



UFPE

**Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia**

**NÍVEIS DE CONCENTRAÇÕES DE METAIS
PESADOS EM MACROALGAS E EM
SEDIMENTOS MARINHOS DO ESTADO DE
PERNAMBUCO - BRASIL.**

Silvana Carvalho de Souza Calado

***Orientador : Dr. Sílvio José de Macêdo
Co-Orientadores : Dra Valdinete Lins da Silva
Dra. Maria Luise Koenig***

***RECIFE
2004***

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO

CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS

DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA

**NÍVEIS DE CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS EM MACROALGAS
E EM SEDIMENTOS MARINHOS DO ESTADO DE PERNAMBUCO - BRASIL.**

SILVANA CARVALHO DE SOUZA CALADO

**Tese apresentada ao Curso de Doutorado em Oceanografia
do Departamento de Oceanografia da Universidade
Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos
para obtenção do grau de Doutor em Ciências,
na área de Oceanografia.**

Orientador: Dr. Sílvio José de Macêdo

Co-orientadores: Dra. Valdinete Lins da Silva e

Dra. Maria Luise Koenig

Recife

2004



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL

Universidade Federal de Pernambuco
Centro de Tecnologia e Geociências
Departamento de Oceanografia

**NÍVEIS DE CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS EM
MACROALGAS E EM SEDIMENTOS MARINHOS DO ESTADO DE
PERNAMBUCO - BRASIL.**

POR:

SILVANA CARVALHO DE SOUZA CALADO

Tese defendida e aprovada pela Comissão Examinadora

Prof. Dr. SILVIO JOSE DE MACEDO
Orientador

Profa.Dra. MARTA MARIA DE MENEZES DUARTE
Banca Examinadora

Prof. HENIO NORMANDO DE SOUZA MELO
Banca Examinadora

Profa. Dra. FATIMA MARIA DE MIRANDA BRAYNER
Banca Examinadora

Prof. Dr. MANUEL DE JESUS FLORES MONTES
Banca Examinadora

*A sabedoria é a coisa principal; adquiere,
pois, a sabedoria; sim, com tudo o que
possues, adquiere o conhecimento.*

Provérbio de Salomão 04

**À minha família, aos meus filhos Danilo e Renato
e meu marido Luís Carlos, pela compreensão
e amor. A todos, que colaboraram no êxito
desta nova etapa de vida.**

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Sílvio José de Macêdo, pela valiosa orientação científica, confiança e dedicação e acima de tudo amizade, na realização deste trabalho.
- À Profa. Valdinete Lins da Silva, pelo incentivo, competência, dedicação, companheirismo, amizade e carinho transmitidos no decorrer deste trabalho.
- A Profa. Maria Luise Koenig, por toda a contribuição científica e pessoal para a concepção deste trabalho.
- À Profa. Marta Maria Menezes Duarte, pela valiosa colaboração proporcionada na execução das análises, sem as quais seria impossível o desenvolvimento deste trabalho.
- Ao Prof. Florival Rodrigues de Carvalho, por disponibilizar toda a infraestrutura laboratorial para a realização das análises, e em especial ao seu grupo de trabalho nas pessoas de José Edson da Silva, Cláudio Vicente Ferreira, Flávio Márcio Pereira Lopes e Fernando Lima.
- À Dra, Adilma Montenegro Cocentino pela valiosa avaliação das espécies das algas, sem as quais seria impossível o desenvolvimento desta pesquisa.
- À Profa. Maria Fernanda Pimentel, pela valiosa contribuição na realização dos estudos estatísticos.
- À Profa. Valderez P. Ferreira pelo apoio técnico e gentileza dispensados durante a realização deste trabalho.
- Aos meus estagiários e amigos, Maria do Carmo Lourenço da Silva, Maria da Conceição Andrade de Aquino, Maria Alice Gomes Barboza, Lenilda Maria de Abreu, Sheila dos Santos Ferreira, Everton da Rocha Nascimento e

Manoel Leonel Tavares Neto, pela solidariedade e apoio na realização deste trabalho.

- À todos do laboratório de Oceanografia Química da UFPE, pelas análises realizadas neste estudo, em especial a Iara Correia Lins e Joaquim Alves de Souza Filho.
- Ao Prof. Hermino Ramos de Souza, pela carinhosa atenção em todos os momentos, e em especial pelo suporte material para o desenvolvimento deste trabalho.
- Ao Dr. Gilberto Amado Filho, pela valiosa colaboração no desenvolver desta pesquisa, em especial pela realização das análises do material certificado das algas.
- Ao Dr. Manuel de Jesus Flores Montes, por toda a atenção e carinho dispensados neste trabalho.
- À Profa. Samara Alvachian, pela amizade, carinho, e suporte técnico nas horas mais difíceis.
- Aos amigos, Profs. Valdinete Lins da Silva, Manoel de Farias e Maurício Alves da Motta Sobrinho, por ministrar aulas em minha substituição, para a finalização deste estudo.
- Ao Prof. Benício Barros, pelos esclarecimentos estatísticos e pronto atendimento e carinho, no momento de sufoco.
- Aos Profs. Augusto Knoelchman e Sandra Maria Sarmiento, pela presteza e valiosa contribuição na tradução do Abstract.
- A todos do Departamento de Engenharia Química que de uma forma ou de outra contribuíram para este trabalho.

- Ao meu amigo de trabalho Romário da Silva Costa, pelo companheirismo, amizade e suporte técnico compartilhados nos momentos mais difíceis.
- Expresso minha gratidão a todos que direta ou indiretamente, contribuíram na realização deste estudo.

SUMÁRIO

	página
AGRADECIMENTOS.....	05
LISTA DE FIGURAS.....	11
LISTA DE TABELAS.....	14
LISTA DE ANEXOS.....	15
LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS.....	16
RESUMO.....	19
INTRODUÇÃO.....	20
2. OBJETIVOS.....	27
2.1. Objetivos Gerais.....	27
2.2. Objetivos específicos.....	27
3. REVISÃO DA LITERATURA.....	28
4.DESCRICÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS.....	44
5. MATERIAIS E MÉTODOS.....	51
5.1. Precipitação pluviométrica.....	51
5.2. Coleta das amostras.....	51
5.2.1. Amostras de algas.....	51
5.2.2. Amostras de água.....	52
5.2.3. Amostras de sedimentos.....	52
5.3. Determinação de Umidade nas algas marinhas.....	53
5.4. Determinação dos parâmetros físicos e químicos na água do mar.....	53
5.5. Determinação de metais em algas marinhas.....	54
5.5.1. Validação do método para análise de metais nas algas.....	54
5.5.2. Metodologia validada para análise de metais nas algas	56

5.6. Determinação de metais em Sedimentos Marinhos.....	57
5.7. Reagentes.....	59
5.8. Avaliação estatística.....	59
6. RESULTADOS.....	60
6.1. Precipitação pluviométrica.....	60
6.2. Posição taxonômica das macroalgas estudadas (segundo WYNNE, 1998).....	61
6.3. Umidade das algas (%).....	64
6.4. Análises físicas e químicas da água do mar.....	66
6.4.1. Temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH.....	66
6.4.2. Nitrito-N, nitrato-N, fosfato-P e silicato-Si.....	70
6.5. Metais nas algas.....	74
6.5.1. <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	76
6.5.1.1. Ferro.....	76
6.5.1.2. Cobre.....	76
6.5.1.3. Zinco.....	78
6.5.1.4. Chumbo.....	78
6.5.2. <i>Hypnea musciformis</i>	80
6.5.2.1. Ferro.....	80
6.5.2.2. Cobre.....	81
6.5.2.3. Zinco.....	82
6.5.2.4. Chumbo.....	82
6.6. Metais nos sedimentos.....	83
6.6.1 Ferro.....	84
6.6.2. Cobre.....	85
6.6.3. Zinco.....	86

6.6.4. Chumbo.....	87
6.7. Análise de Componentes Principais (ACP).....	89
7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	95
8. CONCLUSÕES.....	113
9. ABSTRACT.....	115
10.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	116
11. ANEXOS.....	129

LISTA DE FIGURAS

	página
Figura 01: Litoral Norte - praia de Jaguaribe – Itamaracá - Estado de Pernambuco.....	48
Figura 02: Litoral Sul - praia de Piedade -Jaboatão dos Guararapes - Estado de Pernambuco.....	48
Figura 03: Fluxograma para determinação de metais em algas.....	57
Figura 04: Fluxograma para determinação dos metais em sedimentos.....	58
Figura 05: Valores da precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco.....	61
Figura 06: Amostras de <i>Hypnea musciformis</i> das áreas Norte e Sul do estado de Pernambuco.....	63
Figura 07: Amostras de <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> das áreas Norte e Sul do estado de Pernambuco.....	64
Figura 08: Variação sazonal dos teores medianos de umidade das algas <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> e <i>Hypnea musciformis</i> nas áreas estudadas.....	66
Figura 09: Variação sazonal do pH e oxigênio dissolvido da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.....	68
Figura 10: Variação sazonal da temperatura e salinidade da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.....	68
Figura 11: Variação sazonal dos valores de pH e oxigênio dissolvido da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.....	69
Figura 12: Variação sazonal dos valores de temperatura e salinidade da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.....	70
Figura 13: Variação sazonal do nitrito-N, nitrato-N e fosfato-P da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.....	70

Figura 14: Variação sazonal do silicato-Si da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.....	72
Figura 15: Variação sazonal do nitrito-N, nitrato-N e fosfato-P da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.....	73
Figura 16: Variação sazonal do silicato-Si da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.....	74
Figura 17: Variação sazonal do ferro em amostras de <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> nas áreas de estudo.....	76
Figura 18: Variação sazonal do cobre em amostras de <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> nas áreas de estudo.....	77
Figura 19: Variação sazonal do zinco em amostras de <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> nas áreas de estudo.....	78
Figura 20: Variação sazonal do chumbo em amostras de <i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> nas áreas de estudo.....	79
Figura 21: Variação sazonal do ferro em amostras de <i>Hypnea musciformis</i> nas áreas de estudo.....	80
Figura 22: Variação sazonal do cobre em amostras de <i>Hypnea musciformis</i> nas áreas de estudo.....	81
Figura 23: Variação sazonal do zinco em amostras de <i>Hypnea musciformis</i> nas áreas de estudo.....	82
Figura 24: Variação sazonal do chumbo em amostras de <i>Hypnea musciformis</i> nas áreas de estudo.....	83
Figura 25: Variação sazonal do ferro em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo.....	85

Figura 26: Variação sazonal do cobre em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo.....	86
Figura 27: Variação sazonal do zinco em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo.....	87
Figura 28: Variação sazonal do chumbo em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo.....	88
Figura 29: Loadings das primeiras componentes principais.....	91
Figura 30: Escores das primeiras componentes principais.....	91
Figura 31: Correlação entre o teor de oxigênio dissolvido e teor de cobre no sedimento ($r = -0,83$) com o ponto 3n-julho (a) e sem o ponto 3n-julho ($r = -0,30$) (b) na área Norte.....	92
Figura 32: Correlação entre o teor de chumbo e zinco no sedimento ($r = 0,87$) com o ponto 7s-novembro (a) e sem o ponto 7s-novembro (b) ($r = 0,56$) na área Sul.....	93

LISTA DE TABELAS

	página
Tabela 01: Relação das Indústrias da área Norte.....	49
Tabela 02: Relação das Indústrias da área Sul.....	50
Tabela 03: Valores da precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco.....	60
Tabela 04: Variação sazonal do teor mediano de umidade das algas nas regiões Norte e Sul do estado de Pernambuco.....	65
Tabela 05: Variação sazonal do pH, salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.....	67
Tabela 06: Variação sazonal do pH, salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.....	69
Tabela 07: Variação sazonal do nitrito-N, nitrato-N, fosfato-P e silicato-Si da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.....	71
Tabela 08: Variação sazonal do nitrito-N, nitrato-N, fosfato-P e silicato-Si da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.....	73
Tabela 09: Det. dos metais do Teste 6 para a validação da metodologia.....	74
Tabela 10: Valores do Limite de Detecção e do Limite de Quantificação do AAS na determinação de metais em algas.....	75
Tabela 11: Valores do Limite de Detecção e do Limite de Quantificação no Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X para determinação de metais em sedimentos	84
Tabela 12: Variância das duas primeiras componentes principais nas áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco.....	93

Tabela 13: Correlações da área Norte ($p < ,05000$ $N=24$).....	93
Tabela 14: Correlações da Área Sul ($p < ,05000$ $N=24$).....	94

LISTA DE ANEXOS

	página
Anexo 1 : Metodologias e resultados de análises de metais nas algas.....	130
Anexo 2 : Resultados dos teores de metais nos sedimentos.....	135
Anexo 3 : Resultados dos teores de metais nas algas.....	140
Anexo 4 : Resultados medianos de todas análises para a Análise de Componentes Principais.....	153
Anexo 5 : Resultados dos teores de metais nas algas de diferentes autores.....	155
Anexo 6 : Resultados dos teores de metais nos sedimentos de diferentes autores.....	159

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AAS – Atomic Absorption Spectrometry

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

APHA – American Public Health Association

BCR – Community Bureau of References

CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos

FIDEM – Fundação de Desenvolvimento da Região Metropolitana do Recife

ICP-AES – Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry

ITEP - Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco

NBR – Norma Brasileira

SUDENE – Superintendência de Desenvolvimento do Nordeste

UPS – Unidade Padrão de Salinidade

USA – Estados Unidos da América

PREC - precipitação

NO₂ – nitrito-N

NO₃ – nitrato-N

PO₄ – fosfato-P

SIO₂ – sílicato-Si

SA – salinidade

T – temperatura

OD – oxigênio dissolvido

SN1 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de maio

SN2 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de junho

SN3 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de julho

SN4 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de agosto

SN5 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de setembro

SN6 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de outubro

SN7 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de novembro

SN8 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de dezembro

SN9 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de janeiro

SN10 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de fevereiro

SN11 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de março

SN12 – teores de metais no sedimento da área norte no mês de abril

SS1 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de maio

SS2 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de junho

SS3 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de julho

SS4 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de agosto

SS5 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de setembro

SS6 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de outubro

SS7 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de novembro

SS8 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de dezembro

SS9 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de janeiro

SS10 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de fevereiro

SS11 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de março

SS12 – teores de metais no sedimento da área sul no mês de abril

SEPB – teor de chumbo no sedimento

SEZN – teor de zinco no sedimento

SEFE – teor de ferro no sedimento

SECU – teor de cobre no sedimento

HPB – teor de chumbo na *Hypnea musciformis*

HZN – teor de zinco na *Hypnea musciformis*

HFE – teor de ferro na *Hypnea musciformis*

HCU – teor de cobre na *Hypnea musciformis*

GPB – teor de chumbo na *Gracilariopsis lemaneiformis*

GZN – teor de zinco na *Gracilariopsis lemaneiformis*

GFE – teor de ferro na *Gracilariopsis lemaneiformis*

GCU – teor de cobre na *Gracilariopsis lemaneiformis*

1s – amostras do mês de maio da área Sul

1n - amostras do mês de maio da área Norte

2s – amostras do mês de junho da área Sul

2n - amostras do mês de junho da área Norte

3s – amostras do mês de julho da área Sul

3n - amostras do mês de julho da área Norte

4s – amostras do mês de agosto da área Sul

4n - amostras do mês de agosto da área Norte

5s – amostras do mês de setembro da área Sul

5n - amostras do mês de setembro da área Norte

6s – amostras do mês de outubro da área Sul

6n - amostras do mês de outubro da área Norte

7s – amostras do mês de novembro da área Sul

7n - amostras do mês de novembro da área Norte

8s – amostras do mês de dezembro da área Sul

8n - amostras do mês de dezembro da área Norte

- 9s – amostras do mês de janeiro da área Sul
- 9n - amostras do mês de janeiro da área Norte
- 10s – amostras do mês de fevereiro da área Sul
- 10n - amostras do mês de fevereiro da área Norte
- 11s – amostras do mês de março da área Sul
- 11n - amostras do mês de março da área Norte
- 12s – amostras do mês de abril da área Sul
- 12n - amostras do mês de abril da área Norte

RESUMO

A poluição devida ao teor de metais pesados nas regiões costeiras cresce a cada dia dada ao aumento da introdução desses elementos ao meio ambiente, oriundo de atividades antropogênicas. Uma vez que a bibliografia do assunto é muita vasta, pretendeu-se neste trabalho trazer informações específicas sobre o teor de alguns metais em macroalgas e sedimentos marinhos e suas interações com as características da água do mar, visando diagnosticar a situação atual e sugerir um eficiente monitoramento costeiro para o Estado de Pernambuco. Foram selecionadas duas regiões para este estudo, uma na área Norte (praia de Itamaracá - 7° 45'S e 34°50'W) e outra na área Sul (Praia de Piedade - 08°09'17''S and 34°55'W), por possuírem bancos de algas e apresentarem áreas impactadas por efluentes industriais e domésticos. As macroalgas selecionadas foram *Gracilariopsis lemaneiformis* e *Hypnea musciformis* e os elementos químicos foram cobre, chumbo, zinco e ferro. As coletas foram realizadas mensalmente em cada região durante o ano de 2000 a 2001, por 12 meses durante as baixa-mares. As áreas apresentam clima quente e úmido, As' na classificação Koppen, com temperatura média anual de 26°C. A climatologia revelou um período seco, de setembro a fevereiro com precipitação média em torno de 120mm e um período chuvoso, de março a agosto, com precipitação média em torno de 440mm. As análises hidrológicas mostraram que a temperatura da água variou entre 28°C e 31°C, a salinidade de 26.38UPS a 36.88UPS e o oxigênio dissolvido de 2.43 a 6.37mL.L⁻¹. As concentrações dos metais nas algas foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica e nos sedimentos por fluorescência de Raio-X. Os teores de metais na área sul e norte foram diferenciados. Nas algas as mais elevadas concentrações foram registradas no litoral Sul, sendo a *Hypnea musciformis* que apresentou a maior capacidade de retenção. Nos sedimentos os maiores teores encontrados foram também no litoral Sul na grande maioria dos casos. Observou-se ainda que, o sedimento retém maior teor de metais em relação às algas estudadas, sendo, portanto o compartimento mais indicado para o monitoramento costeiro destes metais no Estado de Pernambuco. Uma análise exploratória global (áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco) dos dados de teores de metais (chumbo, cobre, ferro e zinco) nos sedimentos e algas marinhas (*Gracilariopsis lemaneiformis* e *Hypnea musciformis*), das características físicas e químicas da água e da pluviometria foi realizada utilizando-se a técnica da análise multivariada de projeções em componentes principais. O gráfico dos escores das duas primeiras componentes principais (que representam 36,8% da variabilidade total dos dados), mostrou que as amostras da área Sul são mais dispersas e apresentaram valores mais elevados dos metais nos sedimentos e nas algas. Observou-se ainda que na área Norte ocorreu uma descarga de efluentes carreados pelas chuvas, apresentando uma anomalia no mês de julho com os mais altos teores de metais nos sedimentos. Nesta área as correlações positivas existiram nos sedimentos entre todos os metais, enquanto que para as algas estudadas, observou-se estas correlações entre chumbo e cobre. Nas amostras de sedimentos da área Sul existiram correlações positivas entre os teores de cobre com chumbo e zinco e entre os teores de chumbo com o zinco. Os resultados medianos das concentrações de metais nos sedimentos foram na área Norte: ferro (0,078%), chumbo (6,923mg.kg⁻¹), cobre (38,178mg.kg⁻¹) e zinco (5,610mg.kg⁻¹); e na área Sul: ferro (0,339%), chumbo (5,942mg.kg⁻¹), cobre (48,799mg.kg⁻¹) e zinco (8,388mg.kg⁻¹). Nos tecidos algais, a *Gracilariopsis lemaneiformis*, apresentou na área Norte, teor de ferro de 141µg.g⁻¹, chumbo de 3,50µg.g⁻¹, cobre de 0,95µg.g⁻¹ e zinco de 33,14µg.g⁻¹ e na área Sul, ferro de 347µg.g⁻¹, chumbo de 2,99µg.g⁻¹, cobre de 1,57µg.g⁻¹ e zinco de 28,57µg.g⁻¹, para a *Hypnea musciformis* da área Norte foram de ferro 675µg.g⁻¹, chumbo de 8,90µg.g⁻¹, cobre de 1,85µg.g⁻¹ e zinco de 49,93µg.g⁻¹ e na área Sul ferro de 806µg.g⁻¹, chumbo de 5,49µg.g⁻¹, cobre de 2,35µg.g⁻¹ e zinco de 44,57µg.g⁻¹. Entre as algas testadas, a *Hypnea musciformis* apresentou mais alto teor de metais. Os sedimentos foram considerados como bom indicador para o monitoramento ambiental, por apresentar valores mais elevados de metais do que nas algas. Não foi possível estabelecer um ritmo cíclico para as concentrações dos metais analisados nas algas e nos sedimentos.

1. INTRODUÇÃO

O crescente aumento do desenvolvimento urbano e industrial nos últimos anos, vem ocorrendo de forma bastante desordenada, principalmente nos países em desenvolvimento como o Brasil, onde a geração de divisas é meta prioritária do governo. Desta forma, o meio ambiente vem sofrendo constantemente danos consideráveis.

Os cursos d'água vêm sendo gravemente afetados pela introdução de substâncias tóxicas e poluentes causando grande impacto, oriundo da grande diversidade dessas substâncias.

A contaminação dos ambientes aquáticos por metais se dá principalmente através de despejos industriais e domésticos. Alguns destes metais podem se acumular através da cadeia alimentar, em níveis de concentrações perigosas aos animais, que posteriormente, são consumidos pelo homem.

As algas marinhas têm sido usadas como bioindicadores de poluição por metais pesados, os quais se ligam em suas paredes por adsorção (COSTA & FRANÇA, 1996; CRIST et al., 1990).

Esses metais pesados também podem ser bioacumulados através de processos metabólicos dos organismos, tendendo a retê-los e formando reservas. A bioacumulação pode ser definida como: “a concentração de um elemento superior à quantidade básica necessária para que uma célula assuma, normalmente, seu metabolismo, mantendo o seu equilíbrio” (MARTOJA & MARTOJA, 1984).

O Brasil tem uma larga tradição no estudo de suas algas marinhas (OLIVEIRA FILHO, 1977). Alguns autores analisaram e quantificaram os teores de proteínas, alginato, cinzas, iodo, cálcio, ferro, cloretos, fósforo, sódio e potássio

(MANDELLI, 1964; YOKOYAMA & GUIMARÃES, 1975; GUEDES, 1985) em diversas algas na costa brasileira.

Embora a região costeira brasileira apresente várias espécies de algas com potencial econômico, e algumas estejam sendo exploradas há décadas para a produção de mucilagens (OLIVEIRA FILHO, 1981), poucos são os trabalhos que tratam da identificação da concentração de metais nessas algas.

O interesse da geoquímica, da biologia e da ecologia no destino dos metais pesados no estuário e nos ambientes costeiros cresceu muito nos recentes anos, devido a duas razões: 1) por causa do conhecimento de sua importância nos ciclos dos metais traços que neles ocorrem; 2) por causa da transferência de alguns metais pesados para o oceano e a atmosfera pela atividade do homem, comparável em magnitude ou até excedendo as introduções naturais (WOOD, 1974; KATZ & KAPLAN, 1981).

A presença de metais na atmosfera pode contribuir para a poluição aquática devido à precipitação pluviométrica que funciona como maior transportador desses elementos em águas de mar aberto. Alguns estudos indicam ser esse meio um dos principais contribuintes para a presença dos metais em águas oceânicas (WINDON & SMITH, 1979).

A lixiviação e a erosão do solo são meios de contaminação por elementos traços em áreas costeiras isentas de poluição por atividades antropogênicas. Foi observado que a concentração de espécies móveis e trocáveis de zinco e cádmio diminui se houver despejos de esgotos sobre o solo, pois as condições anóxicas provocadas pelos esgotos podem causar a precipitação através de fatores físicos e químicos que influenciam na biodisponibilidade destes metais em águas. Os principais fatores são: pH, potencial redox, matéria orgânica, dureza da água, precipitação de hidróxidos, carbonatos e hidroxí-carbonatos insolúveis, formação de complexos inorgânicos

solúveis com carbonatos, hidróxidos, fosfato ou sulfatos, competição entre cátions alcalino-terrosos e elementos-traço pelos sítios de transporte nas membranas dos organismos. A compreensão da variação e a mobilidade dos metais nos diversos compartimentos do ambiente dependem da sua especiação (SALOMONS & FORSTNER, 1984).

Partículas de sedimentos com metais adsorvidos vêm atingindo os mares e uma significativa fração dessas partículas tem sido ressolubilizadas. Esse processo é chamado remobilização diagenética. Os metais ressolubilizados podem se difundir através da interface água-sedimento nas regiões mais profundas. Sedimentos ricos em matéria orgânica, tais como os da zona costeira, são boas fontes de metais ressolubilizados e representam um enriquecimento desses elementos devido à labilidade da matéria orgânica particulada.

Os metais são introduzidos na água do mar pelas descargas fluviais, ventos, fontes hidrotérmicas, intemperismo das rochas e atividades antropogênicas. Os rios representam a maior fonte de metais particulados e dissolvidos, que são mobilizados durante o intemperismo de rochas graníticas e balsáticas.

Alguns dos metais traços estão presentes, como cátions adsorvidos às superfícies das argilas. Quando a água do rio encontra a do mar, ocorre um aumento da força iônica, que leva a dessorção de alguns metais. Por outro lado, o aumento da força iônica e do pH também causa a ressolubilização dos metais, os quais podem precipitar na forma de oxihidróxidos ou colóides organometálicos.

As águas quentes, ricas destes elementos, passam através de fissuras da crosta no fundo oceânico. Muito dos metais precipitam como sulfetos imediatamente. Outros, como manganês, ferro, bário, lítio e rubídio, reagem mais lentamente. Esses fluxos hidrotermais são adições importantes nos oceanos e parecem exceder os aportes

fluviais e atmosféricos. Os metais dissolvidos que chegam ao oceano são bem mais reativos do que os íons principais (Na^+ e Cl^-). Muitas das reações causam sua conversão a formas sólidas. Como resultado, as rochas sedimentares, tais como as argilas marinhas, são enriquecidas com metais traços se comparadas às rochas ígneas. Esses materiais sedimentares são relativamente pobres em cálcio e magnésio, porque esses elementos ficam depositados em calcários dolomíticos. A relativa depleção em sódio nos materiais sedimentares deve-se à sua retenção, como íon dissolvido na água do mar.

Os metais introduzidos pelas atividades antropogênicas, muitas vezes, excedem os aportes naturais. Mesmo pequenos aportes podem ser extremamente negativos. O comportamento de metais no ambiente depende da sua disponibilidade, isto é, quanto de metal pode ser efetivamente levado do compartimento abiótico para o biótico. Atualmente o chumbo está presente em massa de vidraceiro, pavio de velas, tinturas para cabelo e maquiagem para olhos, entre tantas coisas. (ANDRADE & PFEIFFER, 2000).

Entre os elementos químicos, os metais são os que constituem o maior grupo. Os metais são, por definição, bons condutores de eletricidade, e sua condutividade elétrica decresce com a temperatura. Diferenciam-se assim dos não-metais, por serem bons condutores elétricos, e dos metalóides cuja condutividade elétrica é baixa e aumenta com a temperatura (FORSTNER & WITTMAN, 1979).

De acordo com sua atividade biológica, os metais podem ser divididos em três grupos: metais essenciais (Na, K, Mg, Ca, V, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo e W), metais tóxicos (Ag, Cd, Sn, Au, Hg, Ti, Pb, Bi e Al) e metais eventualmente presentes nas células (Rb, Cs, Sr e outros metais de transição) (BEVERIDGE et al., 1997).

No meio aquático os metais pesados se comportam dissolvidos na água sob forma de compostos iônicos e não iônicos. Uma grande parte dos metais em forma

solúvel na água são complexados por substâncias orgânicas, entre elas, as húmicas (WINDON et al., 1983) ou por reações químicas, mediante a influência do pH, da salinidade e da dureza da água. No sedimento, os metais traços estão presentes geralmente em partículas de lodo e argila. Nestes, a presença de matéria orgânica contribui acentuadamente para a quelação dos metais (SALOMONS & FORSTNER, 1984).

O chumbo é um elemento não-essencial; sua dose letal (DL50) aguda é de $8 \times 10^{-3} \text{ mol.kg}^{-1}$ em cobaias, tendo afinidade por grupos sulfidrilas, e muito da sua ação tóxica deve-se à inibição desses grupos. Devido à grande solubilidade dos compostos orgânicos de chumbo em lipídeos, o metal tende a ser acumulado nos tecidos nervosos (BERMAN, 1980).

O transporte de chumbo para o oceano, praticamente é realizado por deposição na superfície do mar das partículas aéreas carregadas pelo vento. O aumento na concentração de metais traços em um organismo chama-se bioacumulação (LIBES, 1992).

Os metais selecionados para o presente estudo são oriundos principalmente das indústrias da região. O cobre pode ser decorrentes da galvanoplastia, tintura têxtil, impressões fotográficas, inseticidas, curtimentos, pigmentos, combustão de gasolina, bebidas. O chumbo pode vir de impressoras, tinturarias, indústrias de fósforos, explosivos, pigmentos, baterias, produtos metálicos e queima de combustíveis. O ferro provém do grande intemperismo das rochas, produção de inúmeros compostos metálicos. O zinco é decorrente de indústrias galvânicas, papel, tinturas, compostos metálicos, fertilizantes a base de fosfato, queima de combustíveis, produção de borrachas (pneus) e bebidas (BRAILE & CAVALCANTI, 1979).

Em virtude, portanto, da importância que os metais em algas e sedimentos marinhos desempenham para o meio ambiente, o Departamento de Oceanografia da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), desenvolveu vários estudos relacionados com teores de alguns metais em algas marinhas (GUEDES, 1985) e em sedimentos marinhos (ROCHA, 2000), todos na região norte do estado de Pernambuco, envolvendo a zona costeira da Ilha de Itamaracá.

Desta maneira, os trabalhos até então realizados no Estado de Pernambuco, não abordaram o teor de metais pesados em macroalgas e sedimentos marinhos na região sul, tornando-se necessário o desenvolvimento de estudos desses mesmos metais nas mesmas matrizes em ambas as regiões no mesmo período.

Sabendo-se que os efeitos tóxicos dos metais são os mais diversos, foi realizado o estudo das concentrações de chumbo, ferro, cobre e zinco em macroalgas (*Hypnea musciformis* e *Gracilariopsis lemaneiformes*) e em sedimentos marinhos no litoral norte e sul do estado de Pernambuco, com o objetivo de diagnosticar a situação atual dos ecossistemas, para o estabelecimento de um monitoramento costeiro relevante.

O desenvolvimento desta pesquisa contribuirá para elucidar problemas ambientais, decorrentes de atividades humanas, visando indicar algas ou sedimentos como indicadores da poluição por metais pesados.

2. OBJETIVOS

2.1. Gerais

Avaliar a concentração de metais pesados (cobre, ferro, chumbo e zinco) em macroalgas e sedimentos marinhos no litoral Norte e Sul do Estado de Pernambuco para determinar o grau de impacto das áreas de modo a estabelecer um monitoramento específico.

2.2. Específicos

2.2.1. Determinar a concentração de metais pesados (cobre, ferro, chumbo e zinco) nas macroalgas (*Hypnea musciformis* e *Gracilariopsis lemaneiformes*) e sedimentos marinhos nas regiões costeiras Norte e Sul do Estado de Pernambuco.

2.2.2. Determinar as variações sazonais destes elementos nas macroalgas e sedimentos marinhos costeiros.

2.2.3. Desenvolver técnicas de análises e monitoramento para um melhor gerenciamento costeiro das regiões.

2.2.4. Elaborar um diagnóstico ambiental das áreas em estudo, baseado nos resultados obtidos.

3. REVISÃO DA LITERATURA

GUVEN et al. (1993) estudaram o teor de metais pesados em cinco espécies de algas (*Ulva lactuca* L., *Enteromorpha compressa* L., *Cystoseira barbata* J., Agardh, *Scytosiphon lomentaria* {Lyngbye} J., Agardh, *Ceramium rubrum* {Huds.} C.Ag.), uma fanerógama (*Zostera marina* L.) e sedimentos coletados em 07 estações em Bosphorus-Turquia. Concluíram que a fanerógama estudada apresentou teor de metais mais elevado que as algas testadas, sendo estes teores sempre mais elevados nos sedimentos que nas fanerógamas e nas algas. Os metais cujo níveis de metais se apresentaram mais elevados nos sedimentos foram cádmio, ferro, cobre e chumbo, no local onde havia fábricas de sapatos e vidros.

ABU-HILAL (1993) analisou o teor de metais (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) em sedimentos marinhos superficiais de quatro localidades do Golfo de Agaba nos emirados Árabes. Os resultados obtidos indicaram que existiu variação nos teores destes elementos traços entre os locais selecionados. Esta variação foi atribuída ao tipo e ao tamanho da partícula, conteúdo de matéria orgânica, distância e localização dos pontos de amostragens e de maior fontes de poluição. Concluiu que a fração orgânica contém o mais alto percentual de elementos traços e que a fração litogênicas dos elementos não está facilmente disponível nos sedimentos.

VAN ALSENOY et al. (1993) avaliaram a composição elementar de amostras de sedimentos e de material em suspensão na região costeira e oceânica da Bélgica, ao sul de Bight, no Mar do Norte e do estuário de Scheldt, usando técnicas de fluorescência de Raios-X e espectrofotometria de absorção atômica (AAS), com especial atenção aos metais pesados. O conteúdo médio de metais pesados na fração <63 µm foram comparados aos níveis de material em suspensão. Diversos métodos de

normalização mostraram que os sedimentos do Mar do Norte Belga e do estuário de Scheldt estão poluídos com zinco, cádmio, chumbo e mercúrio, com fatores médios de enriquecimentos compreendidos entre 2 a 10. Esta poluição vem a ser mais elevada na parte industrial de Scheldt aonde a concentração de cádmio chega a alcançar até 130µg/g. O cobre e o níquel não mostraram elevados teores na maioria dos sedimentos. A comparação com dados mais antigos foi realizada através das curvas de regressão sugerindo que poucas mudanças ocorreram na contaminação de metal durante os últimos 15 anos.

BRADY et al. (1994) estudaram o teor de metais pesados (cobre e zinco) relacionando com os parâmetros físico-químicos em sedimentos marinhos superficiais na região de Cairns da grande barreira de recifes na Austrália. Utilizaram a concentração de ferro como um indicador de material terrestre e o cálcio como um indicador de material calcáreo. A concentração de Pb^{210} foi medida para estabelecer a cronologia dos sedimentos. Concluíram que a principal fonte do cobre está na região do Porto de Cairns, podendo ser resultado de pinturas à base de cobre, estando o zinco associado predominantemente com a entrada de efluentes de origem terrestre, o que ficou evidenciado pela alta correlação entre zinco e ferro. Estudaram também as correlações entre cobre e zinco e entre estes metais com o ferro e cálcio, concluindo que cobre e zinco estão associados com o ferro e que o carbonato de cálcio age como diluente. Observaram ainda que em profundidades superiores a 10 cm, o tamanho das partículas e a fração solúvel ácida não são uniformes, sugerindo que parte do sedimento foi fisicamente perturbada. As concentrações de Pb^{210} mostraram também a evidência da mistura do sedimento, obtendo-se na parte mais profunda a taxa média de sedimentação de aproximadamente 3,5 mm/ano.

PRUDENTE et al. (1993) determinaram os teores dos metais (ferro, manganês, cobre, chumbo, níquel, zinco, cobalto e cádmio) na baía de Manila nas Filipinas em amostras de sedimentos superficiais e amostras variando entre 8 e 24 cm em profundidade. Neste estudo as concentrações e distribuições de metais foram examinadas objetivando basicamente determinar a extensão da poluição na baía. Estudos comparativos da concentração de metais com outras áreas do mundo revelaram altos valores de chumbo e cádmio indicando uma considerável poluição na área. As amostras verticais revelaram altas flutuações e elevadas concentrações de chumbo, zinco e cádmio na superfície sugerindo recentes descargas provenientes de fontes antropogênica.

KAREZ et al. (1994) avaliaram as concentrações de metais (zinco, cádmio, chumbo, cromo e cobre) em algas na baía de Sepetiba no Rio de Janeiro-Brasil, associadas às atividades industriais nesta área comparando os resultados obtidos com sítio não impactado tal como a Baía de Ribeira. As algas estudadas foram: *Codium decorticatum*, *Ulva fasciata*, *Padina gymnospora*, *Sargassum stenophyllum*, *Spatoglossum schroederi*, *Gracilaria sp*, *Spyridia clavata*, *Acanthophora spicifera*, *Hypnea sp*. Na área não poluída foram coletadas *Padina gymnospora*, *Sargassum stenophyllum*, *Acanthophora spicifera* e *Galaxaura marginata*. Os maiores teores encontrados na baía de Sepetiba foram na *Padina gymnospora*, enquanto na baía de Ribeira o teor é sempre inferior a este. Os parâmetros biológicos e físico-químicos (pH, salinidade, temperatura, luz, material particulado e matéria orgânica) influenciaram na bioconcentração dos metais zinco e cádmio em *Padina gymnospora*. A assimilação de zinco aumentou linearmente com a concentração de zinco. Baseados nestas características, a concentração de zinco em *Padina gymnospora* no campo pode indicar a máxima concentração deste metal disponível na água.

KAREZ et al. (1994) analisaram a concentração de metais (zinco, cádmio e cobre) em diferentes espécies de algas bentônicas (*Codium decorticatum*, *Codium Intertextum*, *Ulva fasciata*, *Padina gymnospora*, *Sargassum stenophyllum*, *Acanthophora spicifera* e *Galaxaura marginata*) em três regiões do Estado do Rio de Janeiro (Baía de Guanabara, Baía de Sepetiba e Baía de Ribeira). Concluíram que as clorofíceas apresentaram menores concentrações que as feofíceas, pois as algas pardas possuem ácidos algínicos que lhes oferecem uma elevada capacidade para acumular metais. A *Ulva fasciata* apresenta baixa capacidade para concentrar metais, o que dificulta a sua utilização como indicador biológico. Na Baía de Sepetiba, encontraram-se os maiores níveis de zinco e cádmio nas algas, sugerindo uma maior disponibilidade biológica destes metais na região.

CHEN & WU (1995) estudaram o teor de metais (cobre, cádmio e chumbo) em sedimentos superficiais (<63µm) no Rio Kaohsiung e sua área portuária em Taiwan. Observaram que os teores mais elevados estavam associados à ação antropogênica.

SFRISO et al. (1995) analisaram a concentração de metais pesados (ferro, manganês, cobre, níquel, cromo, chumbo e cádmio) em sedimentos superficiais, matéria particulada sedimentada e na biomassa macroalgal (*Ulva rigida*, *Gracilaria verrucosa*, *Ectocarpus siliculcosus*, *Petalonia fascia*, *Fucus virsoides*, *Enteromorpha*, *Porphyra*, *Dictyota* e *Codium*) na Lagoa de Veneza, Itália. Os estudos revelaram que a espécie dominante é a *Ulva rigida*, que mostra preferência por manganês e que a *Ectocarpus siliculosus* foi a que apresentou os maiores teores dos demais metais. Os sedimentos possuem, em geral, teor mais elevado de metais do que as algas. A sazonalidade e a idade da folhagem foi responsável pela concentração de metais encontrados na biomassa macroalgal.

