



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**CARLOS VALÉRIO SILVEIRA MENDONÇA FILHO**

**INCORPORAÇÃO DE METAIS TRAÇO NO ESQUELETO DO  
CORAL *Siderastrea stellata* VERRILL, 1868**

Salvador  
2008

**CARLOS VALÉRIO SILVEIRA MENDONÇA FILHO**

**INCORPORAÇÃO DE METAIS TRAÇO NO ESQUELETO  
DO CORAL *Siderastrea stellata* VERRILL, 1868**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia,  
Instituto de Geociências, Universidade Federal da  
Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau  
de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Ruy Kenji Papa de Kikuchi  
Co-orientadora: Prof<sup>a</sup>. Vanessa Hatje

Salvador  
2008

## TERMO DE APROVAÇÃO

CARLOS VALÉRIO SILVEIRA MENDONÇA FILHO

### INCORPORAÇÃO DE METAIS TRAÇO NO ESQUELETO DO CORAL *Siderastrea stellata* VERRILL, 1868

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Ruy Kenji Papa de Kikuchi - Orientador  
Livre Docente e Doutor em Geologia pela Universidade Federal da Bahia - UFBA  
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Wagna Piler Carvalho dos Santos  
Doutora em Química pela Universidade Federal da Bahia - UFBA  
Centro Federal de Educação Tecnológico da Bahia

Zelinda Margarida de Andrade Nery Leão  
Doutora em Marine Geology and Geophysic pela University of Miami - UM, Estados Unidos  
Universidade Federal da Bahia - UFBA

Salvador, 12 de dezembro de 2008

Dedico este trabalho ao meu Avô Théo, que não se encontra mais aqui entre nós, e aos meus pais.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar oportunidade de estar aqui neste planeta, evoluindo o meu espírito.

A minha família, que me deu apoio nos momentos difíceis.

A meu Avô Théó, que foi responsável pela minha formação intelectual desde pequeno.

Ao meu orientador Ruy Kikuchi por sempre me direcionar nos momentos de tempestade mental.

A minha Co-Orientadora Vanessa Hatje. Sem seu apoio este trabalho não chegaria ao fim.

A Dr<sup>a</sup> Wagner Piler Carvalho dos Santos, pelo apoio com os procedimentos analíticos e colaboração nas leituras das amostras.

Aos alunos do Laboratório de Oceanografia Química – LOQ, Manuel, Gabriel e Darlam.

Aos alunos de doutorado de Química Analítica, Tiago e Elaine.

Ao amigo Ricardo Marques Domingues, que coletou as colônias das Caramuanas, e sempre me ajudou no decorrer do meu trabalho.

A todos do Grupo RECOR (Pedro, Miguel, Rodrigo, Amanda, Igor, Rafael, Marocci, Carlinha, Felipe, Vivian etc) e a coordenadora do grupo Dr<sup>a</sup> Zelinda Leão.

Aos professores de Oceanografia.

Ao amigo Saulo Spanó, que sempre tinha um conselho amigo nos momentos de dúvida.

Aos colegas Rafael e Wagner, pelas conversas sobre a estatística.

Aos amigos Taoan e Marcelo Greve.

"Não pode haver nenhuma paz interior sem o verdadeiro conhecimento".  
(Mahatma Gandhi)

## RESUMO

Após a descoberta do bandamento no esqueleto dos corais na década de 70, e da incorporação de metais traço, o potencial de registro ambiental (*proxy*) dos corais tem sido utilizado no mundo todo, por diversos pesquisadores. Uma das grandes dificuldades em mensurar a concentração dos metais traço, incorporados na estrutura esquelética dos corais, é eliminar a contaminação, decorrente da coleta e do manuseio das amostras, no momento do corte com serra diamantada, assim como do pré-tratamento das amostras. Para tanto, diversos procedimentos de descontaminação foram desenvolvidos para o pré-tratamento das amostras coralíneas. No entanto, nenhuma destas metodologias descreve como cada etapa do procedimento atua nas amostras, ou quais são os metais removidos e as características destas remoções. Neste trabalho foram avaliados, a taxa de crescimento para colônias do coral *Siderastrea stellata*, três procedimentos de descontaminação (Guzmán e Jarvis (1996), Bastidas e Garcia (1999) e David (2003)) e quais metais relacionados a contaminação ambiental são incorporados na matriz esquelética do coral *S. stellata*. Os resultados mostraram que as colônias coletadas na Baía de Todos os Santos apresentaram uma taxa média de extensão linear de  $3,8 \pm 0,4$  mm/ano. Para as amostras esqueléticas de coral *Siderastrea stellata*, ocorre contaminação principalmente pelos metais Fe, Ni, Cu e Zn. Esta contaminação pode estar relacionada à manipulação das amostras por instrumentos metálicos. Os metais traço incorporados no esqueleto do coral *S. stellata* foram Co, Fe, Se, Ni, V, Al, Mn, Zn, Ba e Cu.

**Palavras-chave:** Baía de Todos os Santos; Metais Traço; Coral.

## Abstract

After the discovery of density bands in the coralline skeleton in the 70s, as well as incorporation of trace elements, the potential of environmental recording (proxy) of corals has been used on a worldwide basis, by different researchers. One of the major difficulties faced to measure the concentration of trace elements incorporated by the coralline skeleton matrix consists in eliminating the contamination derived from handling during sample cutting with the diamond-type circular saw and pre-treatment of samples. In order to achieve such goal, different decontamination methods were developed for application during the pre-treatment of coralline samples. However none of those methodologies describe how every step of the procedure affects the samples or which metals are removed, or the characteristics of such removal. The scope of this study included assessment of growth rate for coral *Siderastrea stellata*; comparison among three decontamination methods [Guzmán & Jarvis (1996), Bastidas & Garcia (1999) and David (2003)] and identification of which metals associated with environmental contamination are incorporated by the skeletal matrix of coral *S. stellata*. The results obtained show that the colonies collected at the Todos os Santos Bay present an average linear extension corresponding to  $3,8 \pm 0,4$  mm/year. Contamination was found for skeletal samples of *S. stellata*, mainly by metals Fe, Ni, Cu and Zn. Such contamination may be associated with metallic tools used during sample handling. The trace metals incorporated into the coralline skeleton were Co, Fe, Se, Ni, V, Al, Mn, Zn, Ba and Cu.

**keyword:** : Todos os Santos Bay; Trace Metals; Coral.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1– Mapa de localização dos recifes mapeados na BTS.	19
Figura 2- Mergulhador coletando uma colônia do coral <i>Siderastrea stellata</i>	20
Figura 16- Bandamento esclerocronológico da colônia <i>S. stellata</i> coletada no recife de Poste 4.	31
Figura 17- Bandamento esclerocronológico da colônia <i>S. stellata</i> coletada no recife de Poste 4.	31
Figura 18- Bandamento esclerocronológico da colônia <i>S. stellata</i> coletada no recife de Poste 4.	31
Figura 19- Bandamento esclerocronológico da colônia <i>S. stellata</i> coletada no recife das Caramuanas.	32
Figura 20- Bandamento esclerocronológico da colônia <i>S. stellata</i> coletada no recife das Caramuanas.	32
Figura 21- Bandamento esclerocronológico da colônia <i>S. stellata</i> coletada no recife das Caramuanas.	33
Figura 22- Bandamento esclerocronológico da colônia <i>S. stellata</i> coletada no recife da Pedra Cardinal.	33
Figura 23– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos <b>A) Co, B) Fe, C) Se, D) Ni e E) V</b> , para os sobrenadantes do procedimento Guzmán e Jarvis (1996).	38
Figura 24– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos <b>A) Al, B) Mn, C) Zn, D) Ba e E) Cu</b> , para os sobrenadantes do procedimento Guzmán e Jarvis (1996).	39
Figura 25– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos <b>A) Co, B) Fe, C) Se, D) Ni e E) V</b> , para os sobrenadantes do procedimento Bastidas e García, (1999).	43
Figura 26– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos <b>A) Al, B) Mn, C) Zn, D) Ba e E) Cu</b> , para os sobrenadantes do procedimento Bastidas e García, (1999)	44
Figura 27– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos <b>A) Co, B) Fe, C) Se, D) Ni e E) V</b> , para os sobrenadantes do procedimento David, (2003).	47
Figura 28– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos <b>A) Al, B) Mn, C) Zn, D) Ba e E) Cu</b> , para os sobrenadantes do procedimento David, (2003).	48
Figura 29- Gráficos das concentrações dos elementos <b>1) Fe, 2) Cu, 3) Zn e 4) Ni</b> , quantificados na matriz esquelética do coral <i>S. stellata</i> .	50
Figura 30- Gráficos das concentrações dos elementos <b>5) Co, 6) Se, 7) V, 8) Al, 9) Mn, 10) Ba</b> , quantificados na matriz esquelética do coral <i>S. stellata</i> .	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Condições experimentais utilizadas no equipamento de ICP OES com configuração axial.	29
Tabela 2- Valores das taxas anuais de crescimento lineares médios e idades das colônias de <i>Siderastrea stellata</i> coletadas na BTS.	30
Tabela 3 - Comparação entre o crescimento médio dos corais do interior (P4) e da parte externa (Caramuanas) da Baía de Todos os Santos.	34
Tabela 4- Concentração média e desvio padrão dos analitos ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) quantificados nas amostras esqueléticas do coral <i>Siderastrea stellata</i> .	49
Tabela 5- Sumário da análise de variância (ANOVA) e teste a posteriori TUKEY – HSD entre os diferentes métodos de descontaminação para o elemento Ferro.	52
Tabela 6- Sumário da análise de variância (ANOVA) e teste a posteriori TUKEY – HSD entre os diferentes métodos de descontaminação para o elemento Cu.	58

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>12</b>
1.1	OBJETIVOS	15
<b>2</b>	<b>CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>16</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b>	<b>20</b>
3.1	COLETA DAS COLÔNIAS	20
3.2	ESTUDO ESCLEROCRONOLÓGICO	20
3.3	PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS	22
3.4	EQUIPAMENTOS UTILIZADOS	28
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>30</b>
4.1	ESCLEROCRONOLOGIA	30
4.2	PROCEDIMENTOS DE DESCONTAMINAÇÃO	34
4.2.1	<b>Procedimento Guzmán e Jarvis (1996):</b>	<b>34</b>
4.2.2	<b>Procedimento de Bastidas e Garcia (1999):</b>	<b>40</b>
4.2.3	<b>Procedimento de David (2003):</b>	<b>45</b>
4.3	INCORPORAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO	49
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>52</b>
5.1	ESCLEROCRONOLOGIA	52
5.2	PROCEDIMENTOS DE DESCONTAMINAÇÃO E INCORPORAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO	54
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>59</b>
<b>7</b>	<b>ETAPAS FUTURAS</b>	<b>61</b>
<b>8</b>	<b>ANEXO 1</b>	<b>67</b>

## INTRODUÇÃO

Os recifes de corais dominam a maior parte da linha de costa tropical, cobrindo cerca de 15% do fundo oceânico com profundidade igual ou inferior a 30 m (Smith, 1978). Podem atingir mais de 1300 metros de espessura (entre a superfície e o substrato – e.g. rochas vulcânicas do Atol Enewteak no Pacífico) e 2000 quilômetros de extensão, como na grande barreira de corais na Austrália. Estas magníficas formas de construção biológica são muito antigas, mas sensíveis, tendo sofrido várias extinções ao longo das eras geológicas. São o produto de biomineralização mais espetacular do planeta, sendo construídos sobre detritos acumulados, deixados por inúmeras gerações de organismos, especialmente algas calcáreas, foraminíferos, além dos corais. As algas produzem a maior parte da massa do recife, ajudando-o a cimentá-lo, ao passo que os corais constroem a maior parte da estrutura resistente à erosão. Temperatura e luz são os fatores ambientais primordiais no controle do crescimento dos recifes. São eles que determinam a viabilidade da reação de precipitação do carbonato de cálcio dissolvido na água do mar para formar os esqueletos dos organismos hermatípicos (corais zooxantelados), através da fotossíntese (Goreau, 1960). Com base nestes dois parâmetros, pode-se definir limites dentro dos quais os recifes ocorrem. Todos os parâmetros geológicos, oceanográficos e biológicos agem de modo a modificar as configurações padrões de temperatura e luminosidade do ambiente, deste modo, produzindo condições necessárias para existência dos recifes (Kikuchi, 2000).

Os ecossistemas recifais marinhos são conhecidos como um dos mais diversos e complexos, podendo ser comparados com o ecossistema das florestas tropicais (Anu *et. al*, 2006). Sua estrutura tridimensional abriga uma infinidade de organismos (peixes, moluscos, gastrópodes, poliquetas, esponjas, etc.), sendo de extrema importância em termos de recursos biológicos. Por esta grande diversificação, os recifes são a base da sobrevivência de inúmeras populações costeiras, tendo grande importância no pescado local e pelágico (peixes de passagem que não residem propriamente no recife).

Nas últimas décadas, esse ecossistema tem sofrido sérios impactos antropogênicos devido a mudanças climáticas globais, contaminação associada à descarga de efluentes industriais e urbanos, aporte de sedimento (causado por dragagem

e desmatamento) e sobreexploração de seus recursos (Rogers, 1985; Scott, 1990; David, 2003). Uma separação entre mudanças ambientais naturais, e causadas pela ação antrópica, bem como o entendimento destas mudanças, requerem instrumentos que possam registrar informações pretéritas sobre as condições ambientais (Eddy e Oeschger, 1993).

A partir da descoberta das bandas de densidade esclerocronológicas nos corais (Knutson, 1972), reveladas por Raios-x, dois potenciais de aplicações puderam ser estabelecidos; (i) recuperar informações sobre o crescimento dos corais; (ii) resgatar registros paleoclimáticos e ambientais (Barnes e Lough 1996). Isso foi possível pelo fato das bandas de densidade (um par de bandas de alta e baixa densidade) serem anuais, estabelecendo uma cronologia do crescimento da estrutura esquelética dos corais. Além disso, este crescimento sofre influência de fatores físicos e químicos da água do mar (temperatura, salinidade, turbidez, etc.), ocorrendo, também, incorporação de elementos traço em sua estrutura esquelética. Isto representa uma série temporal contínua de registro de parâmetros oceanográficos marinhos. Dentre os parâmetros acessíveis neste banco de dados ambiental, podemos citar a temperatura da superfície do mar (TSM), interpretada através da razão dos elementos Sr, Mg, B e o isótopo  $^{18}\text{O}$  (incorporados na matriz esquelética) com o elemento Ca (McCulloch e East, 2000). De forma similar, eventos de ressurgência, descargas de rios e deposição atmosférica, podem ser identificados através de isótopos de  $^{18}\text{O}$ , e razões de Ba/Ca, Cd/Ca e Mn/Ca (Gagan et al., 1998, Fallon et al., 1999). O biomonitoramento das condições ambientais pode ser interpretado através da incorporação de metais traço como Hg, Cu, Zn, Pb, Mn, Fe, V, Cd, na estrutura esquelética dos corais (Hanna e Muir, 1990; Scott, 1990, Guzman e Jarvis, 1996; Bastidas e Garcia, 1999; David, 2003; Al-Rousan et al., 2007).

Metais traço podem ser incorporados no esqueleto do coral, através de vários mecanismos:

1) Substituição do Ca, por espécies iônicas de metais dissolvidos na estrutura cristalina, no momento da formação da aragonita ( $\text{CaCO}_3$ ). Esta reação de substituição iônica ocorre da seguinte maneira:  $\text{CaCO}_3 + \text{Me}^{2+} \leftrightarrow \text{MeCO}_3 + \text{Ca}^{2+}$  (onde Me seria o íon metálico dissolvido na água do mar). A razão Me/Ca na aragonita dos corais é controlada, principalmente, por três fatores: (i) o coeficiente de distribuição do íon metálico entre a

aragonita e a água do mar; (ii) a razão  $Me^{2+}/Ca^{2+}$  na superfície oceânica e (ii) efeitos biológicos (Ramos e Ohde, 2004).

2) Adsorvido na superfície dos cristais de aragonita, através do aprisionamento de partículas nas cavidades esqueléticas (Hanna e Muir, 1990) e,

3) Incorporação de matéria orgânica, no tecido coralíneo, pela alimentação do coral (Hanna e Muir, 1990).

O uso do coral como biomonitor da qualidade ambiental vem sendo utilizado por diversos pesquisadores. A Tabela do Anexo 1 apresenta um sumário de trabalhos realizados por alguns pesquisadores, ilustrando a concentração dos metais traço e elementos maiores, incorporados nos esqueletos de corais adultos. Uma das grandes dificuldades em mensurar a concentração dos metais traço, incorporados na estrutura esquelética coralínea, é eliminar a contaminação, decorrente da coleta e do manuseio das amostras no momento do corte com serra diamantada, além do pré-tratamento das amostras. Visto que a maioria dos metais incorporados no esqueleto coralíneo, encontra-se em baixas concentrações (Tabela, Anexo 1), esta matriz pode ser contaminada durante as etapas de preparo. Diversos procedimentos foram propostos para eliminar os problemas de contaminação associados à manipulação das amostras no momento da coleta, corte com serra diamantada e pré-tratamento (Shen e Boyle, 1988, Hanna e Muir, 1990; Scott, 1990, Guzmán e Jarvis, 1996; Bastidas e Garcia, 1999; David, 2003; Al-Rousan et al., 2007). O grau de complexidade e o número de etapas envolvidas nestes processos variam muito. Dentre estes trabalhos, o esquema proposto por Shen e Boyle (1988), possui o maior número de etapas e complexidade. Shen e Boyle (1988) propuseram um procedimento de limpeza do esqueleto do coral, empregando agentes oxidantes e redutores, para remover a contaminação superficial, as partículas incorporadas nos “poros esqueléticos” e associadas às zooxantelas simbiotes. Este pré-tratamento objetiva a limpeza da superfície da amostra para a obtenção dos valores das concentrações dos metais que foram incorporados na estrutura cristalina da aragonita esquelética. Outros estudos, que propuseram pré-tratamentos mais simples incluindo lavagem das amostras com água deionizada e ácido, mostraram-se eficientes na descontaminação das amostras para posterior avaliação de contaminação por metais traço em diversas regiões, incluindo corais do Recife da Grande Barreira, na Austrália (McConchie e Harriott, 1992; Esslemont, 1999), Indonésia (Scott e Davies, 1997), da

Tailândia (Brown et al., 1991), Hong Kong (Scott, 1990) e do Mar Vermelho (Hanna e Muir, 1990). Estes trabalhos compararam a concentração de metais traço no esqueleto de corais, entre áreas contaminadas e não-contaminadas.

O coral *Siderastrea stellata* é endêmico dos recifes brasileiros, apresentando características similares às espécies caribenhas *Siderastrea sidera* e *Siderastrea radians*, embora existam modificações em relação aos cálices, septos e aos seus espaços interceptais (Laborel, 1969a). *Siderastrea stellata* configura-se como uma espécie particularmente resistente a elevações de temperatura, variações de salinidade e turbidez das águas, sendo comum em poças de marés no topo dos recifes e em regiões submersas rasas e bem iluminadas. Possui uma ampla distribuição geográfica ao longo da costa brasileira, ocorrendo desde o estado do Maranhão (Parcel Manuel Luiz), Piauí e Ceará (Fortaleza), Atol das Rocas, Ilhas Fernando de Noronha, estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Bahia (litoral norte, Recôncavo, Sul e Baixo Sul), Espírito Santo, Ilha de Trindade e Rio de Janeiro (Laborel, 1969a, Leão, 1986). Ao sul da praia da Tartaruga, em Búzios (RJ), esta espécie desaparece, devido à temperatura das águas serem mais frias. Esta ampla distribuição do coral *Siderastrea stellata*, fornece um grande potencial à espécie, para estudos paleoceanográficos e de avaliação de qualidade ambiental.

