0,0796
	<i>P. perna</i>	8,93± 1,282	18,85± 18,08	10,01± 2,79	18,59± 7,37	17,44± 5,06	12,85± 2,70	
Ti	<i>A. viridis</i>	4,4± 1,22	18,4± 16,01	26,5± 8,23	33,83± 15,27	19,63± 4,15	26,51± 2,97	0,4474
	<i>P. perna</i>	3,9± 2,84	1,1± 0,672	1,5± 0,634	21,16± 11,27	11,92± 10,34	6,14± 5,13	
Zn	<i>A. viridis</i>	21,4± 3,27	22,92± 3,21	22,53± 3,37	18,4± 1,19	17,85± 1,13	21,7± 3,32	0,3088
	<i>P. perna</i>	65,85± 9,35	84,24± 46,49	69,48± 19,50	97,98± 19,51	182,48± 22,20	66,48± 5,32	

*LQ - Limite de quantificação do ICP

Segundo Cebrian et al. (2007) a capacidade de bioacumular cobre pelas diversas esponjas pode estar relacionada com o volume da câmara de coanócitos que as espécies possuem. Esponjas com maiores volumes de câmara de coanócitos podem bioacumular mais cobre.

Carvalho et al. (2001) estudando o mexilhão *Mytilus edulis* no estado do Rio de Janeiro, encontraram concentrações de Al e Fe (1691 e $769 \mu\text{g.g}^{-1}$) e concluíram que elevadas concentrações destes elementos estão, provavelmente, ligadas à elevadas concentrações destes metais no material particulado em suspensão da área, que possivelmente é enriquecida com o despejo de efluentes industriais. Os valores de alumínio e ferro observados no *P. perna* deste trabalho são inferiores aos valores encontrados em *M. edulis* e, os valores de *A. viridis* são superiores aos encontrados tanto em *P. perna* quanto em *M. edulis*. Especificamente para o elemento ferro e com relação ao mexilhão, a menor concentração média encontrada ($376,33 \mu\text{g.g}^{-1}$) é pouco superior as médias encontradas em Arraial do Cabo ($226 \mu\text{g.g}^{-1}$), litoral do Rio de Janeiro ($243 \mu\text{g.g}^{-1}$) e Golfo do Aden, Yemen ($265 \mu\text{g.g}^{-1}$) (Rezende e Lacerda, 1986; Szefer et al., 1997).

A esponja *A. viridis* da Grande Vitória apresentou maior concentração média para o Fe, sendo superior a concentração encontrada na esponja *Spongia officinalis* do Mediterrâneo (Perez et al., 2005). Das nove áreas estudadas por estes autores, apenas *Niolon* (Mediterrâneo) apresentou concentração superior a esponja estudada na Grande Vitória.

Após ANOVA, diferenças significativas entre as áreas amostradas (IP, IB e JC) foram encontradas apenas para o Fe (figura 6). Jardim Camburi foi à área com maior concentração deste elemento, provavelmente por esta área apresentar maior quantidade de Fe biodisponível que pode estar associado ao material particulado em suspensão sendo enriquecido por efluentes industriais.

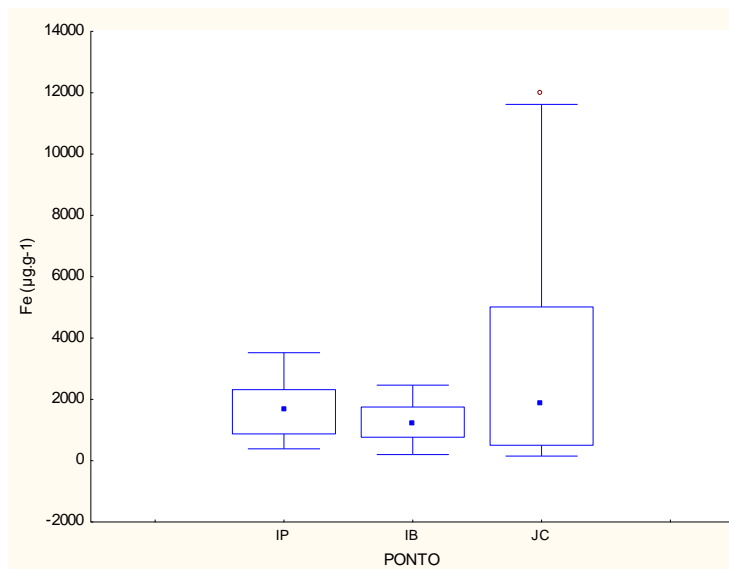


Figura 6 – Variação do Fe no material biológico com relação às áreas amostradas (Ilha Pituã - IP, Ilha do Boi - IB e Jardim Camburi - JC).

Nas duas épocas do ano analisadas (verão e inverno) foram encontradas diferenças significativas para Ba e Cu (figura 7). Bário com maior acumulação no verão e Cu sendo maior no inverno. Variações sazonais indicam que a esponja é capaz de refletir não só variações espaciais, mas também as mudanças sazonais na concentração de metais do meio ambiente. Cebrian et al. (2007) encontraram diferença sazonal para Pb e Cu, este com maior acumulação no verão e aquele no inverno, concluindo que a acumulação de metais em esponjas varia entre espécies, os níveis de poluição, e do tipo de metal estudado. Ferreira et al. (2005) observaram diferenças temporais em uma espécie de ostra da costa do Rio de Janeiro para os elementos Cd, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn, exceto para o cobre.

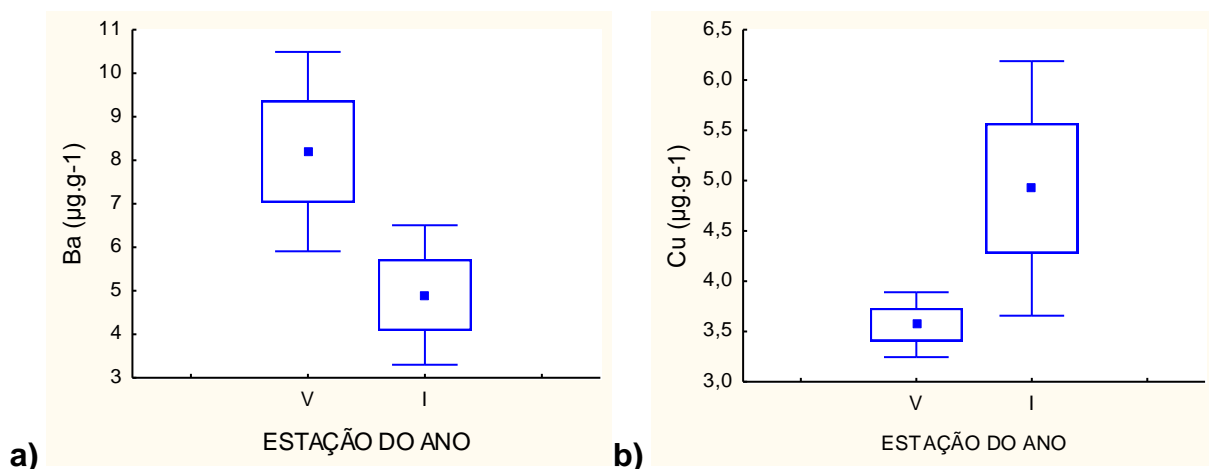


Figura 7 – Variação de Ba (a) e Cu (b) no material biológico com relação às estações do ano (verão e inverno).