AMIM et al. (1996) avaliaram a concentração de metais pesados (mercúrio, cobre, cádmio, zinco, ferro e chumbo) em sedimentos superficiais na costa sudeste do Canal de Beagle (Terra do Fogo-Argentina) incluindo as Baías de Ushuaia e Golondria e a península de Ushuaia. Chumbo e cobre apresentaram concentrações mais elevadas na Baía de Ushuaia. Concluiu que a zona costeira do Canal de Beagle não é impactada por metais pesados, apesar de existir fontes antropogênicas de poluição para o sistema.

STURGEON et al. (1995) estudaram a metodologia de digestão de amostras ambientais (sedimento marinho e tecido biológico), utilizando a detecção por espectrometria atômica, com a ajuda de microonda de fluxo-contínuo, para a análise de elemento traço (Cd, Co, Cr, Cu, As, Mn, Ni, Pb, Zn e Ag). Este estudo demonstrou a utilidade de uma aproximação comercial à digestão ajudada com microondas de fluxo-contínuo de amostras ambientais para as finalidades da análise dos metais. Os resultados das digestões das amostras, em todos os estágios, apresentaram desvio padrão relativo menor que 1% RSD. A eficiência da oxidação das matrizes orgânicas não foi completa, mas com exceção do cromo, não existiu impacto significativo sobre a análise da digestão usando técnicas de espectrometria atômica.

AMADO FILHO et al. (1995) determinaram as concentrações de metais em algas (*Sargassum spp.*, *Padina sanetal crucis*, *Dictyota cervicornis*, *Dictyota mertensii*, *Lobophora variegata*, *Galaxaura oblongata*, *Occhodes secundiramea* e *Styopodium zonale*) na região recifal do Arquipélago de Abrolhos, Brasil. Os autores sugeriram que as algas marrons podem ser úteis como biomonitoras, pois são abundantes e possuem alta capacidade para acumular metais, devido a estes se ligarem ao anel dos íons de polissacarídeos polianiónico específico na parede celular. Relataram ainda que a acumulação dos metais se dá através de adsorção, absorção, interação com

os metabólitos locais, estocagem ou eliminação de metais, e a interação destes processos pode ser específico para os grupos taxonômicos (família, ordem, gens) ou para uma espécie. Concluíram que todas as concentrações de metais encontradas caracterizam áreas não contaminadas.

AMADO FILHO et al. (1996) avaliaram a acumulação, localização e efeitos sobre o crescimento em *Padina gymnospora* do zinco, na Baía de Sepetiba-Rio de Janeiro, Brasil, como biomonitora de metais, e realizou comparações com outras espécies (*Ulva lactuca*, *Sargassum filipendula* e *Hypnea musciformis*). Concluíram que a capacidade de acumulação de zinco pela *P. gymnospora* pode estar relacionada com sua parede celular que possui um mecanismo de deposição desse metal. A parede celular polianiónica ou outro componente químico localizado proverão à captura dos íons metálicos prevenindo sua penetração.

FRIGNANI et al. (1997) analisaram os principais metais traços (Al, Fe, Ca, Mg, Mn, Si, K, Ti, Pb, Zn, Cu, Ni, Cr) além de Pb210 e Ce137 em sedimentos da área Norte da lagoa de Veneza, descrevendo a cronologia da poluição e calculando os fluxos de metais para os sedimentos. Os resultados obtidos mostraram que somente o zinco apresenta concentração elevada e que pode ser um atributo à contaminação. O chumbo, cobre e níquel são menos significativos nesta ordem. A distribuição de metais está diretamente relacionada com a descarga de efluentes. Observou-se também um significativo aumento no suprimento antropogênico dos metais estudados iniciando-se a partir da segunda década do século passado com máxima entrada no período entre 1930 e 1970.

LÓPEZ-SÁNCHEZ et al. (1996) estudaram a concentração de metais em sedimentos marinhos e lodos depositados na costa de Barcelona, Espanha. As coletas foram realizadas em diferentes pontos próximos a uma descarga de resíduos para ser

comparada com amostras em área que não recebe descargas. Encontraram um nível de poluição elevada por metais pesados (cádmio, cromo, cobre, chumbo e zinco), indicando que existe troca de metais entre os sedimentos e a coluna de água, sofrendo influência da descarga nos níveis de metais.

KOLESOV et al. (1997) avaliaram os resultados analíticos da determinação de metais por emissão atômica (AES-ICP), absorção atômica (ETAAS), ativação de nêutrons (NAA) e fluorescência em Raios-X (XRF). As análises foram realizadas em material em suspensão na água, sedimentos, plâncton e aerossóis em zonas estuarinas do Japão e da China utilizando material certificado. O erro das análises foi de 3 a 15% para todas as determinações considerando este um bom resultado.

LEONARD et al. (1996) determinaram as concentrações de metais (cádmio, cobre, zinco, níquel e chumbo) em sedimentos superficiais estuarinos e marinhos e na água do lago de Michigan e da Virgínia nos USA objetivando a obtenção de CQS (critérios de qualidade de sedimentos). Os metais foram analisados em AAS e ICP. No total 91% das amostras de sedimentos marinhos superficiais e 50% das amostras de sedimentos de água doce continham SAV (sulfeto em ácido volátil) detectável. Em 96% dos sedimentos marinhos as concentrações de SAV foram maiores do que o SMM (soma molar dos metais) indicando uma pequena probabilidade de biodisponibilidade. Ao contrário, 91% dos sedimentos de águas doces continham concentrações de SMM total maiores do que SAV. Entretanto as concentrações dos cinco metais analisados nas amostras de sedimento de água doce foram uniformemente mais baixas e não excederam 0,3 unidades tóxicas. Esta previsão de biodisponibilidade mínima de metal nas amostras do EMPA (Programa de avaliação de monitoração ambiental dos USA) foi consistente tanto com a ausência geral de toxicidade em análise de laboratório com sedimento, quanto com o fato de que eles foram coletados

predominantemente em locais aparentemente não contaminados. A relação dos metais totais é da seguinte ordem: $Cd < Ni < Cu < Pb < Zn$.

LINDSAY & BELL (1997) estudaram os teores de metais pesados nos sedimentos em dois estuários no Reino Unido com diferentes profundidades, apresentando poluição significativa por mercúrio, arsênio e Co^{60} . Concluíram que existiu contribuição industrial. É reconhecido que alguns metais têm afinidade particular para permanecer na coluna d'água e outros nos sedimentos. A afinidade está relacionada com a atividade de cada elemento de acordo com a composição mineralógica, tamanho das partículas, conteúdo de matéria orgânica e coeficiente de partição. O chumbo, por exemplo, se fixa no sedimento, enquanto o zinco fixa-se na coluna d'água. Os estuários que recebem menor quantidade de efluentes industriais foram considerados menos poluídos possuindo menor teor de metais nos sedimentos. As amostras superficiais apresentaram mais baixas concentrações de cobre, chumbo e zinco do que as amostras mais profundas.

COSTA & FRANÇA (1997) avaliaram a biossorção de metais (zinco, cádmio e cobre) em *Sargassum sp*, usando um reator contínuo de leito fixo de laboratório no Nordeste do Brasil. A biossorção seguiu a ordem de $Cu > Cd > Zn$. Os resultados obtidos mostraram uma sorção máxima de 70,42%, 73,75%, 98,67%, para zinco, cádmio e cobre, respectivamente.

AMADO FILHO et al. (1997) estudaram a concentração de zinco em seis espécies de algas marinhas (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha flexuosa*, *Padina gymnospora*, *Sargassum filipendula*, *Hypnea musciformis* e *Spyridia filamentosa*). As algas foram cultivadas em laboratório com até $5000 \mu g.L^{-1}$ de zinco, por um período de vinte e um dias, observando que todas as espécies morreram com esta concentração. A mais baixa concentração de zinco que apresentou inibição do crescimento foi de

20µg.L⁻¹. *Padina* e *Sargassum* acumularam alto teor de zinco, podendo ser consideradas biomonitoras para áreas costeiras tropicais.

SANTOS et al. (1997) estudaram a distribuição de metais (chumbo, cádmio, zinco, cromo e cobre) em sedimentos nos manguezais do estuário do Rio Joanes-Bahia, Brasil, objetivando determinar os níveis naturais desses metais para atualização como dados de controle. Comparou os resultados obtidos com os da região de Maragogipe, Santo Amaro, Senegal, Indonésia, Guiana e com material certificado, demonstrando que nos sedimentos do Rio Joanes os teores de metais pesados foram inferiores quando confrontados com valores destas regiões, não apresentando ainda um risco considerável de agressão ambiental.

BLACKMORE (1998) realizou um levantamento de dados sobre a poluição por metais traços em águas costeiras de Hong Kong, sedimentos e organismos. Observou que a poluição por metais é mais severa nas áreas urbanas do Porto de Victoria, do Porto de Tolo, da Baía Deep e das águas do noroeste. Particularmente, na Baía de Kowloon são altamente poluídos por cobre, alcançando 5.300 mg.Kg⁻¹. Desde 1987, o nível de poluição tem se estabilizado ou diminuído na Baía de Deep e Porto de Victoria, mas tem aumentado no Porto de Tolo e águas do noroeste. Os mais populares biomonitores utilizados para estudar a poluição em Hong Kong são cracas, mexilhões (em particular *Perna viridis*) e algas (em particular *Ulva lactuca*). Estudos de biomonitoramento revelaram elevada poluição por metais no Porto de Victoria desde 1979 e década de 80, a qual vem sendo estabilizada ou diminuída, enquanto que tem aumentado a poluição no Porto de Tolo na década de 90, principalmente devido aos teores de cobre e zinco. Os níveis de metais mostraram-se extremamente reduzidos em comparação àqueles registrados anteriormente em 1986 e 1989, utilizando como

biomonitor a craca. Concluiu o autor, que os níveis de poluição por metais em águas costeiras de Hong Kong reduziram-se muito nos últimos 10 anos.

AMADO FILHO & PFFEIFER (1998) avaliaram a viabilidade de utilização de macrófitas para o monitoramento da contaminação por metais pesados (zinco, cádmio e cromo) em ambientes costeiros através de análises em duas espécies de algas pardas (*Padina gymnospora* e *Sargassum stenophyllum*) e em uma espécie de monocotiledônea marinha (*Halodule wrightii*), coletadas na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil que vem sofrendo processo de degradação ambiental e na Baía da Ribeira, área não contaminada. Concluiu que as duas algas apresentaram comportamento semelhante quanto à acumulação de metais e que a área poluída apresentou maior concentração desses metais, não estando essas relacionadas com a sazonalidade e sim com despejos e dragagem do sedimento. O cromo na área poluída não foi significativo sendo suas concentrações características de regiões tropicais e subtropicais. A *Halodule wrightii* apresentou maior concentração de metais nas raízes e folhas.

SZEFER et al. (1998) estudaram a acumulação de metais (Ag, Mn, Pb, Ni, Cu, Co, Cd, Zn e Fe) em algas (*Ulva lactuca* e *Enteromorpha intestinalis*), molusco (*Chione subrugosa*) e sedimentos na costa nordeste do México em áreas de mangue de uma lagoa tropical. Os estudos desenvolvidos permitiram concluir que a área estava contaminada por metais pesados e as correlações foram significativas, indicando que o molusco estudado revelou-se um melhor biomonitor para a identificação destes metais nas áreas costeiras expostas ao fluxo de fontes antropogênicas.

PALANQUES et al. (1998) avaliaram teor de metais (chumbo, zinco, cromo e cobre) em sedimentos superficiais do mar Mediterrâneo na costa norte de Barcelona-Espanha, recebendo alta carga de poluentes da população oriunda do rio

Besòs. Os sedimentos no século 18 e 19 foram afetados por uma moderada contaminação de metais pesados. Esta contaminação aumentou drasticamente nos sedimentos acumulados durante as últimas décadas. Estes dados foram bem correlacionados com o aumento da industrialização, população e consumo de energia no ecossistema estudado durante o último século.

BRAYNER (1998) determinou as taxas de retenção de metais (chumbo, zinco, cromo, manganês, ferro e alumínio) por sedimentos orgânicos em viveiros de piscicultura em área estuarina e urbana da cidade do Recife, estado de Pernambuco. Foram realizadas sondagens com trado, ensaios granulométricos e análises de difração de Raio-X, permitindo identificar o sedimento estudado. Taxas de retenção mostram que o viveiro atua acumulando os íons metálicos. O cálculo do coeficiente de partição ressalta a tendência do chumbo, zinco e cromo de formar queladas com os ácidos húmicos. O sedimento mostrou níveis de metais elevados, particularmente para o zinco e cromo, demonstrando uma contaminação da área por estes metais. O ferro e manganês, com mais de um estado de oxidação, apresentaram diferentes constantes de equilíbrio de complexação e liberaram íons para a coluna d'água, por serem mais solúveis na forma divalente que sua forma trivalente. O chumbo, incluindo seu isótopo ^{210}Pb , no sedimento fica na forma complexada associado a ácidos húmicos sendo concebível uma migração ou liberação, enquanto a sílica-S no sedimento anóxico (pH=6-7) está sob a forma insolúvel e não sujeita à migração. Os ácidos húmicos têm poder complexante para o manganês, cobre, chumbo, cromo, zinco e ferro.

TANNER & LEONG (1999) investigaram o perfil dos metais traços (Al, Fe, Mn, Cr, Cu, Ni, Pb e Zn) em sedimentos marinhos em profundidades de até 5m, na área de Ma Wan-Hong Kong. Os autores observaram que existiu um irregular decréscimo a partir da profundidade de 1,5m. Compararam os resultado analíticos da

extração dos metais em sedimentos marinhos usando ácido diluído HCl 1 Molar), com aqueles da digestão convencional em microondas. Concluíram que existe uma facilidade da troca de íons do metal do sedimento através da extração pelo HCl 1M nesta sequência Pb>Mn>Cu>Zn>Fe e que a área está mais poluída devido a descargas de efluentes de 575 fábricas, especialmente pelo do teor de cobre.

MUSE et al. (1999) avaliaram a concentração de metais (cádmio, chumbo, cromo, cobre e zinco) em 03 algas marinhas (*Ulva lactuca*, *Enteromorpha prolifera* e *Porphyra columbina*) em dois locais distintos na baía de San Jorge, Argentina. A área exposta a descargas apresentou concentrações mais elevadas de metais que a outra, com exceção do cádmio, existindo uma bioacumulação do chumbo nas espécies de algas estudadas.

PHANEUF et al. (1999) avaliaram a concentração de metais em algas marinhas no estuário e golfo do Rio St.Lawrence (Canadá) avaliando os riscos para a saúde humana pelo consumo destas algas. As algas coletadas foram algas marrons (*Phaeophyta*), algas vermelhas (*Rhodophyta*) e algas verdes (*Chlorophyta*), tais como: *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria longicruris*, *Palmaria palmata*, *Ulva lactuca* e *Fucus distichus*. A área recebe descarga de fábrica de papel. Em geral, os teores de metais em amostras nas algas não foram elevados e o teor de mercúrio e organoclorados esteve muito baixo ou inferior ao limite de detecção. Consequentemente os riscos para a saúde humana associados com estes compostos são muito baixos. Concentrações de metais variam com a espécie da alga. Algas verdes mostram maior teor de cobalto, cromo, cobre e ferro que algas marrons, enquanto que o arsênio e cádmio nas algas vermelhas apresentaram valores mais elevados.

SANCHIZ et al. (1999) estudaram a bioacumulação de mercúrio, cádmio, chumbo e zinco em quatro espécies de fanerógamas e uma da alga *Caulerpa*

prolifera na costa leste da Espanha comparando os resultados obtidos com o teor de metais em sedimentos marinhos. Os autores relataram que as concentrações de metais nos sedimentos foram mais baixas que nas plantas no caso do cádmio, mercúrio e zinco e mais alto em relação ao chumbo. Na alga o teor destes metais mostrou uma certa similaridade aos sedimentos.

FUKUE et al. (1999) avaliaram a concentração de ferro, alumínio, manganês, titânio, cobre, zinco, vanádio e fósforo em sedimentos de diferentes Baías do Japão, concluindo que os sedimentos estavam poluídos por várias espécies de elementos e a espessura dos sedimentos marinhos variava em uma faixa de 10 a 70 cm. Neste trabalho a história da poluição foi também discutida em termos da idade dos sedimentos. Os primeiros resultados mostraram que a poluição devido à atividade humana iniciou em 1975.

BROWN et al. (1999) realizaram estudos para observar a variação espacial e temporal das concentrações de cobre e zinco, no Porto de Otago no sudeste da Nova Zelândia em *Ulva lactuca* e *Enterophormia intestinalis* para avaliar as tendências obtidas nas medidas das águas na superfície, mudança temporal da estimativa (entre dois anos) nos índices de cobre nas duas algas marinhas; averiguar qualquer variação de zinco na capacidade de acumulação interespecífica e identificar todas as fontes e pontos de contaminação no porto. Este pesquisador concluiu que a *Ulva lactuca* absorve mais zinco e a *Enterophormia intestinalis* mais cobre e ambas são biomonitoras, e ainda que a região possui alto índice de traços de metais contaminantes de cobre e zinco.

ÇELO et al. (1999) apresentaram uma avaliação da poluição por metais pesados, baseando-se em análises estatísticas das concentrações dos metais em sedimentos marinhos de uma área ao longo da costa Adriática da Albânia, parte Norte do Mar Mediterrâneo. Comparando com sedimentos superficiais de outras regiões da

costa Adriática, ele observou que os sedimentos da costa da Albânia estão menos poluídos com mercúrio, chumbo e cádmio; entretanto são mais poluídos com relação aos metais níquel, cromo, ferro, cobre e zinco.

AMADO FILHO et al. (1999) estudaram duas espécies de algas marrons (*Padina gymnospora* e *Sargassum stenophyllum*) visando o monitoramento de metais (zinco e cádmio) na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil concluindo que a *Padina gymnospora* pode ser selecionada como biomonitora por apresentar o teor mais elevado de metais. Este autor ainda estudou o transporte desses metais dos sedimentos para a água, em algas e ostras devido à dragagem no porto de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil. Os sedimentos em suspensão são o principal meio de transporte dos metais nas águas. Enquanto aprisionado nos sedimentos, os metais estão imobilizados em uma condição anóxica. A dragagem provoca a oxidação desses sedimentos, liberando os metais que se encontravam sob a forma de compostos estáveis (sulfetos, complexos orgânicos) passando estes para a coluna d'água, ou seja, disponíveis para a biota. Nas macrófitas o teor de cádmio elevou-se cerca de quatro vezes no período da dragagem. As ostras são a principal via de contaminação dos humanos. O zinco e o cádmio foram identificados como os principais poluentes desta região.

TANNER et al. (2000) avaliaram a concentração de metais (manganês, cromo, cobre, níquel, chumbo, zinco e ferro) em sedimentos marinhos de profundidade, coletados em vários pontos no porto de Vitória-Hong Kong, observando que as concentrações mais elevadas de metais estão relacionadas com as descargas de efluentes industriais ao longo da região.

MACHADO et al. (2003) determinaram a concentração de metais (cromo, cobre, ferro, manganês e zinco) na clorófita *Ulva fasciata* e na rodófito *Gymnogongrus* sp. coletadas nas praias de Barra do Furado e Ponta do Retiro—costa

norte do estado do Rio de Janeiro. Os autores observaram que a rodófitas apresentou uma alta capacidade para acumular os metais em relação a clorófitas em ambas as praias. Os teores de cromo, cobre e manganês foram mais elevados em Barra do Furado e ferro e zinco em Ponta do Retiro. Em relação à variação temporal, apenas as concentrações de cromo apresentaram diferenças significativas ao longo do ano em ambas as algas e áreas de estudos. As maiores concentrações de ferro e manganês foram registradas de Fevereiro a Maio de 1999, enquanto valores mais baixos de cromo e zinco foram registrados em Outubro e Novembro de 1998. Os locais podem ser classificados como naturais ou levemente poluídos, para as concentrações de cromo, cobre, ferro, manganês e zinco. Os resultados indicaram a rodófitas para o biomonitoramento de metais pesados, por ser abundante e mostrar maiores concentrações destes em relação a clorófitas.

AMADO FILHO et al. (2001) avaliaram as concentrações de metais pesados em macrófitas marinhas (*Halodule wrightii*) e sedimentos superficiais em três pontos distintos na Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. Comparando os resultados encontrados com outros locais especificamente o cádmio e cobre devem ser considerados elementos críticos na Baía para a macrófitas e quanto ao sedimento exceto o cádmio, todos os outros metais apresentaram diferenças significativas entre os três locais de estudo.

LOCATELLI et al. (2001) determinaram os teores de metais (mercúrio, cobre, chumbo, cádmio e zinco) em algas (*Ulva rigida*) e moluscos (*Tapes Philippinarum*) na baía de Goro, província de Ferrara, Itália. A baía é considerada poluída por estar próxima ao Rio Po, que carrega para o mar uma grande quantidade de esgoto industrial. Relatou também que a alga e o molusco podem ser usados como biomonitores na classificação dos critérios de qualidade da água do mar.

NASSAR et al. (2002) analisaram o efeito das partículas de minério de ferro sobre a concentração de metais (Al, Cd, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni, Pb e Zn) da macroalga marrom (*Padina gymnospora*) coletada na baía de Espírito Santo, Brasil. Essas concentrações de metais foram determinadas também em área não contaminada por minério de ferro (Baía do Frade) para comparação com os resultados obtidos no local contaminado. Concluíram que os depósitos de minérios de ferro na alga em estudo pode ser eficientemente removido por raspagem na superfície da planta na presença de uma solução de água do mar e etanol, alcançando uma eficiência de redução para ferro e alumínio de 78 e 50%, respectivamente. Somente os teores do ferro, alumínio e cobre na *Padina*, depois do tratamento de raspagem e lavagem, foram mais elevados significativamente no local contaminado.

4. DESCRIÇÃO DAS ÁREAS ESTUDADAS

A área costeira do Estado de Pernambuco caracteriza-se por vastas plantações de cana-de-açúcar, sendo esta a atividade econômica principal da região, onde a produção é convertida em açúcar e álcool (TELLES, 2001). Várias outras indústrias estão situadas nestas áreas, contribuindo de maneira acentuada para o lançamento de resíduos industriais nos ecossistemas aquáticos adjacentes. As tabelas 01 e 02 relacionam os tipos de indústrias localizadas nas áreas de estudo.

Em virtude da sua posição geográfica, o Estado de Pernambuco encontra-se no limite extremo do alcance de três massas de ar de origens remotas e energia convergentes desiguais, havendo um decréscimo da influência destes sistemas, do litoral para o interior, com declínio de precipitação na mesma direção, concorrendo para a instalação de amplas variações do clima, os quais variam de quente e úmido a semi-árido de baixas latitudes (ANDRADE & LINS, 1971).

As marés são do tipo semidiurnas, com variação média de 1,8 m. Nas marés de sizígia, a altura média pode alcançar cerca de 2,2 m e durante as marés de quadratura 1,1 m (MEDEIROS e KJERFVE, 1993).

O Estado de Pernambuco apresenta clima tropical atlântico, com uma temperatura média próxima de 26°C e uma precipitação média anual em torno de 1720 mm. O período de estiagem compreende os meses entre setembro e fevereiro com precipitação abaixo de 100 mm, enquanto que o período chuvoso situa-se entre março e agosto, com valores superiores a 100 mm. A média mínima ocorre em novembro com 21 mm e a máxima em julho com 328 mm. Predominam ventos alíseos, com velocidades médias variando entre 6,1 nós e 9,3 nós, vindos principalmente do leste no período de outubro a março e do sul-sudeste no período de abril a setembro. As médias

extremas de temperaturas do ar anuais se verificam nos meses de fevereiro e agosto com 26,5°C e 24,2°C, respectivamente. A temperatura da água apresenta uma variação sazonal semelhante à do ar, alcançando as médias máxima e mínimas de 28°C e 19,2 °C, respectivamente (KEMPF, 1970).

As áreas selecionadas para este estudo foram no litoral Norte e Sul do Estado de Pernambuco, devido à localização dos bancos de algas e a influência da contribuição da poluição urbana e industrial.

A área Norte, representada pela Ilha de Itamaracá, situa-se a 50 km da cidade do Recife (7°34'00", 7°55'16" S e 34°48'48", 34°52'24" W) capital do Estado de Pernambuco, cujo acesso é realizado pela BR-101, na direção S-N. Sua posição geográfica na zona litoral e zona da mata, imprime à região um clima tropical do tipo Am', no sistema Koeppen, com transição para As', a medida que se distancia da costa. A taxa de evaporação é inferior à de precipitação, havendo um balanço anual positivo. A temperatura do ar mostra máxima absoluta de 34°C, mínima de 20°C, com uma compensação média de 27°C (ANDRADE & LINS, 1971).

Estudos geofísicos evidenciaram fenômenos de falhamento no embasamento cristalino de toda a região. Existe notadamente uma falha alongada na direção da costa e também cortes transversais. Esta ilha aparece então como um bloco resultante deste processo. Ela não é afastada da costa, mas simplesmente isolada por um braço de mar penetrando nas terras. Este braço de mar deve sua existência ao abrigo de uma linha recifal composta, orientada paralelamente com o sentido geral da costa, o que é uma característica das formações coralinas com embasamento de arenito, como também, são as interrupções vizinhas às desembocaduras ou barras e o deslocamento do eixo principal do alinhamento ao nível de cada abertura (LABOREL, apud KEMPF, loc cit).

A zona costeira da Ilha de Itamaracá é limitada pelos recifes coralinos e mancha de lama situadas entre Carne de Vaca e Pau Amarelo, com dominância de fundos de areia com proporções variadas de quartzo e elementos biodetríticos, e, por consequência, em calcário, em parte ocupados por prados de fanerógama marinha (KEMPF, 1970).

A praia de Jaguaribe no município de Itamaracá está localizada a 55 km ao norte de Recife-PE, entre os paralelos 7° 45'S e 34°50'W.

A principal contribuição para a poluição da área Norte do Estado de Pernambuco é através dos rios Botafogo, Igarassu e Jaguaribe com descargas de esgotos domésticos e industriais. O rio Jaguaribe da sua nascente até sua foz percorre 9,0 km tendo às suas margens uma grande diversidade da fauna e da flora. A construção de viveiros para criação de peixes e camarões e a pesca predatória são ameaças ao ecossistema (Tabela 01).

De acordo com PEREIRA (1977), esta ilha é constituída por um potencial algológico muito rico e variado sendo o trecho do mar de dentro caracterizado por bancos de algas e fanerogamas marinhas em toda a sua extensão.

A praia de Piedade no município de Jaboatão dos Guararapes está localizada ao sul de Recife, Pernambuco, entre a latitude 08°09'17"S e longitude 34°55'W. A principal contribuição para a poluição desta área é através dos rios Pirapama e Jaboatão com descargas de esgotos domésticos e industriais (Tabela 02). A área estuarina destes rios está localizada entre Barra das Jangadas, Pontezinha e Ponte dos Carvalhos, apresentando-se parcialmente conservada (SANTOS, 1993). A poluição hídrica de usinas, marinas e loteamentos comprometem o ecossistema.

A praia de Piedade faz limite com a praia de Boa Viagem no município de Recife; possui uma extensão de 5,6 km e apresenta duas zonas bastante distintas:

uma sem formação de recifes emergindo a baixa-mar, no mediolitoral e a outra apresentando tais formações. A área em estudo localiza-se no mediolitoral e apresenta duas formações de recifes formadas por bancos de arenito calcáreo oblíquo, em relação ao litoral, constituindo uma espécie de dique natural, recoberto pelas águas durante a preamar, e na baixa-mar há formação de duas pequenas bacias (OTTMANN et al., 1965/1966). Esta bacia é denominada de mar de dentro por KEMPF (1970) compreendendo a zona entre o cordão recifal e a linha da costa. O sedimento da praia é formado de areia quartzosa, no mediolitoral há predomínio de areia fina, onde se observam algumas manchas de cascalhos, lama e *Euglena*, como também muitas tocas de calianassídeos e algas arribadas. Foi observado por MACHADO et al. (1991) elevado índice de contaminação por bactérias do grupo Coliformes e outras responsáveis por doenças humanas, devido ao lançamento de dejetos e de águas de esgotos neste ambiente (SANTOS, 1993).

O tipo de solo das praias do litoral de Jaboatão dos Guararapes, segundo dados da SUDENE (1972), é arenoso-quartzoso profundo (não hidromórfico), com areia quartzosa marinha distrófica.

O problema de poluição química na região vem sendo estudado desde 1980 pela CPRH (Agência Estadual de Meio Ambiente e Recursos Hídricos), e mais recentemente por ROCHA (2000) avaliando a contaminação por metais pesados em ostra de mangue e sedimentos. Nas áreas em estudo situam-se as indústrias listadas a seguir, as quais podem contribuir para a poluição, detalhando-se os rios de cada área (Tabelas 01 e 02).

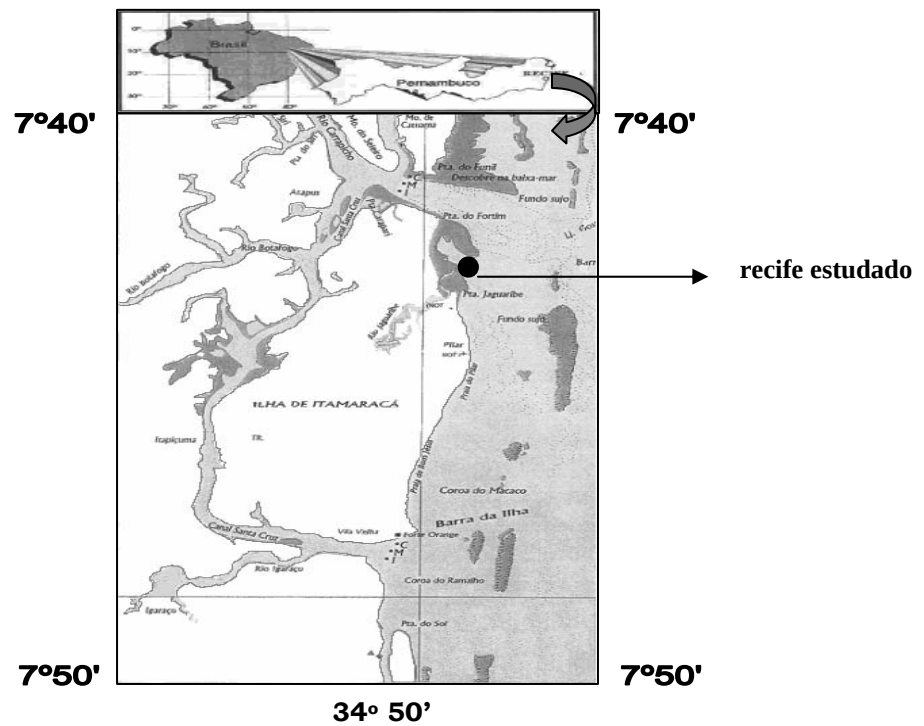


Figura 01: Litoral Norte - praia de Jaguaribe – Itamaracá - Estado de Pernambuco

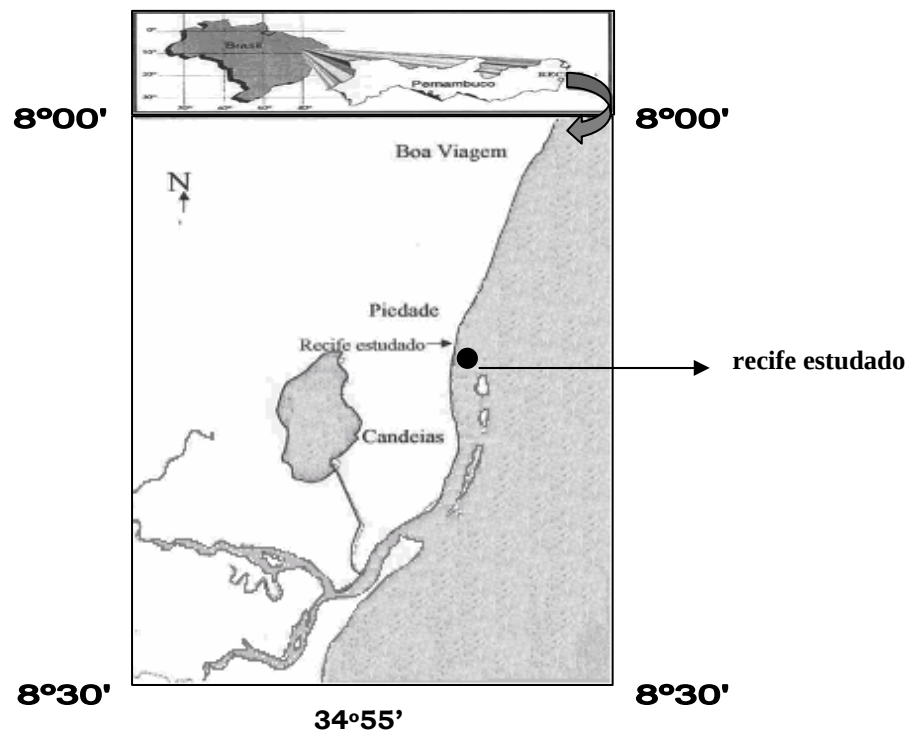


Figura 02: Litoral Sul - praia de Piedade - Jaboatão dos Guararapes - Estado de Pernambuco.

Tabela 01: Relação das Indústrias da área Norte

Rio	Indústrias:	Atividades
B O T A F O G O	Cia. Agro Industrial de Igarassu	Queima de hidrogênio
	Milênia S/A	Queima de óleo BPF e prod. de pesticida
	Nordesclor	Produtos a base de cloro e queima de óleo BPF
	Plastine Ltda	Produção de plástico a partir de polietileno
	Recycler-tecnologia contr. Amb. Ltda	Produtos a base de sulfato de alumínio
	Usina São José/Petribu	Produção de açúcar e álcool
	White Martins	Produção de gases industriais
I G A R A S S U	Armafer	Indústria metalúrgica
	Agropec Santa Rita	Produção de polpas de frutas
	Alcoa Alumínio S/A	Produção de Laminados
	Carne e queijo Imp. Exp. Ltda	Indústrias de peixes e produtos químicos
	Cerâmica Igarassu	Industrialização de cerâmica
	Bisa-Biotécnica Industrial Agr. S/A	Indústria química
	Fibra indústria	Indústria têxtil
	Fortfrio Ind. e Com. Ltda.	Embalagens de polietileno
	Galvanisa Ltda	Galvanoplastia
	Ind. e Com. de Alimentos Sampaio	Produtos alimentícios
	Lever Igarassu	Produtos de limpeza e embalagens
	Maxivinil Nordeste Tintas e Vernizes	Produção de tintas e vernizes
	Mediplast	Produção de fármacos e veterinários
	Motogear Norte Ind. de engrenagens	Indústria de engrenagem
	Navesul-estaleiro/navegação Atlântico-Sul S/A	Usinagem
	Nordeste equip.e serv.para gases Ltda	Lavagens de gases
	Ondunorte – Cia de papéis e papelões	Indústria de papel e papelão
	Pincol-pré-moldados Ind. e Com.	Indústria de pré-moldados
	Plasfil-plásticos firmes Ltda	Industrialização de plásticos
	S/A Proteídos do Brasil-Probras	Produção de ração animal
	River papéis	Produção de papel
	Varig Agropecuária S/A	
	Zacarias Têxtil S/A	Indústria de malhas
	Leon Heimer Ind. e Com. Ltda.	Indústria mecânica
	Mars chocolates	Produtos alimentícios
	Siderúrgica Aço Norte	Indústria Metalúrgica
	Agropec Santa Rita	Produção de polpa de fruta
	Alcoa Alumínio	Produção de laminados

(Fonte: CPRH)

Tabela 02: Relação das Indústrias da área Sul

Rio	Indústrias	Atividades
P I R A P A M A	Aluminal	Industrialização e comercialização de produtos químicos
	I.G.B.	Embalagens cartonadas e rótulos
	Magrasa	Comercialização e montagem de implementos para transporte
	Metalgil	Caldeiras pesadas
	Usina Bom Jesus	Fabricação de açúcar e álcool
	Multibrás	Fábrica de fogões domésticos
	Destilaria Sibéria	Fabricação de aguardente
	Petroflex	Fabricação de elastômeros
	Brahma	Fabricação de cervejas e refrigerantes
	Inexport	Fabricação de álcool etílico
	Destilaria J.B.	Fabricação de álcool e aguardente
	Refinações de Milho	Industrialização de produtos e subprodutos de milho
	Rhodia Filmes e Rhodia Fipack	Produção de filmes e fibras sintéticas de poliéster
	Cerâmica Porto Rico	Industrialização e comercialização de pisos cerâmicos
	Brasquímica	Emulsões asfálticas
	W.Martins Cabo	Produção e distribuição de gases industriais
	Plagon	Indústria de transformação de matéria plástica
	Feapesa	Emulsões asfálticas
	Oxigênio do Nordeste	Ind. e com. gases industriais e medicinais
	Coton José Rufino	Produção de tecido cru
	Rufino Ferreira	Estruturas metálicas
	Tubobrás	Fabricação e vendas de móveis tubulares
	Solv-Química	Fabricação de tintas, vernizes e diluentes.
	Alcoolquímica	Monômeros de acetato de vinila
J A B O A T Ã O	Ondunorte	Papel e papelão
	Tecelagem Parahyba do NE	Indústria Têxtil
	Cotonifício Moreno	Indústria Têxtil
	Usina Bulhões	Fabricação de açúcar e álcool
	Indústria de Malhas Jaboatão	Indústria Têxtil
	Conjunto Industrial Multifábril	Indústria Têxtil
	Alpargatas	Fábrica de Calçados
	Basf	Indústria Química
	Pernambuco Química	Indústria Química
	C & Vitorelli	Refrigeração
	Factory Elephante	Fábrica de pólvora

(Fonte: CPRH)

5. MATERIAIS E MÉTODOS

5.1. Precipitação pluviométrica

Os dados pluviométricos correspondente à estação de Jaboatão dos Guararapes (8°9'12"Lat. e 34°55'16"Long.) foram fornecidos pela Fundação Instituto Tecnológico do Estado de Pernambuco (ITEP) através de sua Diretoria Técnica.

5.2. Coleta das amostras

5.2.1. Amostras de algas

Para a determinação dos metais pesados (cobre, chumbo, ferro e zinco) em algas, as espécies *Hypnea musciformis* e *Gracilariopsis lemaneiformes* foram selecionadas por estarem presentes durante todos os meses deste estudo. As amostras foram coletadas em áreas previamente determinadas (Praia de Jaguaribe, Ilha de Itamaracá, litoral Norte e Praia da Piedade, Jaboatão dos Guararapes, litoral Sul do Estado de Pernambuco, respectivamente). Estas áreas foram consideradas de relevante importância para o estudo ecológico dos ambientes costeiros devido ao fato de apresentar uma rica e variada flora algológica, como também, por estarem próximas de áreas impactadas pela ação antropogênicas. As coletas foram mensais durante o período de 01 (um) ano, compreendendo maio de 2000 a abril de 2001, com plano de amostragem fortuita aleatória em 04 (quatro) pontos distintos em cada área, durante as baixas-mares. As algas foram coletadas manualmente utilizando-se luvas cirúrgicas, retirando-se as plantas inteiras e lavando-as no local com água do mar, eliminando-se

desta maneira, areia e incrustações, acondicionando-as em sacos de polietileno e separando-as individualmente por espécie identificadas seguindo metodologia de PEREIRA (1977), OLIVEIRA FILHO (1977) e GUEDES (1985). No laboratório foram limpas com auxílio de pinça plástica e escova para retirada das epífitas, sendo depois lavadas com água purificada do Milli-Q. Posteriormente, foram secas em estufa regulada a $50 \pm 5^\circ \text{C}$, trituradas em almofariz de vidro, peneiradas, homogeneizadas até obter uma granulometria de 500 micrometros (0,5 mm).