## 1.1 OBJETIVOS

Este trabalho tem como objetivo principal, investigar a utilidade do coral *Siderastrea stellata* Verril, 1868, como bioindicador da qualidade ambiental das águas da Baía de Todos os Santos.

Com objetivos específicos, pretende-se:

- Realizar estudo esclerocronológico deste coral escleractíneo, determinando as taxas de crescimentos anuais para as colônias coletadas na Baía de Todos os Santos,
- Testar a eficiência de três metodologias para a descontaminação das amostras do esqueleto do coral *Siderastrea stellata*.

- Avaliar a incorporação de metais traço em amostra de esqueleto de coral *Siderastrea stellata* Verril 1868.

## 2 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A Baía de Todos os Santos (BTS) é a segunda maior baía do Brasil, com área aproximada de 1200 km<sup>2</sup>, largura (eixo Oeste-Leste) e comprimento (eixo Norte-Sul) máximo de 30 e 50 km, respectivamente (Cirano e Lessa, 2007). Possui um aspecto recortado e presença de várias ilhas, sendo a maior delas a ilha de Itaparica. A BTS é delimitada por dois canais de escoamento de água para o oceano: (i) o canal de Itaparica, na porção sudoeste, que possui topografia suave, é raso (em média 10m) e estreito e (ii) o canal de Salvador, a leste, com profundidade média de 25m e máxima de 102m, por onde ocorre a maior troca de água entre a baía e o oceano (Lessa et al., 2001).

A BTS faz parte da bacia do Recôncavo, que foi formada por linhas de falhas no início do Cretáceo, sendo delimitada pelas falhas de Salvador e Maragogipe (Medeiros e Ponte 1981). O entorno da BTS é composto por rochas sedimentares do Jurássico e do Cretáceo, exceto numa pequena área, na cidade de Salvador, onde ocorre afloramentos do embasamento cristalino, ao longo da falha de Salvador. Podem ser identificadas na BTS, quatro fácies sedimentares de fundo: areia quartzosa, lama, biodetritos, e mista, existindo uma predominância de sedimento fino (silte e argila), especialmente na parte central e norte associado às áreas mais rasas da BTS (Bittencourt *et al.*, 1976).

O clima na entrada da BTS é tropical úmido, com médias anuais de temperatura, precipitação e evaporação, respectivamente de 25,3°C, 2086 mm e 1002 mm (Cirano e Lessa, 2007). A precipitação é concentrada no outono e no inverno (março a julho), quando ocorrem 60% da precipitação. Durante o verão, os ventos predominantes são de leste, enquanto no inverno predominam ventos de sudeste, associados a frentes frias (Cirano e Lessa, 2007).

A BTS comporta, internamente, três outras baías: a baía de Iguape, de Aratu e de Itapagipe. A rede de drenagem afluyente da BTS compreende as bacias hidrográficas do



Rio Paraguaçu, Jaguaripe, Subaé, Traripe, Dona e Caichoeirinha, além de outras bacias menos expressivas.

O crescimento industrial em torno da BTS teve início a partir dos anos 40, gradualmente, ganhando espaço das atividades agrícolas. Nos anos 50 foi criada a refinaria Landulpho Alves – RLAM, impulsionando a construção de estradas, e o rápido desenvolvimento urbano da Região Metropolitana de Salvador. Nas décadas de 60 e 70, ocorreu a mais intensa industrialização no entrono da BTS, com a implantação do Centro Industrial de Aratu (CIA) em 1966, Centro Industrial do Subaé, e o Complexo Petroquímico de Camaçari (COPEC) (CRA, 2004). Esta industrialização e o grande crescimento urbano e populacional em torno da BTS causaram intensa degradação da baía e conseqüentemente, do ambiente recifal. Este desenvolvimento resultou no crescimento do lançamento de efluentes industriais e domésticos e o aumento da turbidez das águas, resultado do aporte de sedimento na BTS, como conseqüência do desmatamento das áreas do mangue e mata nativa. Registros de impactos no ambiente recifal da Baía de Todos os Santos (BTS) começaram a ser reportados em 1870, pelo naturalista canadense C. F. Hartt, onde os corais eram coletados para a produção de cal. Dutra (2003), sugere uma substancial substituição da comunidade recifal descrita por Laborel (1969a), por organismos mais adaptados às altas taxas de sedimentação e turbidez na coluna d'água.

Segundo Leão (1996) os recifes de corais da BTS são especialmente recifes em franja, contínuos, os quais bordejam a costa leste e sudeste das ilhas de Itaparica e dos Frades e a costa leste de ilhas menores localizadas na região norte da BTS. Ocorrem , também ecossistemas recifais no centro da BTS, e adjacente ao canal de Madre de Deus, entre as ilhas de Maré e dos Frades. (Figura 2)

O recife de Poste 4 (Figura 2), possui um formato de domo, com algumas irregularidades em seu topo, tendo profundidades de 7-8m, diâmetro médio de 20m, altura de 3-4 m e orientação NW-SE. Colônias de *Siderastrea stellata*, em forma de cogumelos são encontradas neste ambiente (Dutra, 2003).

Os recifes das Caramuanas (Figura 2) localizam-se a cerca de 4 km da costa, entre as localidades de Aratuba e Cacha-Pregos (Ilha de Itaparica). Encontram-se a profundidades de 4 a 6m, formando corpos recifais isolados, submersos, de formas e

dimensões variadas (Araújo, 1984). Estas estruturas crescem como colunas de tamanhos reduzidos (3 a 5 m de altura), com uma forma cogumelar semelhante aos chapeirões descritos na área de Abrolhos (Leão, 1982). As colunas maiores chegam até a superfície das águas, e são constituídas por uma população de corais bem mais rica que a dos recifes mais próximos à costa.

O recife da Pedra Cardinal (Figura 2) distancia-se 4,5 Km da costa a profundidades de 7 a 13 metros. Possui grande extensão, com um formato meio oval, tendo cerca de 60 m por mais de 100 m (Cruz, 2008). Seu principal construtor é predominantemente a espécie *Montastrea cavernosa* (Cruz, 2008).

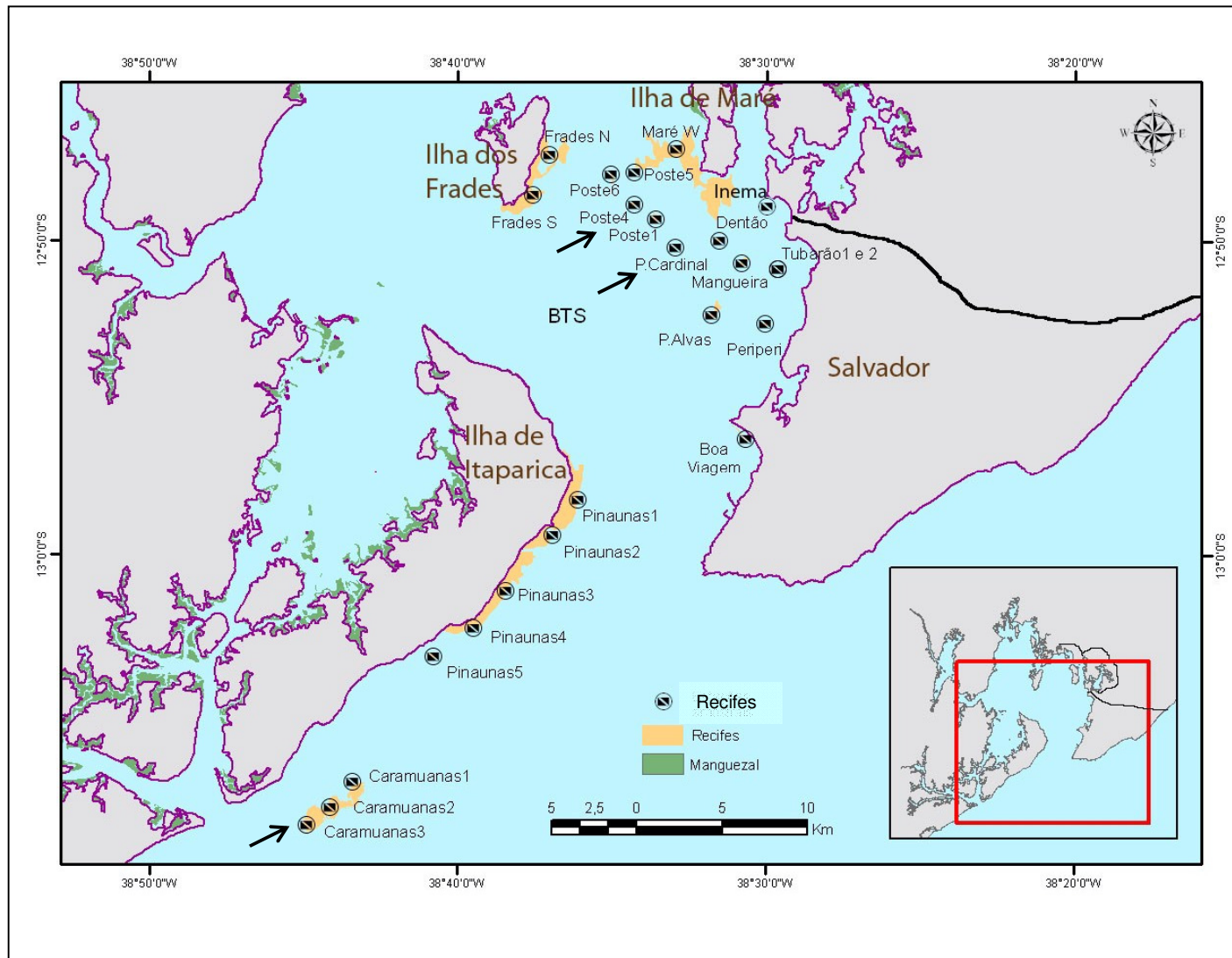


Figura 1– Mapa de localização dos recifes mapeados na BTS. Setas pretas indicam as estações de coleta Poste 4, P. Cardinal e Caramuanas, onde as colônias de *Siderastrea stellata* foram coletadas. Fonte: Rafael Carvalho.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 COLETA DAS COLÔNIAS

Em cada estação de amostragem, três colônias do coral *Siderastrea stellata*, foram coletadas vivas, em novembro de 2007, na BTS, nos recifes de Poste 4 (12°48'51,37" latitude Sul; 38°34'16,72" longitude Oeste) e Caramuanas (13°07'12,80" latitude Sul; 38°43'24,10" longitude Oeste), e uma colônia no recife de Pedra Cardinal (12°50'13,49" latitude Sul; 38 32'57,01" longitude Oeste) (Figura 2). A profundidade de coleta foi, aproximadamente, 7 m. A operação de coleta foi realizada com auxílio de equipamento de mergulho SCUBA (Figura 3). As amostras coletadas em Poste 4 foram nomeadas P4a, P4b e P4c. As amostras coletadas nas Caramuanas foram nomeadas Car.A, Car.B e Car.C. A amostra de Pedra Cardinal foi denominada P.C.

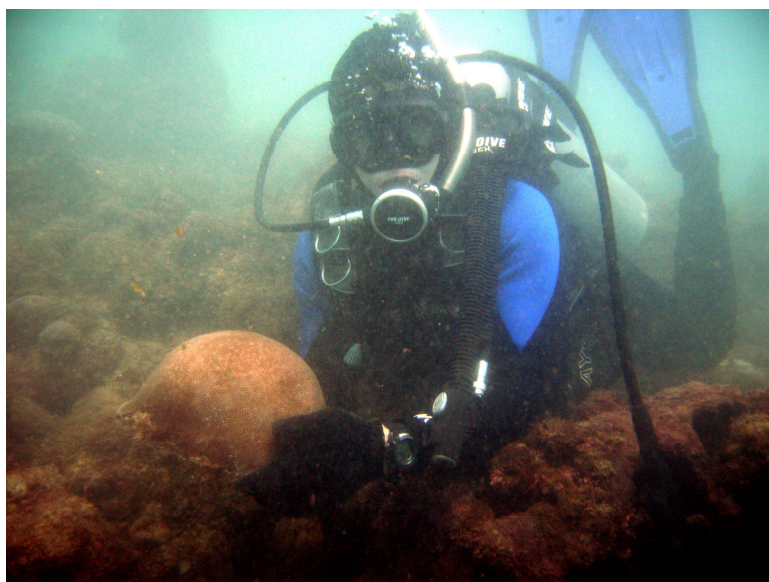


Figura 2- Mergulhador coletando uma colônia do coral *Siderastrea stellata*

#### 3.2 ESTUDO ESCLEROCRONOLÓGICO

As colônias coletadas foram lavadas com água potável e limpas com escovas plásticas a fim de se retirar o tecido biológico. Posteriormente, as colônias foram seccionadas em placas de 0,35 mm paralelamente ao maior eixo de crescimento (Figura 4). As placas permaneceram por 24 h em água deionizada. Utilizou-se para os cortes das placas, a máquina HILLQUIST RF 20-40 SLAB SAW, específica para cortes de rochas,

com uma lâmina diamantada de 2,0 mm de espessura, lubrificada com água potável (Figura 5).



Figura 3—Corte da colônia do coral para preparação das placas.

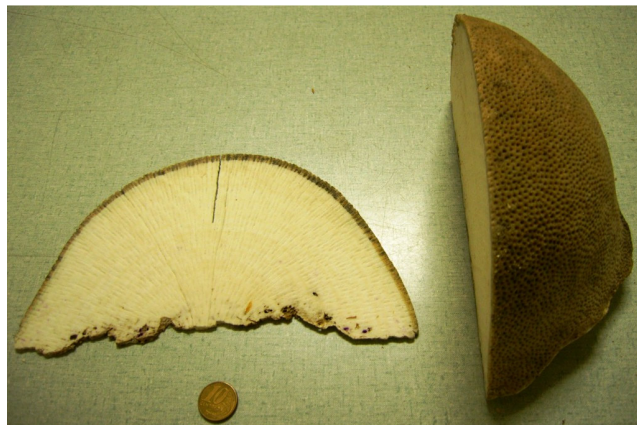


Figura 4—Placa esquelética, obtida pelo corte transversal da colônia de coral.

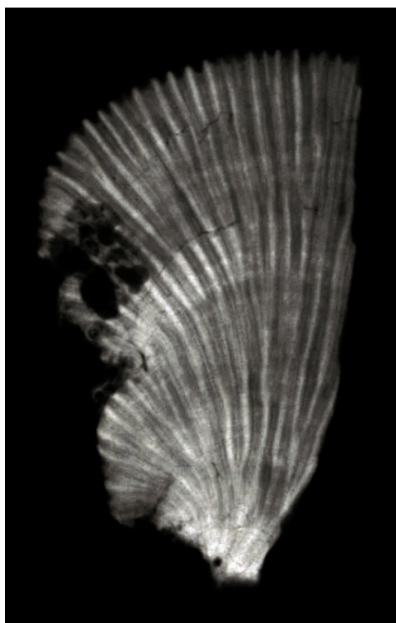


Figura 5—Raio-x obtido da placa esquelética da colônia do coral *Siderastrea stellata*, ilustrando as bandas de densidade esquelética.

Para identificar as bandas de densidade esclerocronológicas (Figura 6), as placas foram radiografadas. As radiografias foram realizadas no CEFET- BA, utilizando 46 Kva, 100 mA e 0,07 ms de configuração. Cada amostra radiografada apresenta, alternadamente, faixas claras e escuras (bandas anuais), as quais refletem variações cíclicas na densidade esquelética (Knutson *et al.*, 1972). Os pares, consecutivos, de faixas claras e escuras (identificados com o auxílio de uma mesa de luz) correspondem a aproximadamente um ano de crescimento (Knutson *et al.*, 1972). Para a determinação das idades das colônias, os pares de bandas foram contados e suas medidas anotadas.

### 3.3 PROCEDIMENTOS ANALÍTICOS

Uma porção do esqueleto coralíneo de uma colônia coletada na estação Poste 4 (Figura 2) foi subdividida em blocos de tamanho maior que 1 cm<sup>2</sup>. A subdivisão foi realizada com o auxílio de um motor de bancada (BELTEC LB-100), acoplado a uma serra protética diamantada (Figura 7). As amostras foram quarteadas e separadas em sub-amostras para os testes dos procedimentos de descontaminação. Dentre as metodologias utilizadas para descontaminação, foram escolhidas duas realizadas em trabalhos com a espécie *Siderastrea sidera* (mesmo gênero da espécie utilizada neste trabalho) (Bastidas e Garcia, 1999 e Guzmán e Jarvis, 1996) e um terceiro procedimento que apresenta um número reduzido de etapas de descontaminação (David, 2003). Para cada procedimento, foram separadas triplicatas, cada uma com peso aproximado de 4 g.



Figura 6- Motor de bancada e partículas da amostra na forma de cubos.



Figura 7- Aparelho utilizado para banho ultrassônico das amostras.

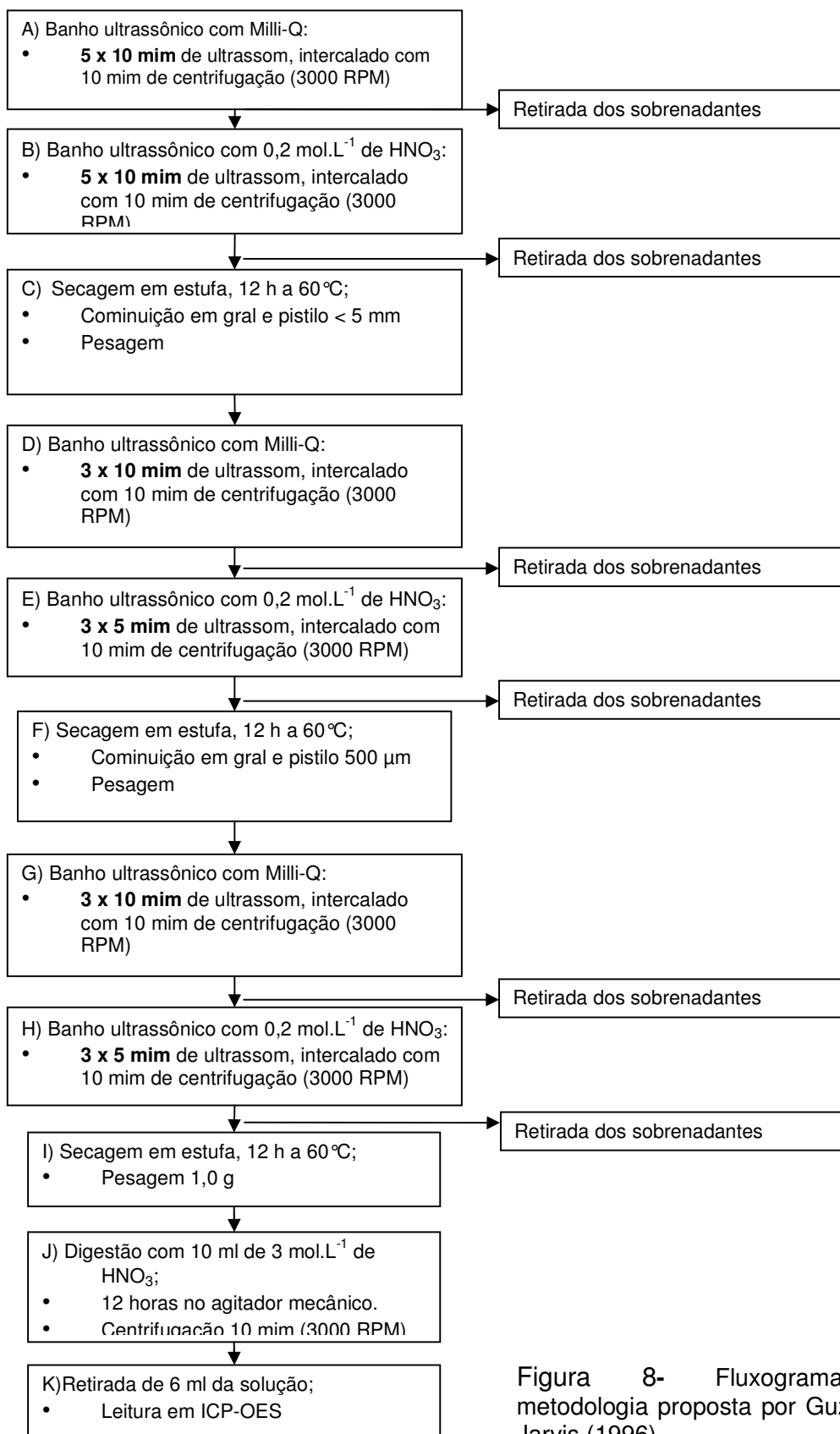


Figura 8- Fluxograma da metodologia proposta por Guzmán e Jarvis (1996).