Para todos os elementos analisados, foram encontradas diferenças significativas entre os organismos (*A. viridis* e *P. perna*). Zn e Cu apresentaram maior acumulação no *P. perna*, Al, Ba, Cr, Fe e Mn em *A. viridis* (figura 8). Müller et al. (1996) afirmaram que baixas concentrações de Cu e alguns outros metais em esponjas (*Suberites domuncula*) podem estar relacionada a desintoxicação ativa a partir das células destes organismos.

Coimbra e Carraça (1990) encontraram maiores concentrações de Zn no estágio de desova de *Mitylus edulis* e maiores concentrações de Cu no estágio de maturação sexual. Carvalho et al. (2001) relatam que altas concentrações de Zn ($24,8 \mu\text{g.g}^{-1}$) se devem provavelmente ao fato de que este elemento faz parte de cerca de 90 tipos diferentes de enzimas sendo considerado como importante micronutriente para moluscos, além de ser naturalmente importante para produção de gametas e transporte de oxigênio.

Foi observado que a esponja chega a acumular de 2 a 24 vezes mais ferro do que o mexilhão, de acordo com a área, a época do ano e o tipo de metal. No verão e na região de Jardim Camburi, a esponja apresentou $9398,72 \mu\text{g.g}^{-1}$ de Fe enquanto o mexilhão apenas $376,33 \mu\text{g.g}^{-1}$.

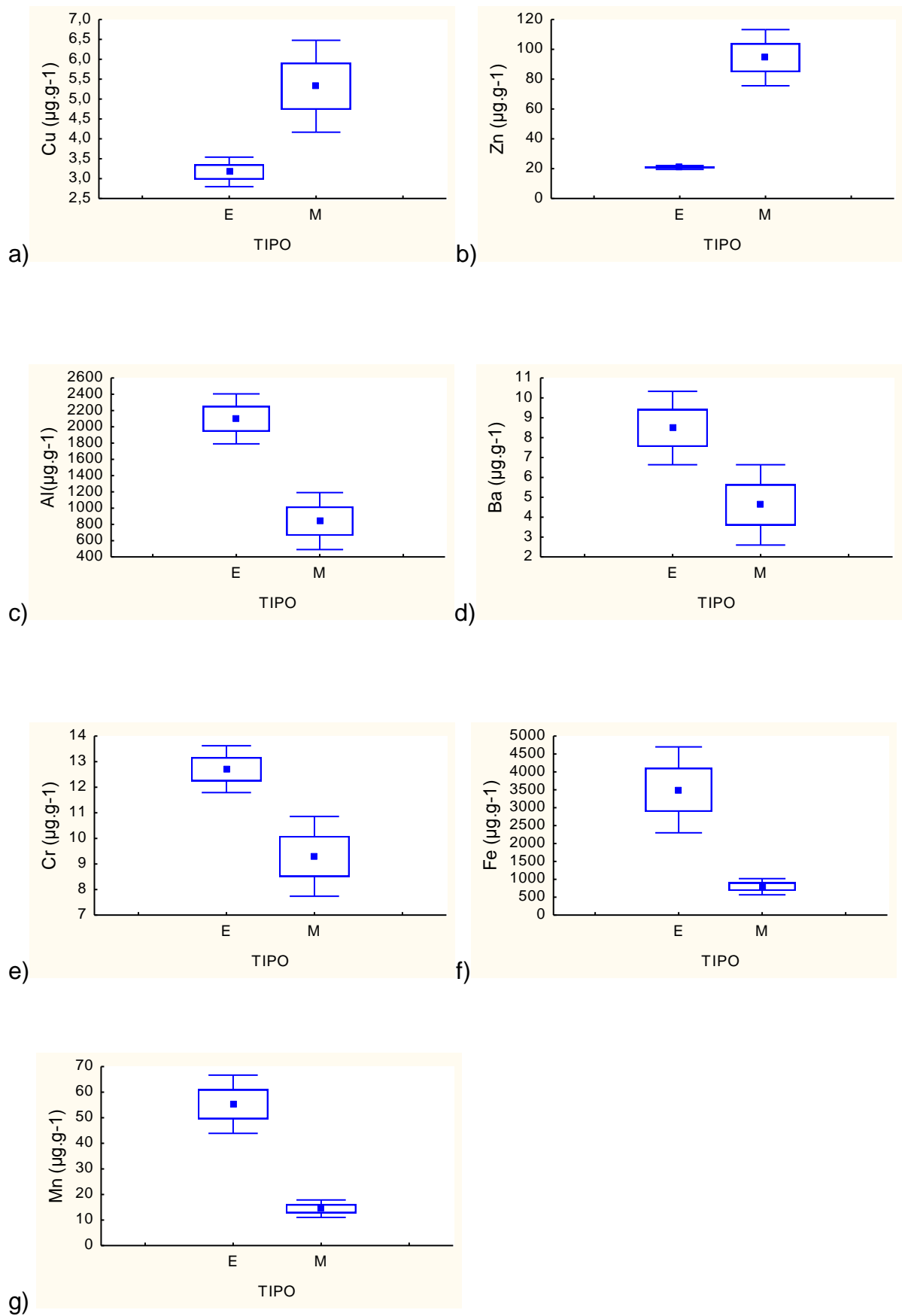


Figura 8 – Variação de Zn, Cu, Al, Ba, Cr, Fe e Mn em *P. perna* e *A. viridis*.

A análise de componentes principais (PCA) (Figura 4) realizada apresenta a componente principal 1 (PC1) de maior variância e a componente principal 2 (PC2) de menor variância, as quais correspondem a 79,26% da variação total, 20,74% correspondem as componentes principais subseqüentes.

PC1 separa as amostras de água (a esquerda de PC1 com valor negativo), das amostras de esponjas (a direita de PC1) e amostras de moluscos (centralizadas). A maioria dos metais analisados está próxima das amostras de esponjas, ou seja, a concentração de todas elas é maior nestas amostras (PC1 positiva - direita), confirmando a hipótese deste trabalho que ocorre uma maior acumulação de metais nas esponjas do que nos mexilhões (Figura 4). As esponjas tendem a bioacumular mais Ba, Ti, Mn, Al e Fe. Em contrapartida, as amostras de água apresentam baixas concentrações dos metais (PC1 negativo). As amostras de moluscos (PC1) apresentam concentrações intermediárias da maioria dos metais, ficando localizadas entre amostras de água e esponjas.

Em PC2, todas as amostras de moluscos e mais algumas de esponjas encontram-se no lado positivo (parte superior), apresentando concentração maior de Zn, K, As, Cr, sendo o Zn a variável mais representativa e os moluscos apresentando maior capacidade de bioacumulação desse metal. Já as amostras negativas de PC2 apresentaram concentração mais baixa destes componentes.