5.2.2. Amostras de água

As amostras para o estudo hidrológico foram coletadas com o auxílio de garrafas de Nansen, na camada intermediária das águas, durante as baixa-mares e acondicionadas em recipientes de vidro (para determinação da salinidade, oxigênio, pH) e de polietileno (para determinação de nutrientes). Os recipientes de polietileno foram imediatamente após a coleta, acondicionados em isopor com gelo até o laboratório, onde foram armazenados em freezer a uma temperatura de -20°C (STRICKLAND & PARSONS, 1972; GRASSHOF et al., 1983).

5.2.3. Amostras de sedimentos

As amostras de sedimentos foram coletadas manualmente utilizando-se luvas cirúrgicas, espátulas plásticas e acondicionadas em sacos de polietileno sob refrigeração a uma temperatura de -20°C (CAPELLI et al. 1983; NBR 10.007-ABNT, 1987).

5.3. Determinação de Umidade nas algas marinhas

Amostras de algas, após limpeza e lavagens, foram pesadas e levadas a estufa a $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ até obter peso constante. Por diferença de peso determinou-se a Umidade (%).

5.4. Determinação dos parâmetros físicos e químicos na água do mar

Nas amostras de água do mar foram analisados os seguintes parâmetros:

- Temperatura – determinação “in situ” com termômetro de inversão, tipo Watanaba-Keiki acoplado às garrafas de Nansen;
- Salinidade – determinada pelo método de Mohr-Knudsen, descrito por STRICKLAND & PARSONS, 1972;
- Oxigênio dissolvido – determinado de acordo com o método de Winkler, descrito por STRICKLAND & PARSONS, 1972. O teor de saturação foi calculado segundo GILBERT et al., 1968;
- Sais nutrientes (nitrito-N, nitrato-N, amônia-N, fosfato-P e silicato-Si) – determinados pelas técnicas descritas por STRICKLAND & PARSONS, 1972, e GRASSHOF et al., 1983, utilizando-se um Espectrofotômetro UV Visível, CARY 1E, VARIAN;
- pH - determinado seguindo a técnica descrita no APHA, 1998.

5.5. Determinação de metais em Algas Marinhas

5.5.1. Validação do método para análise de metais nas algas

Foram desenvolvidas 12 metodologias distintas utilizando diferentes reagentes, tais como: ácido nítrico, ácido nítrico e ácido perclórico, ácido nítrico e ácido sulfúrico, ácido nítrico e ácido clorídrico, ácido nítrico e peróxido de hidrogênio, ácido nítrico e ácido perclórico e ácido fluorídrico, ácido nítrico e ácido fluorídrico, ácido nítrico e ácido sulfúrico e ácido perclórico, em diferentes tempos e temperaturas de digestão e em seguida solubilizado com ácido nítrico e/ou ácido clorídrico, realizando-se leituras em quatro laboratórios distintos, os quais utilizavam os equipamentos Espectrômetro de Absorção Atômica e/ou Espectrômetro de Emissão de Plasma (ICP). As metodologias e resultados encontram-se no Anexo 1.

Considerando as diferentes metodologias existentes foi necessário validá-las através de material certificado internacional da Community Bureau of Reference (BCR/CRM 279- *Ulva lactuca*), visando obter análises com precisão e exatidão dentro de um padrão analítico confiável. A validação foi realizada, segundo KANE (1992), baseada nas diretrizes estabelecidas pela International for Standardization Organization-ISO (1989).

Segundo BRAYNER (1998) para a validação da exatidão foi considerada a média de três amostras analisadas e correlacionando os resultados obtidos com a concentração certificada através da equação 01.

$$[\bar{X} - V_R] \leq 2 S_{LC} \quad (\text{equação 01})$$

onde:

$\bar{X}$ = média de triplicatas analisadas pelo método que está sendo validado;

V_R = concentração certificada e

S_{LC} = desvio padrão entre laboratórios, quando cada laboratório usa um método de sua escolha.

A validação da precisão considerou o valor crítico da distribuição F, o desvio padrão das medidas pelo método validado e desvio padrão intralaboratorial, através da equação 02.

$$F_C \geq F = \frac{S_w^2}{S_{rc}^2} \quad (\text{equação 02})$$

Onde:

F_C = valor crítico da distribuição F

S_w = desvio padrão (intralaboratorial) das medidas pelo método que está sendo validado;

S_{rc} - desvio padrão conjunto “intralaboratorial”, quando cada laboratório usa um método de sua escolha.

Se $F \leq F_C$, o método analítico é suficientemente preciso;

Se $F > F_C$, o método analítico não é tão preciso quanto aquele usado para a certificação do material.

5.5.2. Metodologia validada para análise de metais nas algas

As algas *in natura* identificadas, separadas e classificadas quanto à espécie, seguiram a metodologia validada no teste 6 (anexo1), sendo secas em estufa a $50^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ até peso constante, esfriada em dissecador contendo Sílica gel, pulverizadas em almofariz de vidro e tamizadas em uma série de peneiras Taylor até se obter a granulometria de 500 micra (0,5 mm). Em seguida, foram acondicionadas em sacos de polietileno, devidamente identificadas. Uma quantidade de 0,5g da amostra foi tratada com 10 mL de HNO_3 a 65% e 5 mL de HClO_4 concentrado. Esta amostra foi digerida a 150°C por ± 4 horas. Após a digestão a amostra foi resfriada, diluída para 25 mL com HNO_3 0,1N e filtrada em papel Whatman 541 (faixa preta). A determinação do teor de metais foi realizada por intermédio de um Espectrômetro de Absorção Atômica, modelo AA100, da Perkin Elmer. Preparou-se provas em branco seguindo a mesma metodologia. Os metais analisados foram cobre, ferro, chumbo e zinco. As soluções padrões multielementos empregadas na construção das curvas analíticas foram preparadas a partir de diluições das soluções estoques (ampolas Titrimex da Merck), mantendo-se a mesma concentração de ácido das amostras ('matrix matching'). As raiais analíticas para cada elemento foram selecionadas com base nas suas intensidades e ausência de sobreposição espectral. Utilizou-se material certificado de alga CRM129/BCS como padrão de referência. Os comprimentos de onda foram $\text{Zn} = 213,9\text{nm}$, $\text{Fe} = 372,0\text{nm}$, $\text{Cu} = 324,7\text{nm}$ e $\text{Pb} = 217,0\text{nm}$. O Limite de Detecção ($\text{LD} = \text{média} + 3 \text{ vezes o desvio padrão}$) e o Limite de Quantificação ($\text{LQ} = \text{média} + 10 \text{ vezes o desvio padrão}$) foram determinados utilizando-se um branco em 10 (dez) repetições.

Na figura 03 encontra-se o fluxograma da preparação das amostras de algas para determinação de metais.

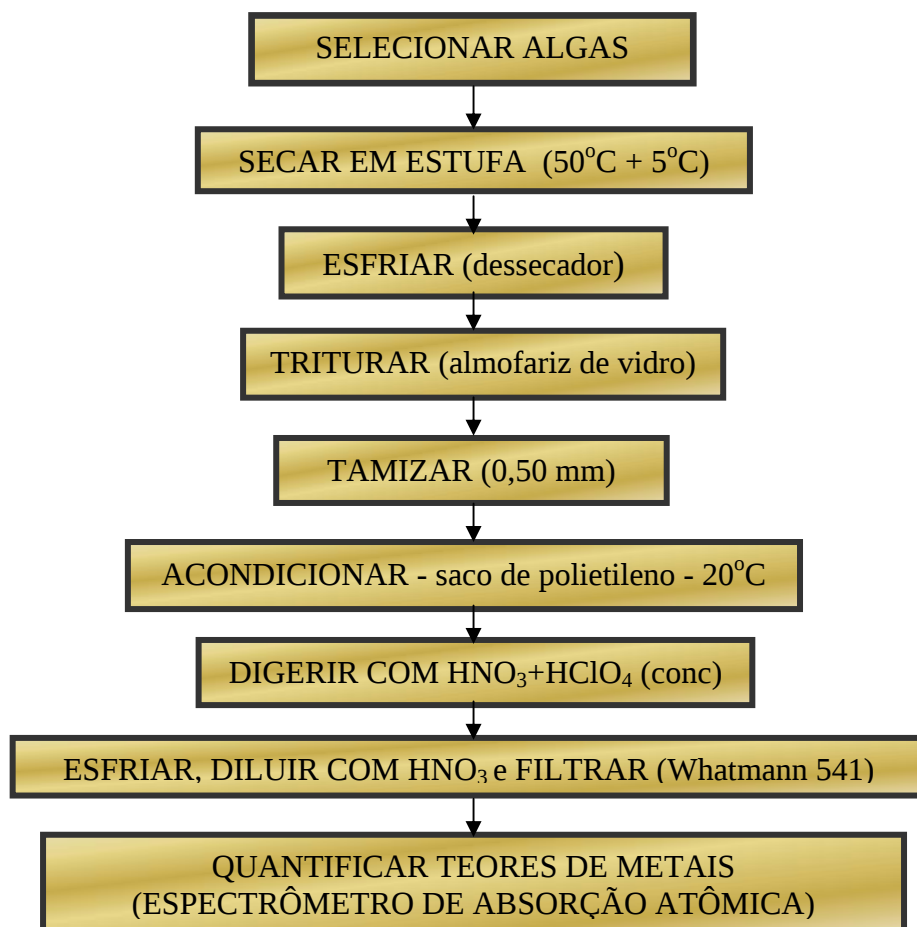


Figura 03: Fluxograma para determinação de metais em algas

5.6. Determinação de Metais em Sedimentos Marinhos

As amostras de sedimentos foram trituradas em moinho de bolas e almofariz de vidro para obtenção de granulometria <0,074 mm, posteriormente secas em estufa de aço inoxidável a 50°C ± 5°C até peso constante, modelada sob forma de pastilha (pastilhas de 0,1mm de espessura x 2,0 mm de diâmetro) à 25 toneladas em Prensa Hidráulica SPEX Modelo 3630X-press, onde os teores de metais foram quantificados utilizando um Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X de bancada, modelo

EDX700/800, da serie Rayny, fabricante Shimadzu Corporation pelo método do Parâmetro Fundamental. Foi utilizado como padrão certificado o PACS2. As determinações dos metais nas amostras foram realizados em triplicatas e o material certificado em 05 (cinco) repetições (ROUSSEAU & BOIVIN, 1998). Os metais analisados foram cobre, ferro, chumbo e zinco. O padrão certificado foi preparado para se obter o Limite de Detecção ($LD = \text{média} + 3 \text{ vezes o desvio padrão}$) e o Limite de Quantificação ($LQ = \text{média} + 10 \text{ vezes o desvio padrão}$) em 06 (seis) repetições.

Na figura 04 encontra-se o fluxograma da preparação das amostras de sedimentos para determinação de metais.

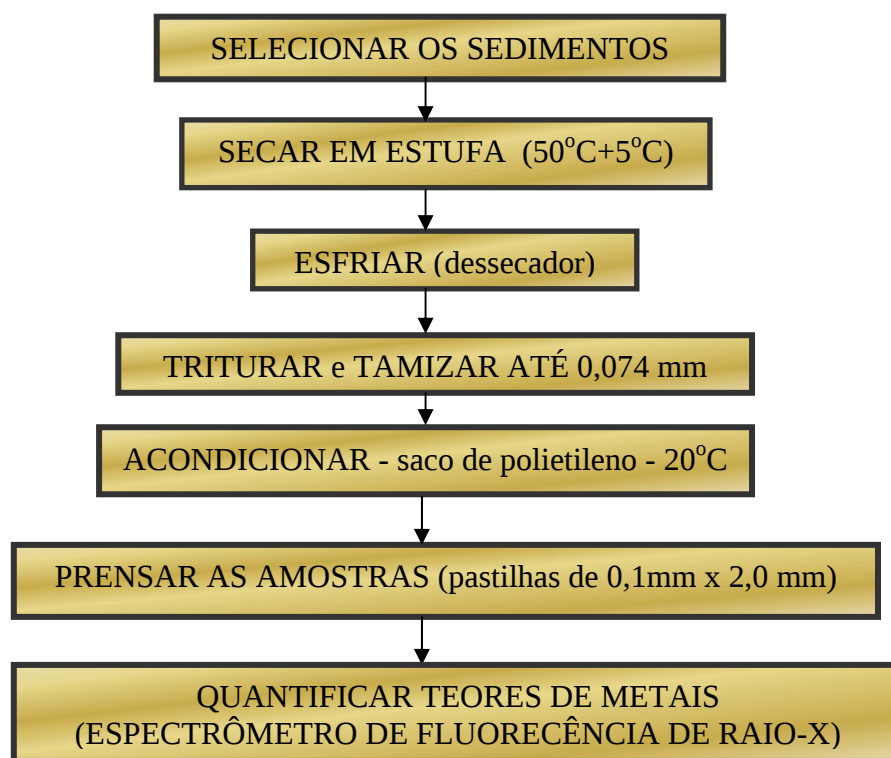


Figura 04: Fluxograma para determinação dos metais em sedimentos

5.7. Reagentes

Todos os reagentes utilizados nas determinações de metais foram de padrão analítico (MERCK).

5.8. Avaliação estatística

As matrizes de dados brutos foram analisadas pelos métodos multidimensionais-ACP (análise de componentes principais) com a finalidade de evidenciar as estruturas dos conjuntos de dados e os fatores responsáveis pela sua variabilidade. Para tal, foram utilizados os programas STATISTICA 5.1 e UNSCRAMBLER 7.6 da Metagraphiics Soft Ware Cooperation (USA).

6. RESULTADOS

6.1. Precipitação pluviométrica

O menor índice pluviométrico (50 mm) ocorreu nos meses de outubro de 2000 e fevereiro de 2001 e o maior (680 mm) no mês de julho de 2000, caracterizando para a área um regime bastante definido, apresentando uma estação chuvosa compreendida entre os meses de abril e setembro, com precipitações superiores a 200 mm e uma estação seca entre outubro e março onde as precipitações foram inferiores a 200 mm.

A Tabela 03 e Figura 05 apresentam o regime sazonal da pluviometria nas áreas estudadas.

Tabela 03: Valores da precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco (fonte: ITEP)

Precipitação em Pernambuco (mm)		
Mês	Média dos últimos 30 anos	Média dos anos 2000/2001
Mai	316,1	270
Jun	325,5	640
Jul	351,2	680
Ago	185,2	440
Set	118,5	340
Out	62,8	50
Nov	32,7	40
Dez	67,9	190
Jan	98,9	55
Fev	143,6	50
Mar	233,3	135
Abr	291,2	330
Total	2226,9	3220

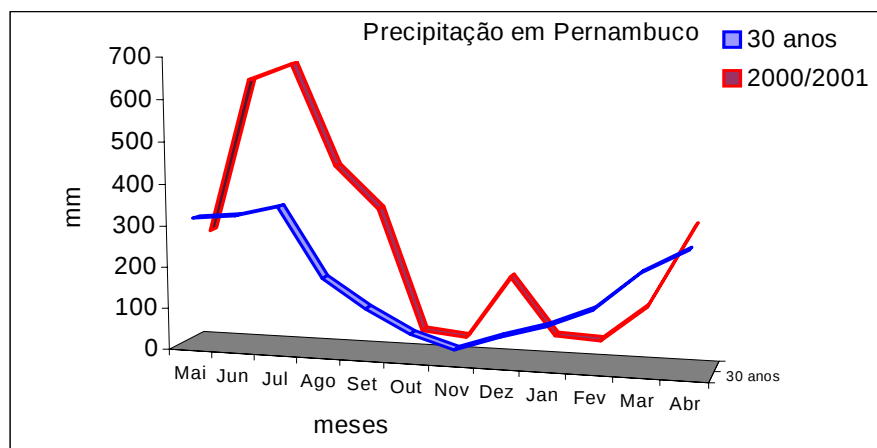


Figura 05: Valores da precipitação pluviométrica no Estado de Pernambuco
(fonte:ITEP)

6.2. Posição taxonômica das macroalgas estudadas (SEGUNDO WYNNE, 1998)

Divisão: RHODOPHYTA

Classe: FLORIDEOPHYCIDAE

Ordem: GIGARTINALES

Família: HYPNEACEAE

Gênero: *Hypnea* J. V. Lamouroux

Espécie: *Hypnea musciformis* (Wulfen in Jacqu.) J. V. Lamouroux (Figura 06)

Descrição da espécie: Plantas emaranhadas, formando tufos, ramificados, com os ramos apresentando até 20 cm de comprimento. Eixos principais e ramos secundários cilíndricos, medindo 1 mm de diâmetro. Ápices dos ramos principais, freqüentemente recurvados, espessados, formando ganchos característicos, em forma de gavinha. Eixos principais e secundários portando numerosos ramos curtos espinescentes, com altura de 2,5 mm, e de distribuição irregular; os mesmos tornam-se bem densos e maiores nas porções mais velhas. Em corte transversal, o talo é sólido, apresentando, de fora para

dentro, região cortical, constituída por 1 a 2, às vezes 3 camadas de células com plastos, e região medular, constituída por células maiores e incolores (PEREIRA, 1977).

Segundo PEREIRA et al. (2002) a ocorrência desta alga em Pernambuco é nas seguintes áreas:

- Ponta de Pedras (Goiânia)
- Catuama (Goiânia)
- Pilar (Itamaracá)
- Manguezal de Vila Velha (Itamaracá)
- Forte Orange (Itamaracá)
- Marinha Farinha (Paulista)
- Conceição (Paulista)
- Pina (Recife)
- Boa Viagem (Recife)
- Piedade (Jaboatão dos Guararapes)
- Gaibú (Cabo de Santo Agostinho)
- Calhetas (Cabo de Santo Agostinho)
- Suape (Cabo de Santo Agostinho)
- Cupe (Ipojuca)
- Serrambi (Ipojuca)
- Campas (Tamandaré)

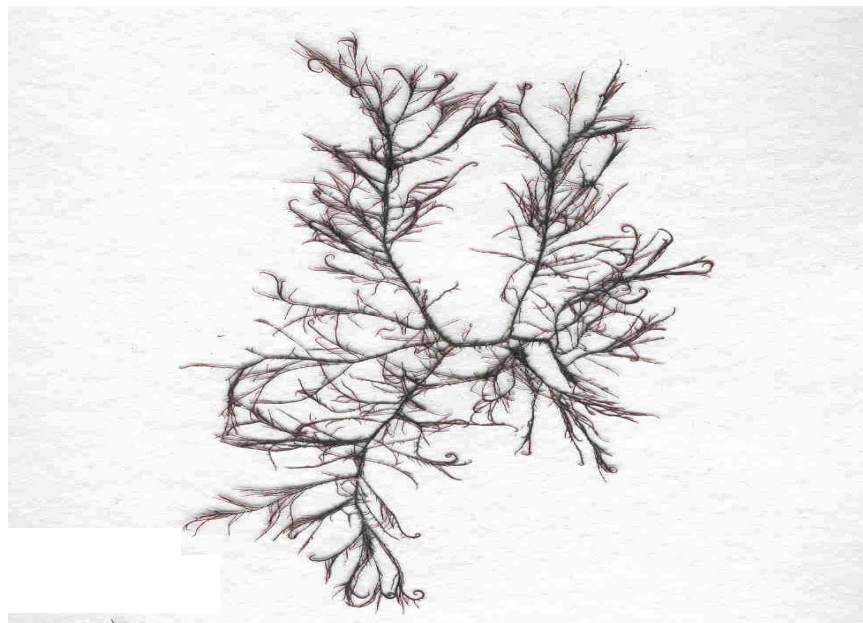


Figura 06: Amostras de *Hypnea musciformis* das áreas Norte e Sul do estado de Pernambuco.

Divisão: RHODOPHYTA

Classe: FLORIDEOPHYCIDAE

Ordem: GRACILARIALES

Família: GRACILARIACEAE

Gênero: *Gracilariopsis* E.Y. Dawson

Espécie: *Gracilariopsis lemaneiformis* (Bory) E.Y. Dawson, Acleto et Foldvik (Figura 07)

Descrição da espécie: Plantas eretas, crescendo em tufos, rijas, ramificadas abundantemente e com até 20 cm de altura. Ramificação pseudodicotômica. Ramos cilíndricos, com o diâmetro de 1 a 2 mm, apresentando na sua parte mais superior, ramificação secundária. Em corte transversal, o talo é compacto, pseudoparenquimatoso, apresentando, de fora para dentro, região cortical e região medular. A priemria composta por 3 camadas de células pequenas, com diâmetro de 6 a 9 μm , com

cromoplastos. As células medulares têm o diâmetro entre 174 a 242 μm , são incolores e apresentam-se em várias camadas (PEREIRA, 1977).

Segundo PEREIRA et al. (2002) a ocorrência desta alga em Pernambuco é nas seguintes áreas:

- Catuama – Goiana
- Pilar – Itamaracá
- Vila Velha – Itamaracá
- Maria Farinha – Paulista
- Boa Viagem – Recife
- Piedade - Jaboatão dos Guararapes
- Serrambi - Ipojuca

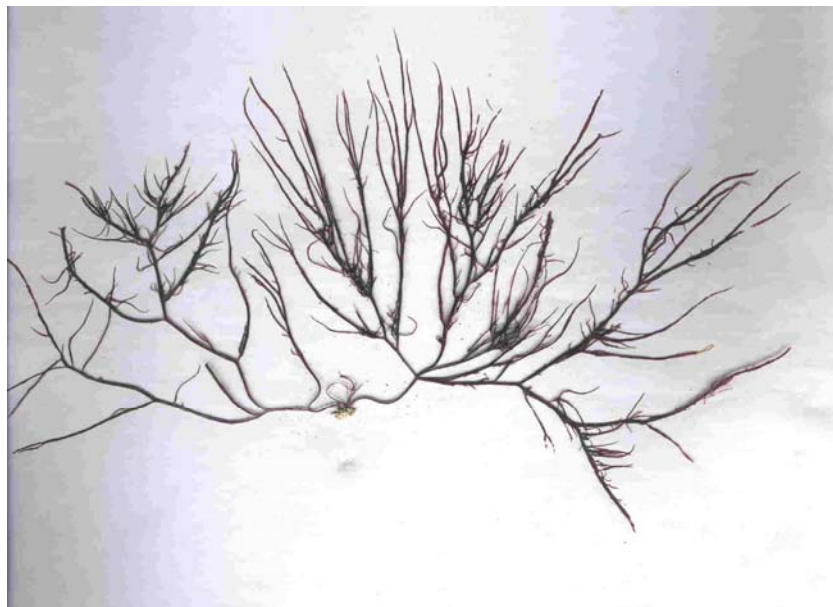


Figura 07: Amostras de *Gracilariopsis lemaneiformis* das áreas Norte e Sul do estado de Pernambuco.

6.3. Umidade das algas (%)

De uma maneira geral os teores medianos de umidade das algas apresentaram maior elevação no mês de julho, mês característico do período chuvoso.

Estes teores encontram-se relacionados com o maior índice pluviométrico registrado para as áreas durante o referido mês (680 mm).

Os teores medianos de umidade na área Norte variaram entre 71,0% a 88,0% para a *Gracilariopsis lemaneiformis* e 50,2% a 90,9% para a *Hypnea musciformis*, enquanto que na área Sul foram de 86,0% a 88,8% e 62,9% a 89,1%, respectivamente.

Foram observadas diferenças significativas entre os teores de umidade medianos das algas nas áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco.

O maior teor mediano de umidade registrado para a *Gracilariopsis lemaneiformis* foi de 88,8% durante o mês de julho e para a *Hypnea musciformis* foi de 90,9% no mês de fevereiro.

A Tabela 04 e Figura 08 apresentam os teores medianos de umidade e a variação sazonal das algas nas áreas estudadas.

Tabela 04: Variação sazonal do teor mediano de umidade das algas nas regiões Norte e Sul do estado de Pernambuco.

	U M I D A D E (%)											
Meses/Alga	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez	jan	fev	mar	abr
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> área Norte	83,2	71,0	88,0	83,2	86,5	85,8	83,2	85,4	83,3	82,0	81,7	84,8
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i> área Sul	86,5	86,5	88,8	86,0	86,8	82,7	86,5	86,1	86,8	87,1	87,0	87,5
<i>Hypnea musciformis</i> área Norte	80,6	50,2	87,2	79,5	76,2	79,8	80,6	80,6	87,2	90,9	88,3	86,0
<i>Hypnea musciformis</i> área Sul	83,1	62,9	87,4	80,1	77,6	83,2	89,1	84,6	86,3	88,6	87,0	87,1

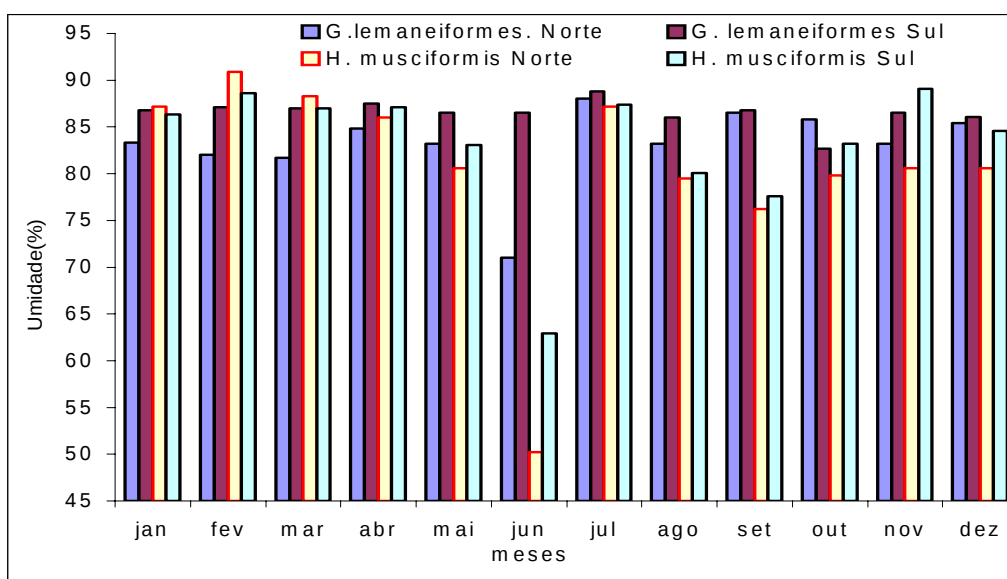


Figura 08: Variação sazonal dos teores medianos de umidade das algas *Gracilariopsis lemaneiformis* e *Hypnea musciformis* nas áreas estudadas.

6.4. Análises físicas e químicas da água do mar

6.4.1. Temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH

Na área Norte, a temperatura apresentou uma pequena ($2,5^{\circ}\text{C}$) variação sazonal, onde os valores mais elevados estiveram associados ao período de estiagem e o mais baixo ao período chuvoso. Os valores de temperatura variaram entre $28,0^{\circ}\text{C}$ (julho) e $30,5^{\circ}\text{C}$ (fevereiro).

Quanto aos teores de salinidade, foram observados que este mesmo fato ocorreu, obtendo-se o mais baixo valor (27,99 UPS) no mês de julho (período chuvoso) e o mais elevado (36,88 UPS) durante o mês de fevereiro (período de estiagem), demonstrando uma amplitude salina em torno de 8,89 UPS.

O oxigênio dissolvido na água variou entre $2,43 \text{ mL.L}^{-1}$ (julho) e $6,37 \text{ mL.L}^{-1}$ (fevereiro) correspondendo a percentuais de saturação de 52,03 % e 148,83 %, respectivamente. Este baixo valor ($2,43 \text{ mL.L}^{-1}$) esteve associado a uma forte descarga

de efluentes ocorrida durante o mês de julho quando foi registrado o maior índice de precipitação pluviométrica da área.

Os valores de pH na água do mar oscilaram entre 8,05 e 8,52 durante o período estudado, não apresentando, portanto grandes variações. O mais baixo valor do pH ocorreu no mês de fevereiro, enquanto que o mais elevado ocorreu no mês de setembro, ambos correspondendo ao período de estiagem, condicionando para a área valores alcalinos durante todo o período estudado em todas as estações de coleta.

A Tabela 05 e Figuras 09 e 10 apresentam a variação sazonal destes parâmetros na área Norte do estado de Pernambuco.

Tabela 05: Variação sazonal do pH, salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.

Mês	pH	OD (mL.L ⁻¹)	Salinidade (UPS)	Temperatura (°C)	Saturação do oxigênio (%)
Mai	8,46	5,36	35,33	30,0	123,50
Jun	8,13	5,10	33,65	29,5	115,38
Jul	8,12	2,43	27,99	28,0	52,03
Ago	8,15	5,78	33,15	29,5	130,18
Set	8,52	4,91	29,34	29,0	107,67
Out	8,48	5,89	35,53	28,5	132,35
Nov	8,17	4,98	33,73	28,5	110,91
Dez	8,27	5,08	32,89	29,0	113,64
Jan	8,01	4,84	36,07	29,5	110,75
Fev	8,05	6,37	36,88	30,5	148,83
Mar	8,15	5,24	35,26	30,5	121,57
Abr	8,24	5,08	35,23	30,0	116,78

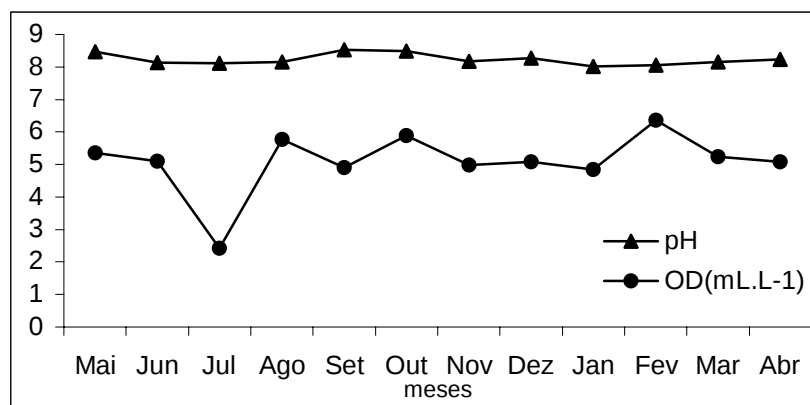


Figura 09: Variação sazonal do pH e oxigênio dissolvido da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco

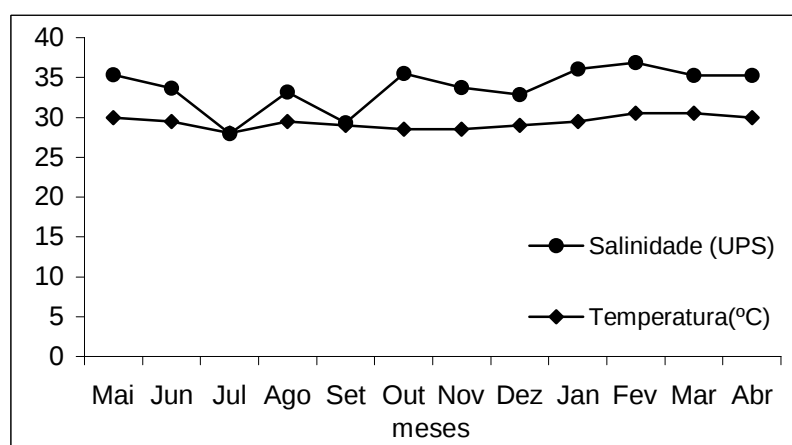


Figura 10: Variação sazonal da temperatura e salinidade da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.

Na área Sul, a temperatura da água apresentou uma pequena ($3,0^{\circ}\text{C}$) variação sazonal registrando o mais baixo valor durante o mês de julho ($28,0^{\circ}\text{C}$) e o mais elevado no mês de março ($31,0^{\circ}\text{C}$).

As concentrações de salinidade oscilaram entre 26,38 UPS e 36,61 UPS, no mês de julho e fevereiro, respectivamente, demonstrando uma amplitude salina em torno de 10,23 UPS.

O oxigênio dissolvido variou entre $4,75 \text{ mL.L}^{-1}$ e $6,18 \text{ mL.L}^{-1}$ correspondendo a percentuais de saturação de 106,02% e 130,65%, nos meses de setembro e julho, respectivamente.

Os valores do pH na água do mar oscilaram entre 8,03 e 8,50 durante o período estudado, não apresentando portanto grandes variações. O mais baixo valor do pH ocorreu no mês de janeiro, enquanto que o mais elevado foi registrado no mês de setembro, ambos durante o período de estiagem, condicionando para a área valores alcalinos durante todo o período estudado e em todas as estações de coleta.

A Tabela 06 e Figuras 11 e 12 apresentam a variação sazonal destes parâmetros na área Sul do estado de Pernambuco.

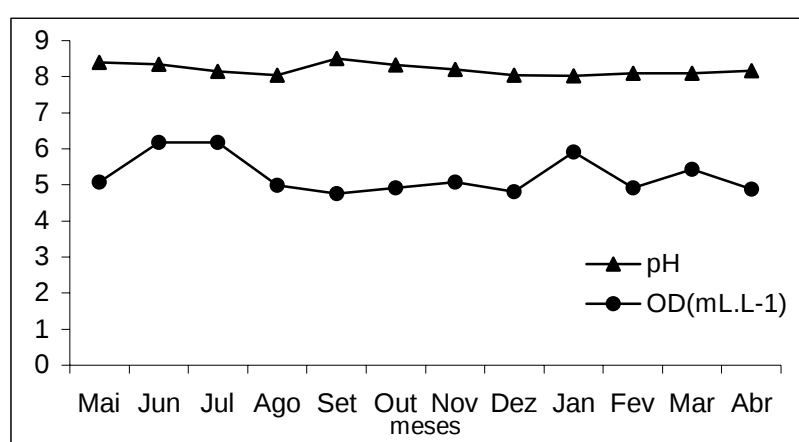


Figura 11: Variação sazonal dos valores de pH e oxigênio dissolvido da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco

Tabela 06: Variação sazonal do pH, salinidade, temperatura e oxigênio dissolvido da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.

Mês	pH	OD (mL.L ⁻¹)	Salinidade (UPS)	Temperatura (°C)	Saturação do oxigênio (%)
Mai	8,40	5,07	35,02	30,4	117,09
Jun	8,34	6,17	31,64	29,2	137,11
Jul	8,14	6,18	26,38	28,0	130,65
Ago	8,04	4,98	32,35	29,0	111,16
Set	8,50	4,75	32,3	29,0	106,02
Out	8,32	4,92	32,03	29,0	110,00
Nov	8,20	5,07	35,05	29,0	114,70
Dez	8,05	4,81	31,55	29,0	106,65
Jan	8,03	5,91	34,72	29,5	134,62
Fev	8,09	4,92	36,61	30	113,88
Mar	8,10	5,43	35,53	31,0	127,16
Abr	8,16	4,88	34,18	30,0	111,41

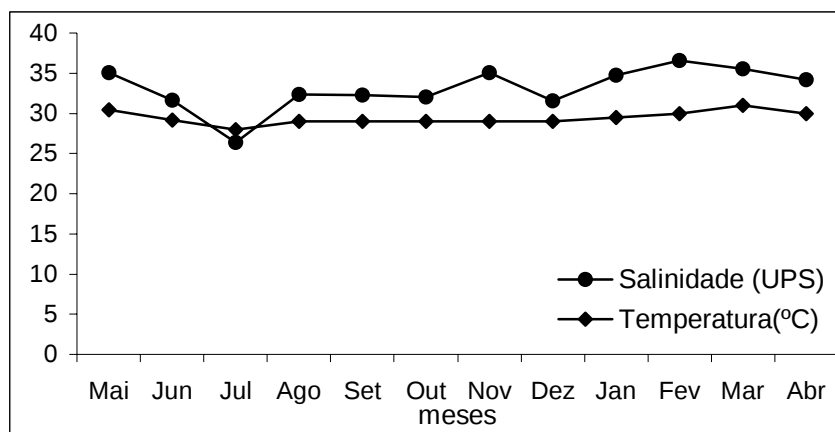


Figura 12: Variação sazonal dos valores de temperatura e salinidade da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.

6.4.2. Nitrito-N, nitrato-N, fosfato-P e silicato-Si

Na área Norte, os teores de nitrito-N na água do mar oscilaram entre $0,001 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e $0,544 \mu\text{mol.L}^{-1}$, apresentando o menor teor nos meses de janeiro, fevereiro e agosto e o maior teor no mês de junho. Os teores de nitrato-N variaram entre $0,406 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e $6,145 \mu\text{mol.L}^{-1}$, nos meses de setembro e junho, respectivamente. Os teores de fosfato-P observados estiveram compreendidos entre $0,001 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e $0,327 \mu\text{mol.L}^{-1}$, nos meses de fevereiro e outubro e mês de julho, respectivamente. Os valores de silicato-Si oscilaram entre $9,437 \mu\text{mol.L}^{-1}$ e $23,303 \mu\text{mol.L}^{-1}$, nos meses de janeiro e junho, respectivamente. Em geral, observou-se que os teores mais elevados foram registrados no período chuvoso.

A Tabela 07 e Figuras 13 e 14 apresentam os teores destes parâmetros na área Norte do estado de Pernambuco.

Tabela 07: Variação sazonal do nitrito-N, nitrato-N, fosfato-P e silicato-Si da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.

Mês	nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	silicato-Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
Mai	0,047	1,062	0,312	17,985
Jun	0,572	6,145	0,197	23,303
Jul	0,025	1,825	0,327	11,228
Ago	0,001	1,067	0,042	14,426
Set	0,121	0,406	0,079	12,499
Out	0,098	0,619	0,001	13,275
Nov	0,544	2,98	0,258	10,288
Dez	0,084	1,365	0,297	14,01
Jan	0,001	0,855	0,266	9,437
Fev	0,001	0,915	0,001	17,624
Mar	0,123	2,295	0,221	15,283
Abr	0,224	2,326	0,224	12,612

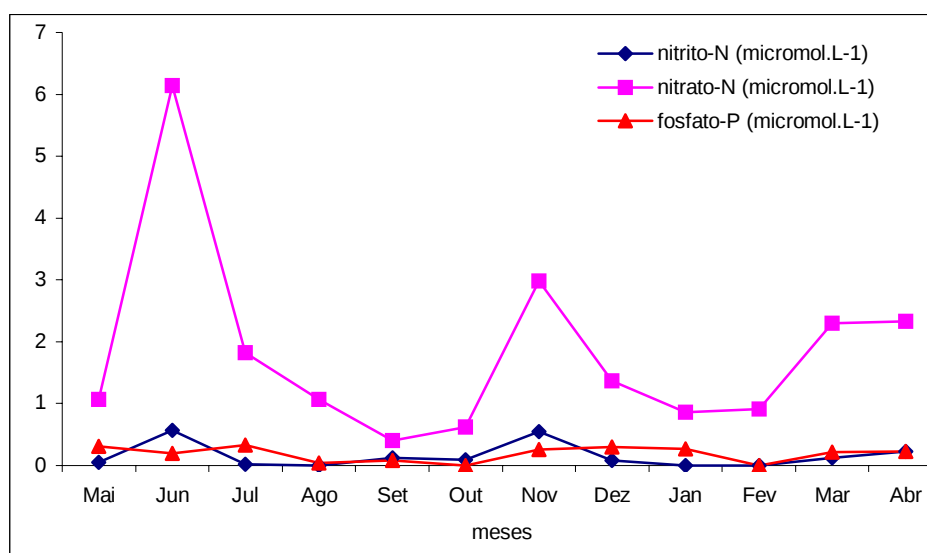


Figura 13: Variação sazonal do nitrito-N, nitrato-N e fosfato-P da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.