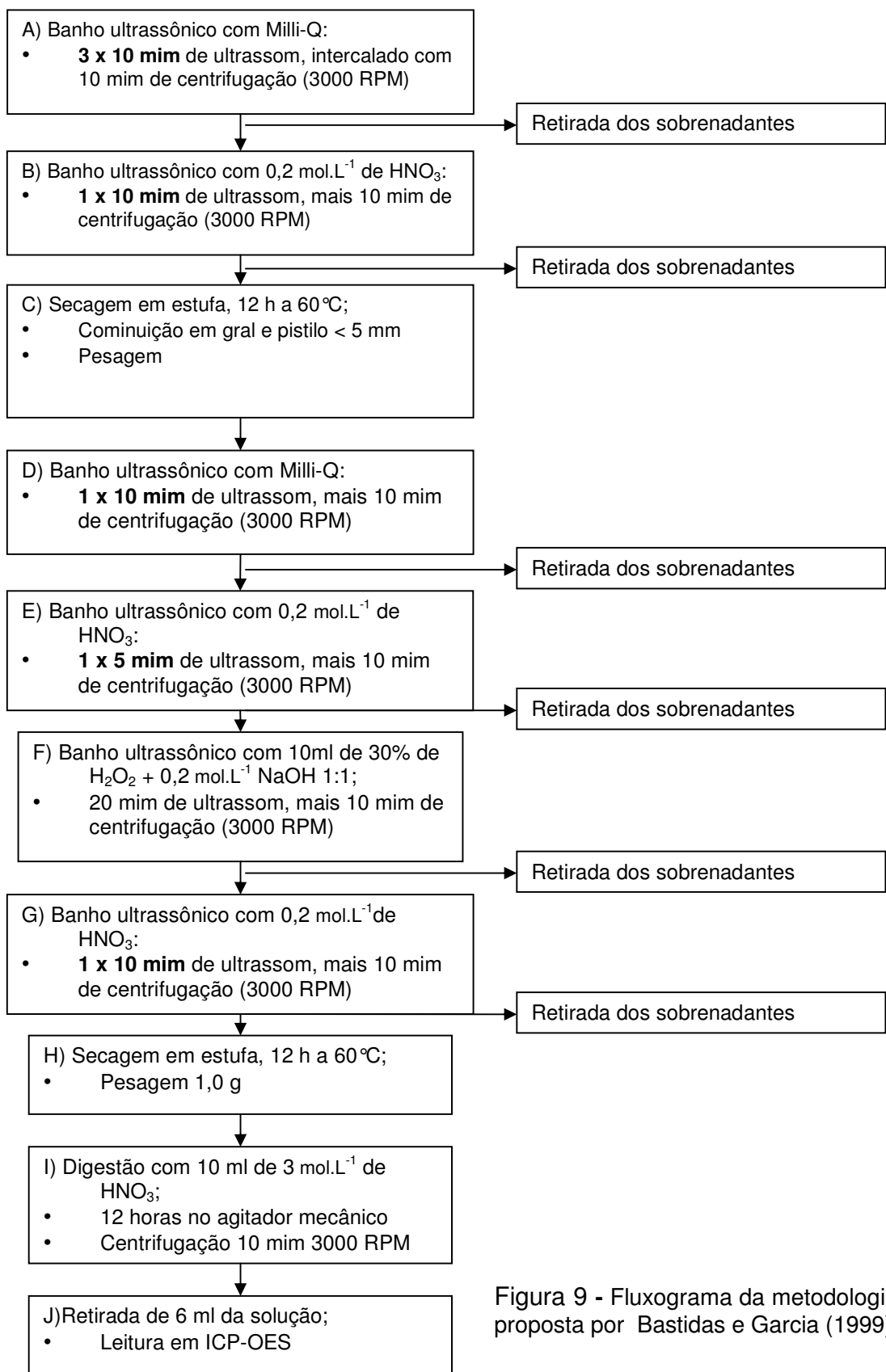


Figura 9 - Fluxograma da metodologia proposta por Bastidas e Garcia (1999)



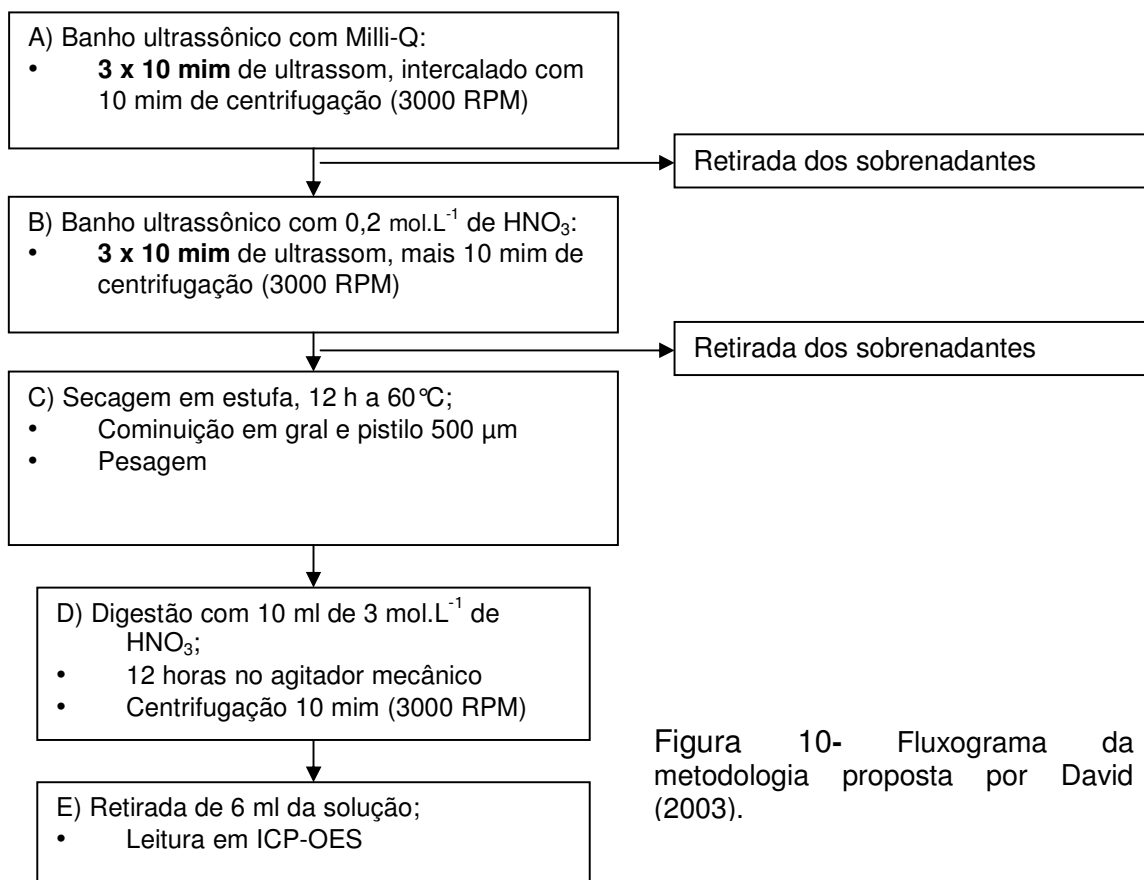


Figura 10- Fluxograma da metodologia proposta por David (2003).

Os procedimentos de pré-tratamento testados são mostrados nos fluxogramas das figuras 9, 10 e 11. Os pré-tratamentos testados consistiam em lavagens sucessivas realizadas em banhos ultrassônicos com 10 ml de água ultrapura (Figura 8), com resistividade específica de  $18,2 \text{ M}\Omega \text{ cm}^{-1}$ , obtida de um sistema de purificação Milli-Q<sup>®</sup> (Millipore, Bedford, MA, USA), seguidos de lavagens também em banhos ultrassônicos com 10 ml de  $\text{HNO}_3$  diluído  $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$ .

O procedimento de David (2003), descrito na figura 11, corresponde ao procedimento de descontaminação mais simples. O procedimento de Bastidas e Garcia (1999) inclui, além das sucessivas lavagens com água e ácido diluído, uma etapa de limpeza no banho ultrassônico com 10 ml de solução 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$  NaOH 1:1. Entre as etapas de lavagem, os procedimentos de Bastidas e Garcia (1999) e Guzmán e Jarvis (1996), previam a cominuição das amostras (Figuras 9 e 10 Etapa C) para 5 mm. O procedimento de Guzmán e Jarvis (1996) inclui uma segunda etapa de cominuição para  $500 \mu\text{m}$  (Figura 9, Etapa F). Para a moagem, as amostras foram envolvidas em sacos plásticos (para evitar contaminação por Al), previamente descontaminados com  $\text{HNO}_3$  10% e foram moídas com o auxílio de gral e pistilo de porcelana (Figura 12) e posteriormente de ágata. Para todos os procedimentos, entre cada etapa, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 3000 rpm. Em seguida, foram transferidos 7 ml do sobrenadante para tubos previamente descontaminados com auxílio de macropipetador (Figura 13). Os sobrenadantes recolhidos nas etapas de lavagem com água ultrapura foram acidificados com  $10 \mu\text{l}$   $\text{HNO}_3$  concentrado. Ao término das etapas de banho ultrassônico com  $\text{HNO}_3$   $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$  e solução 30% (m/v) de  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$  NaOH, as amostras foram lavadas três vezes com 10 ml de água ultrapura, sendo os sobrenadantes descartados. Para cada procedimento testado, foram preparados brancos, em triplicatas, de água ultrapura, solução ácida e solução 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$  NaOH 1:1. Os elementos traço foram determinados por ICP OES, com adição de ítrio como padrão interno.



Figura 1- Foto ilustrando as amostras envolvidas em sacos plásticos para moagem em gral e pistilo de porcelana.

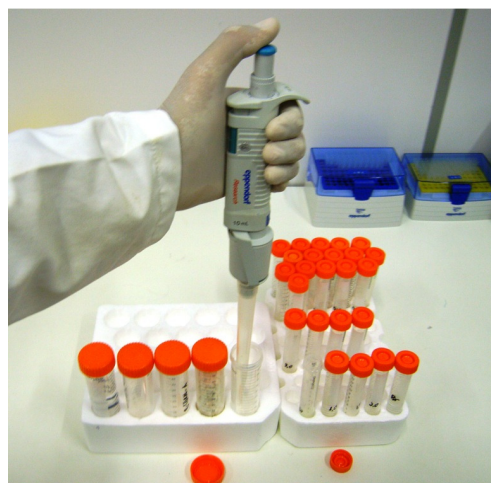


Figura 12- Procedimento de recolhimento do sobrenadante

Após os procedimentos de descontaminação, as amostras foram secas em estufa a 60 °C, por seis horas. As amostras foram então cominuídas em gral e pistilo de ágata, e peneiradas em malha de nylon de 500 µm. Alíquotas de aproximadamente 0,50 g de amostra foram pesadas em balança analítica e transferidas para tubos de centrifuga de 50 ml. Estas amostras foram digeridas com 9,0 ml de 3,0 mol L<sup>-1</sup> de HNO<sub>3</sub> por 12 horas, em agitação constante de 160 rpm (Figura 14), a temperatura ambiente. Além das amostras de coral descontaminadas, uma triplicata da amostra esquelética que não sofreu qualquer procedimento de descontaminação foi tratada com a mesma solução de 3,0 mol L<sup>-1</sup> de HNO<sub>3</sub>, para a comparação dos valores das concentrações dos metais traço com as amostras descontaminadas. Os elementos traço das amostras esqueléticas foram determinados por ICP OES, usando Ítrio como padrão interno.

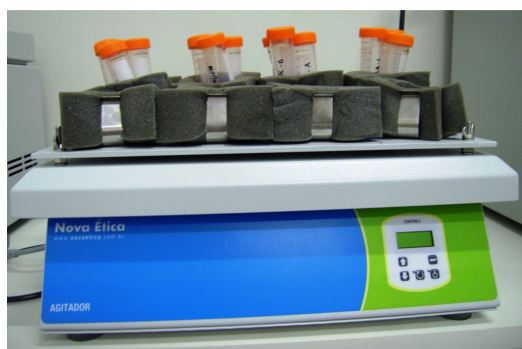


Figura 13- Amostras em agitador mecânico por 12 horas a 160 rpm.

Foram preparados 10 brancos de água ultrapura e ácido diluído e ácido 3,0 mol.L<sup>-1</sup>, para determinação dos limites de detecção e quantificação. Para a preparação dos brancos de água ultrapura e ácido diluído, foi realizado banho ultrassônico por 10 min, centrifugação por 10 min a 3000 rpm e, posteriormente, foram recolhidos 7 ml de solução.

Os brancos com água ultrapura foram acidificados com 10 µl HNO<sub>3</sub> concentrado. Para os brancos com ácido 3,0 mol L<sup>-1</sup>, foi realizada agitação mecânica constante a 160 rpm por 12 horas, ou seja, o mesmo procedimento de digestão das amostras. Em todos os brancos foi adicionado Ítrio como padrão interno.

Toda a vidraria utilizada para os experimentos foi descontaminada em banho de HNO<sub>3</sub> 10% (v/v) por no mínimo 24 h, lavadas com água deionizada e, posteriormente,

com água ultrapura. Todos os reagentes utilizados neste estudo foram de grau analítico. Os reagentes empregados foram: Ácido Nítrico (Merck), Hidróxido de Sódio (Merck) e Peróxido de Hidrogênio (Merck).

A solução multielementar contendo  $50,0 \text{ mg L}^{-1}$  de Al, Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn foi preparada por diluição adequada das soluções estoques  $1000 \text{ mg L}^{-1}$  de cada um dos elementos.

### 3.4 EQUIPAMENTOS UTILIZADOS

O equipamento empregado para determinação dos analitos neste trabalho foi um Espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado (ICP OES) (VARIAN, Mulgrave, Austrália), com arranjo axial (Figura 15). A Tabela 1 mostra as condições experimentais utilizadas no equipamento.



Figura 14- Espectrômetro de emissão óptica com plasma de argônio indutivamente acoplado (VARIAN, Mulgrave, Austrália).

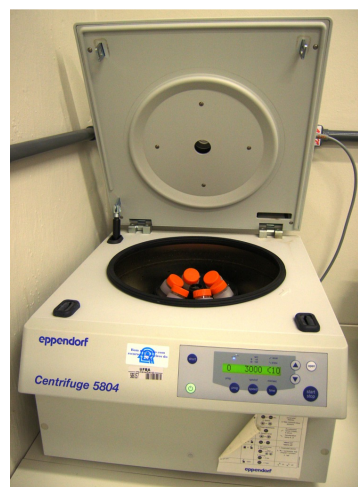


Figura 15- Centrífuga marca Eppendorf, modelo Centrifuge 5804.

Para as etapas de pré-tratamento das amostras, foram utilizados ultrassom Benc top Cleaner VWR, modelo 75D (Figura 8) o qual produz frequência nominal de 40 kHz e 200 W e centrífuga marca Eppendorf, modelo Centrifuge 5804 (Figura 16).

Tabela 1. Condições experimentais utilizadas no equipamento de ICP OES com configuração axial.

---

<b>Gerador de Frequência (MHz)</b>	40
<b>Potência RF (kW)</b>	1,3
<b>Vazão do gás de nebulização (L min<sup>-1</sup>)</b>	0,70
<b>Vazão do gás auxiliar (L min<sup>-1</sup>)</b>	1,5
<b>Vazão do gás do plasma (L min<sup>-1</sup>)</b>	15
<b>Tempo de integração (s)</b>	1,0
<b>Tempo de estabilização (min)</b>	15
<b>Tempo de leitura (min)</b>	1
<b>Replicatas</b>	3
<b>Nebulizador</b>	Sea pray
<b>Câmara de Nebulização</b>	Ciclônica
<b>Linhas Espectrais (nm)</b>	Al 167,019; Mn 257,610; Zn 213,857; Ba 455,403; Cu 324,754; Co 238,92; Fe 259,940; Se 196,026; Ni 221,648; V 292,464

---

## 4 RESULTADOS

### 4.1 ESCLEROCRONOLOGIA

As análises das radiografias realizadas nas placas das colônias coletadas na BTS foram utilizadas para calcular as idades e as taxas de crescimento o crescimento linear dos corais.

As colônias coletadas, em número de sete, apresentaram idades variando entre 9 e 29 anos. Os corais do recife das Caramuanas (n=3) indicaram idades de 10, 22 e 29 anos. As idades das colônias coletadas em Poste 4 (n=3) foram de 10, 14 e 15 anos. Para a colônia de Pedra Cardinal (n=1) estimou-se a idade de nove anos.

A taxa anual de crescimento linear das amostras variou de 3,5 a 4,4 mm/ano (média de 4,0 mm/ano) para o recife de Poste 4, de 3,3 a 4,1 mm/ano (média de 3,6 mm/ano) para o recife das Caramuanas e 3,7 mm/ano para o recife de Pedra Cardinal (Tabela 2). A média geral da taxa de crescimento linear para os três recifes é de  $3,8 \pm 0,4$  mm/ano.

Tabela 2- Valores das taxas anuais de crescimento lineares médios e idades das colônias de *Siderastrea stellata* coletadas na BTS.

	<b>P4a</b>	<b>P4b</b>	<b>P4c</b>	<b>Car. A</b>	<b>Car. B</b>	<b>Car. C</b>	<b>P.C.</b>
<b>Cresc. Linear</b>	3,5 ± 0,6 mm/ano	4,2 ± 0,8 mm/ano	4,4 ± 1,0 mm/ano	3,3 ± 0,9 mm/ano	3,3 ± 0,6 mm/ano	4,1 ± 1,0 mm/ano	3,7 ± 0,9 mm/ano
<b>Idade</b>	10 anos	15 anos	14 anos	29 anos	10 anos	22 anos	9 anos

**P4** – Amostras coletadas no recife de Poste 4;

**Car.**,- Amostras coletadas no recife das Caramuanas;

**P.C.**- Amostra coletada no recife da Pedra Cardinal.

As espessuras do bandamento esquelético das colônias analisadas variaram entre 1,5 mm (colônia Car.A em 1999) e 6,5 mm (colônia P4c em 2007). Os valores das bandas de crescimento anual estão ilustrados nos gráfico das figuras 17 a 23 .