Existe uma alta correlação entre as concentrações de Ti, Al, Mn, Fe e quando se observa a concentração de um destes metais elevada em uma amostra, o mesmo é observado para outra amostra. Esta correlação também acontece para K, As, Cr (Figura 4A).

As concentrações de metais na água do mar, nos diferentes pontos amostrais e nas estações do ano, apresentaram valores negativos e uma baixa variância entre todas as amostras de água analisadas. Foi necessária uma ampliação no gráfico no que diz respeito aos resultados da concentração de metais na água para observar a variância dos pontos amostrados e estações do ano (Figura 4B).

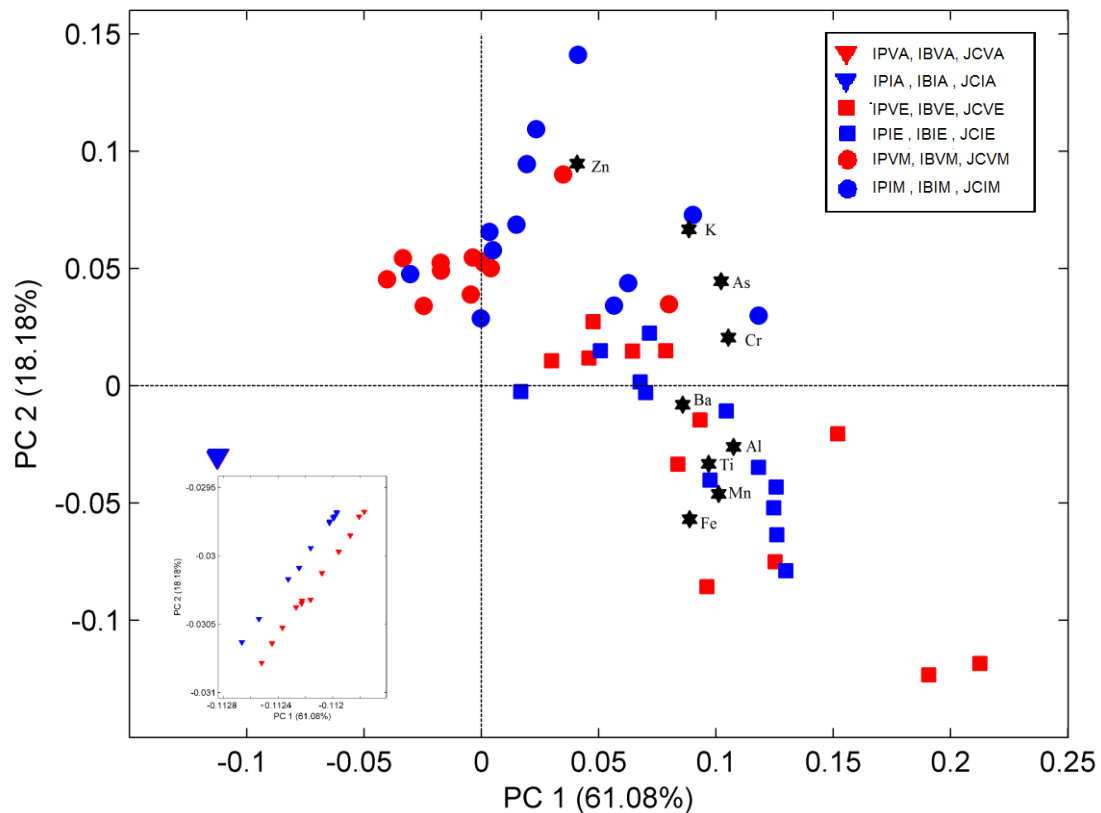


Figura 4A – Gráfico das componentes principais PC1 versus PC2 obtidos dos dados relativos às variáveis concentrações de metais na água do mar, esponja, mexilhão.

Ilha Pituã verão água (IPVA), Ilha do Boi verão água (IBVA), Jardim Camburi verão água (JCVA), Ilha Pituã inverno água (IPIA), Ilha do Boi inverno água (IBIA), Jardim Camburi inverno água (JCIA). Ilha Pituã verão esponja (IPVE), Ilha do Boi verão esponja (IBVE), Jardim Camburi verão esponja (JCVE), Ilha Pituã inverno esponja (IPIE), Ilha do Boi inverno esponja (IBIE), Jardim Camburi inverno esponja (JCIE). Ilha Pituã verão mexilhão (IPVM), Ilha do Boi verão mexilhão (IBVM), Jardim Camburi verão mexilhão (JCVM), Ilha Pituã inverno mexilhão (IPIM), Ilha do Boi inverno mexilhão (IBIM), Jardim Camburi inverno mexilhão (JCIM).