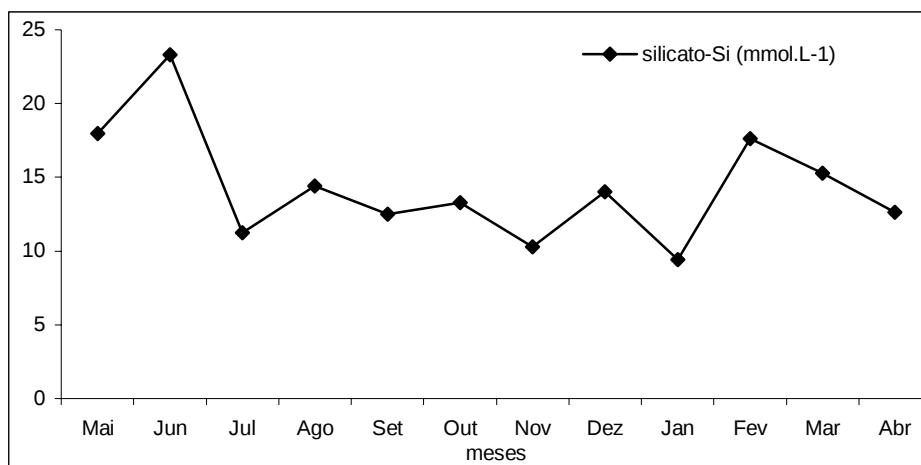


Figura 14: Variação sazonal do silicato-Si da água do mar na área Norte do estado de Pernambuco.

Na área Sul, os teores de nitrito-N na água do mar oscilaram entre 0,001 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ e 0,737 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, apresentando o menor teor nos meses de março, junho e agosto e o maior teor no mês de maio. Os teores de nitrato-N variaram entre 0,899 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ e 4,431 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, nos meses de junho e maio, respectivamente. Os teores de fosfato-P observados estiveram compreendidos entre 0,007 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ e 1,159 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, nos meses de março e julho, respectivamente. Os valores de silicato-Si oscilaram entre 5,517 $\mu\text{mol.L}^{-1}$ e 23,293 $\mu\text{mol.L}^{-1}$, nos meses de julho e outubro, respectivamente.

A Tabela 08 e Figuras 15 e 16 apresentam os teores destes parâmetros na área Sul do estado de Pernambuco.

Tabela 08: Variação sazonal do nitrato-N, nitrito-N, fosfato-P e silicato-Si da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.

Mês	nitrito-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	nitrato-N ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	Fosfato-P ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)	silicato-Si ($\mu\text{mol.L}^{-1}$)
Mai	0,737	4,431	0,294	20,735
Jun	0,001	0,899	0,008	19,685
Jul	0,053	1,233	1,159	5,517
Ago	0,001	1,271	0,049	14,139
Set	0,387	2,229	0,242	18,716
Out	0,175	1,728	0,137	23,293
Nov	0,112	0,927	0,149	17,051
Dez	0,222	4,344	0,334	10,81
Jan	0,251	2,309	0,232	8,98
Fev	0,225	2,002	0,087	13,718
Mar	0,001	1,529	0,007	14,317
Abr	0,107	0,984	0,387	7,888

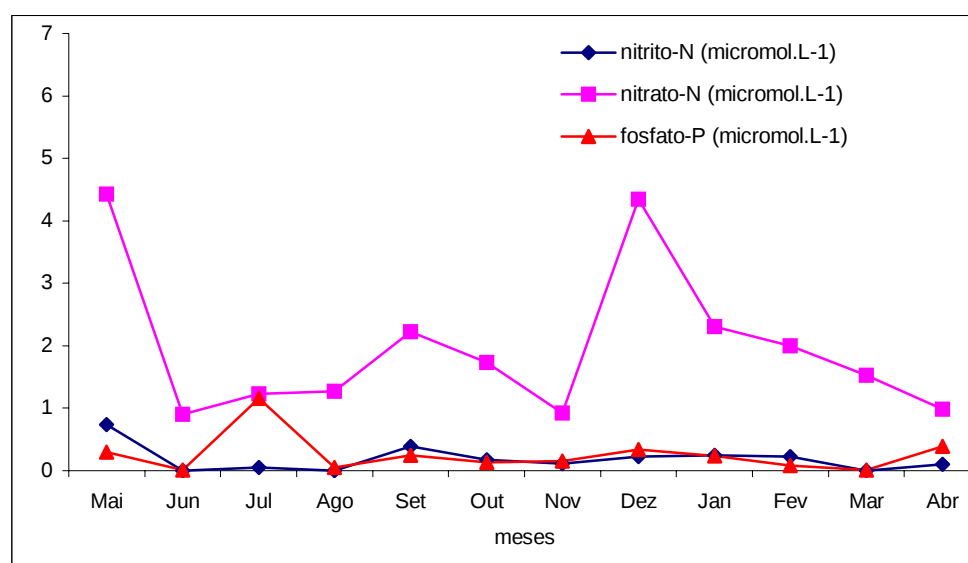


Figura 15: Variação sazonal do nitrito-N, nitrato-N e fosfato-P da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.

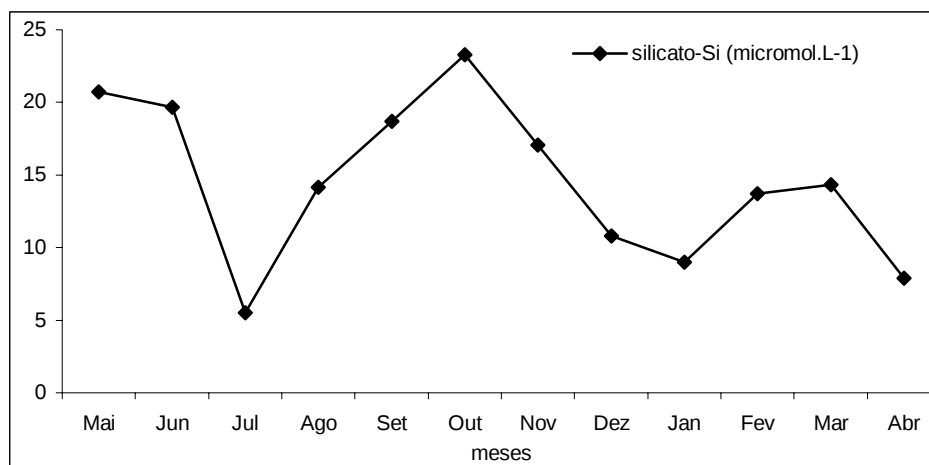


Figura 16: Variação sazonal do silicato-Si da água do mar na área Sul do estado de Pernambuco.

6.5. Metais nas algas

A metodologia foi validada de acordo com o teste 6 (Anexo 1) considerando a média de cinco amostras analisadas e correlacionando os resultados obtidos com a concentração do padrão de algas BCR/CRM – *Ulva lactuca*. Os resultados são apresentados na Tabela 9.

Tabela 09: Determinação dos metais do Teste 6 para a validação da metodologia.

Padrão de algas CRM279($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Zn (51,30+1,2)	Fe (2.400+300)	Cu (13,14+0,37)	Pb (13,48+0,36)
1	51,86	2180	13,00	12,48
2	51,32	2400	13,16	12,47
3	49,37	2325	13,01	13,35
4	50,53	2302	13,16	13,32
5	49,98	2345	13,01	12,34
Média	50,53	2325	13,01	13,12
Desvio padrão	1,00	81,07	0,08	0,50
Desvio padrão relativo	1,98	3,49	0,65	3,80
Metal	Exatidão	Validação	Precisão	Validação
Cobre	0,13 < 0,74	sim	0,08 < 0,64	sim
Zinco	0,77 < 2,4	sim	0,06 < 1,95	sim
Chumbo	0,36 < 0,72	sim	0,46 < 0,46	sim
Ferro	75 < 324	sim	0,073 < 3,79	sim

Todos os teores foram obtidos em triplicatas com desvio padrão relativo menor que 10% e expressos sob a forma de tabelas e gráficos. Em cada estação os valores foram obtidos através dos dados gerados durante todo o período estudado (12 meses – maio de 2000 a abril de 2001). Os valores medianos apresentados a seguir foram iguais ou superiores ao limite de detecção do equipamento e desta maneira puderam ser quantificados. Os limites de detecção do equipamento foram os seguintes: Chumbo = $1,62 \mu\text{g.g}^{-1}$; Cobre = $0,674 \mu\text{g.g}^{-1}$; Ferro = $13,44 \mu\text{g.g}^{-1}$ e Zinco = $3,245 \mu\text{g.g}^{-1}$ (Tabela 10).

Tabela 10: Valores do Limite de Detecção e o Limite de Quantificação do AAS na determinação de metais em algas.

Amostras	Concentração (mg.L^{-1})			
Branco	Ferro	cobre	chumbo	Zinco
1	0,08	0,004	0,0400	0,0312
2	0,11	0,005	0,0300	0,0486
3	0,14	0,005	0,0300	0,0428
4	0,14	0,002	0,0400	0,0490
5	0,16	0,009	0,0400	0,0500
6	0,14	0,005	0,0500	0,0366
7	0,10	0,001	0,0600	0,0545
8	0,22	0,000	0,0500	0,0391
9	0,18	0,000	0,0600	0,0439
10	0,14	0,003	0,0500	0,0388
Média	0,14	0,003	0,0450	0,0435
Desvio Padrão	0,04	0,004	0,0108	0,0072
Limite de detecção (mg.L^{-1})	0,26	0,013	0,0300	0,0650
Limite de Quantificação (mg.L^{-1})	0,54	0,039	0,1080	0,1150
Limite de detecção ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	13,44	0,674	1,6200	3,2450
Limite de Quantificação ($\mu\text{g.g}^{-1}$)	28,39	1,940	5,4010	5,7490

6.5.1. *Gracilariopsis lemaneiformis*

6.5.1.1. Ferro

Na área Norte, o valor mais elevado de ferro foi registrado no mês de julho ($304 \mu\text{g.g}^{-1}$) e o mais baixo no mês de março ($86 \mu\text{g.g}^{-1}$). Observou-se que durante os demais meses as variações foram bastante irregulares, oscilando entre $104 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $255 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Para esta espécie, na área Sul os mais elevados valores foram observados no mês de outubro ($666 \mu\text{g.g}^{-1}$) seguido do mês de setembro ($621 \mu\text{g.g}^{-1}$) e o mais baixo foi registrado no mês de janeiro ($227 \mu\text{g.g}^{-1}$). Deve-se ressaltar que estes valores apresentaram um padrão de distribuição irregular, encontrando-se durante o período de novembro de 2000 à março de 2001 valores compreendidos entre $255 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $306 \mu\text{g.g}^{-1}$. Todos os valores observados na área Sul foram bem mais elevados que os encontrados na área Norte para esta espécie de alga.

O Anexo 3 e Figura 17 apresentam o padrão de distribuição sazonal do ferro nas áreas estudadas.

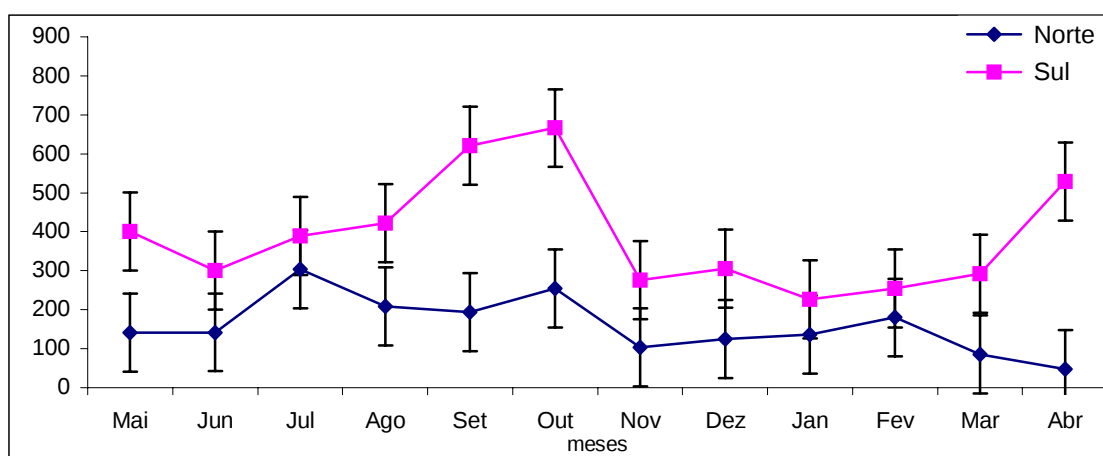


Figura 17: Variação sazonal do ferro em amostras de *Gracilariopsis lemaneiformis* nas áreas de estudo.

6.5.1.2. Cobre

Na área Norte, o teor mais elevado de cobre detectado foi no mês de julho ($5,74 \mu\text{g.g}^{-1}$) e os mais baixos não foram registrados pelo equipamento, sendo atribuídos o valor do limite de detecção ($0,674 \mu\text{g.g}^{-1}$), os quais ocorreram nos meses maio, setembro, dezembro, janeiro e março.

Na área Sul os mais elevados teores foram observados nos meses de abril 2001 ($3,43 \mu\text{g.g}^{-1}$) seguido do mês de maio de 2000 ($3,30 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que o mais baixo ocorreu no mês de outubro ($0,80 \mu\text{g.g}^{-1}$). Deve-se ressaltar que, da mesma forma que a área Norte, estes valores apresentaram um padrão de distribuição bastante irregular.

O Anexo 3 e Figura 18 apresentam o padrão de distribuição sazonal do cobre nas áreas estudadas.

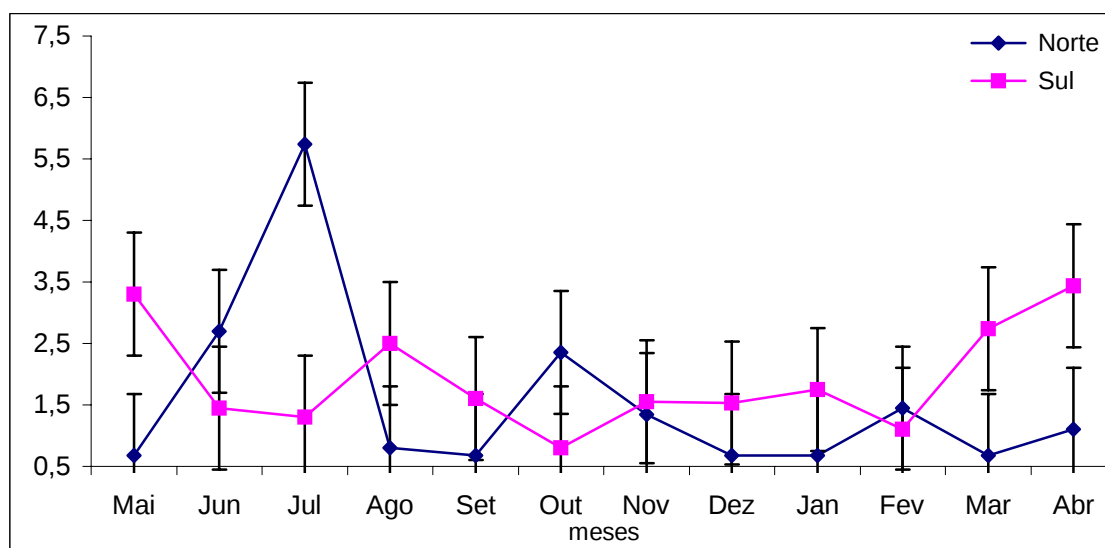


Figura 18: Variação sazonal do cobre em amostras de *Gracilariopsis lemaneiformis* nas áreas de estudo

6.5.1.3. Zinco

Na área Norte o mais elevado teor de zinco foi registrado no mês de julho ($59,75 \mu\text{g.g}^{-1}$) e o mais baixo no mês de setembro ($15,41 \mu\text{g.g}^{-1}$). Observou-se que durante os demais meses, a variação oscilou entre $26,67 \mu\text{g.g}^{-1}$ a $46,15 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Na área Sul o mais elevado valor foi observado no mês de abril de 2001 ($57,49 \mu\text{g.g}^{-1}$) e o mais baixo foi registrado no mês de dezembro ($17,90 \mu\text{g.g}^{-1}$). Deve-se ressaltar que estes valores apresentaram um padrão de distribuição bastante irregular.

O Anexo 3 e Figura 19 apresentam o padrão de distribuição sazonal do zinco nas áreas estudadas.

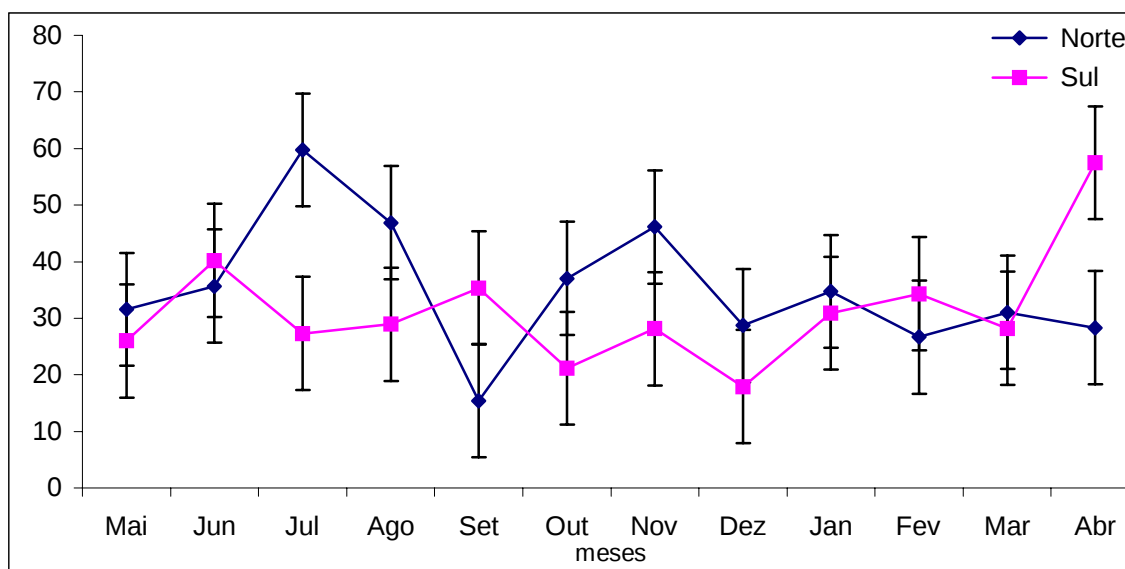


Figura 19: Variação sazonal do zinco em amostras de *Gracilariopsis lemaneiformis* nas áreas de estudo.

6.5.1.4. Chumbo

Na área Norte os mais elevados valores de chumbo foram observados no mês de julho ($11,70 \mu\text{g.g}^{-1}$), seguido do mês de maio ($10,99 \mu\text{g.g}^{-1}$) e o mais baixo não

foi detectado pelo equipamento, sendo atribuído o valor do limite de detecção ($1,62 \mu\text{g.g}^{-1}$), no mês de setembro. Durante o período compreendido entre dezembro de 2000 à abril de 2001 observou-se pequenas variações nas concentrações, cujos os valores oscilaram entre $2,50 \mu\text{g.g}^{-1}$ a $3,00 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Na área Sul o mais elevado valor foi registrado no mês de agosto ($14,00 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que o mais baixo não foi detectado pelo equipamento, sendo atribuído o limite de detecção ($1,62 \mu\text{g.g}^{-1}$), o qual ocorreu no mês de dezembro. A partir do mês de agosto, onde o valor máximo foi detectado, uma pequena variação sazonal com amplitude de $2,88 \mu\text{g.g}^{-1}$ foi observada, tendo os valores, apresentado um decréscimo nas concentrações de setembro a dezembro de 2000, seguido de um gradativo aumento ($5,81 \mu\text{g.g}^{-1}$) até o mês de abril de 2001.

O Anexo 3 e Figura 20 apresentam o padrão de distribuição sazonal do chumbo nas áreas estudadas.

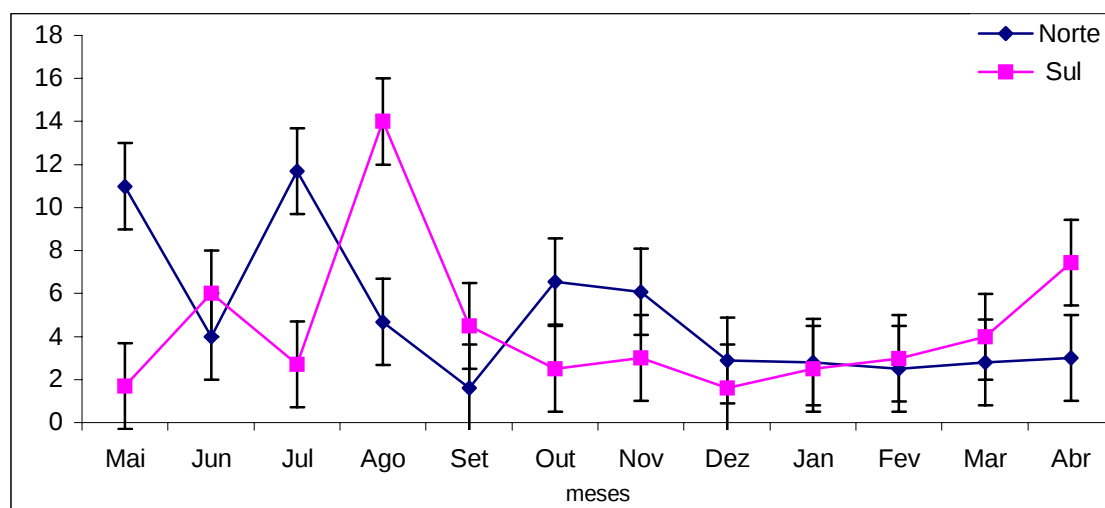


Figura 20: Variação sazonal do chumbo em amostras de *Gracilariopsis lemaneiformis* nas áreas de estudo.

6.5.2. *Hypnea musciformis*

6.5.2.1. Ferro

Os mais elevados teores de ferro detectados na área Norte foram no mês de fevereiro ($1.163 \mu\text{g.g}^{-1}$) seguido do mês de outubro ($1.112 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que o menor valor encontrado foi no mês de dezembro ($279 \mu\text{g/g}$). Salienta-se que os valores apresentaram um padrão de distribuição bastante irregular, não se podendo estabelecer um definido ritmo cíclico para a área.

Com relação à área Sul, os maiores teores deste metal ocorreram no mês de março ($1.576 \mu\text{g.g}^{-1}$) seguido do mês de setembro ($1.290 \mu\text{g.g}^{-1}$) e do mês de julho ($1.234 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que o menor foi observado no mês de junho ($374 \mu\text{g.g}^{-1}$). Igualmente à área Norte, a variação sazonal foi bastante irregular.

O Anexo 3 e Figura 21 apresentam o padrão de distribuição sazonal do ferro para ambas as algas nas áreas estudadas.

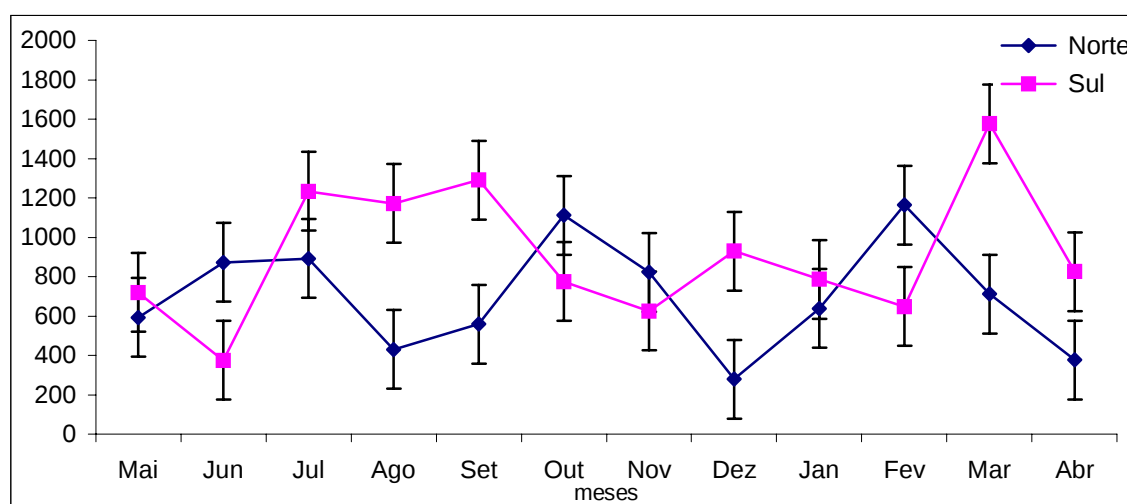


Figura 21: Variação sazonal do ferro em amostras de *Hypnea musciformis* nas áreas de estudo

6.5.2.2. Cobre

Na área Norte, os mais elevados valores de cobre ocorreram no mês de junho ($6,20 \mu\text{g.g}^{-1}$) seguido do mês de setembro ($5,23 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que os menores valores não foram detectados pelo equipamento sendo atribuídos a estes o valor do limite de detecção ($0,674 \mu\text{g.g}^{-1}$) que ocorreu nos meses de maio, julho, dezembro e abril. Os valores obtidos apresentaram-se bastante irregulares, não sendo possível estabelecer uma variação sazonal definida para este elemento na área em estudo.

Na área Sul, os maiores teores deste metal ocorreram no mês de junho ($5,89 \mu\text{g.g}^{-1}$) seguido do mês de março ($5,44 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que os menores teores não foram detectados pelo equipamento, sendo portanto, atribuídos o valor do limite de detecção, ocorrendo nos meses de maio, julho, agosto e setembro ($0,674 \mu\text{g.g}^{-1}$). Estes resultados apresentaram variação bastante semelhante aos obtidos para a área Norte.

O Anexo 3 e Figura 22 apresentam o padrão de distribuição sazonal do cobre nas áreas estudadas.

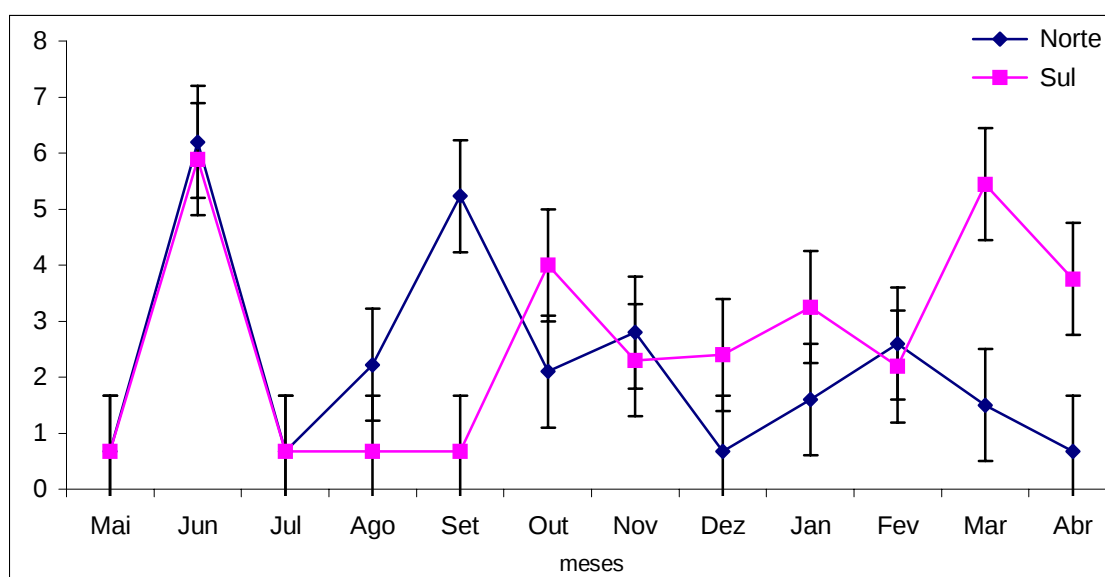


Figura 22: Variação sazonal do cobre em amostras de *Hypnea musciformis* nas áreas de estudo

6.5.2.3. Zinco

O mais elevado teor de zinco detectado na área Norte foi no mês de fevereiro (196,03 $\mu\text{g.g}^{-1}$), seguido do valor obtido no mês agosto (114,98 $\mu\text{g.g}^{-1}$) valores bastante elevados, destoando dos demais. O menor valor obtido foi de 24,17 $\mu\text{g.g}^{-1}$ no mês de maio.

Na área Sul o mais elevado teor deste metal ocorreu no mês de abril (84,14 $\mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que o menor teor foi registrado no mês de outubro (25,53 $\mu\text{g.g}^{-1}$). Em ambas as áreas a variação sazonal apresentou-se irregular.

O Anexo 3 e Figura 23 apresentam o padrão de distribuição sazonal do zinco nas áreas estudadas.

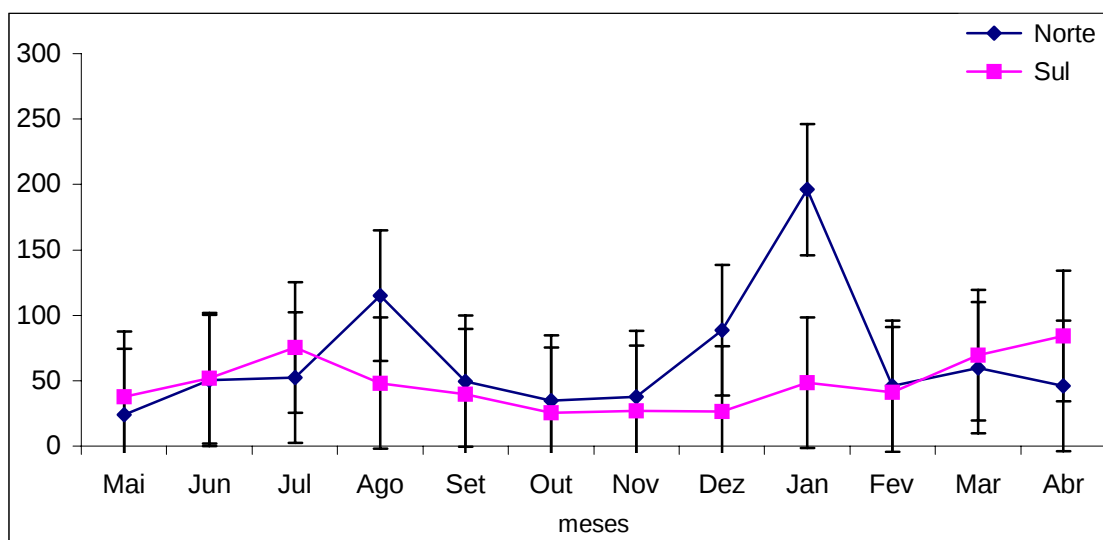


Figura 23: Variação sazonal do Zinco em amostras de *Hypnea musciformis* nas áreas de estudo

6.5.2.4. Chumbo

Na área Norte, detectou-se o mais elevado valor de chumbo no mês de julho (52,47 $\mu\text{g.g}^{-1}$), não sendo registrado pelo equipamento o menor valor e, portanto atribuindo-se o limite de detecção (1,62 $\mu\text{g.g}^{-1}$) para os meses de agosto, dezembro, e

abril. Os demais valores apresentaram um padrão de distribuição bastante irregular, oscilando entre $7,00 \mu\text{g.g}^{-1}$ e $24,17 \mu\text{g.g}^{-1}$.

Na área Sul, o maior teor deste metal ocorreu no mês de agosto ($48,19 \mu\text{g.g}^{-1}$), enquanto que os menores teores não foram detectados pelo equipamento, sendo, portanto atribuído o valor do limite de detecção ($1,62 \mu\text{g.g}^{-1}$), ocorrendo nos meses de julho, setembro e dezembro. Observou-se que para esta área o padrão de distribuição deste elemento apresentou-se bastante irregular, semelhante à área Norte.

O Anexo 3 e Figura 24 apresentam o padrão de distribuição sazonal do chumbo nas áreas estudadas.

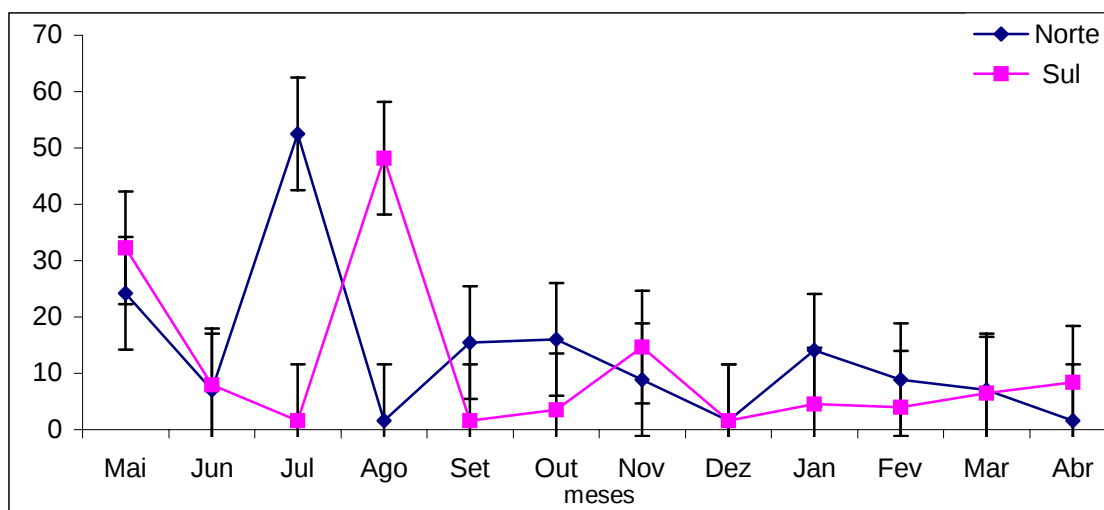


Figura 24: Variação sazonal do chumbo em amostras de *Hypnea musciformis* nas áreas de estudo.

6.6. Metais nos sedimentos

Todos os teores foram obtidos em triplicatas com desvio padrão relativo menor que 10% e expressos sob a forma de tabelas e gráficos. Em cada estação os valores foram obtidos através dos dados gerados durante todo o período estudado (12 meses – maio de 2000 à abril de 2001). Os valores medianos apresentados a seguir foram iguais ou superiores ao limite de detecção do equipamento e desta maneira

puderam ser quantificados. Os limites de detecção do equipamento foram os seguintes: chumbo = 0,810 mg.kg⁻¹; cobre = 8,768 mg.kg⁻¹; ferro = 0,024 % e zinco = 2,200 mg.kg⁻¹ (Tabela 11).

Tabela 11: Valores do Limite de Detecção e do Limite de Quantificação no Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X para determinação de metais em sedimentos.

Amostras	Concentração (mg.Kg ⁻¹)			
	Ferro	cobre	chumbo	zinco
Branco				
1	4,11	295,369	179,735	363,61
2	4,02	288,433	174,444	331,02
3	4,02	297,432	184,835	345,05
4	4,06	295,748	167,602	343,61
5	4,11	298,266	178,123	331,86
6	4,08	303,000	187,000	359,00
Média	4,07	296,375	178,623	345,69
Desvio Padrão	0,042	4,755	7,059	13,487
Limite de detecção (mg.Kg ⁻¹)	0,024%	8,768	0,810	2,200
Limite de quantificação (mg.Kg ⁻¹)	0,082%	29,100	2,700	7,400

6.6.1 Ferro

Em relação à área Norte, os teores de ferro no sedimento apresentaram o valor mais elevado durante o mês de junho (0,325 %), seguido do mês de julho (0,318 %), enquanto que o menor valor foi registrado no mês de agosto (0,055%). A partir do mês de setembro de 2000 até abril de 2001 os valores apresentaram pequena margem de variação não ultrapassando 0,091 %.

Na área Sul, os mais elevados teores de ferro foram observados no mês de novembro (0,64 %) seguido do mês de abril (0,52 %). O mais baixo valor detectado, foi registrado no mês de julho (0,122 %). Deve-se ressaltar que estes valores apresentaram uma distribuição bastante irregular, encontrando-se durante o período de setembro de 2000 à abril de 2001 valores bem mais elevados que os encontrados na área Norte.

O Anexo 2 e Figura 25 apresentam o padrão de distribuição sazonal do ferro nas áreas estudadas.

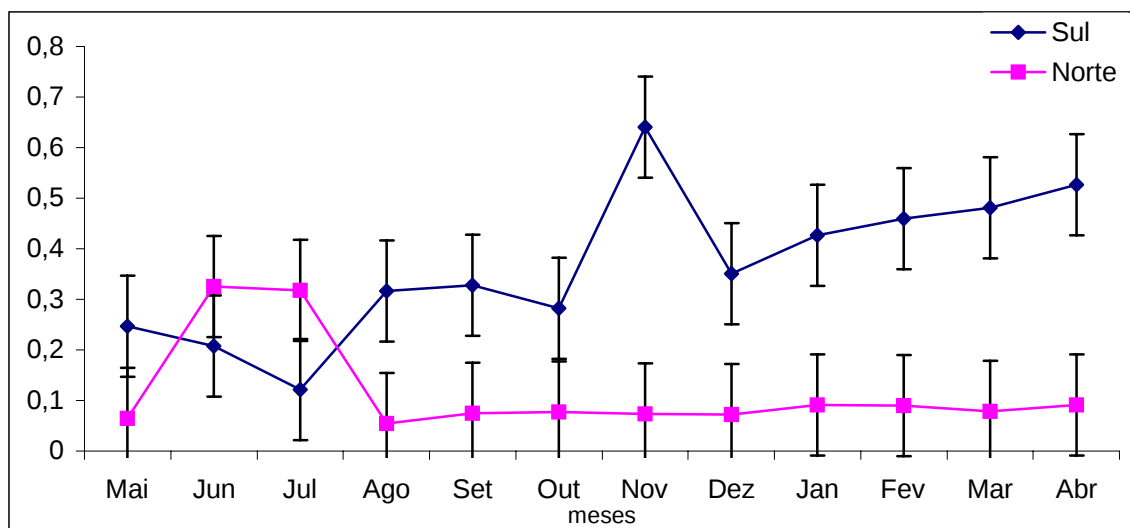


Figura 25: Variação sazonal do ferro em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo.