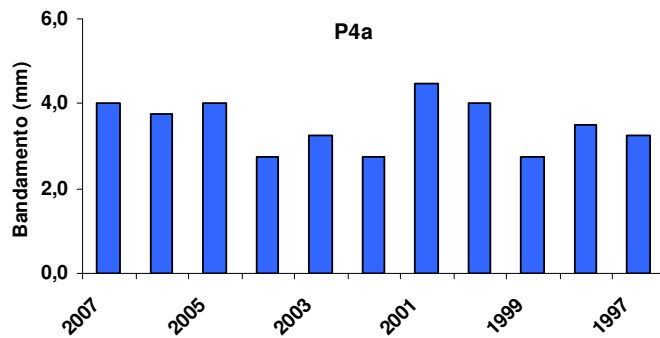


Figura 16- Bandamento esclerocronológico da colônia *S. stellata* coletada no recife de Poste 4. O crescimento máximo para esta colônia foi de 4,5 mm em 2001 e mínimo de 2,8 mm em 2004, 2002 e 1999.

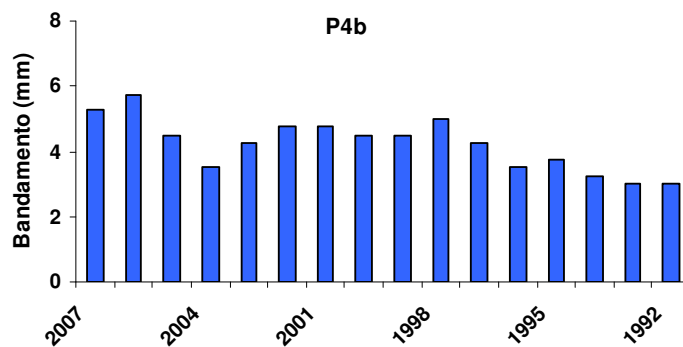


Figura 17- Bandamento esclerocronológico da colônia *S. stellata* coletada no recife de Poste 4. O crescimento máximo para esta colônia foi de 5,6 mm em 2006 e mínimo de 3,0 mm em 1993 e 1992.

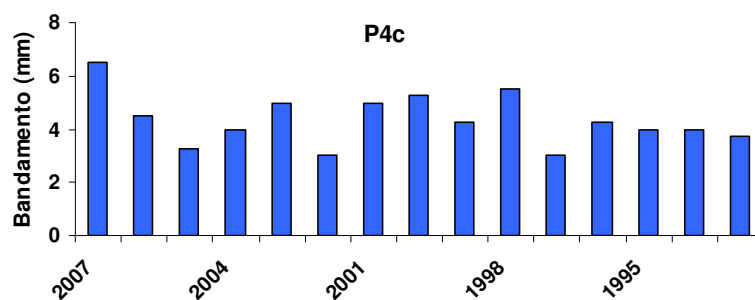


Figura 18- Bandamento esclerocronológico da colônia *S. stellata* coletada no recife de Poste 4. O crescimento máximo para esta colônia foi de 6,5 mm em 2007 e mínimo de 3,0 mm em 2002 e 1997.

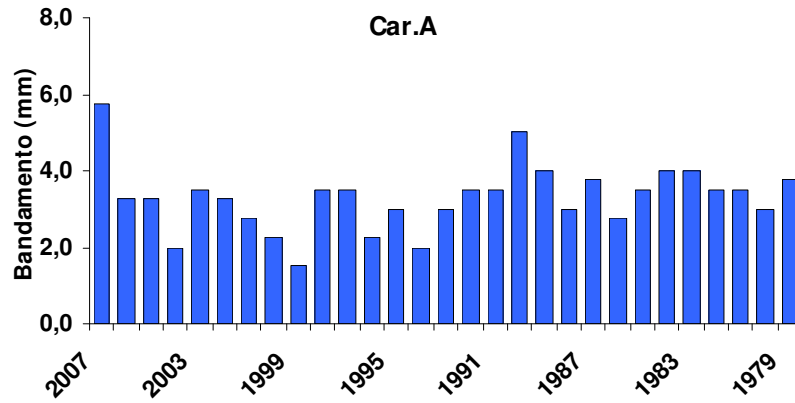


Figura 19- Bandamento esclerocronológico da colônia *S. stellata* coletada no recife das Caramuanas. O crescimento máximo para esta colônia foi de 5,8 mm em 2007 e mínimo de 1,5 mm em 1999.

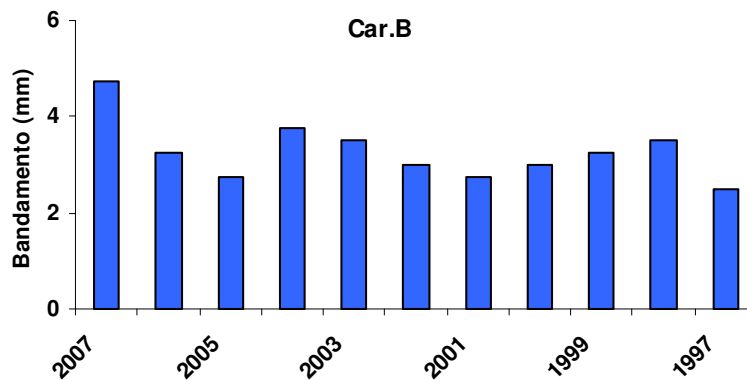


Figura 20- Bandamento esclerocronológico da colônia *S. stellata* coletada no recife das Caramuanas. O crescimento máximo para esta colônia foi de 4,8 mm em 2007 e mínimo de 2,5 em 1997.



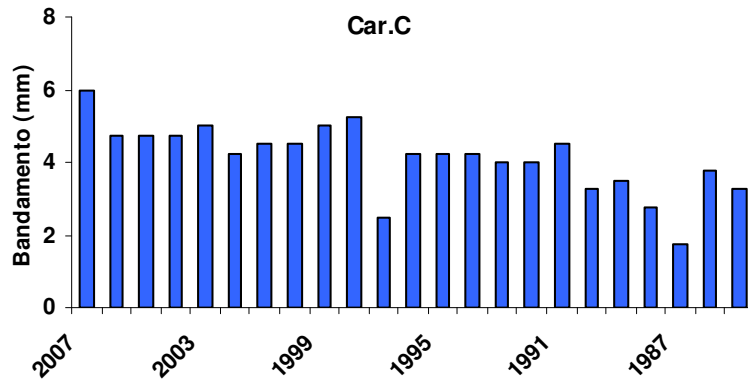


Figura 21- Bandamento esclero cronológico da colônia *S. stellata* coletada no recife das Caramuanas. O crescimento máximo para esta colônia foi de 6,0 mm em 2007 e mínimo de 1,8 em 1987.

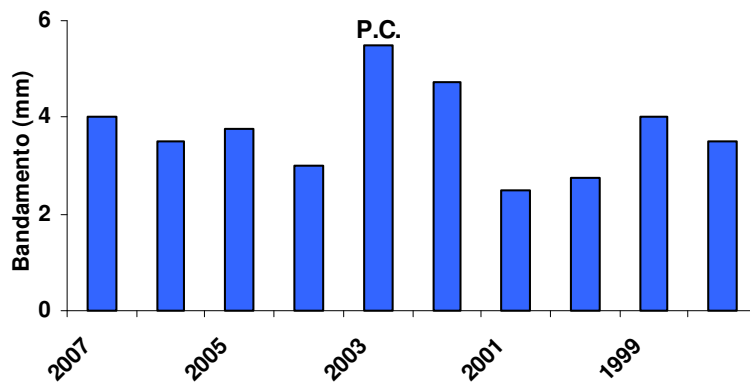


Figura 22- Bandamento esclero cronológico da colônia *S. stellata* coletada no recife da Pedra Cardinal. O crescimento máximo para esta colônia foi de 5,5 mm em 2003 e mínimo de 2,8 em 2000.

A comparação entre as médias de crescimento dos corais das duas estações, P4 e Caramuanas, foi realizada através do teste t-Student, e mostra que os corais cresceram com as mesmas taxas nos dois locais (Tabela 3). Apesar das diferenças entre a turbidez, energia e qualidade da água que possam existir entre as duas regiões da BTS, a extensão linear dos corais é similar.

Tabela 3 - Comparação entre o crescimento médio dos corais do interior (P4) e da parte externa (Caramuanas) da Baía de Todos os Santos, (indicando não haver diferenças significativas entre as médias ( $p > 0,05$ )).

Intervalo de confiança da média	Teste Levene para igualdade das Variâncias		Teste-t para igualdade entre médias			
	F	Sig.	t	GL	Sig.	Erro padrão
1,5259	0,0	1,0	1,223	4	0,288	0,3815

## 4.2 PROCEDIMENTOS DE DESCONTAMINAÇÃO

A análise dos sobrenadantes, para os três procedimentos de descontaminação testados, quantificou os seguintes elementos: Co, Fe, Se, Ni, V, Al, Mn, Zn, Ba e Cu. Os resultados para cada procedimento testado estão apresentados a seguir:

### 4.2.1 Procedimento Guzmán e Jarvis (1996):

- **Cobalto:**

Nas etapas iniciais de descontaminação com água, os teores de cobalto permaneceram num mesmo patamar de magnitude, com exceção da etapa 2 (Figura 24). Entre as etapas cinco e 10 (tratamento com ácido diluído), os valores das concentrações apresentaram um comportamento semelhante às etapas iniciais de tratamento com água. Após a etapa 10, onde houve cominuição da amostra para 5 mm, e a etapa 16, cominuição da amostra para 500  $\mu\text{m}$ , os tratamentos com água deionizada (etapas 11 a 13 e 17 a 19) não foram eficientes na remoção de Co (Figura 24). Desse ponto em diante, os valores das concentrações do Co, nas etapas com tratamento com ácido diluído, sofreram um acréscimo importante (etapas 14 a 16 e 20 a 22), quando comparado com as etapas anteriores (Figura 24).

- **Ferro:**

O ferro apresentou uma tendência de declínio em suas concentrações, nas etapas iniciais de tratamento com água deionizada (Figura 24, gráfico **B**, etapas 1 a 5). As etapas subsequentes de tratamento com água, não foram eficientes na extração do Fe (Figura 24, gráfico **B**, etapas 11 a 13; 17 a 19). Nas etapas de tratamento com solução ácida (etapas 6 a 10; 14 a 16 e 20 a 22), os valores das concentrações permaneceram no mesmo patamar de grandeza, apesar das sucessivas cominuições (Figura 24).

- **Selênio:**

As concentrações de Se nas etapas de tratamento com água deionizada, foram pouco expressivas no transcorrer do processo de descontaminação (Figura 24). Nas etapas iniciais do tratamento com solução ácida (etapas 6 a 10), os valores das concentrações de Se, permaneceram no mesmo patamar. Após as sucessivas cominuições, houve uma tendência no aumento das concentrações do referido elemento (Figura 24).

- **Níquel:**

O elemento Ni foi extraído apenas nas etapas iniciais do tratamento com água deionizada (etapas 1 e 2) e do tratamento com solução ácida (etapas 6 a 9). Em ambas as etapas, os teores de Ni decresceram (Figura 24). Nas demais etapas do procedimento empregado não foi observada a extração de Ni (Figura 24).

- **Vanádio:**

As etapas de tratamento com água deionizada, durante todo o procedimento, não foram eficientes para a extração do V (Figura 24). As concentrações de V na primeira série das etapas com ácido se mantiveram constantes. No entanto, após as cominuições, no transcorrer do procedimento, i.e. após as etapas 10 e 16, houve um aumento nos valores das concentrações do referido elemento (Figura 24).

- **Alumínio:**

O alumínio apresentou o mesmo comportamento do vanádio. O tratamento com água deionizada não foi eficiente na remoção deste analito. Após a cominuição das amostras, houve uma tendência de acréscimo nos teores de Al nas etapas subseqüentes (Figura 25).

- **Manganês:**

O manganês apresentou o mesmo padrão nas etapas com tratamento de água deionizada que os elementos V e Al. Nas etapas iniciais de tratamento com solução ácida (etapas 6 a 10), observa-se uma tendência clara de decréscimo nas concentrações, ao decorrer do processo de descontaminação (Figura 25). Este padrão se repete após a primeira etapa de cominuição (etapas 14 a 16). Nas etapas finais de tratamento com solução ácida, em geral as concentrações mantiveram-se no mesmo patamar das etapas dos tratamentos ácidos anteriores, diferindo deste padrão, apenas a amostra da etapa 20 (Figura 25).

- **Zinco:**

Dentre os elementos estudados neste procedimento, o Zn foi o elemento que apresentou maior variabilidade entre as réplicas analisadas. Foi observado que nas etapas iniciais de tratamento com água deionizada, não houve variação significativa entre as concentrações, com exceção da etapa dois (Figura 25). Entre as etapas 11 a 13, observa-se uma tendência de decréscimo de concentração, no entanto, nas etapas 11 e 12 observou-se elevados valores de desvios. Entre as etapas 17 e 19, o padrão observado foi de diminuição nas concentrações de Zn (Figura 25). Nas etapas posteriores de tratamento com ácido diluído (etapas 6 a 10; 14 a 16), os valores tendem inicialmente a um decréscimo e no final a uma estabilização.

- **Bário:**

As etapas de tratamento com água deionizada mostraram-se ineficientes na remoção do bário. Nas etapas de tratamento com ácido diluído, observou-se um padrão de decréscimo nos teores após as sucessivas etapas (etapas 6 a 10, 14 a 16 e 20 a 22) (Figura 25).

- **Cobre:**

O elemento Cu apresentou uma tendência clara de diminuição das concentrações nas etapas iniciais de tratamento com água deionizada e ácido diluído (etapas 1 a 5 e 6 a 10) (Figura 25). Posteriormente, as etapas de tratamento com água deionizada não extraíram Cu. Nas etapas subseqüentes de tratamento com solução ácida, observou-se uma tendência discreta de decréscimo nas concentrações elementares (etapas 14 a 16). Nos tratamentos finais com a solução ácida não houve extração de Cu (etapas 21 a 22) (Figura 25).

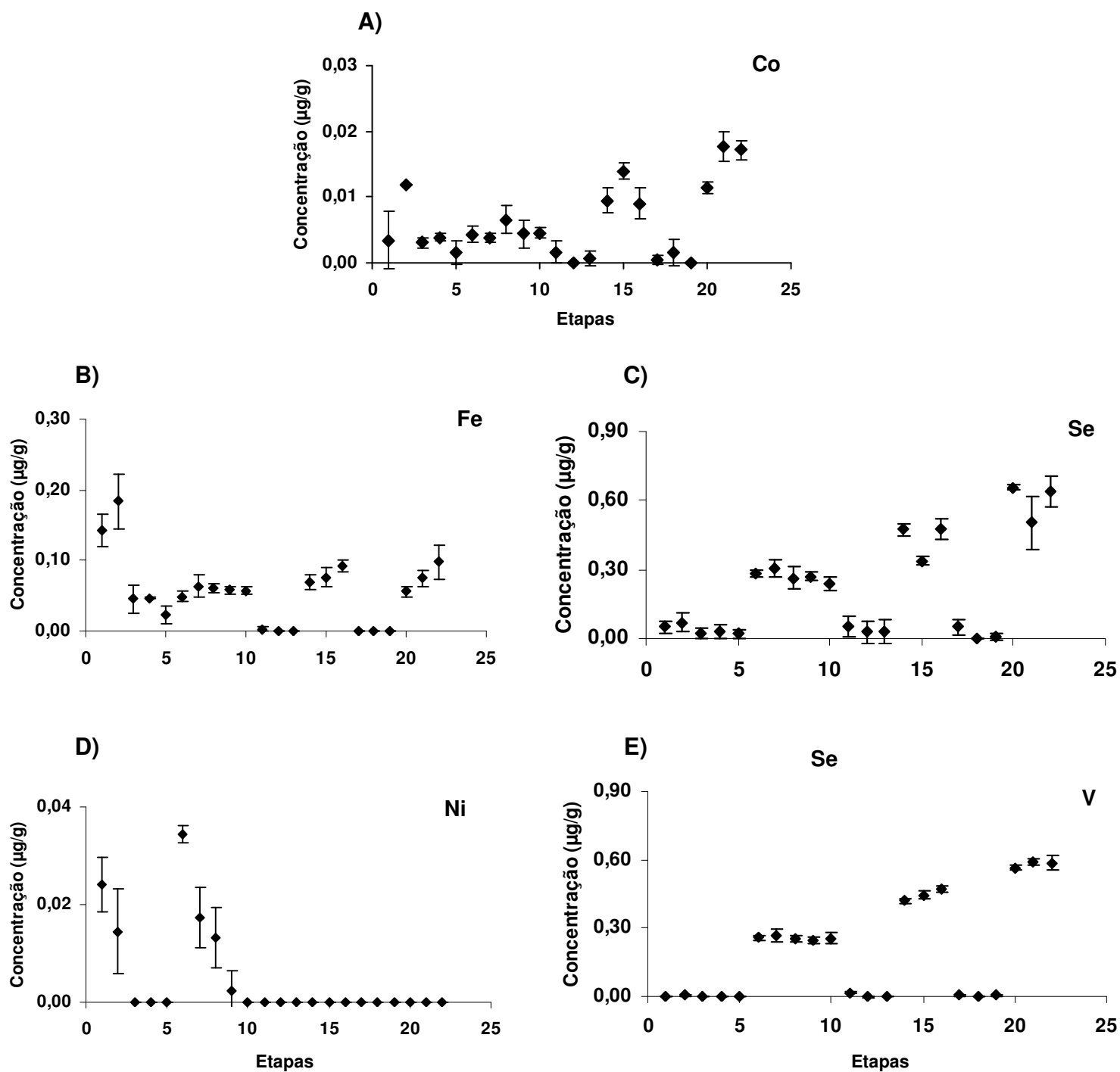


Figura 23– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos **A) Co**, **B) Fe**, **C) Se**, **D) Ni** e **E) V**, para os sobrenadantes do procedimento Guzmán e Jarvis (1996). Etapas 1 a 5 ; 11 a 13 e 17 a 19, tratamento com água deionizada. Etapas 6 a 10; 14 a 16 e 20 a 22, tratamento com ácido diluído. Entre as etapas 10 e 11, cominuição da amostra para tamanho  $\leq 5$  mm. Entre as etapas 16 e 17, cominuição da amostra para tamanho  $\leq 500$   $\mu\text{m}$ .