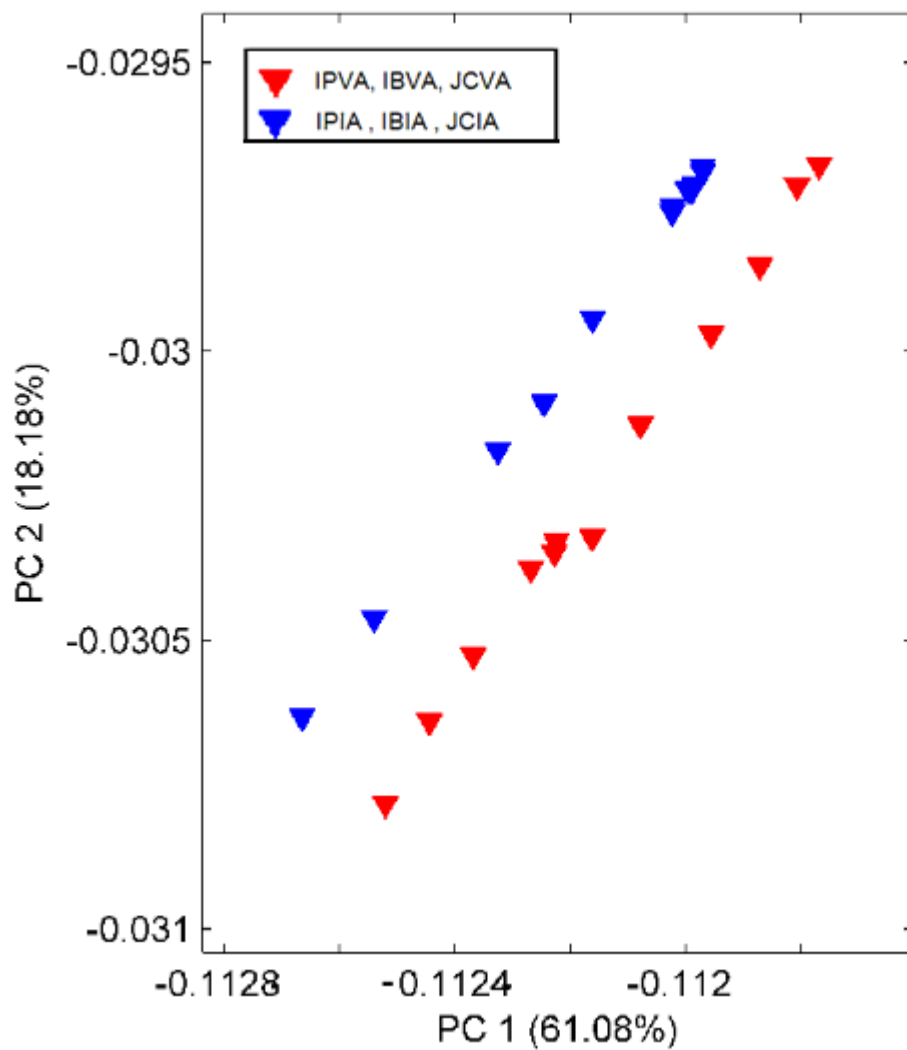


Figura 4B – Gráfico das componentes principais PC1 versus PC2 obtidos dos dados relativos às variáveis concentrações de metais na água do mar. Ilha Pituã verão água (IPVA), Ilha do Boi verão água (IBVA), Jardim Camburi verão água (JCVA), Ilha Pituã inverno água (IPIA), Ilha do Boi inverno água (IBIA), Jardim Camburi inverno água (JCIA).

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar de mexilhões e outros filtradores serem utilizados com frequência em biomonitoramentos, o emprego de esponjas nestes estudos são de extrema relevância. Neste trabalho, foi observado que a esponja *A. viridis* pode ser um ótimo organismo para estudos de biomonitoramento, de forma complementar ou alternativa ao uso do mexilhão *P. perna*, principalmente por mostrar-se mais eficiente na bioacumulação de metais, em especial, para os elementos Al, Ba, Cr, Fe e Mn.

Zn e Cu apresentaram maiores concentrações devido às diferenças do metabolismo. Na água do mar todos os elementos apresentaram valores bem menores do que o mexilhão e a esponja. As concentrações de metais na água do mar, nos diferentes pontos amostrais e nas estações do ano, apresentaram baixa variância. Apesar de reduzida variação na concentração das amostras de água do mar, Cr, Fe e Zn, os valores superaram a resolução do CONAMA 357 (Brasil, 2005).

Jardim Camburi foi à área com maior concentração de Fe, provavelmente por esta área apresentar maior quantidade de Fe biodisponível que pode estar associado ao material particulado em suspensão sendo enriquecido por efluentes industriais.

As variações sazonais de Ba e Cu nos organismos, este acumulando mais no inverno e aquele no verão, indicam que os organismos são capazes de refletirem as mudanças sazonais de metais no meio ambiente.

Podemos observar neste trabalho que a acumulação de metais pesados em esponjas e mexilhões varia entre espécies, os níveis de poluição no ambiente e nos organismos, e o tipo de metal estudado. Estudos adicionais permitirão compreender melhor a dinâmica de acumulação dos metais nos organismos em questão, permitindo prever níveis de concentrações adequadas para avaliar estado ambiental dos organismos e meio em que vivem.

7. REFERÊNCIAS

Abada-Boudjema YM, Dauvin JC. (1995) Recruitment and life span of two natural mussel populations *Perna Perna* (Linnaeus) and *Mytilus Galloprovincialis* (Lamarck) from the Algerian Coast. *Journal of Molluscan Studies*, **61**: 467–481.

Agell G, Uriz M, Cebrian E, Marti R. (2001) Does stress protein induction by copper modify natural toxicity in sponges? *Environmental Toxicology and Chemistry*, **20**: 2588–2593.

Almeida AMP, Berlinck RGS. (1997) Alcalóides alquilpiridínicos de esponjas marinhas. *Química Nova*, **20**: 170-185.

Amado-Filho GM, Salgado LT, Rebelo MF, Rezende CE, Karez CS, Pfeiffer WC. (2008) Heavy metals in benthic organisms from Todos os Santos Bay, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **68**: 95-100.

Amiard JC, Amiard-Triquet C, Barka S, Pellerin J, Rainbow PS. (2006) Metallothioneins in aquatic invertebrates: Their role in metal detoxification and their use as biomarkers. *Aquatic Toxicology*, **76**: 160-202.

Azevedo FA, CHASIN AAM. (2003) *Metais: gerenciamento da toxicidade*. São Paulo. Editora Atheneu. 554p.

Barbieri E. (2009) Concentration of heavy metals in tissues of green turtles (*Chelonia mydas*) sampled in the Cananéia estuary, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **57**: 243-248.

Bastos WR, Rebelo MF, Fonseca MF, Almeida R, Malm O. (2008) A description of mercury in fishes from the Madeira River Basin, Amazon, Brazil. *Acta Amazonica*, **38**: 431-438.

Becerro MA, Thacker RW, Turon X, Uriz MJ, Paul VJ. (2003) Biogeography of sponge chemical ecology: comparisons of tropical and temperate defenses. *Oecologia*, **135**: 91-101.

Berlinck RGS, Hajdu E, Rocha RM, Oliveira JHHL, Hernandez ILC, Seleglim MHR, Granato AC, Almeida EVR, Nunez CV, Muricy G, Peixinho S, Pessoa C, Moraes MO, Cavalcanti BC, Nascimento GGF, Thiemann O, Silva M, Souza AO, Silva CL, Minarini PRR. (2004) Challenges and rewards of research in marine natural products chemistry in Brazil. *Journal of Natural Products*, **67**: 510-522.

Blunt JW, Copp BR, Hu WP, Munro MH, Northcote PT, Prinsep MR. (2007) Marine natural products. *Natural Product Reports*, **24**: 31-86.

Borges AC, Dias JC, Machado W, Patchineelam SR, Sella SM. (2007) Distribuição espacial de ferro, cobre e chumbo em sedimentos de manguezal em um gradiente de degradação na Baía de Guanabara (Estado do Rio de Janeiro). *Química Nova*, **30**: 66-69.

Brasil (2005), CONAMA nº 357,
<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>, acessada em Janeiro 2011.

Brooks RR, Rumsby MG. (1967) Studies on the uptake of cadmium by the oyster, *Ostrea sinuate* (Lamarck). *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, **15**: 53-61.

Camargo RYA, Tomimori EK, Neves SC, Knobel M, Medeiros-Neto G. (2006) Prevalence of chronic autoimmune thyroiditis in the urban area neighboring a petrochemical complex and a control area in Sao Paulo, Brazil. *Clinics*, **61**: 307-312.

Canli M, Atli G. (2003) The relationship between heavy metal (Cd, Cr, Cu, Fe, Pb, Zn) levels and size of six Mediterranean fish species. *Environmental Pollution*, **121**: 129-136.

Cardellicchio N, Buccolieri A, Di Leo A, Giandomenico S, Spada L. (2008) Levels of metals in reared mussels from Taranto Gulf (Ionian Sea, Southern Italy). *Food Chemistry*, **107**: 890–896.