6.6.2. Cobre

Na área Norte, o mais elevado valor de cobre encontrado no sedimento foi no mês de julho (46,15 mg.Kg⁻¹) e o mais baixo foi registrado no mês de agosto (35,77 mg.Kg⁻¹). Ressalta-se que a variação sazonal do cobre apresentou um padrão de distribuição bastante regular com pequenas oscilações nas concentrações, durante o período de agosto de 2000 a abril de 2001.

Na área Sul, os maiores teores de cobre ocorreram no mês de novembro (79,73 mg.Kg⁻¹) seguido do mês de fevereiro (58,96 mg.Kg⁻¹), enquanto que o mais baixo foi registrado no mês de junho (41,28 mg.Kg⁻¹). Deve-se salientar que os valores registrados para a área Sul foram sempre superiores aos da área Norte, apresentando, com exceção do mês de novembro, um padrão de distribuição bastante similar ao da área Norte.

O Anexo 2 e Figura 26 apresentam o padrão de distribuição sazonal do cobre nas áreas estudadas:

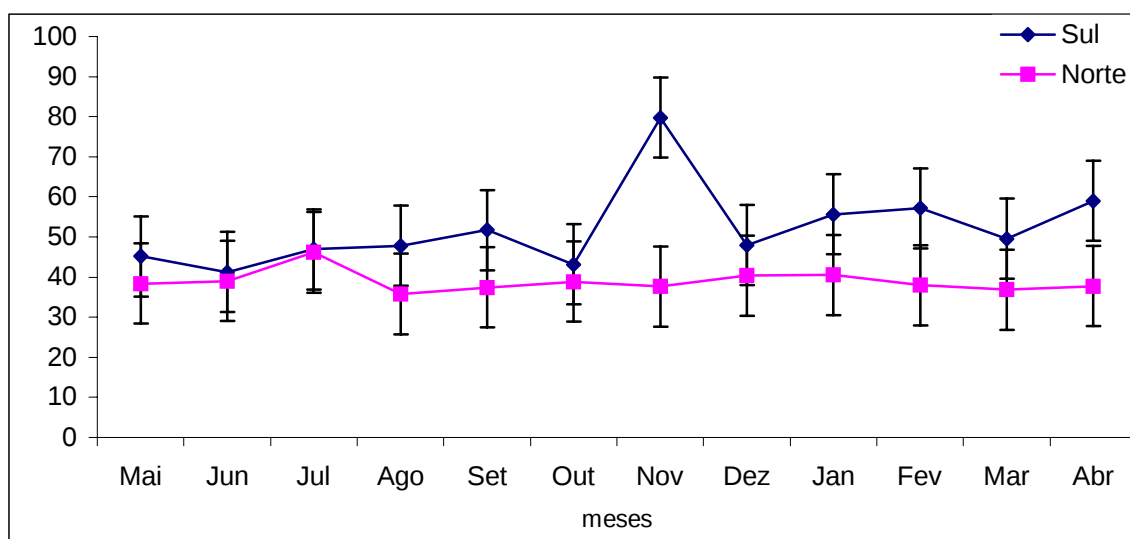


Figura 26: Variação sazonal do cobre em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo

6.6.3. Zinco

Na área Norte, os teores de zinco no sedimento apresentaram o mais elevado valor durante o mês de julho (14,95 mg.Kg⁻¹), enquanto que o menor valor foi registrado no mês de janeiro (4,41 mg.Kg⁻¹). No período compreendido entre agosto de 2000 até junho de 2001, os valores obtidos situaram-se bastante próximos, não se podendo estabelecer um padrão de variação sazonal definida, onde as concentrações oscilaram entre 4,41 mg.Kg⁻¹ a 7,35 mg.Kg⁻¹.

Na área Sul, o mais elevado teor de zinco foi observado no mês de novembro (25,76 mg.Kg⁻¹) e o mais baixo foi registrado no mês de julho (5,91mg.Kg⁻¹). Observou-se que estes valores apresentaram um padrão de distribuição irregular, encontrando-se durante o período de agosto de 2000 até abril de 2001 valores mais elevados que os encontrados na área Norte.

O Anexo 2 e Figura 27 apresentam o padrão de distribuição sazonal do zinco nas áreas estudadas.

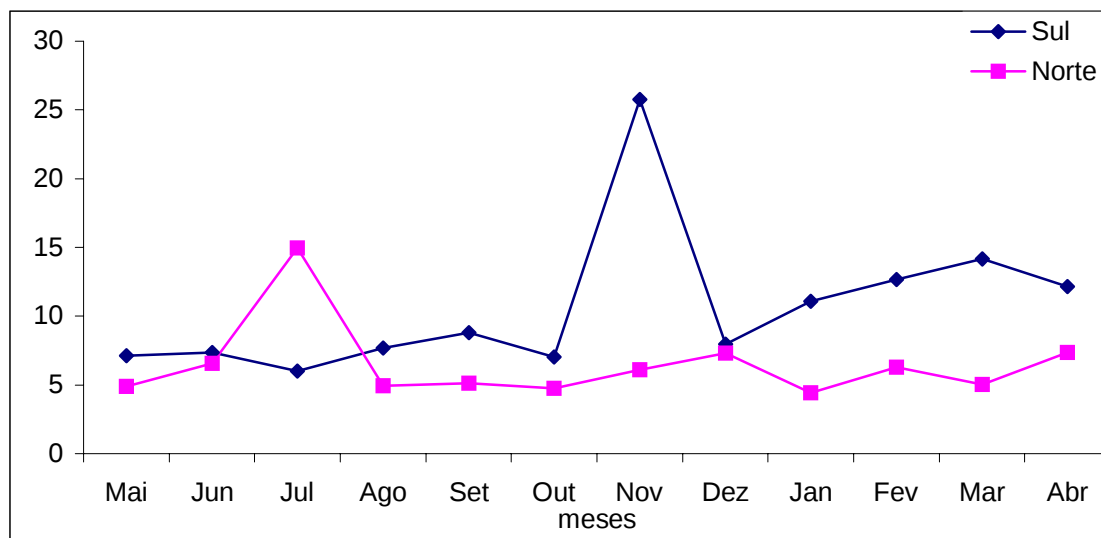


Figura 27: Variação sazonal do zinco em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo

6.6.4. Chumbo

Com relação à área Norte, o valor mais elevado de chumbo no sedimento foi encontrado durante o mês de julho ($7,54 \text{ mg.Kg}^{-1}$), enquanto que o menor, no mês de novembro ($1,00 \text{ mg.Kg}^{-1}$). Durante o período de maio a outubro os valores apresentaram pequenas variações em suas concentrações e a partir de novembro estas variações foram mais significativas, não se podendo estabelecer para esta área um ritmo sazonal definido.

Os mais elevados teores de chumbo detectados na área Sul ocorreram no mês de novembro ($15,90 \text{ mg.Kg}^{-1}$) e o mais baixo valor registrado foi no mês de outubro ($1,76 \text{ mg.Kg}^{-1}$). A variação sazonal apresentou-se bastante irregular na grande maioria dos meses estudados, onde apenas durante o período de maio a agosto de 2000 as concentrações de chumbo permaneceram bastante próximas uma das outras.

O Anexo 2 e Figura 28 apresentam o padrão de distribuição sazonal do chumbo nas áreas estudadas.

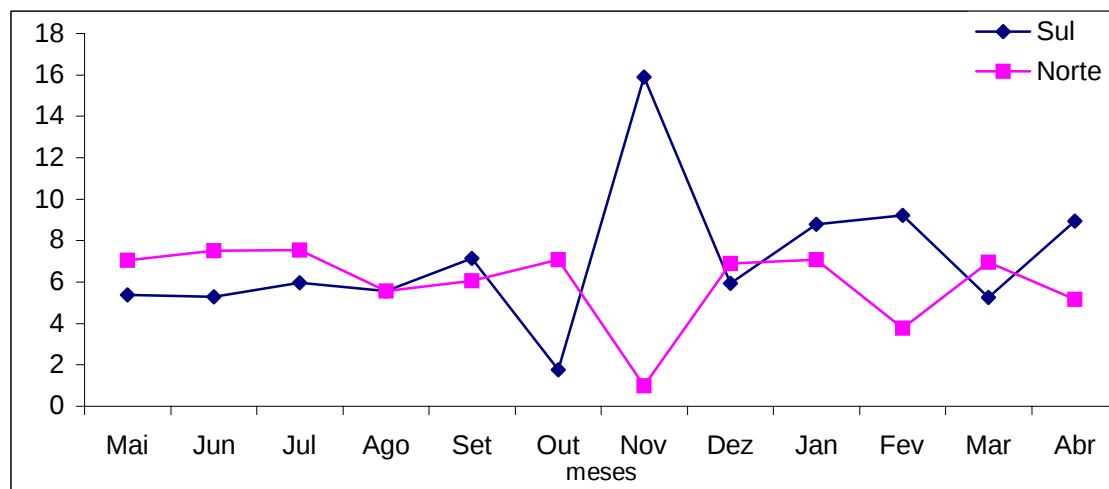


Figura 28: Variação sazonal do chumbo em amostras de sedimentos marinhos nas áreas de estudo

6.7. Análise dos Componentes Principais (ACP)

Uma análise exploratória global (área Norte e Sul do Estado de Pernambuco) dos dados de teores de metais (chumbo, cobre, ferro e zinco) nos sedimentos e algas marinhas (*Gracilariopsis lemaneiformis* e *Hypnea musciformis*), das características físico-químicas da água e da pluviometria foi realizada utilizando a técnica multivariada de projeções em componentes principais.

Na análise de componentes principais, a informação contida em todas as dimensões estudadas é projetada em um número menor de dimensões de modo a facilitar a interpretação através de gráficos bidimensionais. Os novos eixos são combinações lineares dos eixos originais.

Para a ACP, os dados foram autoescalados (Anexo 4), prática usual quando as variáveis são obtidas em diferentes unidades (SHARAF, ILLMAN & KOWALSKI, 1986).

Os gráficos dos loadings e escores das duas primeiras componentes são apresentados nas Figuras 29 e 30.

A primeira componente principal explica 20,2 % da variabilidade total dos dados (Tabela 12) e, como mostra o gráfico dos loadings (Figura 29), é composta, principalmente, pelos teores de zinco, ferro e cobre no sedimento e cobre na *Gracilariopsis lemaneiformis*, em menor proporção pela variável oxigênio dissolvido na água do mar (com sinal negativo). Assim, quanto maior os valores dos escores das amostras ao longo desta componente principal (à direita do gráfico dos escores na Figura 30), maior os teores de zinco, cobre e ferro no sedimento e cobre na *Gracilariopsis lemaneiformis* e menor os teores de oxigênio dissolvido na água do mar.

Observou-se que as amostras do sul, em geral, apresentaram-se mais dispersas e com valores mais altos dos escores em PC1. Das amostras da área Sul, a amostra 7s (do mês de novembro) apresentou os maiores escores em PC1 e, portanto os maiores teores globais de zinco, cobre e ferro no sedimento e de cobre na *Gracilariopsis lemaneiformis*. As amostras 9s, 10s e 11s (janeiro, fevereiro e março da área Sul, respectivamente) e as 1s, 8s e 2n (maio e dezembro da área Sul e junho da área Norte, respectivamente) formam dois distintos agrupamentos no gráfico dos escores (Figura 30), mostrando que são muito semelhantes em relação as variáveis representadas por PC1 e PC2. A amostra 3n (julho da área Norte), comporta-se de maneira diferente das demais do norte, com altos escores em PC1.

A segunda componente principal representando 16,5 % da variabilidade dos dados (Tabela 12) é constituída pelas variáveis precipitação (com sinal negativo), ferro, cobre e zinco no sedimento (com sinal positivo) e salinidade e temperatura (com sinal positivo). A amostra 7s apresentou os maiores valores dos escores na PC2. Já a amostra 3n apresenta comportamento contrário.

Tabela 12: Variância das duas primeiras componentes principais nas áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco.

Componentes	Variância (%)
PC_01	20.298
PC_02	16.500

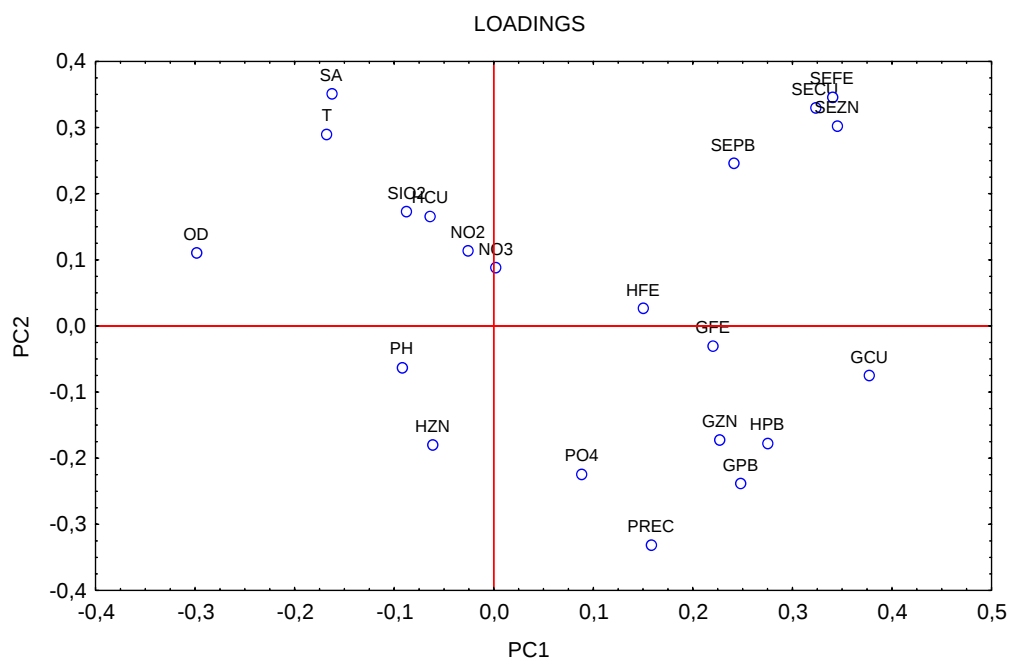


Figura 29: Loadings das primeiras componentes principais

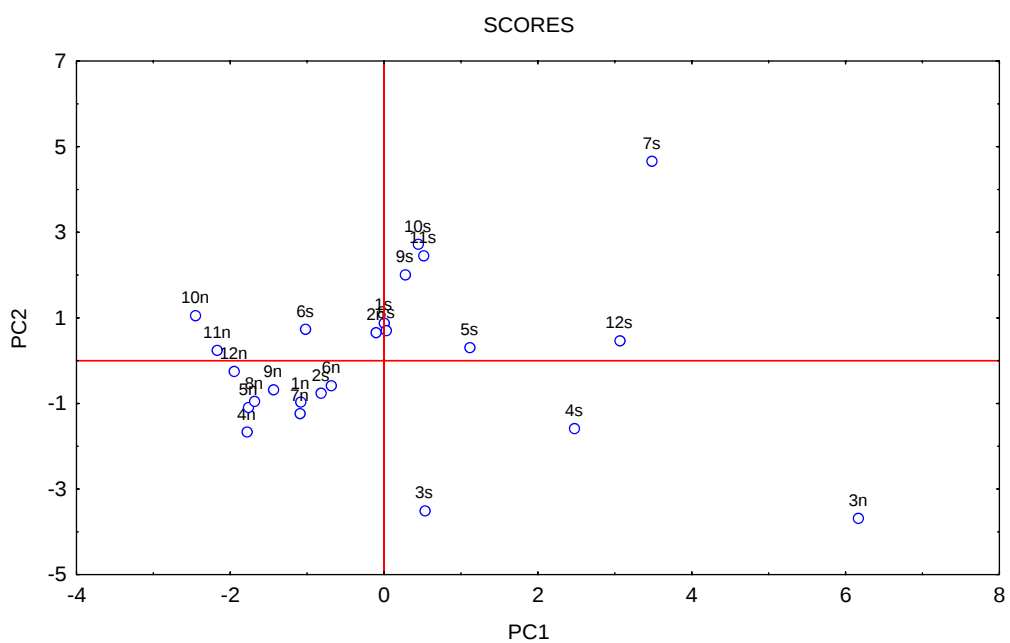


Figura 30: Escores das primeiras componentes principais

As correlações entre as variáveis estudadas foram avaliadas separadamente para as amostras da área Norte e da área Sul, cujas matrizes de correlação estão apresentadas nas Tabelas 13 e 14. Na matriz de Pearson para a área Norte, embora alguns coeficientes de correlação mostrem-se significativos (Tabela 13), pelos gráficos de dispersão, como exemplificado na Figura 31, ficou evidente que esta correlação aparente é devido apenas ao ponto 3n, cuja amostra foi coletada em um período chuvoso (julho) e caracterizado no momento da coleta, por descargas de efluentes.

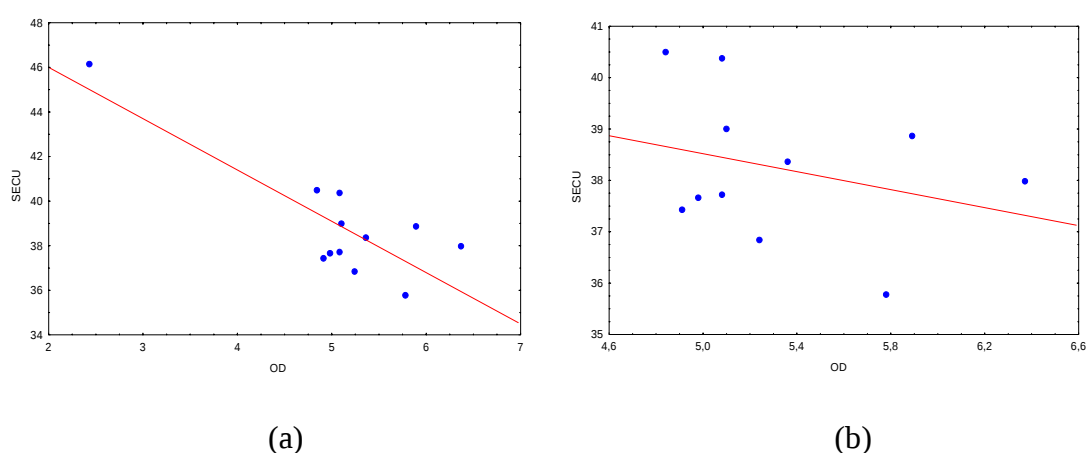


Figura 31: Correlação entre o teor de oxigênio dissolvido e teor de cobre no sedimento ($r = -0,83$) com o ponto 3n-julho (a) e sem o ponto 3n-julho ($r = -0,30$) (b) na área Norte.

Na região Sul as correlações aparentemente significativas entre teor de fósforo e salinidade, salinidade e teor de ferro nos sedimentos são influenciados por um único ponto, o 7s (novembro), como mostra a Figura 32.

No ambiente aquático, as correlações existentes entre salinidade e temperatura, salinidade e fósforo-P e entre nitrato-N e nitrato-N são naturalmente intrínsecas.

Observaram-se correlações significativas positivas entre os teores de chumbo e cobre no sedimento com silicato-Si na água do mar (com sinal negativo),

indicando que a contribuição antropogênica está relacionada com o aumento dos parâmetros.

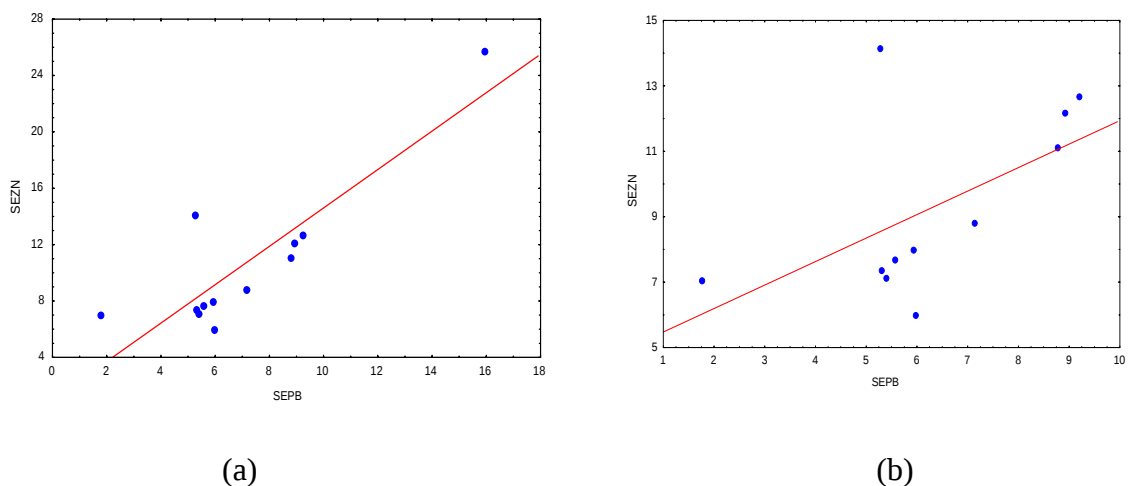


Figura 32: Correlação entre o teor de chumbo e zinco no sedimento ($r = 0,87$) com o ponto 7s-novembro (a) e sem o ponto 7s-novembro (b) ($r = 0,56$) na área Sul.

Tabela 13: Correlações da área Norte ($p < ,05000$ $N=24$)

	PREC	OD	SA	PH	T	NO2	NO3	PO4	SIO2	SEPB	SECU	SEFE	SEZN	HPB	HCU	HFE	HZN	GPB	GCU	GFE
PREC																				
OD	-0,58																			
SA	-0,66	0,75																		
pH	-0,05	0,15	-0,20																	
T	-0,24	0,59	0,66	-0,22																
NO2	0,15	-0,01	-0,01	-0,07	-0,17															
NO3	0,46	-0,14	-0,01	-0,34	0,03	0,84														
PO4	0,22	-0,65	-0,21	-0,17	-0,16	0,17	0,28													
SIO2	0,33	0,37	0,23	0,01	0,46	0,28	0,55	-0,17												
SEPB	0,43	-0,28	-0,18	0,18	0,00	-0,38	-0,02	0,18	0,26											
SECU	0,40	-0,83	-0,51	-0,20	-0,58	-0,17	0,02	0,51	-0,24	0,40										
SEFE	0,77	-0,64	-0,46	-0,32	-0,33	0,35	0,65	0,29	0,35	0,37	0,66									
SEZN	0,60	-0,84	-0,65	-0,25	-0,49	-0,04	0,16	0,42	-0,16	0,15	0,84	0,70								
HPB	0,40	-0,77	-0,56	0,07	-0,51	-0,27	-0,16	0,34	-0,21	0,32	0,80	0,53	0,71							
HCU	0,25	0,19	-0,18	0,08	-0,05	0,56	0,47	-0,41	0,45	-0,08	-0,29	0,31	-0,26	-0,22						
HFE	-0,16	0,08	0,17	-0,15	-0,11	0,12	0,12	-0,39	0,21	-0,14	0,19	0,33	0,12	0,35	0,27					
HZN	0,04	0,01	-0,03	-0,47	0,04	-0,36	-0,18	-0,01	-0,25	0,19	-0,02	-0,14	-0,12	-0,30	-0,12	-0,48				
GPB	0,35	-0,51	-0,29	0,18	-0,43	-0,09	-0,02	0,40	-0,02	0,17	0,54	0,35	0,52	0,78	-0,38	0,23	-0,38			
GCU	0,60	-0,71	-0,54	-0,19	-0,58	0,08	0,27	0,17	0,00	0,24	0,80	0,83	0,86	0,77	-0,01	0,49	-0,25	0,61		
GFE	0,35	-0,34	-0,52	0,14	-0,59	-0,39	-0,32	-0,32	-0,08	0,30	0,52	0,37	0,45	0,68	0,07	0,46	0,01	0,49	0,67	
GZN	0,37	-0,54	-0,30	-0,41	-0,54	0,08	0,20	0,28	-0,22	-0,04	0,52	0,47	0,59	0,51	-0,28	0,23	0,14	0,67	0,68	0,46

Tabela 14: Correlações da Área Sul ($p < ,05000$ N=24)

	PREC	OD	SA	PH	T	NO2	NO3	PO4	SIO2	SEPB	SECU	SEFE	SEZN	HPB	HCU	HFE	HZN	GPB	GCU	GFE
PREC																				
OD	0,51																			
SA	-0,73	-0,42																		
pH	0,20	-0,13	-0,08																	
T	-0,43	-0,22	0,80	-0,04																
NO2	-0,24	-0,34	0,27	0,51	0,26															
NO3	-0,26	-0,33	0,13	0,10	0,20	0,78														
PO4	0,48	0,35	-0,73	-0,07	-0,53	0,03	0,03													
SIO2	-0,20	-0,29	0,26	0,71	0,16	0,34	0,12	-0,60												
SEPB	-0,30	-0,09	0,39	-0,19	-0,02	-0,05	-0,25	-0,04	-0,25											
SECU	-0,47	-0,25	0,44	-0,21	0,02	-0,09	-0,29	-0,09	-0,18	0,96										
SEFE	-0,69	-0,42	0,74	-0,32	0,43	-0,14	-0,21	-0,44	-0,11	0,74	0,84									
SEZN	-0,53	-0,18	0,54	-0,18	0,20	-0,19	-0,33	-0,29	-0,01	0,87	0,93	0,87								
HPB	0,16	-0,20	0,16	-0,06	0,12	0,14	0,06	-0,26	0,21	-0,03	-0,05	-0,06	-0,05							
HCU	-0,13	0,31	0,24	-0,09	0,39	-0,48	-0,35	-0,45	0,14	-0,15	-0,11	0,22	0,15	-0,39						
HFE	0,10	-0,09	-0,23	-0,16	0,07	-0,17	-0,02	0,24	-0,29	-0,26	-0,17	-0,06	-0,14	0,01	-0,22					
HZN	0,50	0,43	-0,20	-0,24	0,19	-0,40	-0,46	0,41	-0,62	-0,07	-0,11	-0,05	-0,13	-0,08	0,20	0,37				
GPB	0,40	-0,11	-0,05	-0,19	-0,06	-0,45	-0,47	-0,26	-0,07	-0,07	-0,08	0,00	-0,11	0,65	-0,07	0,18	0,31			
GCU	0,10	-0,18	0,34	-0,03	0,62	0,24	0,14	-0,08	-0,15	0,02	0,01	0,21	0,03	0,52	-0,03	0,22	0,48	0,35		
GFE	0,13	-0,44	-0,29	0,59	-0,22	0,17	-0,07	0,11	0,35	-0,44	-0,28	-0,26	-0,37	0,00	-0,19	0,21	-0,02	0,18	0,03	
GZN	0,27	0,04	0,19	0,10	0,23	-0,19	-0,49	-0,04	-0,25	0,26	0,20	0,27	0,11	-0,07	0,26	-0,19	0,64	0,39	0,42	0,14

7. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Nos ecossistemas marinhos, moluscos, sedimentos e algas são freqüentemente usados para o biomonitoramento de metais pesados. As macroalgas cumprem muitos dos requerimentos como indicadores; elas são sésseis, capazes de sobreviver em áreas altamente poluídas, fáceis de serem conduzidas a estudos de laboratórios e de serem analisadas. Nos anos recentes, uma atenção especial foi dada para a habilidade destes organismos de acumular metais tóxicos lançados nestes ecossistemas marinhos. É bem sabido que os organismos marinhos, comparados com o sedimento de fundo exibem maior sensibilidade espacial e uma maior habilidade para concentrar metais (SZEFER & GELDON, 1998).

A distribuição e o fluxo dos metais pesados em águas costeiras são fortemente afetados pelos processos biológicos, principalmente pelo crescimento algal, e a mobilidade destes metais podem estar significativamente influenciados pelas alterações físico-químicas ocorridas na água e na superfície do sedimento (SFRISO et al, 1995).

Os sedimentos são importantes transportadores de metais traços no ecossistema e reflete a qualidade atual deste sistema. As análises do desenvolvimento da concentração de metais ao longo dos sedimentos tornam possível determinar a história da contaminação do metal para a uma certa região. Os metais podem ser originados diretamente de diversas fontes de poluição difusas, tais como, deposição atmosférica. Objetivando avaliar o impacto ambiental de sedimentos contaminados, informações sobre a concentração total destes metais não são suficientes. De particular interesse é a fração do conteúdo total de metais que toma parte em processos biológicos. Dois importantes passos são necessários para a avaliação dos metais pesados nos sedimentos:

identificação, monitoramento e controle das fontes de poluição e a estimativa dos possíveis efeitos dos sedimentos poluídos (FORSTNER, 1984).

A acumulação de partículas e químicos antropogênicos nos sedimentos de fundos depende de uma série complexa de processos influenciados pela circulação de água, abundância e composição de partículas, fontes de poluição, bem como a produção e ciclagem da matéria orgânica (FRIGNANI et al., 1997).

Os oceanos são os ecossistemas que recebem a grande maioria dos dejetos industriais e urbanos. Estes efluentes frequentemente penetram pelos estuários os quais recebem estes através das drenagens dos rios e conseqüentemente com elevado grau de toxicidade. Entretanto, estuários localizados em áreas industrializadas são os maiores sítios de acumulação de contaminantes sendo que a maioria dos estuários apresenta problemas ecológicos relacionados à contaminação. Quando metais traços são liberados para a coluna d'água, eles podem ser transferidos para o sedimento por adsorção através da matéria particulada em suspensão, seguido por sedimentação (LINDSAY & BELL, 1997). A biodisponibilidade da ligação de sedimentos e metais traços é dependente não somente da concentração destes, mas também da força da associação do metal e os compostos dos sedimentos (LACERDA et al., 1992).

As áreas costeiras são ecossistemas muito instáveis com modificações bruscas das características físicas e químicas da água e são influenciadas pelos movimentos de marés, introdução de água doce, estações do ano e o grau de influência antropogênica. Os processos de eutroficação são também importantes fatores que controlam a química da água e do sedimento. Estas variáveis afetarão a distribuição dos metais e a disponibilidade em ecossistemas costeiros e podem resultar em diferentes níveis de acumulação pela biota (LACERDA, 1994).

AMADO & PFIFFER (1998) relatam que o aumento crescente dos problemas relacionados com a poluição causados principalmente por despejos industriais, tem levado a ações no sentido de se estimar os efeitos dos poluentes sobre as comunidades marinhas. Dentre os poluentes lançados no meio marinho, destacam-se os metais pesados e seus compostos introduzidos no meio através de diferentes fontes de origem antropogênica, como rejeitos industriais, domésticos e também por emissões atmosféricas.

A seleção do compartimento apropriado de um determinado ecossistema para se desenvolver uma avaliação ambiental se constitui de extrema importância, para se determinar o grau de impacto por determinados poluentes, principalmente por metais pesados.

Durante este estudo a escolha de sedimentos e algas marinhas em áreas costeiras das áreas norte e sul do estado de Pernambuco foi realizado em virtude de que estas áreas sofrem a influência marcante de descargas de natureza industrial e doméstica e possuem uma flora marinha bastante diversificada.

A análise de fatores ambientais nas águas costeiras é na realidade um difícil problema para estudo, visto que a magnitude da variação sazonal destes parâmetros é em grande maioria, bastante diferente quando comparados com as regiões oceânicas. Nestas regiões as correntes de marés condicionam o aparecimento de situações satisfatórias para uma rápida reciclagem dos recursos químicos e biológicos. A quantidade de água proveniente dos rios penetra no estuário proporcionando trocas altamente importantes, em virtude do enriquecimento destas áreas em nutrientes inorgânicos e orgânicos, tornando a fertilidade geralmente alta. Entretanto deve se ressaltar que o balanço dos elementos essenciais não é assim tão simplesmente regular.

Um conjunto de fatores incluindo a radiação solar, concentração de nutrientes, turbulência e material transportado, etc, são importantes por estarem influenciados pelas variações sazonais e diurnas que ocorrem neste tipo de ambiente, onde muitos destes parâmetros oscilam dentro de uma larga faixa de amplitude e em um curto espaço de tempo de acordo com o fluxo e o refluxo da maré, como é o caso específico da salinidade.

Segundo GOMES (1989), o efeito do vento provoca uma mistura das águas sobre a plataforma continental, possibilitando a liberação dos elementos nutrientes retidos no sedimento. Já o efeito das correntes marítimas depende da natureza das massas d'água e das modificações hidrodinâmicas simultâneas. Quanto às chuvas, suas manifestações e consequências, são variadas. Por exemplo, a estação chuvosa é ordinariamente acompanhada por uma maior nebulosidade e uma consequente diminuição no número de insolação, que reduzem a quantidade de energia luminosa pelo fitoplâncton (como também reduz a profundidade da camada eufótica). Durante o período chuvoso ocorre um maior aporte de águas continentais aumentando a turbidez da água e um enriquecimento do meio marinho, em sais nutrientes.

Nas áreas estudadas a variação sazonal da temperatura da água tornou-se visivelmente caracterizada durante todo o período estudado, por um gradativo acréscimo durante o período seco (outubro a março) seguido por um decréscimo durante o período chuvoso (abril a setembro). Os índices de variação térmica anual foram baixos ($2,5^{\circ}\text{C}$ –Norte e $3,0^{\circ}\text{C}$ - Sul), fato já constatado em vários trabalhos realizados nas áreas (CAVALCANTI & KEMPF, 1967/1969; MACÊDO, 1977; FEITOSA, 1988; COELHO, 1963, entre outros).

No caso da plataforma continental de Pernambuco, CAVALCANTI & KEMPF, loc cit., relataram que a existência de uma variação anual nas características

hidrológicas, estaria ligada principalmente à precipitação e que durante o período chuvoso ocorre um ligeiro rebaixamento nos teores de salinidade, temperatura e transparência. Esta variação foi também observada por COSTA et al. (1989), em um trecho da plataforma localizada ao sul do Estado.

O intercâmbio da água doce com a água salgada nas regiões costeiras é de importância primária na distribuição dos ovos e larvas de organismos marinhos, assim como para as populações fitoplanctônicas e principalmente dos contaminantes introduzidos pelas cidades e indústrias, de qualquer material dissolvido ou em suspensão na água. Devido esta mistura, a salinidade destas regiões apresentam consideráveis flutuações e suas variações estão intimamente relacionadas com os níveis de precipitação pluviométrica.

Na área Norte, a zona costeira recebe influência direta do Canal de Santa Cruz, o qual desagua cinco estuários carreando grande quantidade de resíduos. Deve-se salientar que dentre os estuários que deságuam no Canal de Santa Cruz, dois deles encontram-se impactados (estuários dos rios Botafogo e Igarassu).

No Canal de Santa Cruz (Itamaracá, Pernambuco) MACÊDO (1977) e FLORES MONTES (1996) relataram que o fluxo de água doce para a área influencia grandemente a salinidade durante o período chuvoso, quando foram detectados os mínimos valores. A variação sazonal, segundo estes autores, apresentou valores compreendidos entre 33,54 UPS e 36,99 UPS.

Na área Sul, CAVALCANTI & KEMPF (1967/69) e COÊLHO (1963) observaram que a salinidade apresenta o mesmo ritmo cíclico da temperatura, estando seus valores influenciados pela precipitação pluviométrica, com maiores valores compreendidos no período seco (36,40 UPS) e os menores durante o período chuvoso (34,00 UPS).

As variações de salinidade obtidas no presente estudo para ambas as áreas estiveram de acordo com os relatados pelos autores citados, situando-se na área Norte entre 27,99 UPS e 36,99 UPS e na área Sul entre 26,38 UPS e 36,61 UPS.

Nas regiões costeiras o regular suprimento de água doce e salgada condicionam elevados teores de oxigênio dissolvido e a concentração precisa depende da temperatura e da salinidade. Todavia, com a recente expansão das populações, os estuários e zonas costeiras são diretamente afetados pelos resíduos industriais e esgotos domésticos. No Estado de Pernambuco caracterizados pela produção de açúcar vários estuários encontram-se altamente impactados em decorrência destas atividades. Estudos do teor de sais de nutrientes nas águas costeiras e oceânicas do Nordeste brasileiro, verificaram baixos valores na camada d'água até 100m de profundidade, com exceção das áreas que sofrem influência terrestre, como a Ilha de Fernando de Noronha e Cabo de São Roque, nas quais os valores foram um pouco mais elevados (OKUDA, 1960; COÊLHO, 1963; MACÊDO et al., 1982; FLORES MONTES, 1996).

Em área costeira localizada ao sul do estado, COSTA et al.(1989) verificaram que os teores dos elementos nutrientes apresentaram variações irregulares. Concentrações elevadas de nitrato-N foram observadas em estações distantes da costa, com os valores decrescendo até 13 milhas. Segundo os autores, a área estudada sofre influência direta do estuário de Barra de Jangadas, a ponto de diminuir a transparência da água e reduzir a salinidade até 28‰, durante o período das chuvas.

Os trabalhos desenvolvidos na área de Itamaracá por MACÊDO (1982) e FLORES MONTES (1996) relataram que os valores de oxigênio dissolvido e pH apresentaram uma variação bastante definida, estando as concentrações mais elevadas registradas no horário diurno coincidindo com o período de maior atividade fotossintética. O oxigênio dissolvido apresentou sempre valores próximos à saturação e

em alguns casos superiores, enquanto que os valores de pH mantiveram-se alcalinos durante todo o período de observação.

Na área Sul, CAVALCANTI & KEMPF (1967/69) e COÊLHO (1963) observaram variações sazonais bastantes semelhantes, estando sempre os valores de oxigênio dissolvido próximo aos da saturação e pH com valores alcalinos.

O oxigênio dissolvido na água é um componente químico de grande importância para os processos bioquímicos e biológicos, como respiração, oxidação da matéria orgânica e compostos químicos como amônia-N e nitrito-N, processos metabólicos celulares indispensáveis para a vida vegetal e animal. Além disso, é um importante indicador de áreas poluídas, uma vez que baixas concentrações, poderão indicar uma poluição química, física ou biológica, e valores muito elevados, processos de eutrofização, que também poderão ter consequências negativas, como a depleção noturna, o que poderá provocar a migração ou morte de animais de grande importância no elo trófico como econômico. Os principais sais nutrientes dissolvidos na água são os nitrogenados inorgânicos dissolvidos (NID), fosfato e silicato, os quais condicionam o desenvolvimento e produção dos organismos fitoplanctônicos, uma vez que eles representam a base da cadeia trófica, e da maior ou menor produtividade existirá uma maior ou menor produção animal. (FLORES MONTES, 1996).

As principais fontes de nutrientes são as descargas fluviais (MACÊDO, 1974; CAVALCANTI, 1976; PASSAVANTE, 1979a; PASSAVANTE, 1979b; GONSALVES et al., 1980; PREGO et al., 1995), águas da drenagem terrestre provocada pelas chuvas; águas costeiras marinhas (MILLERO & SOHN, 1992) e mais recentemente, aportes de nutrientes antropogênicos, como a precipitação aérea, causada por sólidos em suspensão na atmosfera devido à poluição, provocando eutrofização em

diversas regiões costeiras e a chamada “nova” produção primária (ESCARAVAGE et al., 1995).