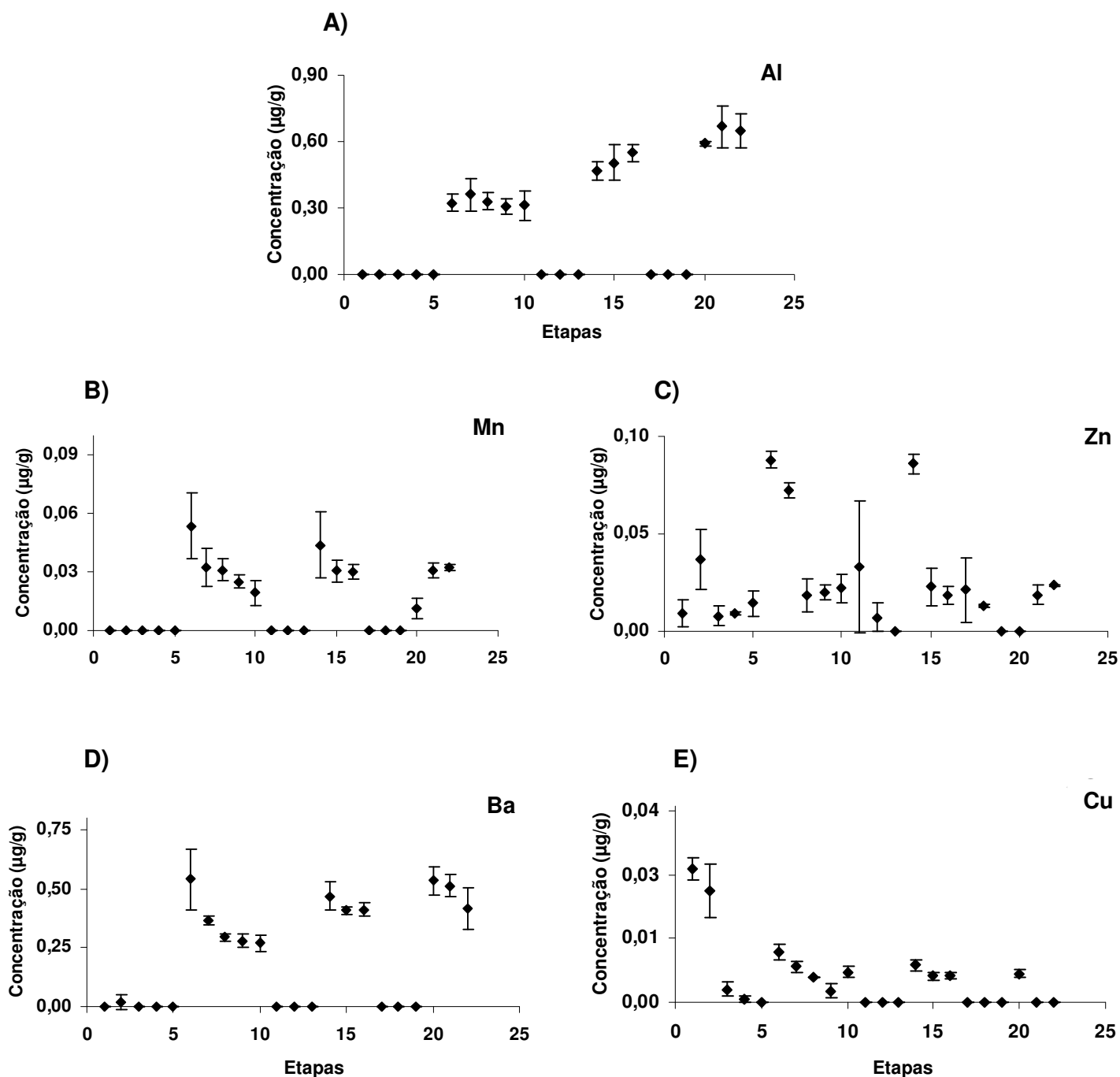


Figura 24– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos **A) Al**, **B) Mn**, **C) Zn**, **D) Ba** e **E) Cu**, para os sobrenadantes do procedimento Guzmán e Jarvis (1996). Etapas 1 a 5 ; 11 a 13 e 17 a 19, tratamento com água deionizada. Etapas 6 a 10; 14 a 16 e 20 a 22, tratamento com ácido diluído. Entre as etapas 10 e 11, cominuição da amostra para tamanho  $\leq 5$  mm. Entre as etapas 16 e 17, cominuição da amostra para tamanho  $\leq 500$   $\mu\text{m}$ .

#### 4.2.2 Procedimento de Bastidas e Garcia (1999):

- **Cobalto:**

O teor de cobalto nas etapas iniciais do tratamento com água deionizada, não apresentou variação (Figura 26). Na etapa de tratamento com água (etapa 5), posterior à cominuição da amostra para aproximadamente 5 mm, houve um decréscimo no valor da concentração deste elemento, relativo às etapas 1 a 3 (Figura 26). As etapas com ácido foram mais eficientes na extração do Co (Etapas 4, 6 e 8). O tratamento com solução 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2 + 0,2\text{mol.L}^{-1}$  NaOH, não se mostrou eficiente em extrair o Co (Figura 26).

- **Ferro:**

Os resultados para o Fe, nas etapas iniciais de tratamento com água deionizada, mostraram uma forte tendência na diminuição das concentrações ao transcorrer das etapas (Figura 26, gráfico B, etapas 1 a 3). Na etapa posterior de tratamento com água deionizada não houve extração de Fe (etapa 5). Comparando-se as etapas de tratamento com ácido, observa-se uma tendência de diminuição nas concentrações de Fe. Para este elemento, a solução de 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2 + 0,2\text{mol.L}^{-1}$  NaOH não foi eficiente na extração (Figura 26, gráfico B etapa 7).

- **Selênio:**

As etapas iniciais de tratamento com água deionizada (etapas 1 a 3) apresentaram concentrações pouco expressivas, tendo uma discreta tendência de redução nas concentrações do Se com o transcorrer do procedimento (Figura 26). Na etapa 4, o tratamento com ácido diluído foi mais eficiente na extração. Após a cominuição da amostra para 5 mm, entre as etapas 4 e 5, houve uma maior extração de Se através do tratamento com água deionizada (etapa 5), quando comparado com as etapas iniciais de tratamento com água (Figura 26). Nas etapas posteriores de tratamento com solução ácida (etapas 6 e 8), houve uma tendência de diminuição nos valores das concentrações. Dentre os elementos estudados, apenas o Se e o Cu foram extraídos com a solução de 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2 + 0,2\text{mol.L}^{-1}$  NaOH (etapa 7).



- **Níquel:**

A extração do Ni com água deionizada foi observada apenas na etapa um (Figura 26). Nas etapas de tratamento com solução ácida, só ocorreu extração nos tratamentos quatro e seis, exibindo uma tendência de decréscimo nos valores das concentrações de Ni com o transcorrer das etapas (Figura 26).

- **Vanádio:**

Os procedimentos de tratamento com água deionizada (etapas 1 a 3, 5) e solução básica (etapa 7), não foram eficientes na extração do elemento vanádio (Figura 26). Na etapa inicial de tratamento com solução ácida, ocorreu extração de V. Após a cominuição da amostra, entre as etapas 4 e 5, observa-se uma elevação na concentração deste elemento (Figura 26, gráfico E, etapas 4, 6 e 8).

- **Alumínio:**

As etapas de tratamento com água deionizada (etapas 1 a 3 e 5) e solução básica (etapa 7), não foram eficientes na extração de alumínio (Figura 27). Nas etapas de tratamento com solução ácida, ocorreu extração deste elemento. Observa-se uma tendência inicial de aumento nos valores da concentração, após a cominuição (entre as etapas 4 e 5) (Figura 27).

- **Manganês:**

As etapas de extração com água deionizada (passos 1 a 3 e 5) e com solução básica (etapa 7) não foram eficientes para o Mn (Figura 27). As etapas de tratamento com solução ácida apresentaram uma forte tendência de decréscimo nos valores das concentrações de Mn com o transcorrer do procedimento (Figura 27, gráfico B, etapas 4, 6 e 8).

- **Zinco:**

Para o Zn observa-se uma clara tendência de diminuição das concentrações, nas etapas iniciais de tratamento com água deionizada (Figura 27, gráfico C, etapas 1 a 3). Após a diminuição, ocorre uma elevação na concentração de Zn (etapa 5), proveniente da extração com água deionizada. A mesma tendência de diminuição nos valores das concentrações, observada nas etapas iniciais do procedimento, é encontrada nas etapas posteriores de tratamento com ácido diluído (Figura 27, gráfico C, etapas 4, 6 e 8). A solução de 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $0,2\text{mol.L}^{-1}$  NaOH, não foi eficiente para extrair o elemento Zn (etapa 7).

- **Bário:**

As etapas de extração com água deionizada (etapas 1 a 3 e 4) e com solução de 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $0,2\text{mol.L}^{-1}$  NaOH (etapa 7), não foram eficientes para o elemento Ba (Figura 27), padrão este encontrado para o V, Al e Mn (Figura 26). Não houve grande variação nos teores de Ba entre as etapas de tratamento com ácido (etapas 4, 6 e 8).

- **Cobre:**

Os teores de cobre apresentaram uma tendência clara de decréscimo, ao decorrer das etapas iniciais de tratamento com água (Figura 27, gráfico E, etapas 1 a 3). Na etapa posterior de tratamento com ácido diluído (etapa 4) ocorre uma pequena elevação da concentração do referido elemento. A etapa subsequente de lixiviação com água (etapa 5), não foi eficiente para remoção de Cu. Após a diminuição, os valores das concentrações de cobre foram variáveis (Figura 27, gráfico E, etapas 6, 7 e 8). Dentre os elementos estudados, o Cu apresentou a maior lixiviação com a solução de 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $0,2\text{mol.L}^{-1}$  NaOH.

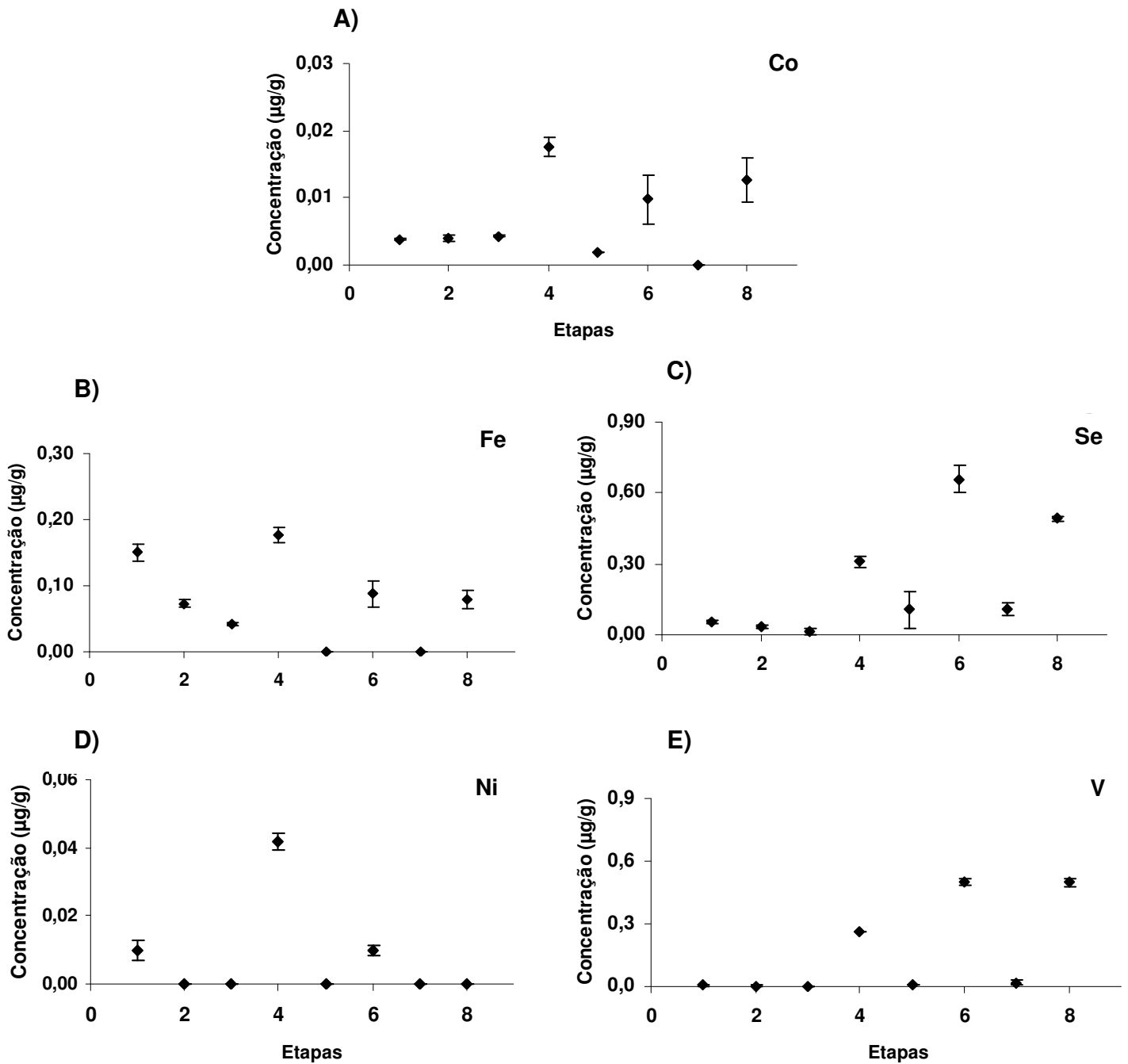


Figura 25– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos **A) Co**, **B) Fe**, **C) Se**, **D) Ni** e **E) V**, para os sobrenadantes do procedimento Bastidas e García, (1999). Etapas 1 a 3 e 5, tratamento com água deionizada. Etapas 4, 6 e 8, tratamento com ácido diluído. Etapa 7, tratamento com solução 30% de  $\text{H}_2\text{O}_2$  +  $0,2 \text{ mol.L}^{-1}$  NaOH. Entre as etapas 4 e 5, cominuição da amostra para tamanho  $\leq 5 \text{ mm}$ .

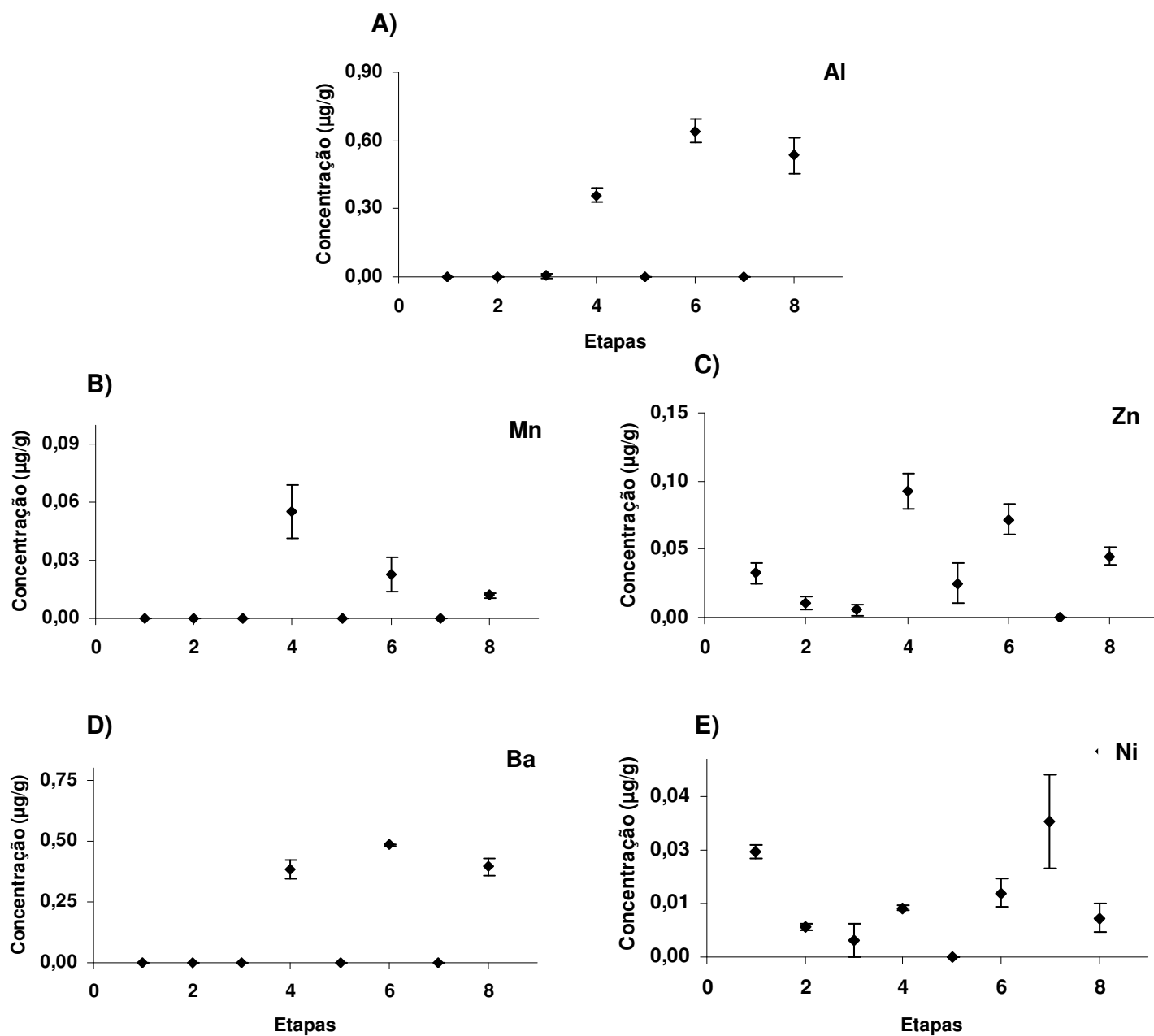


Figura 26– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos **A) Al**, **B) Mn**, **C) Zn**, **D) Ba** e **E) Cu**, para os sobrenadantes do procedimento Bastidas e García, (1999). Etapas 1 a 3 e 5, tratamento com água deionizada. Etapas 4, 6 e 8, tratamento com ácido diluído. Etapa 7, tratamento com solução 30% de  $H_2O_2$  +  $0,2 \text{ mol.L}^{-1} \text{ NaOH}$ . Entre as etapas 4 e 5, cominuição da amostra para tamanho  $\leq 5 \text{ mm}$ .

### 4.2.3 Procedimento de David (2003):

- **Cobalto:**

Observa-se que a água deionizada, nas três etapas iniciais (Figura 28, gráfico A, etapas 1 a 3) de tratamento teve pouco efeito na lixiviação do Co. Na etapa subsequente de lixiviação com solução ácida, a extração de Co foi maior, ocorrendo, posteriormente, uma diminuição da concentração de Co no sobrenadante após as outras duas lixiviações ácidas (Figura 28, gráfico A, etapas 4 a 6).

- **Ferro:**

O comportamento do Fe nas extrações com água e ácido foi similar. As concentrações de Fe diminuíram nas etapas sucessivas tanto com água, como  $\text{HNO}_3$ , como pode ser observado na figura 28, gráfico B, etapas 1 a 3 e 4 a 6, respectivamente.

- **Selênio:**

As concentrações do elemento Se foram pouco expressivas, nas etapas de tratamento com água deionizada (Figura 28, gráfico C, etapas 1 a 3). Nas etapas de descontaminação com solução ácida, os valores das concentrações de selênio apresentam-se, de modo geral, em um mesmo patamar de grandeza, apresentando uma tendência aparente de estabilidade (Figura 28, gráfico C, etapas 4 a 6).

- **Níquel:**

O tratamento com água deionizada para o Ni só foi efetivo na etapa 1. A extração realizada com solução ácida, no entanto, foi comparativamente bem mais eficiente. Observa-se que os teores de Ni no sobrenadante decresceram com o transcorrer do procedimento de descontaminação com ácido (Figura 28, gráfico D, etapas 4 a 6).

- **Vanádio:**

Não houve detecção de V no sobrenadante após o tratamento com água (Figura 28, gráfico E, etapas 1 a 3). As etapas subsequentes de tratamento, com ácido diluído, extraíram V, mas não foi observada variação entre as concentrações deste elemento nos três tratamentos ácidos realizados (Figura 28, gráfico E, etapas 4 a 6).

- **Alumínio:**

O Al apresentou o mesmo comportamento do V, tanto nas etapas de tratamento com ácido, como nas etapas de tratamento com água (Figura 29).

- **Manganês:**

Nas etapas de tratamento com água deionizada, não ocorreu extração do Mn (Figura 29, gráfico B, etapas 1 a 3). Nas etapas de tratamento com ácido diluído, o Mn apresentou um pico na etapa 4, seguido por um decréscimo nas suas concentrações.