Carvalho GP, Cavalcante PRS, Castro ACL, Rojas MOAI. (2000) Preliminary assessment of heavy metal levels in *Mytella falcata* (Bivalvia, Mytilidae) from Bacanga River estuary, São Luis, State of Maranhão, Northeastern Brazil. *Revista Brasileira de Biologia*, **60**: 11-16.

Carvalho CEV, Cavalcante MPO, Gomes MP, Faria VV, Rezende CE. (2001) Distribuição de metais pesados em mexilhões (*Perna perna*, L.) da Ilha de Santana, Macaé, SE, Brasil. *Ecotoxicology and Environmental Restoration*, **4**: 1-5.

Carvalho MS, Hajdu E, Mothes BP, Soes RWMS. (2004) *Amorphinopsis* (Halichondrida: Demospongiae) from the Atlantic Ocean, with the description of a new species. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **84**: 925-930.

Cebrian E, Uriz MJ, Turon X. (2007) Sponges as biomonitors of heavy metals in spatial and temporal surveys in northwestern Mediterranean: multispecies comparison. *Environmental Toxicology and Chemistry*, **26**: 2430–2439.

Chippari-Gomes AR, Gomes LC, Lopes NP, Val AL, Almeida-Val VMF. (2005) Metabolic adjustments in two Amazonian Cichlids exposed to hypoxia and anoxia. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B*, **141**: 347-355.

Cochôa AR, Magalhães ARM. (2008) Perdas de sementes de mexilhões *Perna perna* (L., 1758), cultivados na baía norte - Ilha de Santa Catarina/SC. *Boletim do Instituto de Pesca*, **34**: 1-10.

Coimbra J, Carraça S. (2001) Accumulation of Fe, Zn, Cu and Cd during the different stages of the reproductive cycle in *Mytilus edulis*. *Comparative Physiology and Biochemistry*, **95**: 265-270.

Costa MB, Fernandes MA, Barbiero DC, Melo FTV, Otegui MPB, Ferreira BS. (2008) First record of imposex in *Thais Deltoidea* (Lamarck, 1822) (Mollusca, Gastropoda, Thaididae) in Vitória, ES, Brazil. *Brazilian Journal of Oceanography*, **56**: 145-148.

Curtius AJ, Seibert EL, Fiedler HD, Ferreira JF, Vieira PHF. (2003) Avaliando a contaminação por elementos traço em atividades de Maricultura. Resultados parciais de um estudo de caso realizado na Ilha de Santa Catarina, Brasil. *Química Nova*, **26**:44-52.

Docio L, Tolentino-Lima MA, Costa-Neto EM, Jucá-Chagas R, Pinheiro U. (2010) Interações ecológicas de esponjas marinhas (Animalia, Porifera) segundo pescadores artesanais da Baía de Camamu, Bahia, Brasil. *Biotemas*, **23**: 181-189.

Donatelli MR. (1998) Modelagem matemática da hidrodinâmica e da qualidade de água da Baía de Vitória. Dissertação de Mestrado, Engenharia Ambiental, UFES, 192p.

Farmacopéia Brasileira. 4. ed. São Paulo: Atheneu, 1996.

Farias CO, Hamacher C, Wagener ALR, Campos RC, Godoy JM. (2007) Trace metal contamination in mangrove sediments, Guanabara Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **18**: 1194-1206.

Ferreira AG, Machado ALS, Zalmon IR. (2004) Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in the bivalve *Perna perna* (LINNAEUS, 1758) on the Northern Coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, **47**: 319-327.

Ferreira AG, Machado ALS, Zalmon IR. (2005) Temporal and spatial variation on heavy metal concentrations in the oyster *Ostrea equestris* on the northern coast of Rio de Janeiro State, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **65**: 67-76.

Ferreira AP, Horta MAP, Cunha CLN. (2010) Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, na água e nos órgãos de *Nycticorax nycticorax* (Garça-da-noite) na Baía de Sepetiba, RJ, Brasil. *Revista da Gestão Costeira Integrada*, **10**:229-241.

Floeter SR, Halpern BS, Ferreira CEL. (2006) Effects of fishing and protection on Brazilian reef fishes. *Biological Conservation*, **128**: 391-402.

Francioni E, Wagener ALR, Calixto RC, Bastos GC. (2004) Evaluation of *Perna perna* (Linné, 1758) as a tool to monitoring trace metals contamination in estuarine and coastal waters of Rio de Janeiro, Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **15**: 103-110.

Galvão JA, Furlan EF, Salán EO, Porto E, Oetterer M. (2006) Características físico-químicas e microbiológicas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*) da água e dos mexilhões cultivados na região de Ubatuba, SP. *Ciência e Agrotecnologia*, **30**: 1124-1129.

Galvão PMA, Rebelo MF, Guimarães JRD, Torres JPM, Malm, O. (2009) Bioacumulação de metais em moluscos bivalves: aspectos evolutivos e ecológicos a serem considerados para a biomonitoração de ambientes marinhos. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology*, **13**: 59-66.

Girardi G, Cometti R. (2006) Dinâmica do uso e ocupação do solo no litoral sul do estado do Espírito Santo, Brasil. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, **13**: 51-73.

Goldberg ED. (1975) The mussel watch. A first step in global marine monitoring. *Marine Pollution Bulletin*, **6**: 111.

Gomes LC, Chippari-Gomes AR, Oss RN, Fernandes LFL, Magris RA. (2009) Acute toxicity of copper and cadmium for piauçu, *Leporinus macrocephalus*, and curimatã, *Prochilodus vimboides*. *Biological Sciences*, **31**: 313-315.

Gonçalves RSL, Freire GSS, Neto VAN. (2007) Determinação das concentrações de cádmio, cobre, cromo e zinco, na ostra *Crassostrea rhizophorae* dos estuários dos rios Cocó e Ceará. *Revista de Geologia*, **20**: 57-63.

Hajdu E, Lopes DA. (2007) Checklist of Brazilian deep-sea sponges. *Porifera Research: Biodiversity, Innovation and Sustainability*, **28**: 353-359.

Henriques-de-Oliveira C, Baptista DF, Nessimian JL. (2007) Sewage input effects on the macroinvertebrate community associated to *Typha domingensis* in a coastal lagoon in southeastern Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, **67**: 73-80.

Hortellani MA, Sarkis JES, Abessa DMS, Souza ECPM. (2008) Avaliação da contaminação por elementos metálicos dos sedimentos do estuário Santos – São Vicente. *Química Nova*, **31**: 10-19.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2010) Censo demográfico 2010, <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>> acessado em dezembro 2010.

Jesus HC. (1999) Estudos sobre o impacto ambiental de metais pesados no sistema estuarino da Baía de Vitória, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, Relatório Técnico, contr. 521150/97-3, Vitória.

Jesus HC, Fernandes LFL, Zandonade E, Anjos Jr EE, Gonçalves RF, Marques FC, Reis LA, Romano CT, Teixeira RD, Sad CMS. (2003) Avaliação da contaminação por metais pesados em caranguejos e sedimentos

de áreas de manguezal do sistema estuarino de Vitória - ES, Relatório Técnico -Projeto Facitec/PMV-ES, contr. 4985717/ 2001, Vitória.