Os valores do oxigênio dissolvido obtidos na presente pesquisa estiveram aproximados dos valores indicados pelos autores citados, excetuando-se apenas o teor registrado durante o mês de julho na área Norte, onde uma situação anômala foi registrada em consequência de um grande aporte de água doce para a área costeira em decorrência de uma elevada precipitação pluviométrica. Entretanto, deve-se ressaltar que este parâmetro se constituiu como elemento básico para se avaliar (embora sumariamente) a qualidade da água. Apesar de já se ter detectado presença de áreas poluídas nos estuários dos rios Botafogo e Igarassú (área Norte) e dos rios Jaboatão e Pirapama (área Sul), a poluição até o momento não atingiu a área costeira. O pH apresentou-se alcalino durante todo o período de observação, indicando um perfeito mecanismo ácido-básico.

FLORES MONTES (1996) assinala que a forma de amônia-N não ionizada (NH_3) e a ionizada (NH_4^+) estão relacionadas com a variação do pH na água. A primeira é característica de pH menor que 7, enquanto que a segunda em um pH de aproximadamente 8,1 e representa 95% do total de amônia-N no ecossistema. Os teores de nitrito-N e nitrato-N em ecossistemas aquáticos são os compostos nitrogenados inorgânicos mais oxidados, principalmente o nitrato-N que é também a forma mais estável. As oscilações do pH podem também influenciar as concentrações de fosfatos, uma vez que a calcita, de origem marinha, existente em pH elevado absorve fosfato. Quando o pH é mais baixo, a calcita é dissolvida e o fosfato é liberado. O fósforo no ambiente aquático encontra-se na forma de fosfato e são provenientes de despejos domésticos e fertilizantes agrícolas. Sumariamente, as formas de fosfatos são agrupadas em fosfato particulado, fosfato orgânico dissolvido, ortofosfato, fosfato reativo, fosfato

total dissolvido e fosfato total. Juntamente com o nitrogênio, os fosfatos são compostos desencadeadores do processo de eutrofização por estarem relacionados com o processo fotossintético.

O fósforo é um nutriente essencial para o crescimento de todos os organismos. Em sistemas aquáticos o coeficiente de N:P exerce controle primário na produtividade do ecossistema. Na maior parte do tempo, fósforo em vez de nitrogênio, é provavelmente, o nutriente limitante da produção primária global dos oceanos, devido à exaustão do fósforo, especialmente em locais menos profundos e em ecossistemas com abundância de carbonatos (KARL & TIEN, 1992).

O fósforo existe unicamente em um estado de oxidação, sólido ou em solução, ficando limitado às trocas de fosfatos-P entre sólidos suspensos e em solução. Por ser um elemento altamente reativo, reage rapidamente com uma larga variedades de superfícies, sendo associado e liberado por partículas, através de uma série complexa de reações de adsorção e dissociação (MILLERO & SOHN, 1992). Este fenômeno está conhecido como mecanismos buffer de fosfato-P.

O aumento da salinidade diminui a capacidade dos sedimentos em reter fosfatos e o grau de ligação do fosfato-P com partículas em suspensão, devido à competição de ânions para trocar de local de fixação (JORDAN et al., 1991).

TRAVASSOS (1991), determinou concentrações de fósforo bastante elevadas no estuário do rio Capibaribe-PE, oscilando entre 0,581 à 8,968 $\mu\text{moles.L}^{-1}$, sem qualquer padrão de variação sazonal. Quanto aos teores de silicato-Si observou uma nítida variação sazonal, com valor médio de 65,879 $\mu\text{moles.L}^{-1}$, enquanto que LACERDA (1994) relatou valores entre 4,02 $\mu\text{moles.L}^{-1}$ e 27,60 $\mu\text{moles.L}^{-1}$.

A principal fonte de nutrientes para o ecossistema costeiro são as descargas fluviais, visto que existe um considerável fluxo de água doce para o estuário e

deste para o mar aberto. Por outro lado, a área em estudo por se encontrar inserida em regiões de elevado aglomerado populacional vem recebendo constantemente um grande aporte de efluentes industriais e domésticos, cujas cidades estão localizadas próximas de rios que os utilizam como escoadouro de seus dejetos. Desta forma, as concentrações dos nutrientes registradas durante o presente estudo, estiveram bastante próximas daquelas relatadas por MACÊDO (1977) e FLORES MONTES (1996), os quais desenvolveram estudos em áreas costeiras e estuarinas do estado de Pernambuco.

Na região de Bosphorus, na Turquia, GUVEN et al.(1993), encontraram teores mais elevados de metais nos sedimentos que nas algas nas áreas que havia indústrias de curtume e vidros. Os resultados obtidos no presente trabalho quando comparados com os descritos anteriormente mostraram que os teores de zinco e chumbo encontraram-se menores, enquanto que o de cobre e ferro um pouco mais elevados.

Na região de Cairns, Austrália, BRADY et al. (1994) relataram que em sedimentos marinhos superficiais e em profundidades, o teor de cobre é de origem industrial, estando relacionado também com tintas anti-incrustantes (anti-fouling) usadas nas embarcações existentes na região, e que as principais fontes de poluição por zinco, são de origem terrestre, sendo registrado as mais elevadas concentrações nos sedimentos superficiais. Através do estudo de correlações, concluíram que o cobre e o zinco estão associados com o ferro e que o carbonato de cálcio age como diluente. De acordo com os dados encontrados neste trabalho os teores de zinco foram aproximadamente dez vezes menores, enquanto que os de cobre e de ferro foram maiores.

Na baía de Manila nas Filipinas, PRUDENTE et al.(1993) relataram que a concentração de metais pesados em amostras de sedimentos superficiais e em profundidades, apresentaram enriquecimento de chumbo e cádmio em sedimentos

marinhos superficiais, indicando uma considerável poluição na área, quando comparados com outras áreas do mundo, oriundas de fontes antropogênicas. Nas áreas do presente estudo os valores registrados estiveram abaixo dos valores relatados por estes autores.

Na área portuária da baía de Taiwan, CHEN & WU (1995), registraram em sedimentos superficiais teores elevados de cobre e chumbo, estando associados à ação antropogênica (esgotos domésticos e industriais, de tintas e de indústrias de tingimento, indústrias de papel, manufaturados em geral, fundições, fábricas de veículos e chapas de motores). Comparados com os valores encontrados nas áreas em estudo, pode-se concluir que os níveis destes metais foram inferiores aos relatados pelos autores mencionados acima.

Na terra do Fogo, incluindo as Baías de Ushuaia e de Golondria e na Península de Ushuaia, AMIM et al. (1996), analisaram os teores de ferro, chumbo, zinco e cobre em sedimentos superficiais e relataram que as concentrações mais elevadas destes metais foram detectados na Baía de Ushuaia, concluindo que a zona costeira do Canal de Beagle não é impactada por metais pesados, apesar de existir fontes antropogênicas de poluição para o ecossistema. Os valores obtidos de cobre por estes autores encontram-se inferiores aos registrados no presente trabalho e superiores aos de ferro, chumbo e zinco.

No estuário do Rio Joanes-Bahia/Brasil, SANTOS et al.(1997) estudaram a distribuição de metais pesados em sedimentos nos manguezais e compararam os resultados obtidos com os da região de Maragogipe, Santo Amaro, Senegal, Indonésia, Guiana e com material certificado, demonstrando que nos sedimentos do Rio Joanes os teores de metais pesados foram inferiores quando confrontados com valores de referência destas regiões e outras zonas de manguezais pesquisadas, não apresentando

ainda um risco considerável de agressão ambiental. Os resultados encontrados para as áreas Norte e Sul do estado de Pernambuco mostraram que os teores de zinco e chumbo foram inferiores e os teores de cobre foram mais elevados que os relatados pelos autores acima citados.

No Golfo de Nicoya, Costa Rica, COTO & KRESS (1999) estudaram a variação espacial e temporal de metais pesados relatando que valores levemente altos de cobre, zinco e chumbo foram encontrados nas zonas onde existe um importante caudal de águas frescas drenando de áreas altamente industrializadas e povoadas. Estes valores foram bem mais elevados do que os registrados para as áreas de Itamaracá e Piedade.

Na costa da Albânia, parte Norte do Mar Mediterrâneo, ÇELO et al. (1999) avaliaram a poluição por metais pesados em sedimentos marinhos comparando com sedimentos superficiais de outras regiões da costa Adriática, observando que os sedimentos da costa da Albânia estão menos poluídos com mercúrio, chumbo e cádmio; entretanto são mais poluídos com relação aos metais níquel, cromo, ferro, cobre e zinco. Os valores dos níveis de background relatados para chumbo e zinco foram bem maiores e do cobre menores do que os resultados medianos encontrados no presente trabalho.

Em uma área estuarina e urbana (Recife, Pernambuco), BRAYNER (1998) determinou as taxas de retenção de metais traço por sedimentos orgânicos em um viveiro de piscicultura relatando que alguns elementos apresentaram valores bem mais elevados quando comparados ao padrão de argila, assim como os valores de chumbo e zinco em todos os compartimentos estudados. ROCHA (2000) estudou a variação sazonal dos níveis de metais nos sedimentos superficiais e ostras de mangue do complexo estuarino de Itamaracá relatando que as concentrações medianas destes metais foram um pouco mais baixas do que os níveis de base dos sedimentos da bacia do Pina reportados por BRAYNER (1998), sendo entretanto bastante próximos dos

valores registrados no estuário do Rio Frade (RJ) que foi considerada uma área não contaminada segundo os trabalhos realizados por LACERDA et al.(1987).

Ao compararmos as concentrações medianas de metais registradas no sedimento no presente trabalho com os reportados por ROCHA (loc. cit.) foi observado que as concentrações medianas de zinco e chumbo apresentaram-se bem menores e as de cobre valores mais elevados.

De uma maneira geral os ecossistemas marinhos tropicais estão largamente ameaçados pela poluição por metais pesados, originários de uma variedade de fontes. Os ecossistemas de corais que abrigam uma grande variedade de organismos marinhos são altamente sensíveis pelos impactos da atividade antropogênica, principalmente nas zonas costeiras. Estes impactos provêm principalmente de fontes terrestres. A acumulação de metais pesados é um dos mais importantes poluentes no ecossistema marinho, e tem sido extensivamente estudado em algumas macroalgas marinhas devido a sua capacidade de concentrar e tolerar altos níveis destes metais (KAREZ et al., 1994).

Na região de Bosphorus-Turquia, GUVEN et al.(1993) estudaram o teor de metais pesados em *Ulva lactuca* L., *Enteromorpha compressa* L., *Cystoseira barbata* J., *Agardh*, *Scytosiphon lomentaria* {Lyngbye} J., *Ceramium rubrum* {Huds.}C.Ag.) e *Zostera marina* L. relatando os valores medianos para o zinco de 68,5 $\mu\text{g.g}^{-1}/\text{g}$, cobre de 17,0 $\mu\text{g.g}^{-1}/\text{g}$, Ferro de 1.035 $\mu\text{g.g}^{-1}/\text{g}$ e chumbo de 12,0 $\mu\text{g.g}^{-1}/\text{g}$, valores estes bem mais elevados do que os encontrados para a *Gracilariopsis lemaneiformes* e *Hypnea musciformis* registradas no presente trabalho.

Em três regiões do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, KAREZ et al.(1994) estudaram a concentração de metais pesados em sete espécies de algas bentônicas (3 clorofíceas, 2 rodofíceas e 2 feofíceas). As algas estudadas foram: *Codium*

decorticatum, *Ulva fasciata*, *Padina gymnospora*, *Sargassum stenophyllum*, *Spatoglossum schroederi*, *Gracilaria sp*, *Spyridia clavata*, *Acanthophora spicifera*, *Hypnea sp*. Relataram que as algas pardas possuem uma elevada capacidade de acumular metais e que nas áreas mais poluídas encontraram as maiores concentrações. Os resultados obtidos por estes autores mostraram que os teores de zinco e cobre apresentaram-se bem mais elevados que os registrados para as algas estudadas nas áreas de Itamaracá e Piedade.

Em quatro cursos hídricos e em um lago da Macedônia, nordeste da Grécia SAWIDIS et al.(1995) analisaram a concentração de metais pesados (Zn, Cd e Cu) em diferentes espécies de algas (*Azola filiculoides* Lam., *Ceratophyllum demersum* L., *Cladophora glomerata* L., *Cyperus longus* L., *Myriophyllum spicatum* L., *M. verticillatum* L., *Potamogeton nodosus* Poiret, *P. pectinatus* L., *Scirpus lacustris* L., *Roripa silvestis* (L.) Besser, *Paspalum pasalodes* Scribner, *Ranunculus sardus* Austr., *Lemna minor* L., *P. crispus* L., *Spyrogyra fluviatis* Hilse, *Hydrodictyon reticulatum* L., encontrando valores mais elevados para o zinco e o cobre e inferiores aos teores de chumbo, quando comparados com o presente trabalho.

No Golfo de San Jorge, Argentina, MUSE et al.(1999) avaliaram a concentração de metais em algas verdes (*Ulva lactuca* e *Enteromorpha prolifera*) e alga vermelha (*Porphyra columbina*) que comparados a este trabalho foram inferiores quanto ao teor de zinco e chumbo e superior ao teor de cobre.

No Porto de Otago no sudeste da Nova Zelândia, BROWN et al.(1999) observaram a variação espacial e temporal dos níveis de cobre e zinco em *Ulva lactuca* e *Enteromorpha intestinalis*, os quais quando comparados às áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco verificou-se que o teor de cobre foi inferior e o de zinco superior.

No estuário e golfo do Rio St. Lawrence, Canadá, PHANEUF et al. (1999) avaliaram a concentração de metais pesados em algas marrons (*Phaeophyta*), algas vermelhas (*Rhodophyta*) e algas verdes (*Chlorophyta*), tais como: *Fucus vesiculosus*, *Ascophyllum nodosum*, *Laminaria longicruris*, *Palmaria palmata*, *Ulva lactuca* e *Fucus distichus*. Os teores de zinco e chumbo registrados pelos autores estiveram abaixo aos encontrados e superiores para cobre e ferro, quando comparados ao presente trabalho.

No mar Mediterrâneo, costa leste da Espanha, SANCHIZ et al. (1999) estudaram os teores de metais pesados nas fanerógramas *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltii* e *Ruppia cirrhosa* e na clorofícea *Caulerpa prolifera* encontrando valores mais elevados para o chumbo e menores para o zinco comparados com os registrados para as áreas em estudo.

NASSAR et al. (2002), avaliaram os teores de metais pesados na espécie *Padina gymnospora*, na área da Baía do Espírito Santo, Vitória do Espírito Santo, Brasil. No presente trabalho os valores encontrados quando comparados aos relatados pelos autores foram inferiores com relação ao cobre. Quanto aos teores de ferro foram superiores para a *Hypnea musciformis* e inferiores para a *Gracilariopsis lemaneiformes*. Somente os valores de zinco na *Gracilariopsis lemaneiformes* apresentaram-se superiores, enquanto que os de chumbo foram superiores para a *Hypnea musciformis* e inferiores para a *Gracilariopsis lemaneiformes*.

AMADO FILHO et al. (1995) estudaram a concentração de metais pesados em algas marinhas (*Sargassum spp.*, *Padina sanctae crucis*, *Dictyota cervicornis*, *Dictyota mertensii*, *Lobophora variegata*, *Halimeda opuntia*, *Caulerpa racemosa*, *Peniculus capitatus*, *Galaxaura oblongata*, *Occhodes secundiramea* e *Stypopodium zonale*) em dois ecossistemas, um situado a 65 km da costa (Arquipélago de Abrolhos) e

um outro situado a 10 km da costa (Recifes de Viçosa), Bahia, Brasil. Comparando os valores de ferro, cobre e zinco obtidos por estes autores com os registrados para as algas estudadas nas áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco, observou-se que estes metais apresentaram teores mais elevados em Itamaracá e Piedade.

Na Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil, AMADO FILHO et al. (1996) avaliaram os teores de zinco em *Padina gymnospora* comparando com os resultados em outras espécies (*Ulva lactuca* L., *Sargassum filipendula* C. e *Hypnea musciformis* - Wulfen). Concluíram que esta espécie acumula o zinco diretamente proporcional a concentração deste na água devido ao mecanismo de deposição na parede celular. Nas espécies estudadas nas áreas de Itamaracá e Piedade os teores medianos de zinco foram inferiores aos encontrados por Amado loc.cit., excetuando-se apenas o valor registrado para a *Gracilariopsis lemaneiformes* na área Norte.

No nordeste do Brasil, COSTA & FRANÇA et al. (1997) avaliaram a biosorção de metais em *Sargassum* sp. cujo o teor mediano encontrado para o zinco foi inferior e para o cobre superior aos relatados no presente trabalho.

AMADO FILHO & PFEIFFER (1999), em duas regiões do Estado do Rio de Janeiro, na Baía de Sepetiba e da Ribeira, Brasil, determinaram os teores de metais pesados (zinco, cromo e cádmio) em duas espécies de algas pardas (*Padina gymnospora* e *Sargassum stenophyllum*) e em uma espécie de macrofita marinha (*Halodule wrightii*), cujos os valores medianos para o zinco foram de 247 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (*P. gymnospora*) e 156 $\mu\text{g.g}^{-1}$ (*S. stenophyllum*), que comparados aos determinados nas áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco foram bem mais elevados.

AMADO FILHO et al. (1999) determinaram a concentração de zinco e cádmio para as espécies de algas pardas (*Padina gymnospora* e *Sargassum*

stenophyllum) durante o período de abril de 1990 a julho de 1997, na área da Baía de Sepetiba, Rio de Janeiro, Brasil, relatando que o teor de cádmio elevou-se cerca de 4 vezes no período da dragagem da área. Observaram que o teor mediano de zinco reduziu significativamente obtendo valor de $23 \mu\text{g.g}^{-1}$ (*P. gymnospora*) e $17 \mu\text{g.g}^{-1}$ (*S. stenophyllum*), teores estes inferiores ao do trabalho em pauta.

Nas praias de Barra do Fundão e Ponta do Retiro, Rio de Janeiro, Brasil, MACHADO et al.(2003) determinaram a concentração de metais (Cr, Cu, Fe, Mn e Zn) na clorófita *Ulva fasciata* e na rodófita *Gymnogongrus sp.*, relatando que a rodófita apresentou uma alta capacidade para acumular os metais em relação à clorófita em ambas as praias, com exceção do cobre nas amostras da praia de Ponta do Retiro, concluindo que estes ambientes podem ser classificados como naturais ou levemente poluídos. Os resultados apresentados pelos autores foram superiores para cobre e ferro e inferiores para o zinco quando comparados com os registrados para as áreas de Piedade e Itamaracá.

Os resultados obtidos no presente estudo para as algas marrons (rodófitas - *Hypnea musciformis* e *Gracilariopsis lemaneiformes*), quando comparados com os descritos acima mostraram que os teores medianos de cobre, chumbo, zinco e ferro foram na maioria dos casos inferiores aos relatados para áreas consideradas como poluídas. Comparando-se as áreas de estudo, observou-se que os teores medianos de zinco e chumbo analisados nas algas para a área Norte foram superiores aos da área Sul e os teores de cobre e ferro foram mais elevados na área Sul.

A variação sazonal entre as áreas em estudo oscilou significativamente. De uma maneira geral, a espécie que mais acumulou os metais analisados foi a *Hypnea musciformis* em ambas as áreas, sugerindo que esta alga pode ser utilizada para biomonitoramento costeiro do Estado de Pernambuco.

Os teores medianos na área Sul foram superiores aos da área Norte com relação ao ferro, cobre e zinco, sendo portanto somente o teor de chumbo superior na área Norte.

De maneira geral, os teores medianos de chumbo nas algas e sedimentos da área Norte foram mais elevados do que na área Sul, assim como, os maiores valores de ferro e cobre foram detectados na área Sul.

Todos os teores de metais variaram significativamente durante o ano do estudo, devido à variação dos fatores ambientais, principalmente os relacionados à salinidade.

Este estudo permitiu determinar as variações sazonais de metais pesados (cobre, ferro, chumbo e zinco) em macroalgas (*Hypnea musciformis* e *Gracilariopsis lemaneiformes*) e sedimentos marinhos para se obter um dados de referência no litoral Norte e Sul do Estado de Pernambuco, uma vez que os estudos anteriores não visaram este diagnóstico, além de validar metodologias de análises possíveis de realizar na Região Nordeste do Brasil, visando o monitoramento das áreas através de um gerenciamento costeiro adequado.

8. CONCLUSÕES

Considerando a complexidade dos sistemas trabalhados, concluímos que:

- (i) As características hidrológicas das áreas apresentaram uma pequena variação sazonal, onde os valores obtidos são característicos de ecossistemas costeiros tropicais;
- (ii) As concentrações de metais analisados nas algas e nos sedimentos nas áreas Norte e Sul do Estado de Pernambuco permitiram considerá-las como não impactadas;
- (iii) Não foi possível estabelecer um ritmo cíclico para as concentrações dos metais analisados nas algas e nos sedimentos, podendo-se atribuir este fato à sazonalidade;
- (iv) As maiores concentrações de metais foram observadas na alga *Hypnea musciformis*, sendo esta recomendada para o biomonitoramento de ambas as áreas;
- (v) As mais elevadas concentrações de cobre e chumbo nas áreas estudadas foram registradas nos sedimentos, sendo este compartimento um bom indicador para um monitoramento ambiental;

- (vi) Em geral, a área Norte apresentou maior teor mediano de metais analisados nas algas, enquanto que na área Sul as maiores concentrações foram registradas nos sedimentos;
- (vii) As mais apropriadas metodologias validadas para determinar metais em algas foram a digestão ácida utilizando AAS e para o sedimento medida direta (método do parâmetro fundamental) através de fluorescência de Raio-X;

9. ABSTRACT

The strong industrial and agricultural activities in Pernambuco State are contributing heavily to the contamination of the coastal waters with heavy metals and unfortunately it is increasing constantly. As this subject is explored in many aspects and as there exists already a great production of papers, in order to diagnostic the present situation and to suggest an efficient monitoring of the coast of Pernambuco, we intended in this work, to give specific data on the level of some metals in macroalgae and marine sediments and its interactions with the properties of sea water. For this study, because of their algae banks and the impact of industrial and domestic effluents, the selected areas were, one in the north (Itamaraca Beach – 7° 45'S and 34°50'W) and another in the south (Piedade Beach 08°09'17''S and 34°55'W). The selected algae were *Gracilariopsis lemaneiformis* and *Hypnea musciformis* and the chemical elements were copper, lead, zinc and iron. In each region the samples were collected monthly from May 2000 to April 2001, during the low tides. The metal concentrations in the algae were determined by Atomic Absorption Spectroscopy and in sediments by X-Ray Fluorescence. The areas present a hot and humid climate, As' in the Koppen classification, with an annual average temperature of 26°C, and a dry season from September to February with an average rain fall of 120 mm and a wet season from March to August with an average rain fall of 415 mm. The hydrological analysis showed that the water temperature ranged from 28° to 31°C, the salinity from 26.38 to 36.88 UPS and the dissolved oxygen from 2.43 to 6.37 mL.L⁻¹. The highest metals contents were detected in algae on the south coast, where the *Hypnea musciformis* presented the highest retention capacity. In the sediments in all the cases the highest contents were also found in the south, except to the iron. It was also observed that the retention in the sediments was higher than in the algae, except to zinc. So, they were the most appropriate to monitoring the metals of the Pernambuco State Coast. A global exploratory analysis (North and South Coast of Pernambuco) of the metal concentrations in the algae and sediments, of the physical-chemical properties of the water and the pluviometry was performed by multivariable projection analysis of the main components. The main components (wich represented 36,8% of the total variability of the data) showed that the samples from the south coast were more dispersed and presented higher values for the metals in the sediments and in the algae. It was also observed that in the north coast occurred an effluent discharge carried by the rains, presenting an anomalous situation in July with higher metal levels in the sediments. In this area there were positive correlations in the sediments among all the metals, while in the algae these correlations were observed between lead and copper in the sediment. In the sediment samples from the south area, positive correlations between copper and lead, iron and zinc and between lead and zinc were noticed. The results of the average metal concentrations in the sediments were: in North area the iron (0,078%), lead (6,923mg.Kg⁻¹), copper (38,178mg.Kg⁻¹) and zinc (5,610mg.Kg⁻¹); in South area the iron (0,339%), lead (5,942mg.Kg⁻¹), copper (48,799mg.Kg⁻¹) and zinc (8,388mg.Kg⁻¹). In the algae: *Gracilariopsis lemaneiformis* in the North area, iron (141µg.g⁻¹), lead (3,50µg.g⁻¹), copper (0,95µg.g⁻¹) and zinc (33,14 µg.g⁻¹); in the South area iron (347µg.g⁻¹), lead (2,99µg.g⁻¹), copper (1,57µg.g⁻¹) and zinc (28,57µg.g⁻¹). The *Hypnea musciformis* were: in the North area, iron (675µg.g⁻¹), lead (8,90µg.g⁻¹), copper (1,85µg.g⁻¹) and zinc (49,93µg.g⁻¹); in the South area iron (806µg.g⁻¹), lead (5,49µg.g⁻¹), copper (2,35µg.g⁻¹) and zinc (44,57µg.g⁻¹). Between the algae tested, the *Hypnea musciformis* presented higher metal level. The sediments metal level was taken as the parameter of comparison as it was the higher than that one found in both algae. The seasonal metal changes in the algae and sediments were irrelevant, not presenting a standard regular distribution.

10. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABU-HILAL, A. Observations on Heavy Metal Geochemical Association in Marine Sediments of the Jordan Gulf of Aqaba. *Marine Pollution Bulletin*, v. 26, n. 2, p. 85-90, 1993.

AMADO FILHO, G.M. Poluição da Baía de Sepetiba já ameaça outras áreas. *Ciência Hoje*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 149, p. 46-48, 1999.

AMADO FILHO, G.M.; KAREZ, C.S.; PFEIFFER W.C., YONESHIGUE-VALENTIN, Y. & FARINA, M. Accumulation, Effects on Growth, and Localization of Zinc in *Padina gymnospora* (Dictyotales, Phaeophyceae). *Hydrobiologia*, Rio de Janeiro, v. 326/327, p. 451-456, 1996.

AMADO FILHO, G.M.; ANDRADE, L.R.; KAREZ, C.S.; FARINA, M.; PFEIFFER W.C. Brown Algae Species as Biomonitors of Zn and Cd at Sepetiba Bay, Rio de Janeiro, Brazil. *Marine Environmental Research*, Rio de Janeiro, v. 48, p. 213-224, 1999. (pagina 39 impressas)

AMADO FILHO, G.M.; ANDRADE, L.R.; REIS, R.P.; BASTOS, W. & PFEIFFER, W.C. Heavy Metal Concentrations in Seaweed Species from The Abrolhos Reef Region, Brazil. *Proc 8th Int Coral Reef Sym*, Rio de Janeiro, v. 2, p. 1843-1846, 1995.

AMADO FILHO, G.M.; ANDRADE, L.R.; REZENDE, C. E. & PFEIFFER. W.C. Concentração de metais pesados em populações da macrófita marinha *Halodule wrightii* Aschers, provenientes da Baía de Todos os Santos - BA. *Efeitos de Poluentes em Organismos Marinhos*, Rio de Janeiro, p. 141-150, 2001.

AMADO FILHO, G.M.; KAREZ, C.S.; ANDRADE, L.R.; YONESHIGUE, Y.V. & PFEIFFER, W. C. Effects on Growth and Accumulation of Zinc in Six Seaweed Species. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Rio de Janeiro, v. 37, p. 223-228, 1997.

AMADO FILHO, G.M.; PFEIFFER, W.C. Utilização de Macrófitas Marinhas no Monitoramento da Contaminação por Metais Pesados: O Caso da Baía de Sepetiba, RJ. Acta Bot. Brás., Rio Janeiro, v. 12, n. 3, p. 411-419, 1998.

AMIN, O.; FERRER, L. & MARCOVECCHIO, J. Heavy metal concentrations in littoral sediments from the Geagle Channel, Tierra Del Fuego, Argentina. Environmetal Monitoring and Assessment, Argentina, v. 41, p. 219-231, 1996.

ANDRADE, G.O & LINS, R.C. Os climas do Nordeste. In: VASCONCELOS SOBRINHO, J. ed. O meio e a civilização. Recife, CONDEPE, 1971. P.95-138.

ANDRADE, L. & PFEIFFER, W.C. Metais pesados – Características e Interações Com O Meio Ambiente, Caderno didático da UFRJ, 46p., 2000.

APHA, AWWA, WPCF, “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th Edition, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Amostragem de resíduos. NBR10007. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.14p.

BLACKMORE G. An Overview of Trace Metal Pollution in the Coastal Waters of Hong Kong. The Science of the Total Environment, Cape d’ Aguilar Shek O, v. 214, p. 21-48, 1998.

BERMAN, E. Toxic metals and their analysis. Heyden & Son Ltd., 293 p., 1980.

BEVERIDGE, T.J.; HUGHES, M.N.; LEE, H; LEUNG, K.T.; POOLE, R.K.; SAWIDIS, I; SILVER, S. & TREVORS, J.T. Metal-microbe interactions: contemporary approaches. In: R.K. Poole (ed.), Advances in Microbial Physiology, Academic Press, v. 38, p. 178-243, 1997.

BRADY, B.A.; JOHNS, R.B. & SMITH, J.D. Trace Metal Geochemical Association in Sediments from the Cairns Region of the Great Barrier Reef, Australia. Marine Pollution Bulletin, Victoria, v. 28, n. 4, p. 230-234, 1994.

BRAILE, P.M. & CAVALCANTI, J.E.W.A. Manual de Tratamento de Águas Residuárias Industriais. São Paulo, CETESB, 764p, 1979.

BRAYNER, F.M.M. Determinação de Taxas de Retenção de Metais-Traço por Sedimentos Orgânicos em um Viveiro de Piscicultura em Área Estuarina e Urbana. São Carlos, 1998. 102p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

BROWN, M.T.; HODGKINSON, W.M. & HURD, C.L. Spatial and Temporal Variations in the Copper and Zinc Concentrations of Two Green Seaweeds from Otago Harbour, New Zealand. Marine Environmental Research, Dunedin, v. 47, p. 175-184, 1999.

CAPELLI, R. CONTARDI, V.; COSMA, B. MINGANTI, V. and ZANOCCHI, G. A four-year study on the distribution of some heavy metals in five organisms of the Ligurian sea. Marine Chemistry Netherlands, v. 12, p. 281-297, 1983.

CAVALCANTI, L.B. Caracterização do Canal de Santa Cruz (Pernambuco-Brasil) em função dos parâmetros físico-químicos e pigmentos fotossintéticos. Recife, 1976. 115f. Tese (Livre Docência). CTG, UFPE.

CAVALCANTI, L.B. & KEMPF, M. Estudo da Plataforma Continental da Área do Recife. II: Meteorologia e Hidrologia. Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal de Pernambuco, Recife, v.9-11, p.149-158, 1967/69.

ÇELO, V.; BABI, D.; BARAJ, B.; ÇULLAJ, A. An Assessment of Heavy Metal Pollution in the Sediments Along the Albanian Coast. Water, Air, and Soil Pollution, v. 111, p. 235-250, 1999.

CHEN, M. & WU, H. Copper, Cadmium and Lead in Sediments from the Kaohsiung River and its Harbour Area, Taiwan. Marine Pollution Bulletin, Taiwan, v. 30, n. 12, p. 879-884, 1995.

COÊLHO, P.A. Distribuição dos Crustáceos Decápodes na área de Barra de Jangadas. Trabs. Inst. Oceanog. da UFPE, Recife, v. 5/6, p. 159-173, 1963/64(b).

COSTA, A.C.A.; FRANÇA, F.P. Cadmium Uptake by Biosorvents Seaweeds: Adsorption Isotherms and Some Process Conditions. Separation Science and Technology, v. 31, n. 17, p. 2373-2393, 1996.

COSTA, A.C.A.; FRANÇA, F.P. Biosorption of Zinc, Cadmium, and Copper by a Brown Seaweed (*Sargassum* sp.) in a continuous fixed-bed laboratory reactor. Bioseparation, v. 6, p. 335-341, 1997.

COSTA, K.M.P., QUEIROZ, C.M., MACÊDO, S.J. Hidrologia e plâncton da plataforma continental de Pernambuco. I. Variação das características físico-químicas da água. In: Encontro Brasileiro de Gerenciamento Costeiro, 3, Fortaleza, Ceará, 1985. Anais...Fortaleza, 1985.p.337-62.

COTO, S.L.; KRESS, N. Metales Pesados en Sedimentos del Golfo de Nicoya, un Estuario Tropical. Libro de Resúmenes Ampliados, v. 2, p. 802-804, 1999.

CRIST, R.H.; MARTIN, J.R.; GUPTILL, P.W.; ESLINGER, J.M.; CRIST, D.R.; Environmental Sci. Technol., v. 24, n. 3, p. 337-342, 1990.

ESCARAVEGE, V. et al. The development of a *Phaeocystis* bloom in a mesocosm experiment in relation to nutrients, irradiance and coexisting algae. *Ophelia*. Helsingør, v.42, p. 55-74, 1995.

FEITOSA, F.A.N. Produção primária do fitoplâncton correlacionadas com parâmetros bióticos e abióticos na Baía de Pina (Recife- Pernambuco- Brasil). Recife, 1988, 270 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica) DO. UFPE.

FLORES MONTES, M.J. Variação Nictemeral do fitoplâncton e parâmetros hidrológicos no Canal de Santa Cruz, Itamaracá, Pernambuco. Recife, 1996, 174 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia) DO. UFPE.

FORSTNER, U & WITTMAN, G.T.W. Metal pollution in the aquatic environment. Springer-Verlag, 485 p., 1979.

FORSTNER, U., 1984, "Metal pollution of terrestrial waters." In J.O. Nriagu, Ed., *Changing Metal Cycles and Human Health*, Dahlen Konferenzen, Berlin, Springer Verlag, New York, 71-94.

FRIGNANI, M.; BELLUCCI, L.G.; LANGONE, L.; MUNTAU, H. Metal Fluxes to the Sediments of the Northern Venice Lagoon. *Marine Chemistry, Italy*, v. 58, p. 275-292, 1997.

FUKUE, M.; NAKAMURA, T.; KATO, Y.; YAMASAKI, S. Degree of Pollution for marine sediments. *Engineering Geology, Osaka*, v. 53, p. 131-137, 1999.

GILBERT, W. PAULEY, S. & PARK, K. *Cartenter's origin solubility tables and monography for seawater as a function of temperature and salinity*. Corvalls, Oregon. Seattle University, Department of Oceanography, 1968, 139 p. (Data Report).

GOMES, N.A. Composição e variação anual do fitoplâncton na plataforma continental norte de Pernambuco. Recife, 1989, 198p. Dissertação (Mestrado em Criptógamos). UFPE.

GONSALVES, M. da et al. Propriedades físicas e químicas em dois pontos fixos na Enseada do Flamengo, Ubatuba (SP), no período de 03 a 07/04/77. *Bolm. Inst. Oceangr. São Paulo*, v. 29, n.1, p. 9-18, 1980.

GRASSHOF, F.K.; EHRARDT, M.; KREMLING, K. *Methods of seawater analysis*. 2. Ed. New York: Verlag Chemie, 1983, 317p.

GUEDES, E.A.C.G. Aspectos Taxonômicos e Químicos de Representantes das gigastinales (rhodophyta) na Praia de Jaguaribe, Itamaracá-PE. 1985. 189p. Dissertação (Mestrado em Botânica) Univ. Fed. Rural de PE.

GÜVEN, K. C.; SAYGI, N. & ÖZTÜRK, B. Survey of Metal Contents of Bosphorus Algae, *Zostera Marina* and Sediments. *Botanica Marina, Istambul*, v. 36, p. 175-178, 1993.

INTERNATIONAL FOR STANDARDIZATION ORGANIZATION. ISO Guide 35:1989 Certification of reference materials -- General and statistical principles, 32 p.

JORDAN, T.E., CORRELL, D.L., MIKLAS, J. et al. Nutrients and chlorophyll at the interface of a watershed and estuary. *Limnol. Oceanogr.* Lawrence, v. 36, n. 2, p. 251-267, Mar. 1991.

KANE, J.S. Reference samples for use in analytical geochemistry: their availability, preparation and appropriate use. *Journal of Geochemical Exploration*, v. 44, p.37-63, 1992.

KAREZ, C.S.; AMADO FILHO, G.M.; MOLL, D.M. & PFEIFFER, W.C. Concentrações de Metais em Algas Marinhas Bentônicas de Três Regiões do Estado do Rio de Janeiro. *An.Acad. Bras.Ci*, Rio de Janeiro, v. 66, n. 2, p. 205-211, 1994.

KAREZ, C.S.; MAGALHÃES, V.F.; PFEIFFER, W.C. & G. M.; AMADO FILHO, G. M. Trace Metal Accumulation by Algae in Sepetiba bay, Brazil. *Environmental Pollution*, Rio de Janeiro, v. 83, p. 351-356, 1994.

KARL, D.M. & TIEN, G. MAGIC: a sensitive and precise method for measuring dissolved phosphorus in aquatic environments. *Limnology and Oceanography*, Lawrence, v. 37, n. 1, p. 105-116, Jan. 1992.

KATZ, A. & KAPLAN, J.R. Heavy Metals Behaviour in Coast Sediments of Southern California: A Critical Review and Synthesis. *Mar. Chem*, v.10, p. 216-299, 1981.

KEMPF, M. Nota Preliminar sobre os fundos costeiros da região de Itamaracá (Norte do Estado de Pernambuco, Brasil). *Trab. Oceanogr. Univ. Fed. de PE. Recife*, v. 9/11, p. 95-110, 1970.

KOLESOV, G.M.; ANIKIEV, V.V. Determination and distribution of elements in suspended matter and bottom sediments from the estuaries of the Sea of Japan, the East

China Sea, the South China Sea and the Bering Sea. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 216, n. 2, p. 299-308, 1997.

LACERDA, L.D.; PFEIFFER, W.C.; FISZMAN, M. Heavy metals distribution, availability and Fate in Sepetiba Bay, S.E. Brazil. *The Science of the total environment*, v. 65, p. 163-173, 1987.

LACERDA, L.D.; FERNANDEZ, M.A.; CALAZANS C.F.; TANIZAKI, K.F. Bioavailability of heavy metals in sediments of two coastal lagoons in Rio de Janeiro, Brazil. *Hydrobiologia*, Niterói, v. 228, p. 65-70, 1992.

LACERDA, S.R. Variação diurna e sazonal do fitoplâncton no estuário do rio Paripe (Itamaracá - Pernambuco). Recife, 1994, 146 f. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). CTG, UFPE.

LEONARD, E.N.; ANKLEY, G.T.; HOKE, R.A. Evaluation of Metals in Marine and Freshwater Surficial Sediments from the Environmental Monitoring and Assessment Program Relative to Proposed Sediment Quality Criteria for Metals. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 15, n.10, p. 2221-2232, 1996

LIBES, S.M. An introduction to marine biogeochemistry. John Wiley & Sons, Inc. 734 p., 1992.

LINDSAY, P.; & BELL, F.G. Contaminated Sediment in Two United Kingdom Estuaries. *Environmental & Engineering Geoscience*, Durban, v. 3, n. 3, p. 375-387, 1997.

LOCATELLI, C.; FABBRI, D. & TORSI, G. Heavy Metal Determinations in Algae and Clams and Their Possible Employment for Assessing the Sea Water Quality Criteria. *Annali di Chimica*, v. 91, p. 425-434, 2001.