- **Zinco:**

As concentrações de zinco, nas etapas de tratamento com água, não apresentaram variação, permanecendo num mesmo patamar (Figura 29, gráfico C, etapas 1 a 3). Na etapa posterior de extração com solução ácida (etapa 4), ocorre um incremento na concentração de Zn. Com o transcorrer do processo de descontaminação, as concentrações de zinco diminuíram (Figura 29, gráfico C, etapas 4 a 6).

- **Bário:**

Bário apresentou o mesmo comportamento do Mn, não sendo extraído com água e apresentando um pico na primeira etapa de extração ácida, seguida por um decréscimo das concentrações (Figura 29, gráfico D, etapas 4 a 6).

- **Cobre:**

O Cu apresentou um comportamento semelhante nas extrações com água e ácido, havendo um pico na primeira etapa de tratamento com água e ácido, seguido por um decréscimo nas concentrações (Figura 29).

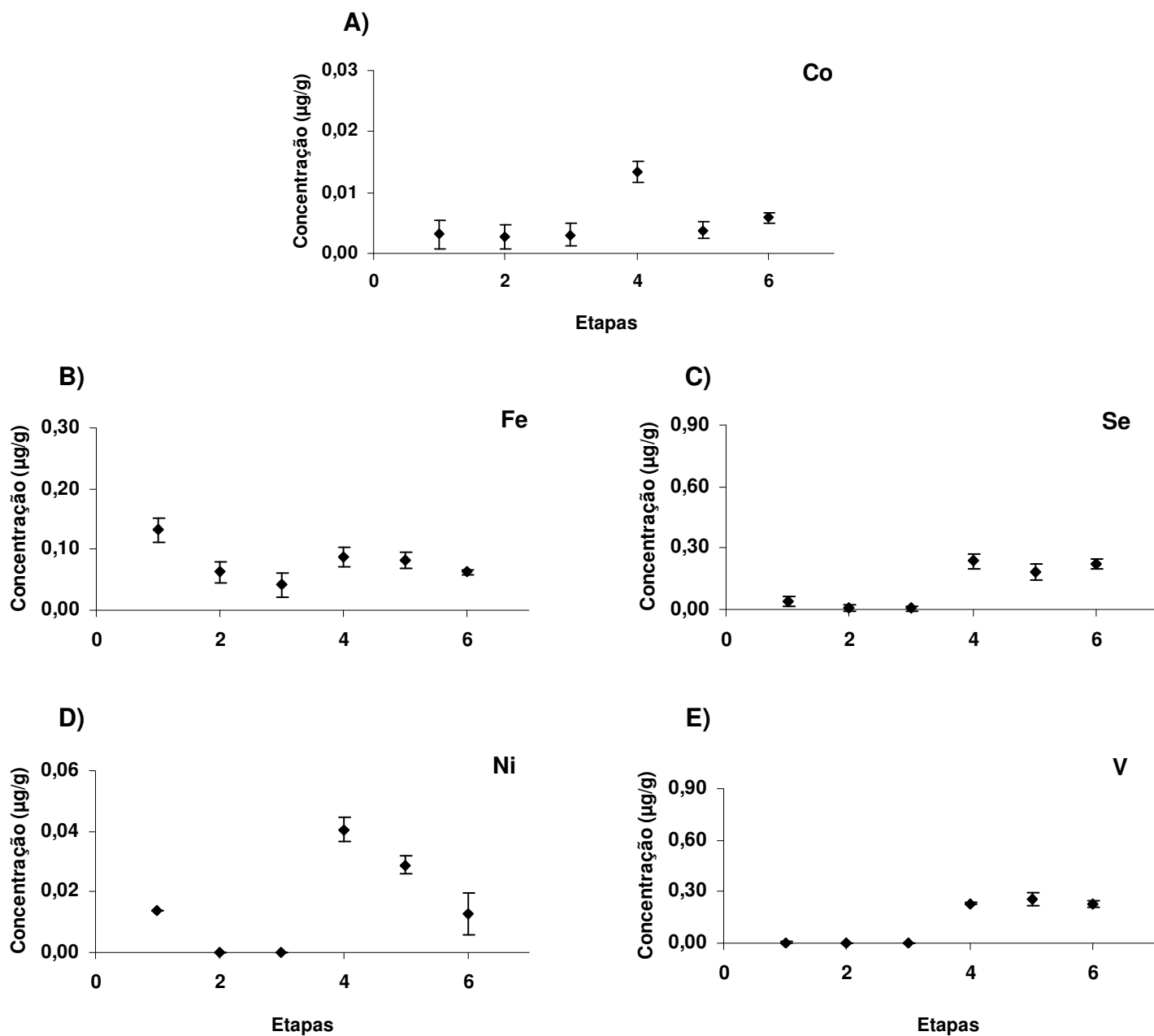


Figura 27– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos **A) Co**, **B) Fe**, **C) Se**, **D) Ni** e **E) V**, para os sobrenadantes do procedimento David, (2003). Etapas 1 a 3, tratamento com água deionizada. Etapas 4 a 6, tratamento com ácido diluído.

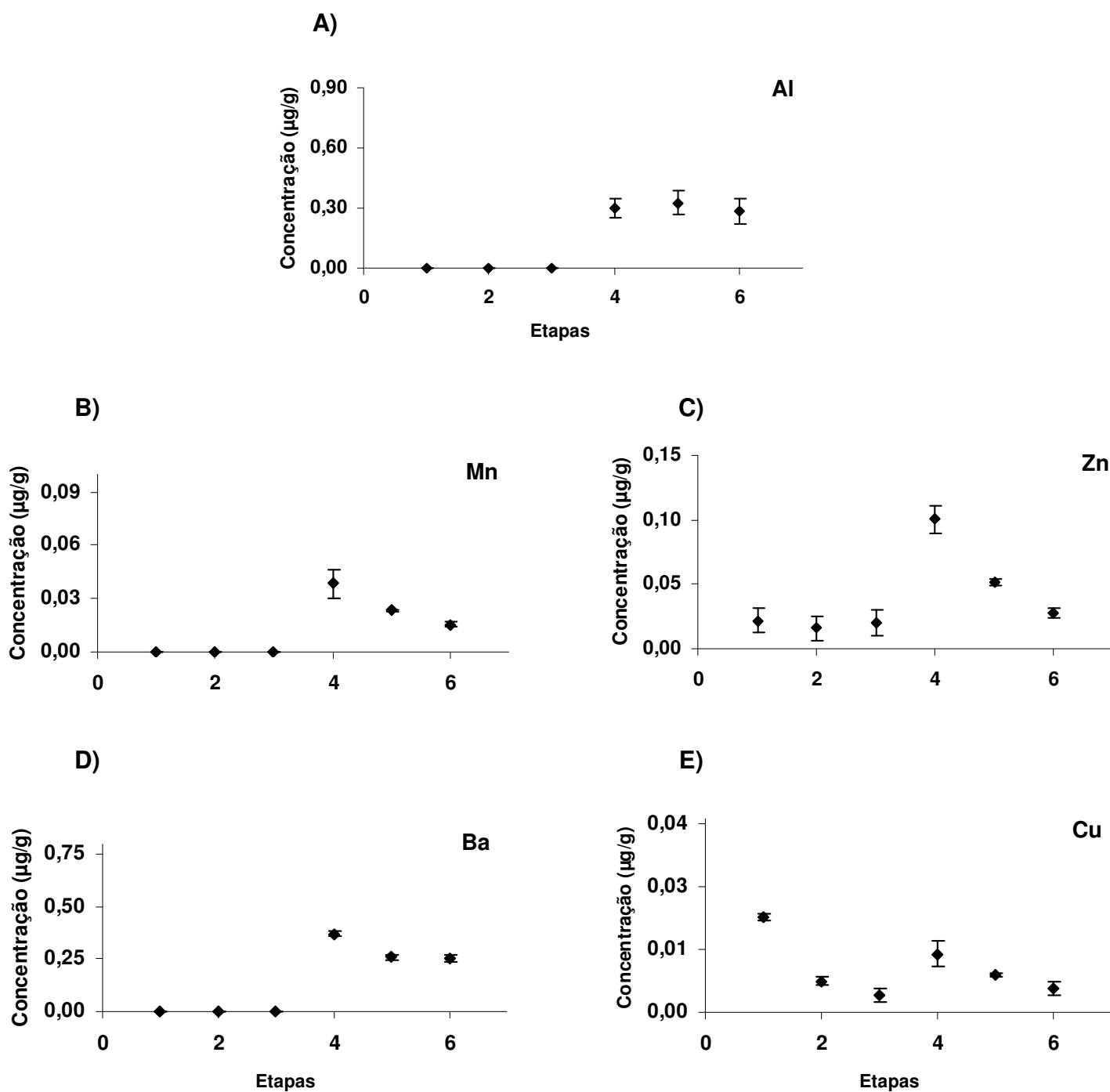


Figura 28– Gráficos ilustrando as concentrações dos elementos **A) Al**, **B) Mn**, **C) Zn**, **D) Ba** e **E) Cu**, para os sobrenadantes do procedimento David, (2003). Etapas 1 a 3, tratamento com água deionizada. Etapas 4 a 6, tratamento com ácido diluído água deionizada. Etapas 4 a 6, tratamento com ácido diluído.



### 4.3 INCORPORAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO

As análises das amostras do esqueleto do coral submetidas aos diferentes procedimentos apontaram a incorporação dos seguintes elementos: Co, Fe, Se, Ni, V, Al, Mn, Zn, Ba e Cu (Tabela 3).

A comparação das concentrações destes elementos entre a amostra não descontaminada (bruta) e as amostras descontaminadas pelos três diferentes procedimentos foi realizada através da análise de variância (ANOVA) e teste a posteriori TUKEY – HSD. Os resultados destas análises permitiram identificar dois tipos de comportamento:

1) Elementos que apresentaram diferença significativa ( $p < 0,05$ ) nos valores das concentrações entre os diferentes procedimentos de descontaminação e a amostra que não sofreu descontaminação: Fe, Ni, Zn e Cu (Figura 30) (Tabela 4) e,

2) Elementos que não apresentaram diferenças nas concentrações entre os diferentes procedimentos de descontaminação e a amostra que não sofreu descontaminação: Co, Se, V, Al, Mn e Ba (Figura 31) (Tabela 4).

Tabela 4- Concentração média e desvio padrão dos analitos ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) quantificados nas amostras esqueléticas do coral *Siderastrea stellata*.

	Co	Fe	Se	Ni	V	Al	Mn	Zn	Ba	Cu
<b>Bruta</b>	0,21 ± 0,02	3,19 ± 0,05	2,81 ± 0,19	0,38 ± 0,01	3,44 ± 0,02	3,50 ± 0,46	0,64 ± 0,04	0,42 ± 0,04	10,39 ± 0,5	0,24 ± 0,02
	0,21 ± 0,01	2,96 ± 0,07	4,02 ± 0,37	0,15 ± 0,03	3,51 ± 0,14	3,49 ± 0,28	0,70 ± 0,11	0,23 ± 0,02	9,95 ± 0,89	0,06 ± 0,00
<b>P1</b>	0,15 ± 0,05	1,76 ± 0,28	3,67 ± 0,31	0,13 ± 0,01	3,50 ± 0,14	1,83 ± 0,05	0,46 ± 0,04	0,23 ± 0,00	9,43 ± 1,07	0,07 ± 0,01
	0,18 ± 0,00	1,95 ± 0,12	3,67 ± 0,15	0,17 ± 0,09	3,51 ± 0,13	2,58 ± 0,8	0,56 ± 0,03	0,31 ± 0,02	10,03 ± 0,43	0,14 ± 0,00
<b>P2</b>										
<b>P3</b>										

**Bruta:** Amostra sem descontaminação **P1:** Procedimento Guzmán e Jarvis (1996); **P2:** Procedimento Bastidas e Garcia (1999); **P3 :** Procedimento David (2003).

De modo geral, para os elementos do grupo 1 (Fe, Ni, Zn e Cu) as concentrações das amostras brutas foram maiores que as concentrações das amostras descontaminadas (Figura 30, gráficos 1, 2, 3 e 4). Somente para o Fe, no procedimento P1 (Guzmán e Jarvis, 1996), esta diferença não é significativa (Figura 30) (Tabela 5).

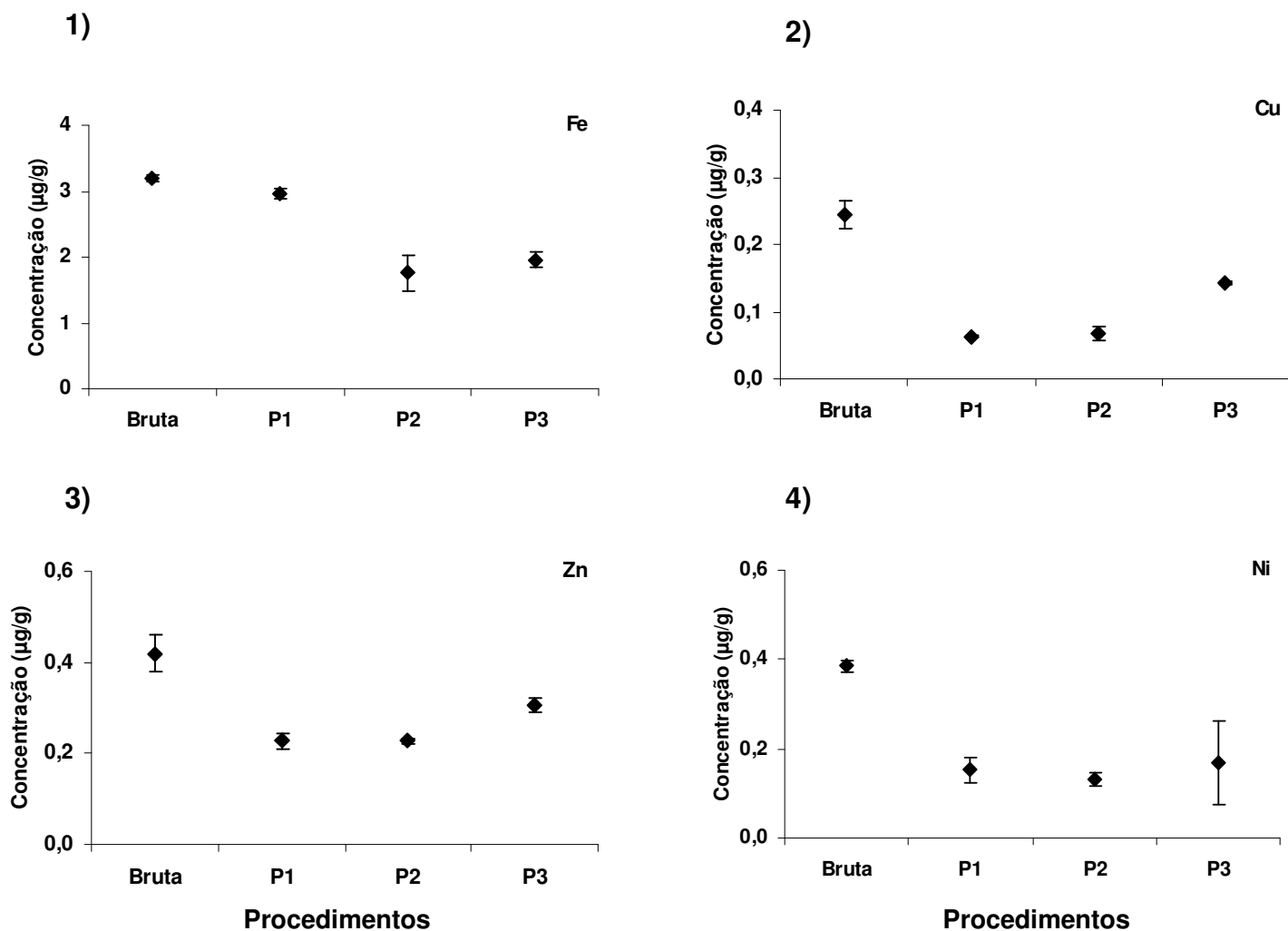


Figura 29- Gráficos das concentrações dos elementos 1) Fe, 2) Cu, 3) Zn e 4) Ni, quantificados na matriz esquelética do coral *S. stellata*. **Bruta**: Amostra sem descontaminação **P1**: Procedimento Guzmán e Jarvis (1996); **P2**: Procedimento Bastidas e Garcia (1999); **P3** : Procedimento David (2003).

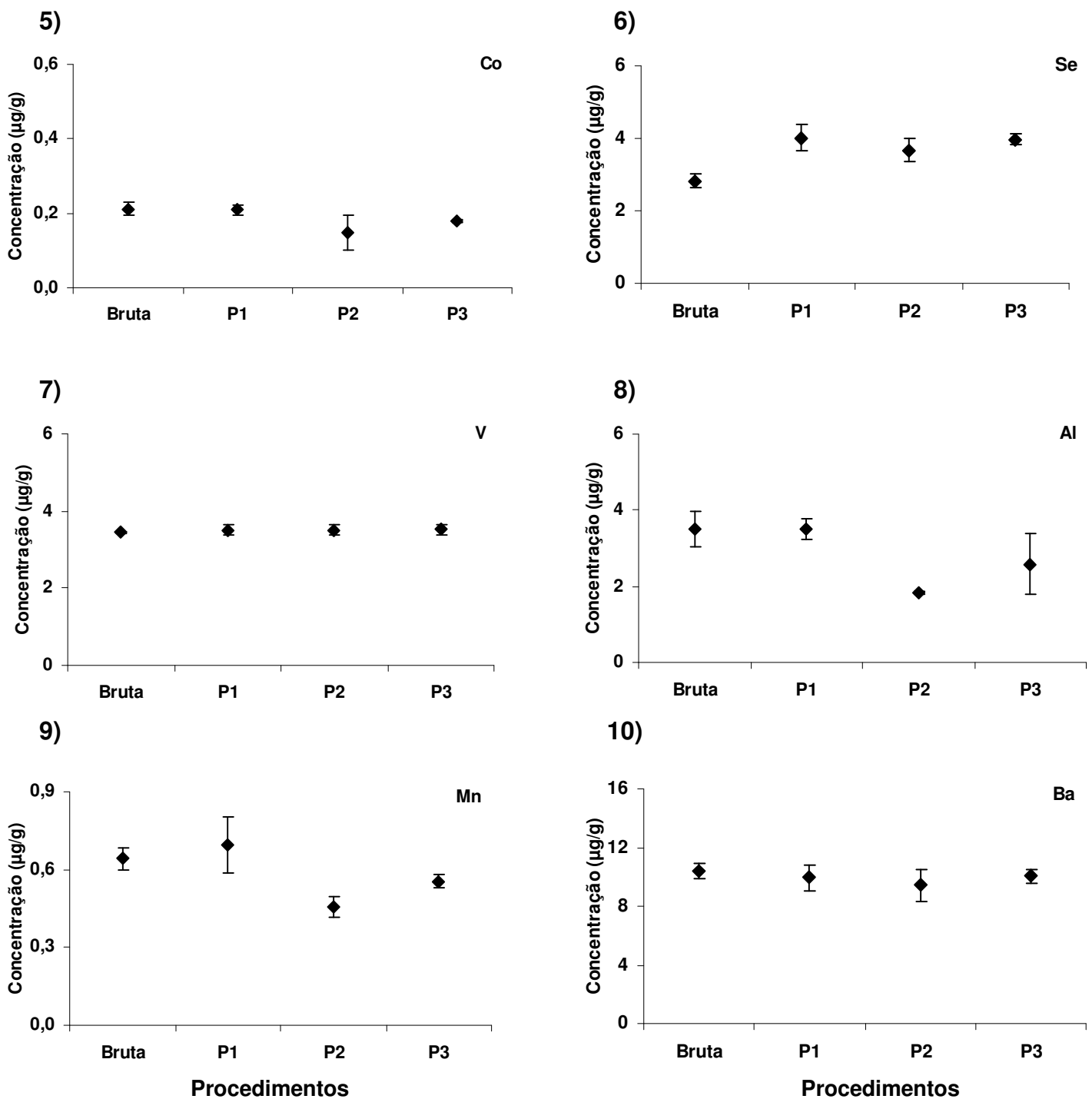


Figura 30- Gráficos das concentrações dos elementos 5) Co, 6) Se, 7) V, 8) Al, 9) Mn, 10) Ba, quantificados na matriz esquelética do coral *S. stellata*. **Bruta:** Amostra sem descontaminação **P1:** Procedimento Guzmán e Jarvis (1996); **P2:** Procedimento Bastidas e Garcia (1999); **P3 :** Procedimento David (2003).