Jesus HC, Costa EA, Mendonça ASF, Zandonade E. (2004) Distribuição de metais pesados em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES. *Química Nova*, **27**: 378-386.

Jorge LC, Garcia LM, Martins VB, Kosawa A, Pauls E. (2002) Interações dos processos sócio-ambientais nas bacias das Enseadas de Icaraí e São Francisco, Niterói (RJ). 2. Organismos aquáticos como bioindicadores da qualidade ambiental com enfoque no mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1798), em Niterói-RJ. *Mundo & Vida*, **3**: 108-116.

Knobel M, Medeiros-Neto G. (2007) Relevance of iodine intake as a reputed predisposing factor for thyroid cancer. *Arquivos Brasileiros de Endocrinologia e Metabologia*, **51**: 701-712.

Liu JH, Kueh CSW. (2005) Biomonitoring of heavy metals and trace organics using the intertidal mussel *Perna viridis* in Hong Kong coastal waters. *Marine Pollution Bulletin*, **51**: 857–875.

Liu W, Chen J, Lin X, Fan Y, Tao S. (2007) Residual concentrations of micropollutants in benthic mussels in the coastal areas of Bohai Sea, North China. *Environmental Pollution*, **146**: 470-477.

Meyers-Shone L, Walton BT. (1994) Turtles as monitors of chemical contaminants in the environment. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, **135**: 93-152.

Moraes FC, Vilanova EP, Muricy G. (2003) Distribuição das esponjas (Porifera) na Reserva Biológica do Atol das Rocas, nordeste do Brasil. *Arquivos do Museu Nacional, Rio de Janeiro*, **61**: 13-22.

Müller WEG, Steffen R, Rinkevich B, Matranga V, Kurelec B (1996). The multixenobiotic resistance mechanism in the marine sponge *Suberites domuncula*: its potential applicability for the evaluation of environmental pollution by toxic compounds. *Marine Biology*, **125**: 165-170.

Muricy G, Silva OC. (1999) Esponjas marinhas do estado do Rio de Janeiro: Um recurso renovável inexplorado. *Oecologia Brasiliensis*, **7**: 155-178.

Muricy G, Hajdu E. (2006) *Porifera Brasilis: Guia de identificação das esponjas marinhas do sudeste do Brasil*. Rio de Janeiro: Museu Nacional.

Negri A, Burns K, Boyle S, Brinkman DE, Webster N. (2006) Contamination in sediments, bivalves and sponges of McMurdo Sound, Antarctica. *Environmental Pollution*, **143**: 456-467.

Perez T, Longet D, Schembri T, Rebouillon P, Vacelet J. (2005) Effects of 12 years operation of a sewage treatment plant on trace metal occurrence within a Mediterranean commercial sponge (*Spongia officinalis*, Demospongiae). *Marine Pollution Bulletin*, **50**: 301–309.

Porto LCS, Ethur EM. (2009) Elementos traço na água e em vísceras de peixes da Bacia Hidrográfica Butuí-Icamaquã, Rio Grande do Sul, Brasil. *CIÊNCIA RURAL*, **39**: 2512-2518.

Rainbow PS. (2002) Trace metals concentrations in aquatic invertebrates: why and so what? *Environmental Pollution*, **120**: 497-507.

Rao JV, Kavitha P, Reddy NC, Rao TG. (2006) *Petrosia testudinaria* as a biomarker for metal contamination at Gulf of Mannar, southeast coast of India. *Chemosphere*, **65**: 634–638.

Rebello MF, Amaral MCR, Pfeiffer WC. (2005) Oyster condition index in *Crassostrea rhizophorae* (Guilding, 1828) from a heavy-metal polluted coastal lagoon. *Brazilian Journal of Biology*, **65**: 345-351.

Rezende CE, Lacerda LD. (1986) Metais pesados em mexilhões (*Perna Perna L.*) no litoral do estado do Rio de Janeiro. *Revista Brasileira de Biologia*, **46**: 239-247.

Rojas MOAI, Cavalcante PRS, Souza RC, Dourado ECS. (2007) Teores de zinco e cobre em ostra (*Crassostrea rhizophorae*) e sururu (*Mytella falcata*) do estuário do Rio Bacanga em São Luís, MA. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, **20**: 1-82.

Santos CP, Coutinho AB, Hajdu E. (2002) Spongivory by *Eucidaris tribuloides* from Salvador, Bahia (Echinodermata: Echinoidea). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **82**: 295-297.

Seleglim MHR, Lira SP, Kossuga MH, Batista T, Berlinck RGS, Hajdu E, Muricy G, Rocha RM, Nascimento GGF, Silva M, Pimenta EF, Thiemann OH, Oliva G, Cavalcanti BC, Pessoa C, Moraes MO, Galetti FCS, Silva CL, Souza AO, Peixinho S. (2007) Antibiotic, cytotoxic and enzyme inhibitory activity of crude extracts from Brazilian marine invertebrates. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, **17**: 287-318.

Selvin J, Priya SS, Kiran GS, Thangavelu T, Bai NS. (2007) Sponge-associated marine bacteria as indicators of heavy metal pollution. *Microbiological Research*, **164**: 352-363.

Siciliano S, Alves VC, Hacon S. (2005) Aves e mamíferos marinhos como sentinelas ecológicas da saúde ambiental: uma revisão do conhecimento brasileiro. *Cadernos Saúde Coletiva*, **13**: 927 – 946.

Sonak S, Pangam P, Giriyan A, Hawaldar K. (2009) Implications of the ban on organotins for protection of global coastal and marine ecology. *Journal of Environmental Management*, **90**: 96–108.

Sterza JM. (2002) Composição e estrutura da comunidade zooplanctônica relacionada a hidroquímica no sistema estuarino Baía de

Vitória/Canal da Passagem, Vitória, ES. Dissertação de Mestrado, Biociências e Biotecnologia, UENF, 88p.

Storelli MM, Marcotrigiano GO. (2003) Heavy metal residues in tissues of marine turtles. *Marine Pollution Bulletin*, **46**: 397–400.

Szefer P, Geldom J, Ali AA, Bawazir A, Sad M. (1997) Distribution and association of trace metals in soft tissue and byssus of mollusc *Perna perna* from the gulf of Aden, Yemen. *Environment International*, **23**: 53-61.

Teixeira RM, Barbosa JSP, López MS, Ferreira-Silva MAG, Coutinho R, Villaça RC. (2010) Bioinvasão marinha: os bivalves exóticos de substrato consolidado e suas interações com a comunidade receptora. *Oecologia Australis*, **14**: 381- 402.

Tureck CR, Oliveira TN. (2003) Sustentabilidade ambiental e maricultura. *Revista Saúde e Ambiente*, **4**: 22-26.

Walters KD, Pawlik JR. (2005) Is there a trade-off between wound-healing and chemical defenses among Caribbean reef sponges? *Integrative and Comparative Biology*, **45**: 352-358.