LÓPEZ-SÁNCHEZ, J.F.; RUBIO, R.; SAMITIER C. & RAURET, G. Trace Metal partitioning in marine sediments and sludges deposited off the Coast of Barcelona (Spain). *Water Research*, Barcelona, v. 30, n. 1, p. 153-159, 1996.

MACÊDO, S.J. Fisiocologia de alguns estuários do Canal de Santa Cruz (Itamaracá-PE). São Paulo, 1974. 121f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Geral). Departamento de Fisiologia Geral do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo.

MACÊDO, S.J. Cultivo da tainha (*Mugil curema Valenciennes, 1836*) em viveiros situados na Ilha de Itamaracá-PE, relacionado com as condições hidrológicas do Canal de Santa Cruz. São Paulo, 1977, 137 f. Tese (Doutorado em Fisiologia Geral) IB. USP

MACÊDO, S.J., MELO, H.N.S. & COSTA, K.M.P. Estudos ecológicos da região de Itamaracá Pernambuco - Brasil. XXIII. Condições hidrológicas do estuário do rio Botafogo. Trabs. Oceanogr. Univ. Fed. PE. Recife, v. 17, p. 81-122, 1982.

MACHADO, C.; SILVA, J.D.; DINIZ, P.F.M. Estudos sobre a Poluição em Praias Pernambucanas. In: Encontro do Centro de Ciências Biológicas, 4, Recife, p. 98, 1991.

MACHADO, A.L.S.; FERREIRA, A.G.; ZALMON, I.R. Metais Pesados em Macroalgas Marinhas na Costa Norte do Estado do Rio de Janeiro, Brasil. Tropical Oceanography, Recife, v. 31, p. 61-70, 2003.

MANDELLI, M.Q. Sobre a Composição Química de Algumas Espécies de Algas Marinhas Brasileiras. Ciência Cultura, v. 16, n. 3, p. 281-84, 1964.

MARTOJA, M.S.; MARTOJA, R. La Bioaccumulation de Metaux Process Physiologique Normal et Consequence de La Pollution. Le Courier do CNRS, v. 54, p. 32-37, 1984.

MEDEIROS, C.; KJERFVE, B. Hidrology of a tropical estuarine system: Itamaracá, Brazil. Estuarine, Coastal and Shelf Science. London, v. 36, p. 495-515, 1993.

MILLERO, F.J., SOHN, M.L. Chemical Oceanography. Boca Raton: CRC Press, 1992. 531 p.

MUSE, J.O.; STRIPEIKIS, J.D.; FERNÁNDEZ, d' HUICQUE, L.; TUDINO, M.B.; CARDUCCI, C.N.; TROCCOLI, O.E. Seaweeds in the Assessment of Heavy Metals

Pollution in the Gulf San Jorge, Argentina. *Environmental Pollution*, Buenos Aires, v. 104, p. 315-322, 1999.

NASSAR, C.A.G.; SALGADO, L.T.; VALENTIN, Y.Y.; AMADO FILHO, G.M. The effect of Iron-ore particles on the Metal Content of the Brown Alga *Padina gymnospora* (Espírito Santo Bay, Brazil. *Revista Brasileira de Botânica*, Rio de Janeiro, v. 25, n. 4, p. 459-468, 2002.

NIENCHESKI, L.F.; WINDOM, H. L. & SMITH, R. Distribution of Particulate Trace Metal in Patos Lagoon Estuary (Brazil). *Marine Pollution Bulletin*, Rio Grande do Sul, v. 28, n. 2, p. 96-102, 1994.

OKUDA, T., CAVALCANTI, L.B. & BORBA, M.P. Estudo da Barra das Jangadas. Variação do pH, oxigênio dissolvido e consumo de permanganato. *Trabs. Inst. Biol. Mar. Oceanogr. Universidade Federal de Pernambuco*. Recife, 2 (1):193-206. 1960

OLIVEIRA FILHO, E.C. Algas marinhas bentônicas no Brasil. São Paulo, 1977. 389p. Livre Docência. Universidade de São Paulo. Instituto de Biociências.

OLIVEIRA FILHO, E.C. A exploração de algas marinhas no Brasil. In: ACCLETO, C. et alii (ed). *Phycologia Latino Americana*. Germany, v.1, p. 5-18, 1981.

OTTMANN, F; OKUDA, T; CAVALCANTI, L.B.; SILVA, O.C.; N ARAÚJO, J.V.A.; COELHO, P.A. ;PARANAGUÁ, M.N. ; ESKINAZI, E. Estudo da Barra de Jangadas – Parte V –Efeitos da poluição sobre a ecologia do estuário.*Trab.Inst.Oceanogr. Universidade Federal de Pernambuco*, v. 7/8, p. 7-16, 1965/1966).

PALANQUES, A.; SANCHEZ-CABEZA, J.A.; MASQUÉ, P.; LEÓN, L. Historical record of heavy metals in a highly contaminated Mediterranean deposit: The Besòs prodelta. *Marine Chemistry*, Spain, v. 61, p. 209-217, 1998.

PASSAVANTE, J.Z. de O Produção primária do fitoplâncton do Canal de Santa Cruz (Itamaracá – PE). São Paulo, 1979. 188p. Tese (Doutorado em Oceanografia). Inst. Ocean. da Universidade de São Paulo, 1979a

PASSAVANTE, J.Z. de O Contribuição ao estudo dos dinoflagelados da plataforma continental de Pernambuco (Brasil). Trab. Oceanogr. Univ. Fed. Pe. Recife, V.14, p.31-54, 1979b.

PEREIRA, S. M.B. Rodofíceas marinhas da Ilha de Itamaracá e arredores (Estado de Pernambuco – Brasil) 1977. 273f. Tese (Doutorado), Universidade de São Paulo, São Paulo.

PEREIRA. S.M.B.; OLIVEIRA-CARVALHO, M.F.; ANGEIRA, J. A. P.; OLIVEIRA. N.M.B.; TORRES. J.; GESTINARI, L.M.S.; BANDEIRA-PEDROSA, M.E.; CONCENTINO, A.L.M.; SANTOS, M.D.; NASCIMENTO, P.R.F.; CAVALCANTI, D.R. Algas bentônicas do estado de Pernambuco.p. 97-124. In: TABARELLI, M.; SILVA, J.M.C. (Eds.) Diagnóstico da Biodiversidade de Pernambuco. Secretaria de Ciência, Tecnologia e Meio Ambiente de Pernambuco, Editora Massangana, Recife, 2002.

PHANEUF, D.; CÔTÉ, I.; DUMAS, P.; FERRON, L.A. & LEBLANC, A. Evaluation of the Contamination of Marine Algae (Seaweed) from the St. Lawrence River and Likely to be Consumed by Humans.Environmental Research, Quebec, Section A 80, p. 175-182, 1999.

PREGO, R.; BAO, R.; HOWLAND, R. The biogeochemical cycling of dissolved silicate in a Galician Ria. Ophelia. Helsingor, v. 42, p. 301-318, Sep. 1995.

PRUDENTE, M.S.; ICHIHASHI, H. & TATSUKAWA, R. Heavy Metal Concentrations in Sediments from Manila Bay, Philippines and Inflowing Rivers. Environmetal Pollution, Matsuyama, v. 86, p. 83-88, 1993.

ROCHA, M.F. Variação Espacial e sazonal dos níveis de Metais nos Sedimentos Superficiais e Ostra de Mangue (*crassostrea rhizophorar* Guilding, 1828) do Complexo

Estuarino de Itamaracá (PE). 2000. Recife, 77p. Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco.

ROUSSEAU, R.M. & BOIVIN, J.A The fundamental algorithm: a natural extension of the sherman equation. Part I. Theory. The Rigaku Journal, v.15, n. 1, 16p. 1998.

SALOMONS, W. & FORSTNER, V. Metals in the hidrocycles. Berlin Springer - Verlag, 1984.

SANCHIZ, C.; GARCIA-CARRASCOSA, A.M.; PASTOR, A. Bioaccumulation of Hg, Cd, Pb and Zn in Four Marine Phanerogams and the Alga *Caulerpa prolifera* (Försskal) Lamouroux from the Esat Coast of Spain. Botanica Marina, v. 42, p. 157-164, 1999.

SANTOS, A.L.F.; QUEIROZ, A.F.S.; MASCARENHAS, L.S. Concentrações de Metais Pesados em Sedimentos de Manguezais do Estuário do Rio Joanes- BA, Subsídios para Estudos de Monitoramento em Regiões do Litoral Norte do Estado da Bahia. Sitientibus, Feira de Santana, n. 17, p. 197-204, 1997.

SANTOS, M.A.C. dos; Crustáceos Decápodes do Litoral de Jaboatão dos Guararapes (Pernambuco-Brasil), Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 1993. 153p .

SAWIDIS, T.; CHETTRI, M.K.; ZACHARIADIS, G.A. & STRATIS, J.A. Heavy Metals in Aquatic Plants and Sediments from Water Systems in Macedonia, Greece. Ecotoxicology and Environmental, Macedonia, v. 32, p. 73-80, 1995.

SFRISO, A.; MARCOMINI. A. & ZANETTE, M. Heavy Metals in Sediments, SPM and Phytozoobenthos of the Lagoon of Venice. Marine Pollution Bulletin, Venice, v. 30, n. 2, p. 116-124, 1995.

SHARAF, ILLMAN & KOWALSKI, 1986. Chemometrics. New York, John Wiley.

STURGEON, R.E.; WILLIE, S.N.; METHVEN, B.A. & LAM, J.W.H. Continuous-flow Microwave-assisted Digestion of Environmental Samples Using Atomic Spectrometric Detection. *Journal of Analytical Atomic Spectrometry*, Canada, v.10, p. 981-986, 1995.

STRICKLAND, J.D.H. & PARSONS, T.R. A Practical Handbook of seawater analysis. 2 Ed. *Bulletin Fisheries Board of Canada*, Ottawa, N. 167, p. 207-211, 1972.

SUDENE – Levantamento Exploratório – Reconhecimento de Solos do Estado de Pernambuco 2: Descrição de Perfis de Solos e Análises. Recife: MA – SUDENE, 1972. 354p.

SZEFER, P.; GELDON, J.; ALI, A.A.; OSUNA, F. P.; FERNANDES, A. C. R. & GALVAN, S.R.G. Distribution and Association of Trace Metals In Soft Tissue and Byssus of *Mytella Strigata* and Other Benthic Organisms from Mazatlan Harbour, Mangrove Lagoon of The Northwest Coast Of Mexico. *Environmental International*, México, v. 24, n. 3, p. 359-374, 1998.

TANNER, P.A.; LEONG L.S. Metals in a Marine Sediment Core from Near Ma Wan, Hong Kong. *Water-Air-and-Soil-Pollution*, Kowloon, v 121, n.1-4, p. 308-325, 1999.

TANNER, P.A.; LEONG, L.S. & PAN, S.M. Contamination of Heavy Metals in Marine Sediment Cores from Victoria Harbour, Hong Kong. *Marine Pollution Bulletin*, Nanjing, v. 40, n. 9, p. 769-779, 2000.

TELLES, D.L. Inseticidas Organoclorados e Bifenilados Policlorados (PCBs) na Região Estuarina de Itamaracá, PE : Aspectos Analíticos e Ambientais. Recife, 2001. 167p.

TRAVASSOS, P.E.P.F. Hidrologia e biomassa primária do fitoplâncton no Estuário do rio Capibaribe (Recife-Pernambuco). Recife, 1991, 288p. Dissertação (Mestrado em Oceanografia Biológica). CTG, UFPE.

VAN ALSENOY, V.; BERNAD, P. & GRIEKEN, R. V. Elemental Concentrations and Heavy Metal Pollution in Sediments and Suspended Matter from the Belgian North Sea

and the Scheldt estuary. The Science of the Total Enviromental, Belgium, v 133, p. 153-181, 1993.

WINDON, H.L. and SMITH, R.G. Copper concentrations in surface waters of the southastern Atlantic Coast. U. S. A. Marine Chemistry, v.7, p. 157-163, Nethorland, 1979.

WINDON, H. L., WALLACE, G.; SMITH, R.; DUDEK, N.; NAEDA, M.; UEMAGE, R. and STORTI, F. Behavior of Cooper in Southeastern United States Estuaries. Marine Chemistry, v.12, p.183-193, 1983.

WOOD, J.M. Biological cycles for toxic elements in the environment. Science, v.183, p. 1049-1052, 1974.

WYNNE, M.J. A Checklist of Benthic Marine Algae of the Tropical and Subtropical Western Atlantic: First Revision. Nova Hedwigia, v.116, p. 1-155, 1998.

YOKOYAMA, M.Y.; GUIMARÃES, O. Determinação dos teores de Na, P, K e proteínas em algumas algas marinhas. Acta Biológica Paranaense, Curitiba, v. 4, n. 19, 1975.

ANEXOS

Anexo 1 : Metodologias e resultados de análises de metais em material certificado (BCR/CRM 279)

Os resultados médios apresentados abaixo foram realizados nos Laboratórios do ITEP e UFPE, exceto os dos testes 9 e 10.

Teste 1

- Pesar 0,25g do padrão de Ulva Lactuca
 - Fazer um branco usando só o ácido
 - Adicionou-se 5mL do HNO₃ conc. 65% ao tubo pyrex
 - Levou ao bloco digestor a partir de 50° C até $\pm 150^{\circ}$ C por ± 04 horas.
 - OBS: adicionar mais 5 mL de HNO₃ aos tubos
 - Esfriar.
 - Adicionar 25 mL de água Milli-Q.
 - Filtrar. Transferir para os frascos de polietileno.
- Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no ICP-AES.

$\mu\text{g.g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
HNO ₃	51,35	98,62	1.338	8,83

Teste 2

- Pesar 0,25g do padrão de Ulva Lactuca
 - Fazer um branco usando os ácidos
 - Adicionou-se 2,5mL do HNO₃ conc. 65% e 2,5 mL de H₂SO₄ ao tubo pyrex
 - Levou ao bloco digestor a partir de 50° C até $\pm 150^{\circ}$ C por ± 04 horas.
 - Adicionar mais 5 mL de HCl+ H₂SO₄ aos tubos.
 - Esfriar.
 - Adicionar 25 mL de água Milli-Q.
 - Filtrar. Transferir para os frascos de polietileno.
- Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no ICP-AES

$\mu\text{g.g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
HNO ₃ +H ₂ SO ₄	41,52	108,30	1258	6,63

Teste 3

- Pesar 0,25g do padrão de Ulva Lactuca
 - Fazer um branco usando os ácidos
 - Adicionou-se 5mL de uma mistura de HCl + HNO₃ ao tubo pyrex
 - Levou ao bloco digestor a partir de 50° C até $\pm 150^{\circ}$ C por ± 04 horas.
 - Adicionar mais 5 mL de HCl+ HNO₃ aos tubos.
 - Esfriar.
 - Adicionar 25 mL de água Milli-Q.
 - Filtrar. Transferir para os frascos de polietileno.
- Estocar sob refrigeração.
Fez a leitura no ICP-AES.

$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
HCl+ HNO ₃	129,38	134,57	1.506	24,20

Teste 4

- Pesar 0,25g do padrão de Ulva Lactuca
- Fazer um branco usando os ácidos
- Adicionar 5mL de uma mistura de HNO₃+ H₂SO₄+ HClO₄ ao tubo pyrex.
- Levar ao bloco digestor a partir de 50° C até $\pm 150^\circ\text{C}$ por ± 04 horas.
- Esfriar.
- Adicionar 25 mL de HNO₃.
- Filtrar em papel faixa branca. Transferir para os frascos de polietileno.
- Estocar sob refrigeração.
- Fazer a leitura no ICP-AES.

$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
HNO ₃ + H ₂ SO ₄ + HClO ₄ (HNO ₃)	42,37	78,59	1225	11,88

Teste 5

- Pesar 0,25g do padrão de Ulva Lactuca
- Fazer um branco usando os ácidos
- Erlenmeyer de 125mL
- Chapa aquecedora
- Adicionar 10mL do HNO₃
- Levar a chapa aquecedora até secura 300° C por ± 115 horas.
- Esfriar.
- Adicionar 5 mL de HClO₄ e retornar à chapa aquecedora até quase a secura.
- Esfriar.
- Adicionar 15 mL de HCl 0,1 N.
- Filtrar em papel faixa preta. Transferir para os frascos de polietileno.
- Estocar sob refrigeração.
- Fazer a leitura no AAS.

$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
HNO ₃ + HClO ₄ + HCl (HCl)	55,38	14,12	1230	14,12

Teste 6

- Pesar 0,5g do padrão de Ulva Lactuca
- Fazer um branco usando o ácido
- Erlenmeyer de 125mL
- Chapa aquecedora
- Adicionar 10mL do HNO₃ + 5 mL de HClO₄
- Levar a chapa aquecedora até quase secura 150° C por ± 4 horas.
- Esfriar.
- Adicionar 25 mL de HNO₃ 0,1 N.

- Filtrar em papel faixa preta. Transferir para os frascos de polietileno.
Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no AAS.

$\mu\text{g.g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
HNO ₃ + HClO ₄ (HNO ₃)	51,35	13,12	2380	13,12

Teste 7

- Pesar 0,25g do padrão de Ulva Lactuca
- Fazer um branco usando o ácido
- Béquer de 100mL
- Chapa aquecedora
- Adicionar 4mL do HNO₃
- Levar a chapa aquecedora não deixando ferver e nem secar a 90°C por $\pm 56:41$ horas gastando-se 120 mL de HNO₃.
- Esfriar.
- Adicionar 4mL de HNO₃ e levar novamente à chapa aquecedora com os mesmos cuidados anteriores até a solução ficar límpida (repetidamente)
- Esfriar.
- Adicionar 15 mL de HCl 0,1 N.
- Filtrar em papel faixa preta. Transferir para os frascos de polietileno.
Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no AAS.

$\mu\text{g.g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
HNO ₃ + HClO ₄ (HCl)	59,30	18,49	1543	17,00

Teste 8

- Pesar 0,25g do padrão de Ulva Lactuca
- Fazer um branco usando os ácidos
- Adicionar 5mL do H₂O₂ + HNO₃ ao tubo pyrex
- Adicionou-se 5 mL de uma mistura (1:1) do HNO₃+H₂O₂ ao tubo pyrex.
- Levar ao bloco digestor a partir de 50° C até $\pm 150^\circ$ C por ± 04 horas.
- Esfriar.
- Adicionar 25 mL de HCl 0,1N.
- Filtrar. Transferir para os frascos de polietileno.
Estocar sob refrigeração.
Fez a leitura no ICP-AES.

$\mu\text{g.g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
H ₂ O ₂ + HNO ₃ (HCl)	61,64	24,39	2460	23,65

Teste 9

- Pesar 0,50g do padrão de Ulva Lactuca
- Fazer um branco usando só o ácido
- Béquer de 100mL
- Chapa aquecedora
- Adicionar 7mL do HNO_3
- Levar ao forno de microondas por ± 20 minutos.
- Esfriou-se
- Adicionar 15 mL de HCl 0,1 N.
- Filtrar em papel faixa preta. Transferir para os frascos de polietileno.
Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no AAS.

Resultados das análises realizadas no Rio de Janeiro – Laboratório do Dr. Gilberto Amado Filho

	Zn	Pb	Fe	Cu
Padrão Certificado	51,30	13,48	2400	13,14
Digestão - Rio de Janeiro	49,2 $\pm$ 18,5	20,18 $\pm$ 5,07	1770 $\pm$ 72	8,62 $\pm$ 1,53

Teste 10

- Pesar 0,50g do padrão de Alga úmida
- Erlenmeyer de 250mL
- Chapa aquecedora
- Fazer um branco usando os ácidos
- Adicionar 10mL do HNO_3 +5 mL de HClO_4
- Levar a chapa aquecedora até secura 300° C por $\pm 2:00$ horas.
- Esfriar.
- Adicionar 25 mL de HNO_3 0,1 N.
- Filtrar em papel faixa preta. Transferir para os frascos de polietileno.
Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no AAS.

Resultados das análises realizadas no Laboratório da Dra. Suzana Martorelli - Recife

	Pb	Cu	Fe
Padrão Certificado	13,48$\pm$0,36$\mu\text{g/g}$	13,14$\pm$0,37$\mu\text{g/g}$	2400$\pm$300$\mu\text{g/g}$
Digestão	13,20	12,62	2068

Teste 11

- Pesar 0,50g do padrão de Alga úmida
- Erlenmeyer de 250mL
- Chapa aquecedora
- Fazer um branco usando os ácidos
- Adicionar 10mL do HNO_3 +5 mL de HClO_4 + HF
- Levar a chapa aquecedora até secura 300° C por $\pm 2:00$ horas.
- Esfriar.
- Adicionar 25 mL de HNO_3 0,1 N.

- Filtrar em papel faixa preta. Transferir para os frascos de polietileno.
Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no AAS.

$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
$\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF (HNO}_3\text{)}$	40,13	8,39	987	7,34

Teste 12

- Pesar 0,50g do padrão de Alga úmida
- Erlenmeyer de 250mL
- Chapa aquecedora
- Fazer um branco usando os ácidos
- Adicionar 10mL do HNO_3 + 5 mL de HF
- Levar a chapa aquecedora até secar a 300°C por $\pm 2:00$ horas.
- Esfriar.
- Adicionar 25 mL de HNO_3 0,1 N.
- Filtrar em papel faixa preta. Transferir para os frascos de polietileno.
Estocar sob refrigeração.
Fazer a leitura no AAS.

$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$	Zn	Pb	Fe	Cu
Material certificado de alga	51,30	13,48	2400	13,14
$\text{HNO}_3 + \text{HF (HNO}_3\text{)}$	40,67	5,28	1236	8,67

Anexo 2 : Resultados dos teores de metais nos sedimentos(Raio-X)

Sedimento Norte	Fe(%)	Zn(mg.Kg ⁻¹)	Pb(mg.Kg ⁻¹)	Cu(mg.Kg ⁻¹)
SN1	0,064	4,127	8,226	38,367
SN1	0,064	4,981	1,000	40,202
SN1	0,065	4,872	7,058	35,384
Média	0,064	4,660	5,428	37,984
Mediana	0,064	4,872	7,058	38,367
Desvio Padrão	0,000	0,380	3,167	1,985
Desvio relativo(%)	0,733	8,144	58,349	5,227
SN2	0,325	6,547	7,500	39,000
SN2	0,325	6,547	7,500	39,000
SN2	0,326	6,548	7,500	39,000
Média	0,325	6,547	7,500	39,000
Mediana	0,325	6,547	7,500	39,000
Desvio Padrão	0,000	0,000	0,000	0,000
Desvio relativo(%)	0,163	4,629	4,330	22,517
SN3	0,318	16,453	8,098	46,156
SN3	0,314	13,941	7,545	53,992
SN3	0,342	14,954	6,857	44,309
Média	0,325	15,116	7,500	48,152
Mediana	0,318	14,954	7,545	46,156
Desvio Padrão	0,012	1,032	0,508	4,198
Desvio relativo(%)	3,808	6,827	6,768	8,717
SN4	0,065	4,916	2,914	35,776
SN4	0,054	4,595	5,566	37,064
SN4	0,055	7,505	5,860	34,026
Média	0,058	5,672	4,780	35,622
Mediana	0,055	4,916	5,566	35,776
Desvio Padrão	0,005	1,303	1,325	1,245
Desvio relativo(%)	8,563	22,968	27,718	3,495
SN5	0,075	5,200	3,086	34,496
SN5	0,077	5,117	7,427	40,498
SN5	0,075	3,429	6,074	37,432
Média	0,076	4,582	5,529	37,475
Mediana	0,075	5,117	6,074	37,432
Desvio Padrão	0,001	0,816	1,814	2,450
Desvio relativo(%)	1,246	17,809	32,802	6,539
SN6	0,077	4,774	8,289	38,871
SN6	0,077	4,762	5,364	35,922
SN6	0,075	5,855	7,075	40,203
Média	0,076	5,130	6,909	38,332
Mediana	0,077	4,774	7,075	38,871
Desvio Padrão	0,001	0,512	1,200	1,789
Desvio relativo(%)	1,235	9,988	17,366	4,667

Sedimento Norte	Fe(%)	Zn(mg.Kg ⁻¹)	Pb(mg.Kg ⁻¹)	Cu(mg.Kg ⁻¹)
SN7	0,072	6,104	3,580	40,935
SN7	0,072	5,824	1,000	38,301
SN7	0,077	6,786	1,000	37,027
Média	0,074	6,238	1,860	37,005
Mediana	0,073	6,104	1,000	37,664
Desvio Padrão	0,002	0,404	1,216	3,341
Desvio relativo (%)	2,805	6,476	65,388	9,029
SN8	0,069	7,307	4,301	40,377
SN8	0,073	7,218	10,181	41,935
SN8	0,072	10,081	6,895	36,156
Média	0,071	8,202	7,126	39,489
Mediana	0,072	7,307	6,895	40,377
Desvio Padrão	0,002	1,329	2,406	2,441
Desvio relativo (%)	2,383	16,205	33,766	6,182
SN9	0,091	4,230	5,043	40,497
SN9	0,090	4,414	8,512	42,551
SN9	0,092	5,458	7,079	36,156
Média	0,091	4,701	6,878	39,735
Mediana	0,091	4,414	7,079	40,497
Desvio Padrão	0,001	0,541	1,423	2,666
Desvio relativo(%)	0,897	12,251	20,106	6,583
SN10	0,091	5,653	3,788	37,989
SN10	0,090	7,539	4,512	38,882
SN10	0,090	6,268	3,559	38,249
Média	0,090	6,487	3,953	37,026
Mediana	0,090	6,268	3,788	37,989
Desvio Padrão	0,002	0,785	0,362	2,596
Desvio relativo (%)	1,899	12,107	9,158	7,011
SN11	0,079	4,636	5,787	36,841
SN11	0,078	5,307	7,409	37,397
SN11	0,078	5,024	6,951	36,001
Média	0,079	4,989	6,716	36,625
Mediana	0,079	5,024	6,951	36,841
Desvio Padrão	0,000	0,275	0,683	0,465
Desvio relativo(%)	0,601	5,513	10,167	1,269
SN12	0,093	6,252	5,178	41,320
SN12	0,091	7,353	4,971	34,659
SN12	0,091	9,404	6,042	37,144
Média	0,092	7,670	5,397	37,858
Mediana	0,091	7,353	5,178	37,727
Desvio Padrão	0,001	1,306	0,464	2,394
Desvio relativo(%)	0,946	17,030	8,595	6,325

Sedimento Sul	Fe(%)	Zn(mg.Kg ⁻¹)	Pb(mg.Kg ⁻¹)	Cu(mg.Kg ⁻¹)
SS1	0,249	7,12	5,396	40,971
SS1	0,247	8,28	6,647	45,477
SS1	0,245	6,89	0,810	45,191
Média	0,247	7,430	4,014	43,880
Mediana	0,247	7,120	5,396	45,191
Desvio Padrão	0,002	0,609	2,884	2,060
Desvio relativo(%)	0,661	8,192	71,846	4,695
SS2	0,215	7,755	0,810	46,429
SS2	0,202	7,362	5,301	41,281
SS2	0,207	6,161	5,545	39,866
Média	0,208	7,093	5,423	42,525
Mediana	0,207	7,362	5,301	41,281
Desvio Padrão	0,005	0,678	2,558	2,820
Desvio relativo(%)	2,574	9,560	47,176	6,632
SS3	0,122	5,991	5,977	45,386
SS3	0,125	7,16	4,366	46,907
SS3	0,121	5,958	8,194	52,456
Média	0,123	6,370	6,179	48,250
Mediana	0,122	5,991	5,977	46,907
Desvio Padrão	0,002	0,559	1,569	3,038
Desvio relativo(%)	1,386	8,776	25,397	6,297
SS4	0,383	6,62	7,322	44,928
SS4	0,317	7,683	4,832	47,823
SS4	0,317	8,954	5,569	52,896
Média	0,339	7,752	5,908	48,549
Mediana	0,317	7,683	5,569	47,823
Desvio Padrão	0,031	0,954	1,044	3,293
Desvio relativo(%)	9,178	12,307	17,678	6,783
SS5	0,312	6,207	7,139	48,988
SS5	0,328	8,801	8,059	54,085
SS5	0,329	8,956	6,451	51,713
Média	0,323	7,988	7,21633	51,5953
Mediana	0,328	8,801	7,139	51,713
Desvio Padrão	0,008	1,261	0,659	2,083
Desvio relativo(%)	2,411	15,786	9,128	4,036
SS6	0,282	5,197	1,000	43,988
SS6	0,284	7,043	4,207	40,734
SS6	0,281	9,915	1,766	43,206
Média	0,282	7,385	2,324	42,643
Mediana	0,282	7,043	1,766	43,206
Desvio Padrão	0,001	1,941	1,367	1,387
Desvio relativo(%)	0,442	26,286	58,833	3,252

Sedimento Sul	Fe(%)	Zn(mg.Kg ⁻¹)	Pb(mg.Kg ⁻¹)	Cu(mg.Kg ⁻¹)
SS7	0,636	25,762	28,293	94,569
SS7	0,640	24,280	1,000	78,964
SS7	0,644	26,427	15,907	79,73
Média	0,640	25,490	15,067	84,421
Mediana	0,640	25,762	15,907	79,730
Desvio Padrão	0,003	0,897	11,158	7,183
Desvio relativo(%)	0,510	3,521	74,059	8,508
SS8	0,351	5,199	0,810	46,723
SS8	0,352	11,701	5,935	55,041
SS8	0,350	7,975	12,232	48,000
Média	0,351	8,292	6,056	49,921
Mediana	0,351	7,975	5,935	48,000
Desvio Padrão	0,001	2,664	4,994	3,657
Desvio relativo(%)	0,233	32,127	82,475	7,327
SS9	0,431	11,108	8,777	52,738
SS9	0,422	12,558	5,108	57,223
SS9	0,426	8,023	9,932	55,646
Média	0,426	10,563	7,939	55,202
Mediana	0,426	11,108	8,777	55,646
Desvio Padrão	0,004	1,891	2,057	1,858
Desvio relativo(%)	0,864	17,903	25,905	3,365
SS10	0,462	12,822	9,204	54,802
SS10	0,459	9,659	10,294	57,131
SS10	0,454	12,663	8,426	59,768
Média	0,458	11,715	9,308	57,234
Mediana	0,459	12,663	9,204	57,131
Desvio Padrão	0,003	1,455	0,766	2,029
Desvio relativo(%)	0,719	11,490	8,324	3,551
SS11	0,436	10,583	7,618	50,627
SS11	0,481	14,14	5,273	48,779
SS11	0,484	16,219	1,000	49,599
Média	0,467	13,647	4,630	49,668
Mediana	0,481	14,14	5,273	49,599
Desvio Padrão	0,022	2,327	2,740	0,756
Desvio relativo(%)	4,701	17,052	59,169	1,522
SS12	0,557	11,607	15,234	60,416
SS12	0,562	12,170	1,000	58,963
SS12	0,564	14,696	8,924	58,234
Média	0,561	12,824	8,386	59,204
Mediana	0,562	12,170	8,924	58,963
Desvio Padrão	0,003	1,343	5,823	0,907
Desvio relativo(%)	0,525	10,474	69,442	1,532

Resultados medianos de metais nos sedimentos (Raio-X)

Ferro (%)		
meses	Sul	Norte
mai	0,247	0,064
jun	0,207	0,325
jul	0,122	0,318
ago	0,317	0,055
set	0,328	0,075
out	0,282	0,077
nov	0,640	0,073
dez	0,351	0,072
jan	0,426	0,091
fev	0,459	0,090
mar	0,481	0,079
abril	0,526	0,091
Mediana	0,339	0,078

Zinco(mg. kg ⁻¹)		
Meses	Sul	Norte
mai	7,120	4,872
jun	7,362	6,547
jul	5,991	14,954
ago	7,683	4,916
set	8,801	5,117
out	7,043	4,774
nov	25,762	6,104
dez	7,975	7,307
jan	11,108	4,414
fev	12,663	6,268
mar	14,140	5,024
abril	12,170	7,353
Mediana	8,388	5,610

Chumbo(mg. kg ⁻¹)		
Meses	Sul	Norte
mai	5,396	7,058
jun	5,301	7,500
jul	5,977	7,545
ago	5,569	5,566
set	7,139	6,074
out	1,766	7,075
nov	15,907	1,000
dez	5,935	6,895
jan	8,777	7,079
fev	9,204	3,788
mar	5,273	6,951
abr	8,924	5,178
Mediana	5,942	6,923

Cobre(mg. kg ⁻¹)		
Meses	Sul	Norte
mai	45,191	38,367
jun	41,281	39,000
jul	46,907	46,156
ago	47,823	35,776
set	51,713	37,432
out	43,206	38,871
nov	79,730	37,664
dez	48,000	40,377
jan	55,646	40,497
fev	57,131	37,989
mar	49,599	36,841
abril	58,963	37,727
Mediana	48,799	38,178

Anexo 3: Resultados dos teores de metais nas algas (AAS)

Amostras da área Norte	Código	Zn($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GN2(1)	31,56	141,00	0,674	10,99
Maio-00	GN2(2)	32,83	145,00	0,674	10,97
	GN2(3)	30,69	137,00	0,674	12,00
	Mediana	31,56	141,00	0,674	10,99
	Média	31,69	141,00	0,674	11,32
	Desvio	1,08	3,27	0,00	0,48
	Des Rel (%)	3,40	2,32	0,00	4,25
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GN3(1)	34,82	142,94	2,90	4,00
Junho-00	GN3(2)	35,67	134,73	2,40	4,50
	GN3(3)	36,35	163,00	2,70	4,00
	Mediana	35,67	142,94	2,70	4,00
	Média	35,61	146,89	2,67	4,17
	Desvio	0,77	14,54	0,25	0,29
	Des Rel (%)	2,15	9,90	9,48	6,95
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GN4(1)	62,26	304,71	5,74	11,71
Julho-00	GN4(2)	59,75	336,54	5,79	11,70
	GN4(3)	57,57	270,04	4,94	10,30
	Mediana	59,75	304,71	5,74	11,70
	Média	59,86	303,76	5,49	11,24
	Desvio	2,35	33,26	0,48	0,81
	Des Rel (%)	3,92	10,95	8,69	7,22
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GN12(1)	42,44	224,30	0,65	4,68
Agosto-00	GN12(2)	46,90	209,40	0,80	4,68
	GN12(3)	49,34	194,70	0,85	5,16
	Mediana	46,90	209,40	0,80	4,68
	Média	46,23	209,47	0,77	4,84
	Desvio	3,50	14,80	0,10	0,28
	Des Rel (%)	7,57	7,07	13,58	5,73
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GN5(1)	16,17	210,50	0,674	1,62
Setembro-00	GN5(2)	14,28	182,20	0,674	1,62
	GN5(3)	15,41	194,32	0,674	1,62
	Mediana	15,41	194,32	0,674	1,62
	Média	15,29	195,67	0,674	1,62
	Desvio	0,95	14,20	0,00	0,00
	Des Rel (%)	6,22	7,26	0,00	0,00

Amostras da área Norte	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Gracilariopsis lemaneiformis	GN6(1)	37,03	225,07	2,35	6,52
Outubro-00	GN6(2)	36,72	255,55	2,40	6,56
	GN6(3)	39,80	255,55	2,20	7,49
	Mediana	37,03	255,55	2,35	6,56
	Média	37,85	245,39	2,32	6,86
	Desvio	1,70	17,60	0,08	0,55
	Des Rel (%)	4,48	7,17	3,67	8,00
Gracilariopsis lemaneiformis	GN7(1)	46,15	98,83	1,55	6,08
Novembro-00	GN7(2)	47,01	104,54	1,29	6,08
	GN7(3)	45,34	107,70	1,34	6,05
	Mediana	46,15	104,54	1,34	6,08
	Média	46,17	103,69	1,39	6,07
	Desvio	0,84	4,50	0,14	0,02
	Des Rel (%)	1,81	4,34	9,90	0,29
Gracilariopsis lemaneiformis	GN8(1)	28,69	125,90	0,44	2,88
Dezembro-00	GN8(2)	27,87	115,70	0,44	2,58
	GN8(3)	31,80	138,60	0,48	3,00
	Mediana	28,69	125,90	0,44	2,88
	Média	29,45	126,73	0,45	2,82
	Desvio	2,07	11,47	0,02	0,22
	Des Rel (%)	7,04	9,05	5,09	7,67
Gracilariopsis lemaneiformis	GN9(1)	38,07	136,16	0,674	3,26
Janeiro-01	GN9(2)	34,73	139,51	0,674	2,80
	GN9(3)	33,19	130,04	0,674	2,81
	Mediana	34,73	136,16	0,674	2,81
	Média	35,33	135,24	0,674	2,96
	Desvio	2,49	4,80	0	0,26
	Des Rel (%)	7,06	3,55	0	8,89
Gracilariopsis lemaneiformis	GN10(1)	29,15	211,00	1,45	2,50
Fevereiro-01	GN10(2)	26,67	174,35	1,35	2,80
	GN10(3)	24,04	180,52	1,59	2,34
	Mediana	26,67	180,52	1,45	2,50
	Média	26,62	188,62	1,46	2,55
	Desvio	2,56	19,62	0,12	0,23
	Des Rel (%)	9,60	10,40	8,24	9,17

Amostras da área Norte	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GN11(1)	35,76	86,00	0,55	2,74
Março-01	GN11(2)	30,07	84,00	0,49	2,80
	GN11(3)	31,06	88,00	0,45	2,81
	Mediana	31,06	86,00	0,49	2,80
	Média	32,30	86,00	0,50	2,78
	Desvio	3,04	1,63	0,05	0,04
	Des Rel (%)	9,41	1,90	10,13	1,36
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GN 1	29,94	42,00	1,35	3,49
Abril-01	GN 1	27,67	48,00	0,60	3,00
	GN 1	28,34	48,00	1,10	2,50
	Mediana	28,34	48,00	1,10	3,00
	Média	28,65	46,00	1,02	3,00
	Desvio	1,17	2,83	0,38	0,40
	Des Rel (%)	4,07	6,15	37,56	13,49

Amostras da área Sul	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Gracilariopsis lemaneiformis	GS1(1)	27,53	308,00	3,70	1,70
Maio-00	GS1(2)	25,96	405,00	3,30	1,60
	GS1(3)	24,92	401,00	3,10	1,90
	Mediana	25,96	401,00	3,30	1,70
	Média	26,14	371,33	3,37	1,73
	Desvio	1,31	2,83	0,31	0,15
	Des Rel (%)	5,03	0,76	9,07	8,81
Gracilariopsis lemaneiformis	GS2(1)	40,20	284,00	1,45	6,49
Junho-00	GS2(2)	39,88	301,00	1,30	6,00
	GS2(3)	45,81	355,00	2,05	5,50
	Mediana	40,20	301,00	1,45	6,00
	Média	41,96	313,33	1,60	6,00
	Desvio	2,72	30,27	0,32	0,40
	Des Rel (%)	6,49	9,66	20,25	6,74
Gracilariopsis lemaneiformis	GS3(1)	27,30	363,00	1,45	2,60
Julho-00	GS3(2)	30,16	391,00	1,30	3,10
	GS3(3)	26,89	389,00	1,20	2,70
	Mediana	27,30	389,00	1,30	2,70
	Média	28,12	381,00	1,32	2,80
	Desvio	1,78	15,62	0,13	0,26
	Des Rel (%)	6,34	4,10	9,56	9,45
Gracilariopsis lemaneiformis	GS4(1)	30,18	454,00	2,80	14,00
Agosto-00	GS4(2)	25,13	422,00	2,30	14,00
	GS4(3)	28,93	399,00	2,50	14,40
	Mediana	28,93	422,00	2,50	14,00
	Média	28,08	425,00	2,53	14,13
	Desvio	2,63	27,62	0,25	0,23
	Des Rel (%)	9,37	6,50	9,93	1,63
Gracilariopsis lemaneiformis	GS5(1)	35,33	621,00	1,40	4,50
Setembro-00	GS5(2)	33,28	562,00	1,60	4,50
	GS5(3)	35,95	682,00	1,60	4,00
	Mediana	35,33	621,00	1,60	4,50
	Média	34,85	621,67	1,53	4,50
	Desvio	1,40	48,99	0,12	0,24
	Des Rel (%)	4,01	7,88	7,53	5,24