Na análise dos elementos do grupo 2 (Co, Se, V, Al, Mn e Ba), de um modo geral, as concentrações das amostras apresentaram pouca variabilidade (Figura 31). Este padrão é bastante evidente para o Co, V e Ba (Figura 31). Para o elemento Al, a concentração da amostra submetida ao procedimento P2, apresentou um comportamento discrepante do padrão geral (Figura 31).

Tabela 5- Sumário da análise de variância (ANOVA) e teste a posteriori TUKEY – HSD entre os diferentes métodos de descontaminação para o elemento Ferro (quando  $p < 0,05$ ), existe diferença significativa entre os métodos de descontaminação).

N° da Célula	Método	Concentração média de Fe ( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ ) por procedimento			
		3, 189 (1)	2, 962 (2)	1, 756 (3)	1, 954 (4)
1	Bruta		0,385	<b>0,001</b>	<b>0,001</b>
2	P1	0,385		<b>0,002</b>	<b>0,003</b>
3	P2	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>		0,550
4	P3	<b>0,001</b>	<b>0,003</b>	0,550	

**Bruta:** Amostra sem descontaminação **P1:** Procedimento Guzmán e Jarvis (1996); **P2:** Procedimento Bastidas e Garcia (1999); **P3 :** Procedimento David (2003).

## 5 DISCUSSÃO

### 5.1 ESCLEROCRONOLOGIA

O objetivo de se estudar a esclerocronologia do coral *Siderastrea stelleta* presente nos recifes da BTS, foi estimar as taxas anuais de extensão esquelética (crescimento linear) deste escleractíneo, considerando que estudos anteriores das taxas de crescimento linear para esta espécie foram realizados, a exemplo de Reis (2001), que estudou o crescimento linear de colônias coletadas nos recifes submersos de Itacimirim e de Guarajuba no litoral norte da Bahia, onde encontrou valores médios de 2,82 mm/ano e 2,36 mm/ano respectivamente. Santos *et. al.*, (2007), estudando este mesmo

escleractíneo nos ambientes recifais da Paraíba, encontrou valor médio de 6,2 mm/ano de crescimento linear. O resultado do crescimento linear médio encontrado neste trabalho (3,8 mm/ano) está próximo dos valores médios encontrado por Reis, (2001) no litoral norte da Bahia. Variações da taxa de crescimento anual para estes organismos podem ocorrer, uma vez que o crescimento do coral é influenciado por parâmetros oceanográficos (e.g. luminosidade, temperatura, salinidade, turbulência, entre outros) (Lough e Barnes, 2000; Bessat e Buigues, 2001; Lough *et al.*, 2003).

A análise das influências destes fatores no crescimento do coral *S. stellata*, bem como as possíveis diferenças oceanográficas e biológicas vigentes nos diferentes ambientes recifais onde foram realizados estudos de crescimento linear (Reis, 2001; Santos *et. al*, 2007), as quais poderiam justificar as diferentes taxas anuais de crescimento lineares encontradas neste estudo, não é o foco deste trabalho. Entretanto, obter valores médios de crescimento para esta espécie é uma ferramenta importante para que em campo, medidas do tamanho das colônias de *Siderastrea stellata* possam ser utilizadas para estimativas de idade e, conseqüentemente, do potencial de registro esclerocronológico do ambiente marinho no momento da coleta destes organismos.

Contudo, a avaliação de que o crescimento médio dos corais é semelhante tanto no interior quanto na parte externa da Baía de Todos os Santos, bem como no Litoral Norte (segundo valores apresentados por Reis, 2001) indica que esta espécie tem capacidade de se adaptar às várias particularidades das diferentes condições ambientais existentes nesses locais. Isto implica que, em termos cronológicos, a maior resolução possível nas análises temporais que forem realizadas com esta espécie será encontrada de modo generalizado, em qualquer ambiente onde os espécimens forem coletados.

## 5.2 PROCEDIMENTOS DE DESCONTAMINAÇÃO E INCORPORAÇÃO DE ELEMENTOS TRAÇO

Os elementos traço aprisionados na matriz esquelética de corais ocorrem em diferentes formas: incorporado na estrutura cristalina da aragonita, adsorvido nas fases orgânicas ou inorgânicas e aprisionado nos poros esqueléticos (Hanna e Muir, 1990; Ramos e Ohde, 2004; Inoue *et. al.*, 2004).

Os processos envolvidos na coleta, manuseio e pré-tratamento das amostras, são fontes potenciais de contaminação (Shen e Boyle, 1988). Estes processos podem levar à adsorção de metais traço na matriz esquelética dos corais, uma vez que se utilizam ferramentas metálicas para coleta e/ou testemunhagem das colônias, assim como para a amostragem das bandas de densidade. Estas contaminações podem comprometer a qualidade dos resultados quando as concentrações dos elementos traço são quantificadas, especialmente em consequência das baixas concentrações de elementos que geralmente ocorrem na matriz esquelética de amostras de corais. Para alguns elementos como Ni, Cu, Zn Cd e Pb (Tabela do Anexo 1) cujas as concentrações são extremamente baixas, esta contaminação pode ser crítica. As concentrações destes metais sumarizados na Tabela do Anexo 1, sofrem variações em suas magnitudes. Para o Cu, por exemplo, essas concentrações são maiores nos trabalhos de Glynn *et. al.* (1989), Bastidas e Garcia (1999) e Al-Rousan *et. al.* (2007) que na maioria dos outros estudos (Anexo 1). O elemento Fe, por sua vez, apresenta concentrações mais elevadas quando comparado com os outros metais (Livingston e Thompson, (1971); Glynn *et. al.* (1989), Guzmán e Jimenez, (1992); Guzmán e Jarvis, (1996) etc.) A grande variabilidade existente entre as concentrações dos metais sumarizados na tabela do Anexo 1, ocorre provavelmente devido ao uso de diferentes espécies, procedimentos analíticas e diferentes localidades (Reichelt-Brushett e McOrist, 2003).

Com o intuito de eliminar estes possíveis ruídos nos resultados, procedimentos de descontaminação foram desenvolvidos para o pré-tratamento das amostras coralíneas. Não existe um procedimento padrão para o procedimento de descontaminação. Shen e Boyle (1988) elaboraram um método de descontaminação minucioso, envolvendo diversas etapas de tratamento de amostras com agentes oxidantes e redutores. Este procedimento foi utilizado por diversos pesquisadores (Lea *et. al.*, 1989; Linn *et. al.*, 1990,

Ramos *et. al.*, 2004) e adaptado por outros ( Bastidas e Garcia, 1999; David, 2003). Além das adaptações e uso do procedimento elaborado por Shen e Boyle (1988), outros pesquisadores propuseram metodologias novas, como Scott (1990), Esslemont (2000), entre outros. No entanto, nenhuma destas metodologias descreve como cada etapa do procedimento atua nas amostras ou quais são os metais removidos e as características destas remoções. Uma pesquisa mais criteriosa da literatura disponível indicou que apenas um trabalho de pesquisa (Inoue, 2004) demonstrava, para cada etapa do procedimento de descontaminação, as magnitudes e o comportamento das concentrações de Cu e Sn, em amostras esqueléticas recolhidas com o transcorrer do procedimento. Pensando nesta lacuna, a proposta de avaliar três procedimentos de descontaminação (Guzmán e Jarvis (1996), Bastidas e Garcia (1999) e David (2003) foi elaborada neste trabalho.

A avaliação dos resultados das concentrações dos elementos determinados nos sobrenadantes, para os três procedimentos testados (Guzmán e Jarvis,1996; Bastidas e Garcia,1999 e David, 2003), possibilitou a identificação de padrões interessantes no comportamento dos metais traço avaliados. Estes padrões se repetem, de maneira geral, em todos os procedimentos de descontaminação testados, possibilitando a separação dos elementos em dois grupos:

1) Elementos que foram extraídos nas etapas de tratamento com água deionizada: Co, Fe, Se, Ni, Zn e Cu (Figuras 24, 25, 26, 27, 28 e 29) e,

2) Elementos que só foram extraídos nas etapas de tratamento com solução ácida diluída: V, Al, Mn e Ba (Figuras 24, 25, 27, 28 e 29).

A extração dos elementos Co, Fe, Se, Ni, Zn e Cu por água deionizada indica que os mesmos encontram-se fracamente adsorvidos na matriz esquelética. A fraca associação destes elementos à matriz esquelética sugere que a principal fonte destes elementos, nas análises dos sobrenadantes, seja a contaminação da amostra durante os processos de coleta, manuseio e pré-tratamento das amostras. O disco diamantado utilizado no procedimento de amostragem é composto por aço inoxidável austenítico e os diamantes são fixados na lâmina por níquel eletrolítico, contendo impurezas de ferro, cobre, cobalto e zinco. Segundo Castro *et. al.* (2006), a composição básica da liga do aço inox austenítico é Fe, C, Si, Mn, Cr, Ni, Mo, Cu e N. A comparação da composição

elementar do disco diamantado com os metais traço extraídos nas etapas de tratamento com água deionizada nos três procedimentos testados, sugere que o processo de corte das amostras com o disco diamantado seja uma fonte potencial de contaminação de Co, Fe, Ni, Zn e Cu na superfície da matriz esquelética. Quando é avaliado o comportamento das concentrações dos metais nas etapas com ácido, observa-se que os teores dos elementos supracitados tendem a diminuir com o transcorrer do procedimento (Figuras 24, 25, 26, 27, 28 e 29).

Inoue (2004), estudando a incorporação de Cu no esqueleto de coral, determinou a concentração deste elemento durante cada etapa do procedimento de descontaminação. Esse autor observou que os valores absolutos de cobre apresentaram um comportamento de declínio, com o transcorrer das etapas. Este padrão também foi observado neste trabalho para as metodologias testadas, Guzmán e Jarvis (1996), etapas 1 a 5 e 6 a 10 (Figura 25, gráfico E), Bastidas e Garcia (1996), etapas 1 a 3 (Figura 27, gráfico E) e David (2003), etapas 1 a 3 e 4 a 6 (Figura 29, gráfico E).

O comportamento observado para V, Al, Mn e Ba indica que estes elementos estão mais fortemente ligados à estrutura cristalina do esqueleto do coral, uma vez que só a solução ácida conseguiu romper estas ligações e extrair estes elementos. Dentro desse grupo de elementos traço, ainda foi observado dois comportamentos distintos:

O vanádio e o alumínio apresentaram o mesmo padrão de comportamento nos três procedimentos avaliados. Observa-se que, de maneira geral, os valores das concentrações proveniente das etapas iniciais de tratamento com solução ácida não variaram, i.e., as concentrações permaneceram em um mesmo patamar. Esta tendência não é observada no procedimento de Bastidas e Garcia (1999), provavelmente por só existir uma única etapa de tratamento com ácido diluído antes da cominuição (Figuras 26 e 27, gráficos E e F, etapa 4). Após a cominuição, ocorreu um aumento na concentração de Al e V no procedimento de Guzmán e Jarvis (1996), etapas 14 a 16, 20 a 22 (Figura 24 e 25 gráficos E e F). Apesar das concentrações apresentarem uma discreta tendência de aumento, a diferença entre os valores obtidos não é representativa. No procedimento Bastidas e Garcia (1999) foi observado o mesmo comportamento (Figuras 26 e 27). Este comportamento apresentado por V e Al sugere que o efeito de manipulação das amostras teve uma influência bem menor nestes elementos do que nas concentrações de Fe, Ni, Zn



e Cu, que estão presentes na composição das estruturas utilizadas na manipulação das amostras.

Bário e manganês apresentaram um comportamento distinto dos elementos previamente mencionados. Estes elementos não foram extraídos por água, que é um agente extrator fraco, com baixo poder de remobilização de metais. Entretanto, tanto o Mn, como o Ba apresentaram um pico de concentração na extração ácida, com posterior decréscimo nas etapas consecutivas de extração (Figuras 25, 27 e 29). Este padrão indica que pelo menos em parte, a concentração destes elementos está fracamente associada à matriz esquelética e é, potencialmente, oriunda de contaminação da amostra.

As etapas de cominuição existentes nos procedimentos de Guzmán e Jarvis (1996) e de Bastidas e Garcia (1999), de modo geral, foram importantes na exposição da superfície das amostras esqueléticas do coral para a descontaminação com solução de ácido diluído, uma vez que a diminuição da granulometria aumenta a superfície de contato entre as amostras e as soluções. Foi observado que para os elementos Co, Se, V, Al, e Zn no procedimento de Guzmán e Jarvis (1996) (Figuras 24 e 25,) e Se, V, Al e Ba no procedimento de Bastidas e Garcia (1999) (Figuras 26 e 27), houve um aumento nas concentrações destes analitos, quando comparadas com as etapas anteriores, onde às amostras apresentavam uma granulometria maior. Apesar do aumento da eficiência da extração da solução ácida com a cominuição, a análise de variância (ANOVA), mostrou que não existe diferença significativa na concentração ( $p > 0,05$ ) dos elementos Co, Se, V, Al, Mn, Ba, Ni, entre os diferentes procedimentos de descontaminação (Guzmán e Jarvis, 1999; Bastidas e Garcia, 1999 e David, 2003), para as amostras esqueléticas do coral *S. stellata* (Tabela 4). Diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) só foram apontadas pela ANOVA para os metais Fe, Zn e Cu. Para o Fe ocorreu diferença significativa nas concentrações, entre o tratamento P1 (Guzmán e Jarvis, 1996) e os tratamentos P2 e P3 (Bastidas e Garcia, 1999 e David, 2003) (Tabela 4). A concentração de Fe no procedimento P1 foi próxima à concentração da amostra Bruta (amostra sem descontaminação) (Tabela 4) (Figura 30, gráfico 1). Processos de contaminação ocorridos no transcorrer do procedimento de descontaminação, poderiam justificar a concentração na amostra P1, mas observado o valor do desvio padrão calculado para a concentração de P1 (Tabela 3) (Figura 30), esta hipótese torna-se pouco provável. Para os elementos Cu e Zn a diferença ocorreu entre os procedimentos P1 e P2 (Guzmán e Jarvis, 1996 e Bastidas e Garcia, 1999) com P3 (Tabelas 6), indicando que para estes elementos, a

descontaminação é mais efetiva numa granulometria menor, uma vez que no tratamento P3 (David, 2003) não há cominuição da amostra.

Tabela 6- Sumário da análise de variância (ANOVA) e teste a posteriori TUKEY – HSD entre os diferentes métodos de descontaminação para o elemento Cu (quando  $p < 0,05$ , existe diferença significativa entre os métodos de descontaminação).

N° da Célula	Método	Concentração média de Cu ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) por procedimento			
		3, 189 (1)	2, 962 (2)	1, 756 (3)	1, 954 (4)
1	Bruta		<b>0,0003</b>	<b>0,0003</b>	<b>0,001</b>
2	P1	<b>0,0003</b>		0,965	<b>0,002</b>
3	P2	<b>0,0003</b>	0,965		<b>0,002</b>
4	P3	<b>0,001</b>	<b>0,002</b>	<b>0,002</b>	

**Bruta:** Amostra sem descontaminação **P1:** Procedimento Guzmán e Jarvis (1996); **P2:** Procedimento Bastidas e Garcia (1999); **P3:** Procedimento David (2003).  
Extraído do programa STATISTICA 7.

Corroborando com os resultados obtidos para os sobrenadantes nos procedimentos de descontaminação, o Fe, Zn, Cu e Ni apresentaram diferenças significativas nas concentrações das amostras dos corais sem descontaminação e as amostras descontaminadas. O padrão comportamental destes elementos observado nos gráficos das concentrações dos sobrenadantes (Figura 24, 25, 26, 27, 28, 29) comparado com as diferenças significativas apontadas pela análise de variância para as amostras descontaminadas e não descontaminadas, indica que os processos de manuseio, coleta e pré-tratamento das amostras dos corais tem um alto potencial de contaminação. Isso fica ainda mais claro quando comparados as concentrações dos elementos maiores e menores nas amostras de coral com a composição básica elementar das ferramentas metálicas (Castro *et. al.* 2006) utilizadas na manipulação das amostras esqueléticas. Métodos para minimizar a contaminação são importantes para melhorar a qualidade dos resultados dos elementos traço a serem quantificados nas amostras esqueléticas do coral *Siderastrea stellata*. Por outro lado para os elementos V, Al, Ba, Co, Se e Mn, não foi possível, através dos procedimentos testados, identificar contaminação por manuseio, coleta e pré-tratamento da amostra, uma vez que não houve diferença significativa entre as concentrações das amostras sem e com descontaminação.

## 6 CONCLUSÕES

1. Os corais escleractíneos *Siderastrea stellata* coletados na Baía de Todos os Santos apresentaram uma taxa média de extensão linear de  $3,8 \pm 0,4$  mm/ano. Observou-se que o crescimento dos corais no interior da BTS é semelhante ao encontrado em recifes na parte externa da baía;
2. A esclerocronologia juntamente com a incorporação de metais traço, atribui um potencial bioindicador para o coral *S. stellata*.
3. A esclerocronologia do coral *S. stellata* deve ser combinada com a determinação dos elementos traço incorporados na matriz esquelética para que possa ser utilizada como uma ferramenta paleoceanográfica da avaliação ambiental no decorrer da ocupação do entorno da BTS.
4. Os procedimentos de descontaminação para amostras esqueléticas do coral *Siderastrea stellata* foram importantes, uma vez que os processos de coleta, manipulação, amostragem e pré-tratamento contaminaram as amostras, comprometendo os resultados da quantificação dos metais traço incorporados na matriz do esqueleto coralíneo.
5. Os três procedimentos de descontaminação testados (Guzmán e Jarvis, (1999); Bastidas e Garcia, (1999) e David (2003)) foram eficientes para amostras do esqueleto do coral *Siderastrea stellata*.
6. Ferro, Ni, Cu e Zn, foram os elementos identificados como os principais agentes de contaminação para amostras esqueléticas do coral *Siderastrea stellata* durante os procedimentos de coleta e tratamento das amostras. A fonte potencial de contaminação para estes elementos pode ser atribuída ao processo de amostragem com o disco diamantado.
7. A contaminação pelos elementos V, Al, Ba, Co, Se e Mn devido ao efeito de manipulação das amostras esqueléticas, não foi crítica para as amostras avaliadas, quanto comparado aos elementos Fe, Ni, Cu e Zn.