Wu RSS, Lau TC, Fung WKM, Ko PH, Leung KMY. (2007) An 'artificial mussel' for monitoring heavy metals in marine environments. *Environmental Pollution*, **145**: 104-110.

Wulff JL. (2006) Sponge systematics by starfish: predators distinguish cryptic sympatric species of Caribbean fire sponges, *Tedania ignis* and *Tedania klausii* n. sp. (Demospongiae, Poecilosclerida). *Biological Bulletin*, **211**: 83-94.

Yap CK, Ismail A, Tan SG. (2004) Heavy metal (Cd, Cu, Pb and Zn) concentrations in the green-lipped mussel *Perna viridis* (Linnaeus) collected from some wild and aquacultural sites in the west coast of peninsular Malaysia. *Food Chemistry*, **84**: 569-575.

Zocche JJ, Freitas M, Quadros KE. (2010) Concentração de Zn e Mn nos efluentes do beneficiamento de carvão mineral e em *Typha domingensis* pers (Typhaceae). Revista Árvore, **34**: 177-188.

ANEXO 1

Resultados das análises de metais pesados na água do mar no verão e inverno

Laboratório de Geoquímica - LGqA

Departamento de Geologia

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Equipamento: Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma

Marca: Spectro / Modelo: Ciros CCD

Solicitante: Ronan Moreira

Total de Amostras: 12

Data: 16/11/2010

Prof.: Hermínio Arias Nalini Jr.

Resp.: Adriana Trópia/Leonardo Teixeira

Amostras de Água do Mar - Verão

Amostra	Al	As	Ba	Cr	Cu	Fe	K	Mn	Pb	Ti	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
IPVA1A	1,09	0,0145	0,0144	0,146	<LQ	0,407	193	0,0423	<LQ	0,0120	0,0726
IPVA1B	1,29	0,0145	0,0149	0,146	<LQ	0,491	228	0,0411	<LQ	0,0112	0,264
IPVA1C	1,18	0,0145	0,0110	0,146	<LQ	0,373	262	0,0407	<LQ	<LQ	0,172
IPVA1D	1,26	0,0223	0,0106	0,147	<LQ	0,380	211	0,0403	0,102	<LQ	0,226
IBVA1A	1,05	0,0198	0,0109	0,146	<LQ	0,403	307	0,0473	<LQ	0,0099	0,267
IBVA1B	1,00	0,0145	0,0094	0,134	<LQ	<LQ	313	0,0419	<LQ	0,0067	0,134
IBVA1C	1,20	0,0145	0,0084	0,146	<LQ	0,380	207	0,0417	<LQ	<LQ	0,107
IBVA1D	1,13	0,0145	0,0094	0,146	<LQ	0,384	240	0,0429	<LQ	0,0105	0,148
JCVA1A	0,936	0,0177	0,0101	0,148	<LQ	<LQ	240	0,0400	<LQ	0,0056	0,0899
JCVA1B	1,08	0,0145	0,0136	0,148	<LQ	0,372	280	0,0403	<LQ	<LQ	0,159
JCVA1C	1,38	0,0292	0,0131	0,147	<LQ	0,552	285	0,0441	<LQ	0,0080	0,258
JCVA1D	1,46	0,0172	0,0193	0,152	<LQ	0,423	243	0,0395	0,0968	0,0102	0,0962
LQ*	0,01219	0,06827	0,0004	0,00697	0,00407	0,00428	0,0522	0,000959	0,0893	0,00539	0,00372

Laboratório de Geoquímica - LGqA

Departamento de Geologia

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Equipamento: Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma

Marca: Spectro / Modelo: Ciros CCD

Solicitante: Ronan Moreira

Total de Amostras: 12

Data: 13/01/2011

Prof.: Hermínio Arias Nalini Jr.

Resp.: Adriana Trópia/Leonardo Teixeira

Amostras de Água do Mar – Inverno

Amostra	Al	As	Ba	Cr	Cu	Fe	K	Mn	Pb	Ti	Zn
	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L	mg/L
IPVA1A	0,1260	<LQ	0,01540	<LQ	<LQ	<LQ	270	0,0269	<LQ	<LQ	0,0583
IPVA1B	0,1136	<LQ	0,00680	<LQ	<LQ	<LQ	261	0,0254	<LQ	<LQ	0,0429
IPVA1C	0,1009	<LQ	0,00490	<LQ	<LQ	<LQ	228	0,0265	<LQ	<LQ	0,0420
IPVA1D	0,1401	<LQ	0,00770	<LQ	<LQ	<LQ	313	0,0257	<LQ	0,0096	0,0448
IBVA1A	0,1068	<LQ	0,00690	<LQ	<LQ	<LQ	317	0,0245	<LQ	<LQ	0,0443
IBVA1B	0,1120	<LQ	0,00600	<LQ	<LQ	<LQ	288	0,024	<LQ	<LQ	0,0322
IBVA1C	0,1123	<LQ	0,00470	<LQ	<LQ	<LQ	208	0,0239	<LQ	<LQ	0,0342
IBVA1D	0,1104	<LQ	0,00580	<LQ	<LQ	<LQ	310	0,0238	<LQ	<LQ	0,0359
JCVA1A	0,1180	<LQ	0,00650	<LQ	<LQ	<LQ	309	0,0239	<LQ	<LQ	0,0238
JCVA1B	0,1580	<LQ	0,00630	<LQ	<LQ	<LQ	317	0,0302	<LQ	<LQ	0,0342
JCVA1C	0,0946	<LQ	0,00700	0,0096	<LQ	<LQ	314	0,0251	<LQ	<LQ	0,0294
JCVA1D	0,1615	<LQ	0,00630	<LQ	<LQ	<LQ	313	0,0262	<LQ	<LQ	0,0341
LQ*	0,01219	0,06827	0,0004	0,00697	0,00407	0,00428	0,0522	0,000959	0,0893	0,00539	0,00372

ANEXO 2

Resultados das análises de metais pesados em *Amphimedon viridis* e *Perna perna* no verão

Laboratório de Geoquímica - LGqA

Departamento de Geologia

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Equipamento: Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma

Marca: Spectro / Modelo: Ciros CCD

Solicitante: Ronan Moreira

Total de Amostras: 24

Data: 16/11/2010

Prof.: Hermínio Arias Nalini Jr.