Amostras da área Sul	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
Gracilariopsis lemaneiformis	GS6(1)	21,75	666,00	0,80	2,50
Outubro-00	GS6(2)	19,85	718,00	0,85	2,50
	GS6(3)	21,16	567,00	0,70	2,50
	Mediana	21,16	666,00	0,80	2,50
	Média	20,92	650,33	0,78	2,50
	Desvio	0,97	62,63	0,08	0,00
	Des Rel (%)	4,65	9,63	9,75	0,00
Gracilariopsis lemaneiformis	GS7(1)	28,14	276,00	1,52	3,00
Novembro-00	GS7(2)	25,67	299,32	1,70	2,50
	GS7(3)	28,86	262,62	1,55	3,01
	Mediana	28,14	276,00	1,55	3,00
	Média	27,56	279,31	1,59	2,83
	Desvio	1,67	18,57	0,10	0,29
	Des Rel (%)	6,07	6,65	6,11	10,29
Gracilariopsis lemaneiformis	GS8(1)	17,90	306,00	1,33	1,56
Dezembro-00	GS8(2)	17,37	280,00	1,53	1,49
	GS8(3)	19,94	326,00	1,55	1,50
	Mediana	17,90	306,00	1,53	1,50
	Média	18,40	304,00	1,47	1,52
	Desvio	1,36	23,07	0,12	0,04
	Des Rel (%)	7,38	7,59	8,32	2,61
Gracilariopsis lemaneiformis	GS9(1)	30,90	227,32	1,85	2,50
Janeiro-01	GS9(2)	28,68	200,54	1,75	2,50
	GS9(3)	34,75	232,00	1,63	2,50
	Mediana	30,90	227,32	1,75	2,50
	Média	31,44	219,95	1,74	2,50
	Desvio	3,07	16,97	0,11	0,00
	Des Rel (%)	9,77	7,72	6,32	0,00
Gracilariopsis lemaneiformis	GS10(1)	35,25	221,00	1,10	3,01
Fevereiro-01	GS10(2)	34,32	269,00	1,15	2,99
	GS10(3)	33,46	255,00	1,05	3,00
	Mediana	34,32	255,00	1,10	3,00
	Média	34,34	248,33	1,10	3,00
	Desvio	0,90	24,68	0,05	0,01
	Des Rel (%)	2,61	9,94	4,42	0,27

Amostras da área Sul	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GS11(1)	33,37	292,00	2,70	4,00
Março-01	GS11(2)	26,61	297,69	2,83	3,91
	GS11(3)	28,22	286,00	2,74	3,98
	Mediana	28,22	292,00	2,74	3,98
	Média	29,40	291,90	2,76	3,96
	Desvio	2,88	5,85	0,07	0,05
	Des Rel (%)	9,81	2,00	2,50	1,22
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	GS12(1)	57,49	529,00	3,47	7,43
Abril-01	GS12(2)	59,50	606,33	3,44	7,47
	GS12(3)	49,97	499,00	3,10	6,98
	Mediana	57,49	529,00	3,44	7,43
	Média	55,65	544,78	3,33	7,29
	Desvio	5,02	55,38	0,20	0,27
	Des Rel (%)	9,03	10,17	6,10	3,72

Amostras da área Norte	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Hypnea musciformis</i>	HN1(1)	27,43	523,00	0,674	27,43
Maio-00	HN1(2)	24,17	615,00	0,674	24,17
	HN1(3)	23,13	592,00	0,674	23,13
	Mediana	24,17	592,00	0,674	24,17
	Mèdia:	24,91	576,67	0,674	24,91
	Desvio	2,24	47,88	0,00	2,24
	Des Rel (%)	9,01	8,30	0,00	9,01
	HN2(1)	46,17	869,00	5,55	7,00
<i>Hypnea musciformis</i>	HN2(2)	54,17	877,00	6,22	7,48
Junho-00	HN2(3)	50,23	873,22	6,20	6,51
	Mediana	50,23	873,22	6,20	7,00
	Mèdia:	50,19	873,07	5,99	7,00
	Desvio	4,00	4,00	0,38	0,48
	Des Rel (%)	7,97	0,46	6,36	6,91
	HN3(1)	52,46	892,26	0,674	52,47
<i>Hypnea musciformis</i>	HN3(2)	53,09	832,50	0,674	53,09
Julho-00	HN3(3)	51,59	934,81	0,674	51,59
	Mediana	52,46	892,26	0,674	52,47
	Mèdia:	52,38	886,52	0,674	52,38
	Desvio	0,75	51,40	0,00	0,75
	Des Rel (%)	1,44	5,80	0,00	1,44
<i>Hypnea musciformis</i>	HN12(1)	111,52	430,00	2,22	1,62
	HN12(2)	117,37	418,00	2,22	1,62
Agosto-00	HN12(3)	114,98	437,00	2,22	1,62
	Mediana	114,98	430,00	2,22	1,62
	Mèdia:	114,62	428,33	2,22	1,62
	Desvio	2,94	9,61	0,00	0,00
	Des Rel (%)	2,57	2,24	0,00	0,00

Amostras da área Norte	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Hypnea musciformis</i>	HN4 (1)	48,34	518,69	5,13	15,42
	HN4(2)	52,57	594,57	6,03	16,37
Setembro-00	HN4(3)	49,63	558,00	5,23	15,43
	Mediana	49,63	558,00	5,23	15,43
	Média:	50,18	557,09	5,46	15,74
	Desvio	2,17	37,95	0,49	0,55
	Des Rel (%)	4,32	6,81	9,03	3,47
<i>Hypnea musciformis</i>	HN5(1)	32,23	1112,00	2,00	16,00
	HN5(2)	36,47	1233,00	2,20	14,30
Outubro-00	HN5(3)	34,83	1054,00	2,10	16,50
	Mediana	34,83	1112,00	2,10	16,00
	Média:	34,51	1133,00	2,10	15,60
	Desvio	2,14	91,33	0,10	1,15
	Des Rel (%)	6,20	8,06	4,76	7,39
<i>Hypnea musciformis</i>	HN6(1)	34,75	822,61	2,70	7,96
	HN6(2)	37,91	793,63	2,80	8,91
Novembro-00	HN6(3)	38,45	881,33	2,80	9,38
	Mediana	37,91	822,61	2,80	8,91
	Média:	37,04	832,52	2,77	8,75
	Desvio	2,00	44,68	0,06	0,72
	Des Rel (%)	5,40	5,37	2,09	8,27
<i>Hypnea musciformis</i>	HN7(1)	84,83	279,00	0,674	1,62
	HN7(2)	88,64	266,00	0,674	1,62
Dezembro-00	HN7(3)	92,42	293,00	0,674	1,62
	Mediana	88,64	279,00	0,674	1,62
	Média:	88,63	279,33	0,674	1,62
	Desvio	3,80	13,50	0,00	0,00
	Des Rel (%)	4,28	4,83	0,00	0,00
<i>Hypnea musciformis</i>	HN8(1)	107,82	639,00	1,60	16,03
	HN8(2)	103,57	684,00	1,47	13,84
Janeiro-01	HN8(3)	106,03	620,00	1,74	14,06
	Mediana	106,03	639,00	1,60	14,06
	Média:	105,81	647,67	1,60	14,64
	Desvio	2,13	32,87	0,14	1,21
	Des Rel (%)	2,02	5,07	8,42	8,24

Amostras da área Norte	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Hypnea musciformis</i>	HN9(1)	45,84	1163,00	2,79	8,88
	HN9(2)	46,07	1162,60	2,60	9,37
Fevereiro-01	HN9(3)	45,76	1391,74	2,55	8,90
	Mediana	45,84	1163,00	2,60	8,90
	Média:	45,89	1239,11	2,65	9,05
	Desvio	0,16	132,18	0,13	0,28
	Des Rel (%)	0,35	10,67	4,78	3,06
<i>Hypnea musciformis</i>	HN10(1)	59,87	753,00	1,50	7,50
	HN10(2)	59,10	624,00	1,50	6,70
Março-01	HN10(3)	64,47	712,00	1,80	7,00
	Mediana	59,87	712,00	1,50	7,00
	Média:	61,15	696,33	1,60	7,07
	Desvio	2,90	65,91	0,17	0,40
	Des Rel (%)	4,75	9,47	10,83	5,72
<i>Hypnea musciformis</i>	HN11(1)	47,48	377,00	0,674	1,62
	HN11(2)	43,35	379,00	0,674	1,62
Abril-01	HN11(3)	46,01	374,00	0,674	1,62
	Mediana	46,01	377,00	0,674	1,62
	Média:	45,61	376,67	0,674	1,62
	Desvio	2,09	2,52	0,00	0,00
	Des Rel (%)	4,59	0,67	0,00	0,00

Amostras da área Sul	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 1(1)	39,52	719,00	0,674	32,23
	HS 1(2)	37,67	797,00	0,674	30,89
Maio-00	HS 1(3)	35,00	685,00	0,674	34,32
	Mediana	37,67	719,00	0,674	32,23
	Média	37,40	733,67	0,674	32,48
	Desvio	2,27	57,42	0,00	1,73
	Des Rel (%)	6,08	7,83	0,00	5,32
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 2(1)	51,99	378,00	5,89	8,49
Junho-00	HS 2(2)	49,23	374,55	5,89	7,99
	HS 2(3)	51,83	342,59	5,55	8,01
	Mediana	51,83	374,55	5,89	8,01
	Média	51,02	365,05	5,78	8,16
	Desvio	1,55	19,52	0,20	0,28
	Des Rel(%)	3,04	5,35	3,40	3,47
<i>Hypnea musciformis</i>	HS12(1)	75,21	1227,00	0,674	1,62
Julho-00	HS12(2)	71,39	1427,00	0,674	1,62
	HS12(3)	76,82	1234,00	0,674	1,62
	Mediana	75,21	1234,00	0,674	1,62
	Média	74,47	1296,00	0,674	1,62
	Desvio	2,28	113,50	0,00	0,00
	Des Rel (%)	3,06	8,76	0,00	0,00
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 3(1)	47,95	1171,00	0,674	47,95
Agosto-00	HS 3(2)	48,18	1174,00	0,674	48,19
	HS 3(3)	49,96	1156,00	0,674	49,97
	Mediana	48,18	1171,00	0,674	48,19
	Média	48,70	1167,00	0,674	48,70
	Desvio	1,10	9,64	0,00	1,10
	Des Rel(%)	2,26	0,83	0,00	2,27
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 4(1)	35,35	1290,00	0,674	1,62
Setembro-00	HS 4(2)	39,61	1150,00	0,674	1,62
	HS 4(3)	42,75	1311,00	0,674	1,62
	Mediana	39,61	1290,00	0,674	1,62
	Média	39,24	1250,33	0,674	1,62
	Desvio	3,71	87,52	0,00	0,00
	Des Rel (%)	9,47	7,00	0,00	0,00

Amostras da área Sul	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 5(1)	25,53	774,20	4,00	3,33
Outubro-00	HS 5(2)	23,29	745,00	3,59	3,50
	HS 5(3)	26,64	846,38	4,20	3,49
	Mediana	25,53	774,20	4,00	3,49
	Média	25,15	788,53	3,93	3,44
	Desvio	1,71	52,19	0,31	0,10
	Des Rel (%)	6,78	6,62	7,90	2,77
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 6(1)	28,01	625,00	2,40	16,00
Novembro-00	HS 6(2)	26,84	610,00	2,30	14,70
	HS 6(3)	26,74	654,00	2,20	14,50
	Mediana	26,84	625,00	2,30	14,70
	Média	27,20	629,67	2,30	15,07
	Desvio	0,71	22,37	0,10	0,81
	Des Rel (%)	2,60	3,55	4,35	5,41
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 7(1)	27,02	879,00	2,40	0,85
Dezembro-00	HS 7(2)	26,33	1022,00	2,40	0,70
	HS 7(3)	26,20	930,00	2,30	0,80
	Mediana	26,33	930,00	2,40	0,80
	Média	26,52	943,67	2,37	0,78
	Desvio	0,44	72,47	0,06	0,08
	Des Rel (%)	1,66	7,68	2,44	9,75
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 8(1)	46,43	806,80	3,00	4,00
Janeiro-01	HS 8(2)	49,56	786,13	3,39	4,49
	HS 8(3)	48,58	745,15	3,25	4,50
	Mediana	48,58	786,13	3,25	4,49
	Média	48,19	779,36	3,21	4,33
	Desvio	1,60	31,38	0,20	0,29
	Des Rel (%)	3,32	4,03	6,15	6,61
<i>Hypnea musciformis</i>	HS 9(1)	40,97	560,00	1,95	3,50
Fevereiro-01	HS 9(2)	39,96	648,00	2,19	4,49
	HS 9(3)	41,19	682,22	2,20	4,01
	Mediana	40,97	648,00	2,19	4,01
	Média	40,71	630,07	2,11	4,00
	Desvio	0,66	63,05	0,14	0,41
	Des Rel (%)	1,61	10,01	6,68	10,14

Amostras da área Sul	Código	Zn($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Fe($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Cu($\mu\text{g.g}^{-1}$)	Pb($\mu\text{g.g}^{-1}$)
<i>Hypnea musciformis</i>	HS10(1)	69,90	1448,00	5,45	6,99
Março-01	HS10(2)	68,67	1731,51	5,35	5,99
	HS10(3)	69,34	1576,00	5,54	6,49
	Mediana	69,34	1576,00	5,45	6,49
	Média	69,30	1585,17	5,44	6,49
	Desvio	0,62	141,98	0,10	0,50
	Des Rel (%)	0,89	8,96	1,78	7,70
<i>Hypnea musciformis</i>	HS11(1)	83,13	826,00	3,75	8,30
Abril-01	HS11(2)	84,14	638,00	3,60	8,85
	HS11(3)	87,11	856,00	3,90	8,39
	Mediana	84,14	826,00	3,75	8,39
	Média	84,79	773,33	3,75	8,51
	Desvio	2,07	118,16	0,15	0,30
	Des Rel (%)	2,44	15,28	5,66	3,47

Resultados dos teores medianos nas algas (AAS)				
Ferro ($\mu\text{g.g}^{-1}$)				
Mês	Gracilaria Norte	Gracilaria Sul	Hypnea Norte	Hypnea Sul
mai	141	401	592	719
jun	142	301	873	374
jul	304	389	892	1234
ago	209	422	430	1171
set	194	621	558	1290
out	255	666	1112	774
nov	104	276	822	625
dez	125	306	279	930
jan	136	227	639	786
fev	180	255	1163	648
mar	86	292	712	1576
abr	48	529	377	826
Mediana	141	347	675	806

Zinco ($\mu\text{g.g}^{-1}$)				
Mês	Gracilaria Norte	Gracilaria Sul	Hypnea Norte	Hypnea Sul
Mai	31.56	25.98	24.17	37.67
Jun	35.67	40.20	50.23	51.83
Jul	59.75	27.30	52.46	75.21
Ago	46.90	28.93	114.98	48.18
Set	15.41	35.33	49.63	39.61
Out	37.03	21.16	34.83	25.53
Nov	46.15	28.14	37.91	26.84
Dez	28.69	17.90	88.64	26.33
Jan	34.73	30.90	106.03	48.58
Fev	26.67	34.32	45.84	40.97
Mar	31.06	28.22	59.87	69.34
Abr	28.34	57.49	46.01	84.14
Mediana	33.14	28.57	49.93	44.57

Cobre ($\mu\text{g.g}^{-1}$)				
Mês	Gracilaria Norte	Gracilaria Sul	Hypnea Norte	Hypnea Sul
Mai	0.674	3.300	0.674	0.674
Jun	2.700	1.450	6.200	5.890
Jul	5.740	1.300	0.674	0.674
Ago	0.800	2.500	2.220	0.674
Set	0.674	1.600	5.230	0.674
out	2.350	0.800	2.100	4.000
nov	1.340	1.550	2.800	2.300
dez	0.674	1.530	0.674	2.400
jan	0.674	1.750	1.600	3.250
fev	1.450	1.101	2.600	2.190
mar	0.674	2.738	1.500	5.445
abr	1.100	3.435	0.674	3.750
Mediana	0.95	1.57	1.85	2.35

Chumbo ($\mu\text{g.g}^{-1}$)				
Mês	Gracilaria Norte	Gracilaria Sul	Hypnea Norte	Hypnea Sul
mai	10.99	1.70	24.17	32.23
iun	4.00	6.00	7.00	8.00
iul	11.70	2.70	52.47	1.62
ago	4.68	14.00	1.62	48.19
set	1.62	4.50	15.43	1.62
out	6.56	2.50	16.00	3.49
nov	6.08	3.00	8.91	14.70
dez	2.88	1.62	1.62	1.62
jan	2.81	2.50	14.06	4.49
fev	2.50	2.99	8.90	4.00
mar	2.80	3.98	7.00	6.49
abr	3.00	7.43	1.62	8.39
Mediana	3.50	2.99	8.90	5.49

Anexo 4: Resultados medianos de todas as análises para Análise de Componentes Principais

meses	scores	PREC	OD	Sal	pH	T	NO2	NO3	PO4	SIO2	SEPb	SECU	SEFE	SEZN
mai/n	1n	270	5,36	35,33	8,46	30,0	0,047	1,062	0,312	17,985	7,058	38,367	0,064	4,872
mai/s	1s	270	5,07	35,02	8,40	30,4	0,737	4,431	0,294	20,735	5,396	45,191	0,247	7,120
jun/n	2n	640	5,10	33,65	8,13	29,5	0,572	6,145	0,197	23,303	7,500	39,000	0,325	6,547
jun/s	2s	640	6,17	31,64	8,34	29,2	0,001	0,899	0,008	19,685	5,301	41,281	0,207	7,362
jul/n	3n	680	2,43	27,99	8,12	28,0	0,025	1,825	0,327	11,228	7,545	46,156	0,318	14,954
jul/s	3s	680	6,18	26,38	8,14	28,0	0,053	1,233	1,159	5,517	5,977	46,907	0,122	5,991
ago/n	4n	440	5,78	33,15	8,15	29,5	0,001	1,067	0,042	14,426	5,566	35,776	0,055	4,916
ago/s	4s	440	4,98	32,35	8,04	29,0	0,001	1,271	0,049	14,139	5,569	47,823	0,317	7,683
set/n	5n	340	4,91	29,34	8,52	29,0	0,121	0,406	0,079	12,499	6,074	37,432	0,075	5,117
set/s	5s	340	4,75	32,30	8,50	29,0	0,387	2,229	0,242	18,710	7,139	51,713	0,328	8,801
out/n	6n	50	5,89	35,53	8,48	28,5	0,098	0,619	0,001	13,275	7,075	38,871	0,077	4,774
out/s	6s	50	4,92	32,03	8,32	29,0	0,175	1,728	0,137	23,293	1,766	43,206	0,282	7,043
nov/n	7n	40	4,98	33,73	8,17	28,5	0,544	2,980	0,258	10,288	1,000	37,664	0,073	6,104
nov/s	7s	40	5,07	35,05	8,20	29,0	0,112	0,927	0,149	17,050	15,907	79,730	0,640	25,762
dez/n	8n	190	5,08	32,89	8,27	29,0	0,084	1,365	0,297	14,010	6,895	40,377	0,072	7,307
dez/s	8s	190	4,81	31,55	8,05	29,0	0,222	4,344	0,334	10,810	5,935	48,000	0,351	7,975
jan/n	9n	55	4,84	36,07	8,01	29,5	0,001	0,855	0,266	9,437	7,079	40,497	0,091	4,414
jan/s	9s	55	5,91	34,72	8,03	29,5	0,251	2,309	0,232	8,980	8,777	55,646	0,426	11,108
fev/n	10n	50	6,37	36,88	8,05	30,5	0,001	0,915	0,001	17,624	3,788	37,989	0,090	6,268
fev/s	10s	50	4,92	36,61	8,09	30,0	0,225	2,002	0,087	13,718	9,204	57,131	0,459	12,663
mar/n	11n	135	5,24	35,26	8,15	30,5	0,123	2,295	0,221	15,283	6,951	36,841	0,079	5,024
mar/s	11s	135	5,43	35,53	8,10	31,0	0,001	1,529	0,007	14,317	5,273	49,599	0,481	14,140
abr/n	12n	330	5,08	35,23	8,24	30,0	0,224	2,326	0,224	12,224	5,178	37,727	0,091	7,353
abr/s	12s	330	4,88	34,18	8,16	30,0	0,107	0,984	0,387	7,888	8,924	58,963	0,526	12,170

meses	HPB	HCU	HFE	HZN	GPB	GCU	GFE	GZN
mai/n	24,170	0,674	592,00	24,17	10,990	0,674	141,00	31,56
mai/s	32,230	0,674	719,00	37,67	1,700	3,300	401,00	25,96
jun/n	7,003	6,200	873,22	50,23	4,004	2,700	142,94	35,67
jun/s	8,008	5,890	374,25	51,83	6,000	1,450	301,00	40,20
jul/n	52,470	0,674	892,26	52,46	11,700	5,740	304,71	59,75
jul/s	1,620	0,674	1234,00	75,21	2,700	1,300	389,00	27,30
ago/n	1,620	2,220	430,00	114,98	4,680	0,800	209,00	46,90
ago/s	48,190	0,674	1171,00	48,18	14,000	2,500	422,00	28,93
set/n	15,430	5,230	558,00	49,63	1,620	0,674	194,32	15,41
set/s	1,620	0,674	1290,00	39,61	4,500	1,600	621,00	35,33
out/n	16,000	2,100	1112,00	34,83	6,560	2,350	255,55	37,03
out/s	3,490	4,000	774,20	25,53	2,500	0,800	666,00	21,16
nov/n	8,910	2,800	822,61	37,91	6,080	1,340	104,54	46,15
nov/s	14,700	2,300	625,00	26,84	3,000	1,550	276,00	28,14
dez/n	1,620	0,674	279,00	88,64	2,880	0,674	125,90	28,69
dez/s	1,620	2,400	930,00	26,33	1,620	1,530	306,00	17,90
jan/n	14,060	1,600	639,00	106,03	2,810	0,674	136,16	34,73
jan/s	4,490	3,250	786,13	48,58	2,500	1,750	227,32	30,90
fev/n	8,900	2,600	1163,00	45,84	2,500	1,450	180,52	26,67
fev/s	4,008	2,190	648,00	40,97	2,997	1,101	255,00	34,32
mar/n	7,000	1,500	712,00	59,87	2,800	0,674	86,00	31,06
mar/s	6,490	5,445	1576,00	69,34	3,983	2,738	292,00	28,22
abr/n	1,620	0,674	377,00	46,01	3,000	1,100	48,00	28,34
abr/s	8,390	3,750	826,00	84,14	7,430	3,435	529,00	57,49

Anexo 5 : Resultados dos teores de metais nas algas de diferentes autores

Região - Espécie	Fe	Cu	Zn	Pb	Referências	Unid
Itamaracá					Presente estudo	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	141	0,95	33,14	3,50		
<i>Hypnea musciformis</i>	675	1,85	49,93	8,90		
Piedade						
<i>Gracilariopsis lemaneiformis</i>	347	1,57	28,57	2,99		
<i>Hypnea musciformis</i>	806	2,35	44,57	5,49		
Ponta do Retiro					Machado et al. (2003)	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
<i>Gymnogongrus sp.</i>	1145	2,9	38	-		
<i>Ulva fasciata</i>	469	3,1	5,3	-		
Barra do Furado						
<i>Gymnogongrus sp.</i>	1029	5,4	26	-		
<i>Ulva fasciata</i>	320	2,8	7,6	-	Karez et al. (1994)	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
Baía de Guanabara						
<i>Codium decorticans</i>	-	6,11	30,4	-		
<i>Codium intertextum</i>	-	6,22	104,4	-		
<i>Ulva fasciata</i>	-	-	10,4	-		
<i>Ulva fasciata</i>		5,8	25,6			
Valores medianos :		5,8	18			
<i>Padina gymnospora</i>	-	18,67±1,3	50,2±2,8	-		
Baía de Sepetiba						
<i>Ulva fasciata</i>	-	1,93±0,13	44,8±4,6	-		
<i>Codium decorticans</i>	-	2,79±0,74	39,2±7,4	-		
<i>Padina gymnospora</i>	-	5,41	407			
<i>Padina gymnospora</i>	-	1,89	370,2			
<i>Padina gymnospora</i>	-	4,12	280,4	-		
Valores medianos :		4,12	307,2			
<i>Sargassum stenophyllum</i>		3,29	127,2			
<i>Sargassum stenophyllum</i>			104,2			
<i>Sargassum stenophyllum</i>		2,22	120,6			
Valores medianos :		2,755	120,6			
Barra da Ribeira						
<i>Padina gymnospora</i>	-	4,53±0,72	20,5±0,6	-		
<i>Sargassum stenophyllum</i>	-	3,58±0,70	17,2±5,0	-		
<i>Acanthophora spicifera</i>	-	9,93±0,22	29,5±2,0	-		
<i>Galaxaura marginata</i>	-	8,09±0,54	17,9±1,5	-		
Punta Borja					Muse et al. (1999)	$\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$
<i>Ulva lactuca</i>	-	5,50±0,35	5,2±0,30	3,68±0,25		
<i>Enteromorpha prolifera</i>	-	7,3±0,12	12,5±0,50	6,10±0,90		
<i>Porphyra columbina</i>	-	5,24±0,24	36,08±0,7	nd		
Punta Maqueda						
<i>Ulva lactuca</i>	-	4,20±0,30	1,98±0,40	1,73±0,33		
<i>Enteromorpha prolifera</i>	-	4,60±0,70	4,92±0,50	4,10±0,40		
<i>Porphyra columbina</i>	-	4,28±0,86	4,11±0,70	nd		

Região – Espécie	Fe	Cu	Zn	Pb	Referências	Unid
Poyraz					Güven et al.(1993)	$\mu\text{g.g}^{-1}$
<i>Ulva lactuca</i>	410,0±5,0	13,07±1,8	31,22±2,7	6,63±0,21		
<i>Cystoseira barbata</i>	366,0±4,5	10,70±1,5	38,01±3,2	9,40±0,35		
Garipçe						
<i>Ceramium rubrum</i>	1750±19	10,80±1,5	31,37±2,7	10,40±0,4		
Beyroz						
<i>Ulva lactuca</i>	436±5,0	13,47±1,9	51,33±4,5	15,40±0,5		
<i>Enteromorpha compressa</i>	1441±17	26,79±3,8	68,45±6,2	18,43±0,6		
<i>Cystoseira barbata</i>	733±9,0	12,58±1,8	51,30±4,4	14,65±0,5		
<i>Scytosiphon lomentaria</i>	1035±12	7,44±1,07	81,69±7,1	16,70±0,6		
<i>Ceramium rubrum</i>	2879±34	17,02±2,4	72,80±5,9	7,84±0,3		
Küçüksu						
<i>Ulva lactuca</i>	750±8,0	19,75±2,8	65,42±5,7	11,50±0,5		
Bebek						
<i>Ulva lactuca</i>	850±10	19,03±2,7	66,92±5,8	9,77±0,36		
<i>Cystoseira barbata</i>	855±10	8,6±1,25	61,87±5,4	12,04±0,4		
<i>Ceramium rubrum</i>	1832±21	22,44±3,7	77,61±6,8	15,89±0,5		
Altinkum						
<i>Zostera marina</i>	2513±30	23,42±3,8	48,70±3,6	26,05±0,9		
Pasabahçe						
<i>Zostera marina</i>	2590±31	39,84±5,7	91,25±7,9	32,13±1,1		
Kerkini Lake					Sawidis et al.(1995)	mg.g^{-1}
<i>Azola filiculoides</i> Lam.	-	13,8	93,7	2,6		
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-	6,8	85,5	4		
<i>Cladophora glomerata</i> L.	-	6,8	47,3	5,2		
<i>Cyperus longus</i> L.	-	9,5	36,2	2,2		
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	-	7,5	107	3,5		
<i>Myriophyllum verticillatum</i> L.	-	3,6	50	2,9		
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	-	8	82,2	2		
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	-	7,5	66,2	3,2		
<i>Scirpus lacustris</i> L.	-	14,4	44,1	2,1		
<i>Roripa silvestris</i> (L.) Besser	-	12,9	48,7	1		
<i>Paspalum pasalodes</i> Scribner	-	21,5	97,5	6,6		
<i>Ranunculus sardus</i> Austr.	-	17	41,2	1,4		
Strimon River						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-	10,5	145	5		
<i>Cladophora glomerata</i> L.	-	6,6	10,2	7,2		
<i>Cyperus longus</i> L.	-	11,6	38,5	14		
<i>Lemna minor</i> L.	-	10	51,2	2,6		
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	-	15,5	123	3,8		
<i>Paspalum pasalodes</i> Scribner	-	6,4	25,9	6		
<i>Paspalum crispus</i> L..	-	7,5	135	2,1		

Região - Espécie	Fe	Cu	Zn	Pb	Referências	Unid
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	-	9,5	76,2	1,8	Sawidis et al.(1995)	mg.g ⁻¹
<i>Spyrogyra fluviatis</i> Hilse	-	3,9	53,5	9		
Axion River						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-	15	95	13,6		
<i>Cladophora glomerata</i> L.	-	15,3	133	17,9		
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	-	10,2	123	18,9		
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	-	15	95	16		
Aliakmon River						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-	12	63,7	2,5		
<i>Ceratophyllum verticillatum</i> L.	-	12,5	50	3,4		
<i>Cladophora glomerata</i> L.	-	12	70	3,4		
<i>Hydrodictyon rediculatum</i> L.	-	8	82,5	2,4		
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	-	8,8	45	3,1		
<i>Paspalum crispus</i> L..	-	8	25	3		
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	-	13,8	30,5	1,5		
<i>Potamogeton pectinatus</i> L.	-	10	26,2	2,2		
Pinios River						
<i>Ceratophyllum demersum</i> L.	-	15,5	118	1		
<i>Cladophora glomerata</i> L.	-	18,8	126	1,8		
<i>Myriophyllum spicatum</i> L.	-	10,2	80	1,9		
<i>Potamogeton nodosus</i> Poiret	-	16,3	126	2,4		
Atlantic ocean					Costa et al. (1997)	mg.g ⁻¹
<i>Sargassum</i> sp.	-	65	13,81	-		
<i>Sargassum</i> sp.	-	51,97	16,14	-		
<i>Sargassum</i> sp.	-	10,62	22,11	-		
Valores medianos :		51,97	16,14			
Rio de Janeiro					Amado Filho et al (1996)	µg.g ⁻¹
<i>Padina gymnospora</i>	-	-	52,9±16,3	-		
Lawrence River Estuary					Phaunef et al. (1999)	µg.g ⁻¹
<i>Fucus vesiculosus</i>	427±335	4,1±3,4	32,6±16,9	0,44±0,27		
<i>Ascophyllum nodosum</i>	171±110	4,2±3,7	35,6±16,8	0,16±0,11		
<i>Laminaria longicuris</i>	308±201	2,8±1,8	31,2±43,3	0,40±0,34		
<i>Palmaria palmata</i>	10009±1260	8,1±2,6	31,2±13,2	0,84±0,83		
<i>Ulva lactuca</i>	2486±1418	19,2±10,5	33,3±10,9	1,64±0,88		
<i>Fucus distichus</i>	383±569	2,9±1,4	36,5±17,5	0,26±0,21		
<i>Porphyra</i> sp.	724±820	10,3±1,8	30,3±4,7	0,67±0,71		
<i>Enteromorpha</i> sp.	7037±6182	22,7±6,8	38,2±13,4	3,2±2,5		
<i>Halimeda opuntia</i>	42±8,68	0,1±0,09	0,39±0,19	0,90±0,08		
Abrolhos Archipelago					Amado Filho et al.(1995)	µg.g ⁻¹
<i>Peniculus capitatus</i>	290±34	0,67±0,15	3,52±0,67	2,94±0,31		
<i>Caulerpa racemosa</i>	560±122	2,71±1,40	7,57±2,97	2,99±0,65		

Região - Espécie	Fe	Cu	Zn	Pb	Referências	Unid
<i>Stypopodium zonale</i>	110±26	0,92±0,07	3,4±0,37	3,37±0,69	Amado Filho et al. (1995)	µg.g ⁻¹
<i>Galaxaura oblongata</i>	148±15	0,27±0,06	2,04±0,98	1,03±0,67		
<i>Octhodes secundiramea</i>	180±166	1,43±0,15	5,38±0,51	3,05±0,65		
<i>Sargassum sp.</i>	267±83	0,36±0,09	2,80±1,24	2,13±0,33		
<i>Dictyota cervicornis</i>	376±257	1,82±0,20	9,94±0,03	4,14±1,69		
<i>Padina sanctae-crucis</i>	940±177	1,25±0,28	3,24±0,23	2,25±0,45		
<i>Dictyota mertensii</i>	448±29	1,76±0,73	3,66±0,29	2,33±0,84		
Viçosa Reef						
<i>Halimeda opuntia</i>	648±263	0,35±0,15	1,29±0,14	3,59±0,55		
<i>Peniculus capitatus</i>	926±130	0,40±0,04	4,10±3,03	3,82±0,57		
<i>Caulerpa racemosa</i>	717±119	1,11±0,32	9,11±1,18	4,22±2,00		
<i>Stypopodium zonale</i>	339±42	3,05±0,79	6,92±0,48	20,81±6,24		
<i>Galaxaura oblongata</i>	363±172	0,45±0,16	2,22±0,35	2,88±0,02		
<i>Octhodes secundiramea</i>	2921±207	1,32±0,43	12,83±0,79	2,73±0,29		
<i>Sargassum sp.</i>	1202±547	1,01±0,06	5,42±0,68	23,40±11,75		
<i>Dictyota cervicornis</i>	2084±245	2,03±0,44	11,32±3,03	10,73±2,08		
<i>Padina sanctae-crucis</i>	7973±790	1,92±0,02	7,26±0,63	7,58±4,11		
<i>Dictyota mertensii</i>	648±187	3,70±2,00	12,29±2,9	3,92±0,36		
Sepetiba Bay					Amado Filho et al. (1997)	µg.g ⁻¹
<i>Ulva lactuca</i>	-	-	20	-		
<i>Enteromorpha flexuosa</i>	-	-	10	-		
<i>Padina gymnospora</i>	-	-	52,9	-		
<i>Sargassum filipendula</i>	-	-	53,3	-		
<i>Hypnea musciformis</i>	-	-	147,7	-		
<i>Spyridia filamentosa</i>	-	-	92,4	-		
Otago Harbour					Brown et al. (1999)	µg.g ⁻¹
<i>Enteromorpha intestinalis</i>			48,02	5,42		
<i>Ulva lactuca</i>			8,01	1,99		
Baía de Sepetiba					Amado filho e Pfeiffer.(1999)	µg.g ⁻¹
<i>Padina gymnospora</i>	-	-	350	-		
Baía de Sepetiba-Praia do Grande					Amado Filho et al. (1999)	µg.g ⁻¹
<i>Padina gymnospora</i>	-	-	259	-		
<i>Sargassum stenophyllum</i>	-	-	136	-		
Baía de Sepetiba- Ilha do Gato						
<i>Padina gymnospora</i>	-	-	350	-		
<i>Sargassum stenophyllum</i>	-	-	344	-		
Espírito Santo Bay					Nassar et al.(2002)	µg.g ⁻¹
<i>Padina gymnospora</i>	367±66	0,33±0,08	132±66	4,53±0,51		

Anexo 6: Resultados dos teores de metais nos sedimentos de diferentes autores

Região - Espécie	Fe	Cu	Zn	Pb	Referências	Unid
Itamaracá					Presente estudo	mg.kg ⁻¹
Sedimento	0,078%	38,178	5,610	6,923		
Piedade						
Sedimento	0,339%	48,799	8,388	5,942	López-Sánchez, 1996	mg.kg ⁻¹
Barcelona						
Sedimento	-	288,0	801,0	698,0		
Veneza					Sfriso, 1995	µg.cm ³
Sedimento	16,8 mg/cm ³	30,0	297,0	40,0		
Taiwan					Meng-Hsien Chen, 1995	µg.g ⁻¹
Sedimento	-	217	-	107,0		
Macedônia					Sawidis, 1995	µg.g ⁻¹
Sedimento	-	27,3	82,5	16,3		
Filipinas					Prudente, 1994	mg.kg ⁻¹
Sedimento	40.900	95,0	250,0	60,0		
Hong Kong					Tanner, 2000	mg.kg ⁻¹
Sedimento	16.600	9,0	54,0	29,0		
Hong Kong					Blackmore, 1998	mg.kg ⁻¹
Sedimento	-	400,0	250,0	75,0		
Lagoa de Veneza, Itália					Frignani, 1997	Mmol.g ⁻¹
Sedimento	-	1,16	10,97	0.65		
Estuário de Scheldt					Van Alsenoy, 1993	µg.g ⁻¹
Sedimento	6,4%	24,0	260,0	100,0		
Lagoon Patos					Niencheski, 1994.	%
Sedimento	0,8	29,9	1,9	9,0		
Japão					Kolesov, 1997	mg.kg ⁻¹
Sedimento	38.000,0	-	-	-		
Cairns, Austrália					Brady, 1994	µg.g ⁻¹
Sedimento	32 mg/g	17,0	53,0	**		
Besòs prodelta					Palanques, 1998	ppm
Sedimento	-	14,0	55,0	25,0		
Reino Unido					Lindsay, 1997	mg.kg ⁻¹
Sedimento	5,1%	185,0	333,0	308,0		
Japão					Fukue, 1999	mg.kg ⁻¹
Sedimento	44,0 g/kg	21,0	130,0	-		
Tierra del Fuego, Argentina					Amin, 1996	µg.g ⁻¹
Sedimento	5,74 mg/g	19,0	47,8	37,0		
Costa da Albânia					Çelo, 1999	mg.kg ⁻¹
Sedimento	74,2	218,0	192,0	24,5		

Região - Espécie	Fe	Cu	Zn	Pb	Referências	Unid
Bosphorus					Güven,1993	$\mu\text{g.g}^{-1}$
Sedimento	21.798	32,8	92,9	83,8		
Jordan Gulf of Aqaba		b			Abu-Hilal, 1993	$\mu\text{g.g}^{-1}$
Sedimento	12.577	23,6	173,0	168,3		
Ma Wan, Hong Kong						
Sedimento	31,5	40,8	39,6	94,4	Tanner, 1999	mg.kg^{-1}