8. A eficiência da descontaminação das amostras coralíneas não depende de um número elevado de etapas, uma vez que o procedimento de David (2003), que apresenta o menor número de etapas de descontaminação entre os métodos testados, alcançou resultados satisfatórios para descontaminar as amostras de esqueleto de coral.
9. Os resultados indicaram que as etapas de descontaminação com água deionizado não são necessárias, podendo ser substituídas pelas etapas com solução ácida diluída.
10. Foi observado que ocorre incorporação dos elementos traço Co, Fe, Se, Ni, V, Al, Mn, Zn, Ba e Cu na matriz esquelética do coral *Siderastrea stellata* Verrill 1868.

## 7 ETAPAS FUTURAS

- Otimização do procedimento de descontaminação (JANEIRO DE 2009).
- Estudo esclerocronológico com um maior número de réplicas distribuídas nos ambientes recifais da BTS.
- Comparação das concentrações dos metais quantificados (Co, Fe, Se, Ni, V, Al, Mn, Zn, Ba e Cu) em um maior número de réplicas e em espécimes coletadas em ambientes recifais internos e externos a BTS.
- Aplicação do coral *Siderastrea stellata* *Verrill 1868* como “Proxy” de condições ambientais marinhas pretéritas na BTS.

## Referências bibliográficas

Al-Rousan, S., Al-Sholuld, R. N., Al-Honari, F., Abu-Hilal, H., 2007. Heavy metal contents in growth bands of Porites corals: Record of antropogenic and human developments from the Jordanian Gulf of Aqba. *Marine Pollution Bulletin*, 54, 1912-1922.

Anu, G.; Kumar , C.N.; Jayalaksmi, V.K., 2006. Monitoring of heavy metal partitioning in reef corals of Lakshadweep Archipelago, India Ocean. *Environ Monit Assess.*, 128. 125-208.

Araujo, T.M.F., 1984. Morfologia, composição e historia evolutiva do recife de coral da ilha de Itaparica, Bahia. Dissertação de Mestrado, UFBA. Curso de Pós-Graduação.

Bessat, F. e Buigues, D., 2001. Two centuries of variation in coral growth in a massive Porites colony from Moorea (French Polynesia): a response of ocean-atmosphere variability from south central Pacific. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Paleoecology* 175: 381-392.

Barnes D.J., Lough J.M. 1996. Coral skeletons: storage and recovery of environmental information. *Global Change Biology*, 2: 569-582.

Bastidas, C., Garcia, E., 1999. Metal content on the reef corals Porites astroides: an evaluation of river influence and 35 years of chronology. *Marine Pollution Bulletin* 38, 899-907.

Bittencourt A.C.S.P., Ferreira Y.A., di Napoli, E., 1976. Alguns aspectos da sedimentação na Baía de Todos os Santos, Bahia. *Rev. Brasileira Geociências* 6, 246-263.

Brown, B. E.; Tudhope, A. W., Le Tissier, M. D. A.; Scoffin, T. P., 1991. A novel mechanism for iron incorporation into coral skeletons. *Coral Reefs*, 10, 211-215.

Castro, C.S.B., Sales, L.S., Gonzalez, B.M., 2006. Envelhecimento após deformação em aços inoxidáveis de tipo AISI 304 contendo martensita induzida por deformação. 17<sup>o</sup> CBECIMAT- Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais.

Cirano & Lessa, 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, *Rev. Bras. Geof.* 25, 363-387.

CRA, 2004. Diagnostico da concentração de metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo nos sedimentos e biota da Baía de Todos os Santos. Volume-1, 366p.

Cruz, I. C. S., 2008. Recifes de Corais da Baía de Todos os Santos, Caracterização, Avaliação e Identificação de Áreas Prioritárias para Conservação. Dissertação de Mestrado, UFBA. Pós-Graduação em Ecologia e Biomonitoramento.

David, C.P., 2003. Heavy metal concentrations in growth bands of corals: a record mine tailings input through time (Marinduque Island, Philippines). *Marine Pollution Bulletin*, 46, 87–196.

Dutra, L.X.C., Kikuchi, R.K.P., Leao, Z.M.A.N., 2003. Todos os Santos Bay coral reefs, Eastern Brazil, revisited after 40 years. *Proceedings of the 9<sup>th</sup> International Coral Reef Symposium*, Bali, 61.

Eddy J.A., Oeschger, H. (eds), 1993. *Global Changes in the Perspective of the Past*. John Wiley, London.

Esslemont, G. (1999) Heavy metals in corals from Heron Island and Darwin Harbour, Australia. *Marine Pollution Bulletin* 38, 1051-1054.

Esslemont, G. (2000). Development and comparison of methods for measuring heavy metal concentrations in coral tissues. *Marine Chemistry* 69, 69–74.

Fallon, SJ; McCulloch, MT; van Woerik, R, et al., 1999. Corals at their latitudinal limits: laser ablation trace element systematics in *Porites* from Shirigai Bay, Japan

Gagan, MK; Ayliffe, LK; Hopley, D, et al, 1998. Temperature and surface-ocean water balance of the mid-Holocene tropical Western Pacific. *Science*, 279, 1014-1018.

Glynn, P.W., Szmant, A.M., Corcoran, E.F., Cofer-Shabica, S.V., 1989. Condition of coral reef cnidarians from the northern Florida reef tract: pesticides, heavy metals, and histopathological examination. *Marine Pollution Bulletin* 20 (11), 568–576.

Goreau, T. F.; Goreau, N. I, 1960. The physiology of skeleton formation in corals.3. Calcification rate as a function of colony weight and total nitrogen content in the coral *Manicina areolata* (Linnaeus). *Biological Bulletin*, 118, 419-429.

Guzmán, H. M., Jarvis, K. E., 1996. Vanadium century record from Caribbean reef corals: a tracer of oil pollution in Panama. *Ambio*, 25, 523-526.

Guzmán, H., Jimenez, C.E., 1992. Contamination of coral reefs by heavy metals along the Caribbean Coast of Central America (Costa Rica and Panama). *Marine Pollution Bulletin* 24 (11), 554–561.

Hanna, R. G., Muir, G. L., 1990. Red Sea corals as a biomonitors of trace metal pollution. *Environmental Monitoring Assessment*, 14, 211-222.

Hartt, C.F. 1870. *Geology and Physical Geography of Brazil*. Scientific results of a journey to Brazil by Louis Agassiz. Boston, Fields Osgood & Co., 620p.

Inoue, M.; Suzuki, A.; Nohara, M.; Kan. H., Edward, A.; Kawahata, H., 2004. Coral skeletal tin and copper concentrations at Pohnpei, Micronesia: possible index for marine pollution by toxic anti-biofouling paints. *Environmental Pollution*, 12, 399-407.

Kikuchi, R. K. P., 2000. *Evolução dos recifes e das comunidades de corais hermatípicos da plataforma continental norte da Bahia durante o Holoceno*. Tese de Doutorado, Pós-graduação em Geologia, Universidade Federal da Bahia.

Knutson R.A., Buddemeier R.W., Smith S.V. 1972. Coral chronometers: seasonal growth bands in reef corals. *Science*, 177: 270-272.

Laborel, J. L., 1969a. Madreporaires et hydrocoralliaires recifaux des côtes brésiliennes. Systematique, ecologie, repartition verticale et geographie. *Annales de L' Institut Océanographique*, Paris, 47, 71-229.

Lea, D.W., Shen, G.T., Boyle, E.A., 1989. Coralline barium records temporal variability in equatorial Pacific upwelling. *Nature* 340, 373-376.

Leão, Z.M.A.N; Araujo, T. M. F.; Nolasco, M., 1982. Recifes de corais do estado da Bahia. In: K. Sugui; M. R. M. Méis; M. Tessler (eds.). *Simpósio do quaternário do Brasil. IV*, Rio de Janeiro, *Atas.*, Sociedade Brasileira de Geologia, p. 225-258.



Leão, Z.M.A.N., Brichta, A., 1986. A plataforma Continental. In: Barbosa, J.S.F., Dominguez, J.M.L. (eds.) Texto explicativo para o Mapa Geológico do Estado da Bahia – Escala 1:1000000. SME, Salvador (PP185-198).

Leão, Z.M.A.N., 1986. Guia para identificação dos corais do Brasil. Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Geofísica. Instituto de Geociências, Universidade federal da Bahia, 57p.

Leão, Z.M.A.N. 1996. The coral reefs of Bahia: morphology, distribution and the major environmental impacts. An. Acad. Bras. Ci. 68(3), pp. 439-452.

Lessa, GC; Dominguez, JML; Bittencourt, ACSP, et al., 2001. The tides and tidal circulation of Todos os Santos Bay, northeast Brazil: a general characterization. Anais da Academia Brasileira de Ciências, 73, 245-261.

Linn, L.J., Delaney, M.L., Druffel, E.R.M., 1990. Trace metals in contemporary and seventh-century Galapagos coral: Records of seasonal and annual variations. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 54, 384-394.

Livingston, H.D., Thompson, G., 1971. Trace element concentrations in some modern corals. *Limnology and Oceanography* 16 (5), 786–796.

Lough, J.M. e Barnes, D.J., 2000. environmental controls on growth of the massive coral *Porites*. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 245: 225-243.

Lough, J.M., Devereau, M.J., Barnes, D.J., 2003. *Porites* coral growth Records from the Arabian Gulf. *AIMS*, 3: 50.

Medeiros, R.A., Ponte, F.C., 1981. Roteiro Geológico da Bacia do Recôncavo, Bahia. Petrobras/SDPES/DIVEN/Setor de Ensino na Bahia, Salvador (63).

McCulloch, Mt; East, T., 2000. The coral record of last interglacial sea levels and sea surface temperatures. *Chemical Geology*.

McConchie, D.; Harriot, V. J., 1992. The partitioning of metals between tissue and skeletal parts of corals; Application in pollution Monitoring. *Proc. 7th int. Coral Reef Symp.*, 1, 97-103.

Ramos, A. A.; Inoue, S.; Ohde, S., 2004. Metal contents in Porites corals: Anthropogenic input of river run-off into a coral reef from an urbanized area, Okinawa. *Marine Pollution Bulletin*, 48, 281-294.

Reichelt-Brushett, J. A.; McOrist, G., (2003). Trace metals in the living and nonliving components of scleractinian corals.

Reis, M. A. C., 2001. A ação bioerosiva da esponja *Cliona celata* (Grant 1826) (Porífera-Desmospongiae) no coral *Siderastrea stellata* Verrill, 1868, dos recifes do litoral norte do estado da Bahia. Tese de Doutorado, UFBA. Pós-graduação em Geologia.

Rogers, C. S. (1985). Degradation of Caribbean and Western Atlantic coral reefs and decline of associated fisheries. *Proc. 5th int. Coral Reef Congr.* 6: 491-496.

Santos, M. G., Amaral, F. D., Machado, J., Sassi, R., 2007. Crescimento esquelético de *Siderastrea stellata* VERRILL, 1868 (CNIDARIA: SCLERACTINIA) do litoral Paraibano, Brasil. XII Congresso Latino-Americano de Ciências do Mar - XII COLACMAR.

Scott, P. J. B., 1990. Chronic pollution recorded in coral skeletons in Hong Kong. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 139, 51—64.

Scott, P. J. B.; Davies, M., 1997. Retroactive determination of industrial contaminants in tropical marine communities. *Marine Pollution Bulletin*, 34, 975-980.

Shen, T. G.; Boyle, A. E., 1988. Determination of lead, Cadmium and other trace metals in annually-banded corals. *Chemical Geology*, 67, 47-62.

Smith, V. S., 1978. Coral-reef area and the contributions of reefs to processes and resources of the world's oceans. *Nature*, 273, 225-226.

## 8 ANEXO 1

**Tabela** - Sumário de trabalhos sobre concentração ( $\mu\text{g.g}^{-1}$ ) de metais traço em corais, utilizando diferentes procedimentos de pré-tratamento e digestão de amostras esqueléticas.

Referência	Espécies	Local	Al	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	V	Co	Cr
Livingston and Thompson (1971)	<i>Montastrea anullaris</i>	Discovery Bay – Jamaica	-	5,0	-	-	2,0	<2,0	-	<2,0	-	-	-
	<i>Madracis morabilis</i>		-	<5,0	-	-	<2,0	<2,0	-	<2,0	-	-	-
	<i>Scolimia cubensis</i>		-	13,0	-	-	<2,0	<2,0	-	<2,0	-	-	-
	<i>Montastrea anullaris</i>	Kingston Harbour - Jamaica	-	20,0	-	-	11,0	<2,0	-	<2,0	-	-	-
	<i>Madracis morabilis</i> <i>Scolimia cubensis</i>		-	95 880,0	-	-	5,0 16,0	<2,0 3,0	-	<2,0 3,0	-	-	-
St. John et al. (1974)	<i>Acropora</i>	Heron Island - Austrália	-	0,7	-	0,06	-	1,4	0,03	0,20	-	-	-
	<i>Pocilloporidae</i>		-	1,0	-	0,16	-	1,7	0,02	0,17	-	-	-
	<i>Favidae</i>		-	-	-	0,34	-	1,9	0,06	0,30	-	-	-
	<i>Poritidae</i>		-	-	-	0,17	-	3,4	0,05	0,27	-	-	-
	<i>Montipora</i>		-	-	-	-	-	-	0,05	0,33	-	-	-
Godge e Gilbert (1984)	<i>Montastrea anullaris</i>	Virgin Islands	-	-	-	-	-	-	-	0,09-0,04	-	-	-
Howard e Brown (1987)	<i>Pocillopora damicornis</i>	Phuket - Tailândia	-	-	-	-	10,5	2,7	-	-	-	-	-
			-	-	-	-	11,6	0,1	-	-	-	-	-
Hanna e Muir (1990)	<i>Porites Lutea</i>	Mar Vermelho – Área contaminada	23	38,0	6,67	0,15	0,83	9,28	-	51	-	-	-
	<i>Gonistrea retiformes</i>		90	25,0	7,80	0,21	0,92	2,85	--	47,0	-	-	-
	<i>Pocillopora verrucosa</i>		9	1,8	5,38	0,18	1,94	5,6	-	55,0	-	-	-

Referência	Espécies	Local	Al	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	V	Co	Cr
	<i>Porites Lutea</i>	Mar Vermelho – Área sem contaminação	11	11,0	5,6	0,18	1,94	5,6	-	55,0	-	-	-
	<i>Gonistrea retiformes</i>		11	2,0	4,36	0,11	0,82	1,0	-	36	-	-	-
	<i>Pocillopora verrucosa</i>		5	0,2	3,78	0,07	1,32	259,0	-	36,0	-	-	-
Scott (1990)	<i>Platygyra</i>	Hong Kong	-	-	-	-	7,87- 8,57	-	0,06- 2,62	0,21- 0,79	-	-	-
Guzmán e Jiménez (1992)	<b><i>Siderastrea siderea</i></b>	Costa Rica – Panamá – América Central	-	113,2	-	91,6	2,0	10,2	7,5	31,0	-	-	-
	<b><i>Siderastrea siderea</i></b>		-	70,8	-	93,7	3,8	8,9	7,6	32,3	-	-	-
	<b><i>Siderastrea siderea</i></b>		-	81,9	-	93,1	3,3	9,2	7,6	32,0	-	-	-
McConChie e Harriott (1992)	<i>Acropora áspera</i>	Heron Island Harbour – Austrália	-	-	-	-	0,06	3,3	0,09	0,07	-	-	-
	<i>Acropora valida</i>		-	-	-	-	<0,05	2,8	0,08	0,12	-	-	-
McConChie e Harriott (1992)	<i>Goniastrea favulus</i>	Recife de Wistari - Austrália	-	-	-	-	<0,05	2,6	<0,05	0,07	-	-	-
	<i>Acropora áspera</i>		-	-	-	-	0,12	2,7	<0,05	0,10	-	-	-
	<i>Acropora valida</i>		-	-	-	-	0,13	1,7	0,13	0,08	-	-	-
	<i>Pocillopora damicornis</i>		-	-	-	-	0,05	1,7	0,08	0,09	-	-	-
	<i>Goniastrea favulus</i>		-	-	-	-	0,09	1,9	0,08	0,13	-	-	-
Guzmán e Jarvis (1996)	<b><i>Siderastrea siderea</i></b>	Bahia Lãs Minas – Costa do Caribe – Panamá	-	160	7,1	-	0,07	1,5	0,06	0,05	-	-	-
			-	-	-	-	-	-	3,5	-	-	-	-

Referência	Espécies	Local	Al	Fe	Mn	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	V	Co	Cr
Bastidas e García (1997)	<i>Montastrea anullaris</i>	Punta Brava – Venezuela	128	80,9	-	-	1,5	9,3	0,08	1,7	-	-	-
		Bajo Caimán – Venezuela	150	31,0	-	-	5,2	8,0	0,08	1,16	-	-	-
Esslemont (1997)	<i>Montastrea annuligera</i>	Darwin Harbour – Austrália	-	-	-	0,48	0,06	0,06	0,09	0,41	-	-	-
	<i>Gonistrea aspera</i>		-	-	-	0,39	0,06	0,1	0,2	0,36	-	-	-
Esslemont (1999)	<i>Acropora nobilis</i>	Heron Island - Austrália	-	-	-	0,45	0,32	0,86	<0,01	0,09	-	-	-
	<i>Gonistrea aspera</i>		-	-	-	1,62	0,23	1,87	<0,01	0,04	-	-	-
Bastidas e García (1999)	<i>Porites astreoides</i>	Punta Brava – Venezuela	139, 29	62,5	-	-	16,33	10,67	-	0,208	0,315	-	-
		Bajo Caimán – Venezuela	13,8 8	18,09	-	-	12,52	9,12	-	1,037	0,26	-	-
Khaled et al. (2003)	<i>Acropora sp.</i>	Costa do Mar Vermelho	-	126,9 *	-	-	7,58*	6,47*	1,31*	5,56*	-	-	-
David (2003)	<i>Porites sp.</i>	Recife de Caganhao - Filipinas	-	-	0,8	-	0,7	1,0	-	-	-	-	-
		Recife de Ulan - Filipinas	-	-	1,0	-	3,1	1,8	-	-	-	-	-
		Recife de Ihatub - Filipinas	-	-	0,8	-	1,4	2,0	-	-	-	-	-
Anu et al. (2006)	<i>Lobophyllia corymbosa</i>	Arquipélago de Lakshadweep - Índia	-	12,82	3,15	12,69	2,03	2,23	2,55	23,80	-	9,8	2,34
	<i>Porites andrewsi</i>		-	5,15	2,74	11,10	0,49	2,62	2,13	24,18	-	7,3	4,33
	<i>Montipora digiata</i>		-	11,42	2,47	5,80	1,87	1,24	1,30	13,02	-	4,8	4,75
	<i>Acropora formosa</i>		-	0,53	4,66	10,67	1,88	2,04	2,53	23,80	-	3,9	2,34
	<i>Psammocora contigua</i>		-	2,77	0,32	2,07	1,02	1,29	0,27	0,71	-	0,8	0,82

<b>Referência</b>	<b>Espécies</b>	<b>Local</b>	<b>Al</b>	<b>Fe</b>	<b>Mn</b>	<b>Ni</b>	<b>Cu</b>	<b>Zn</b>	<b>Cd</b>	<b>Pb</b>	<b>V</b>	<b>Co</b>	<b>Cr</b>
Al-Rousan et al. (2007)	<i>Porites sp.</i>	Golfo da Aqaba – Jordânia	-	34,81	2,46	-	4,70	5,40	2,35	43,14	-	-	-
	<i>Porites sp. (área controle)</i>		-	14,49	0,35	-	3,88	7,32	4,19	38,17	-	-	-
	<i>Porites sp. (fóssil)</i>		-	17,06	2,89	-	3,83	5,06	3,60	41,50	-	-	-

\* Valores em mg/Kg Modificado de Reichelt-Brushett e McOrist, (20003).