Resp.: Adriana Trópia/Leonardo Teixeira

Amostras de *Amphimedon viridis* e *Perna perna* - Verão

Amostra	Al	As	Ba	Cr	Cu	Fe	K	Mn	Pb	Ti	Zn
	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$
IPVE1A	1838	10,1	6,38	13,0	3,10	1939	4088	22,4	<LQ	4,21	21,4
IPVE1B	1669	9,56	3,97	12,3	2,66	1619	3889	23,5	<LQ	2,79	16,8
IPVE1C	1522	9,66	4,48	15,8	3,56	1500	5035	22,4	<LQ	5,38	23,0
IPVE1D	2545	10,6	9,22	13,7	3,80	2169	5196	27,8	<LQ	5,35	24,4
IBVE1A	1674	11,3	7,67	10,3	3,86	2000	4623	63,8	<LQ	27,1	23,8
IBVE1B	1584	12,3	4,33	14,0	3,47	1770	4566	50,4	<LQ	5,11	23,3
IBVE1C	2315	14,5	20,2	11,6	4,16	2446	4404	53,6	<LQ	36,6	26,1
IBVE1D	1632	9,73	12,0	11,8	2,77	2463	3153	91,6	<LQ	4,81	18,5
JCVE1A	3478	10,8	7,62	14,4	3,54	11619	4043	133,2	<LQ	27,6	27,3
JCVE1B	3413	7,24	17,0	13,7	3,22	11974	3052	76,7	<LQ	30,5	22,5
JCVE1C	2523	5,57	9,79	11,2	2,18	7919	2215	59,9	<LQ	14,7	19,7
JCVE1D	2585	5,64	12,05	14,0	3,23	6083	3216	57,8	<LQ	33,3	20,7
IPVM1A	252	5,84	9,41	13,4	3,85	386	3577	7,44	<LQ	2,82	74,3
IPVM1B	981	8,84	2,43	2,28	2,96	1024	4829	10,2	<LQ	7,97	56,6
IPVM1C	524	8,17	1,98	2,32	2,63	723	5427	8,31	<LQ	3,58	59,0
IPVM1D	516	6,94	4,07	14,0	5,97	624	3614	9,71	<LQ	1,35	73,5
IBVM1A	125	5,45	3,44	12,7	3,38	201	3194	7,77	<LQ	0,582	41,1
IBVM1B	184	5,63	5,10	14,5	3,47	234	4286	10,5	<LQ	0,569	63,3
IBVM1C	1159	6,82	21,6	14,2	4,94	1165	4495	45,9	<LQ	1,99	83,7
IBVM1D	417	6,26	14,6	13,8	3,99	585	4211	11,3	<LQ	1,19	149
JCVM1A	178	6,45	1,95	2,01	3,49	334	5051	10,0	<LQ	1,50	67,4
JCVM1B	82,1	4,95	4,46	2,21	2,92	150	4614	6,15	<LQ	1,10	59,2
JCVM1C	158	5,49	1,62	10,5	4,18	537	4829	12,6	<LQ	0,919	53,8
JCVM1D	205	4,40	11,4	10,8	4,32	484	3553	11,3	<LQ	2,34	97,5
LQ*	1,012	5,67	0,033	0,579	0,338	0,355	4,33	0,080	7,41	0,447	0,309

ANEXO 3

Resultados das análises de metais pesados em *Amphimedon viridis* e *Perna perna* no inverno

Laboratório de Geoquímica - LGqA

Departamento de Geologia

Universidade Federal de Ouro Preto - UFOP

Equipamento: Espectrofotômetro de Emissão Atômica com Fonte Plasma

Marca: Spectro / Modelo: Ciros CCD

Solicitante: Ronan Moreira

Total de Amostras: 24

Data: 13/01/2011

Prof.: Hermínio Arias Nalini Jr.

Resp.: Adriana Trópia/Leonardo Teixeira

Amostras de *Amphimedon viridis* e *Perna perna* - Inverno

Amostra	Al	As	Ba	Cr	Cu	Fe	K	Mn	Pb	Ti	Zn
	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$	$\mu\text{g.g}^{-1}$
IPVE1A	1983	8,26	9,93	16,1	1,42	3521	1888	83,5	<LQ	47,0	16,9
IPVE1B	2327	8,60	11,2	15,6	2,08	2693	2372	73,2	<LQ	42,3	18,0
IPVE1C	2249	9,47	7,12	17,4	2,44	3080	2577	73,8	<LQ	33,6	19,4
IPVE1D	939	11,74	3,08	15,0	3,20	1872	4282	66,9	<LQ	12,5	19,3
IBVE1A	1182	10,52	8,57	9,76	2,61	1287	5010	19,8	<LQ	18,2	17,3
IBVE1B	1125	11,99	13,3	8,61	2,85	1195	5943	22,3	<LQ	20,4	17,7
IBVE1C	959	5,78	6,30	9,36	1,72	1173	3958	22,4	<LQ	15,0	16,9
IBVE1D	1270	8,24	14,4	12,2	2,23	1577	4359	20,6	<LQ	24,9	19,5
JCVE1A	2668	11,92	3,31	11,2	4,77	2759	5492	58,3	<LQ	24,0	21,6
JCVE1B	3113	9,27	4,42	11,4	5,04	3616	5047	69,0	<LQ	28,3	26,3
JCVE1C	2534	9,82	3,60	11,1	3,73	3780	4033	68,0	<LQ	24,0	18,5
JCVE1D	3221	10,02	3,70	11,5	4,41	3947	4492	65,7	<LQ	29,8	20,4
IPVM1A	3600	9,92	4,52	12,5	4,65	2463	5054	27,4	<LQ	32,9	112
IPVM1B	1701	9,07	7,00	9,50	4,86	1326	3302	16,7	<LQ	26,3	106
IPVM1C	707	10,99	1,01	9,95	3,18	566	5371	9,74	<LQ	6,60	69,0
IPVM1D	2264	9,70	3,28	10,5	5,99	1752	4323	20,5	<LQ	18,9	105
IBVM1A	2508	13,08	3,85	8,82	10,66	1731	3770	25,0	<LQ	27,4	176
IBVM1B	870	9,26	1,49	9,12	6,35	788	4444	14,5	<LQ	7,38	185
IBVM1C	825	12,96	1,30	9,28	15,41	771	5318	15,5	<LQ	5,44	211
IBVM1D	973	6,73	1,39	9,91	9,26	760	5052	14,9	<LQ	7,48	158
JCVM1A	536	10,54	1,47	8,15	6,08	733	4535	14,0	<LQ	5,87	70,3
JCVM1B	835	7,52	1,78	6,75	6,15	1008	3396	16,1	<LQ	13,04	68,8
JCVM1C	177	6,21	0,691	8,39	4,01	189,6	3978	10,4	<LQ	0,67	58,6
JCVM1D	400	12,86	0,992	7,72	5,05	523	4431	10,9	<LQ	4,98	68,2
LQ*	1,012	5,67	0,033	0,579	0,338	0,355	4,33	0,080	7,41	0,447	0,309

ANEXO 4

Dados das componentes principais relativos às variáveis concentrações de metais						
	Metal	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5
1	Al	0,3861	-0,1721	-0,2951	0,0471	0,0814
2	As	0,3672	0,2934	-0,133	-0,3788	0,0541
3	Ba	0,3085	-0,0538	0,8446	0,2519	0,1351
4	Cr	0,3782	0,1354	0,2428	-0,1378	-0,1409
5	Fe	0,3192	-0,3751	-0,1664	0,3453	-0,5487
6	K	0,3178	0,439	-0,0057	-0,3739	-0,1686
7	Mn	0,3636	-0,304	-0,085	-0,0912	-0,2074
8	Ti	0,3482	-0,2198	-0,2096	0,0973	0,7615
9	Zn	0,1466	0,6236	-0,2101	0,7036	-0,0048