



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA**  
**INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**  
**PROGRAMA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOLOGIA**  
**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:**  
**GEOLOGIA AMBIENTAL, HIDROGEOLOGIA E RECURSOS HÍDRICOS**

**TESE DE DOUTORADO**

**EFEITOS DA DRAGAGEM SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA  
E ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA EM  
DOIS AMBIENTES COSTEIROS TROPICAIS DA BAÍA DE  
TODOS OS SANTOS, BRASIL.**

**ALINE NOGUEIRA FERREIRA**

Salvador

2016

**EFEITOS DA DRAGAGEM SOBRE A QUALIDADE DA ÁGUA  
E ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA EM  
DOIS AMBIENTES COSTEIROS TROPICAIS DA BAÍA DE  
TODOS OS SANTOS, BRASIL.**

**ALINE NOGUEIRA FERREIRA**

*Orientador: Prof. Dr. Sérgio Augusto de Moraes Nascimento*

*Co-orientador: Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Junior*

Tese de Doutorado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia do Instituto de Geociências da Universidade Federal da Bahia como requisito parcial à obtenção do Título de Doutor em Geologia, Área de Concentração: Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos.

Salvador

2016

ALINE NOGUEIRA FERREIRA

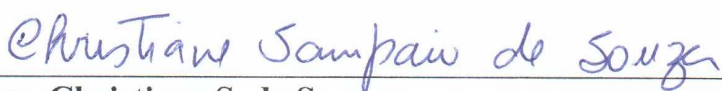
**“EFEITOS DA DRAGAGEM SOBRE A QUALIDADE DA  
ÁGUA E ESTRUTURA DA ASSEMBLEIA  
FITOPLANCTÔNICA EM DOIS AMBIENTES COSTEIROS  
TROPICAIS DA BAÍA DE TODOS OS SANTOS”**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, como requisito para a obtenção do Grau de Doutora em Geologia na área de concentração em Geologia Ambiental, Hidrogeologia e Recursos Hídricos em 19/05/2016.

TESE APROVADA PELA BANCA EXAMINADORA:

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Jr.**  
Co-orientador- UFBA

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Altair de Jesus Machado**  
Examinadora Interna – UFBA

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Christiane S. de Souza**  
Examinadora Externa – UFBA)

  
\_\_\_\_\_  
**Dra. Facelúcia Barros Cortês Souza**  
Examinadora Externa – UFBA

  
\_\_\_\_\_  
**Dr. Doriedson Ferreira Gomes**  
Examinador Externo – UFBA

Salvador – BA  
2016

*Dedico esta obra a meu filho Heitor por participar da trajetória do trabalho, na fase final; presente e atuante em todos os momentos. Motivo principal para a pausa, o reinício e finalização da tese. Ao meu marido Danilo, por me conduzir ao processo final do trabalho. Aos meus pais Aduino e Lígia pelo incentivo, apoio e ajuda em todas as etapas da minha vida.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por iluminar meu caminho, me dar força interior e me mostrar que deveria continuar, mesmo diante das dificuldades, desânimo, cansaço e falta de tempo. Quando nada parecia dar certo, quando o tempo se esgotava, mostrou-me a direção a seguir.

Ao meu marido Danilo, que compartilhou este momento comigo e diante das minhas dificuldades, do acúmulo de tarefas, cedeu-me palavras de apoio e otimismo, além de prestar grande auxílio na formatação do trabalho e sempre estar disposto a ajudar quando eu precisei.

A meus pais pela preocupação, atenção, disposição, pela dedicação, pelo apoio, por me proporcionarem o melhor sempre. Pelas palavras positivas.

Ao meu orientador Sergio Nascimento pela atenção, paciência, por me dar apoio nos momentos mais críticos, me incentivando; por estar sempre vigilante, acreditar no meu potencial e dar todo suporte necessário.

Ao meu co-orientador Paulo Mafalda Jr. que mesmo com a minha ausência na faculdade e conversas somente por e-mail, nunca deixou de ter paciência confiança e cordialidade e de me orientar da melhor forma possível. Por dedicar horas à correção do trabalho, por me mostrar o caminho mais certo e por ser um exemplo de profissional a ser seguido. Sua participação foi fundamental para a conclusão deste trabalho.

À equipe do LABPLAN pela ajuda durante as coletas e análises laboratoriais, que se estenderam por meses. Pela disposição de equipamentos e materiais necessários para o estudo.

Aos profissionais do laboratório do NEA/LEPETRO, Jorge, Sarah, Marcos, Gisele, pelas horas dedicadas às minhas análises químicas.

A Nilton, secretário da Coordenação do Programa, pela constante ajuda durante o curso.

À Professora Magda Beretta pela disponibilização de dados necessários à discussão do trabalho.

Ao Professor Manoel Jerônimo pela gentileza, por ser solícito, por estar sempre pronto a ajudar e pela colaboração nos processos administrativos.

Ao Professor Hailton Mello da Silva pelo direcionamento para a confecção dos mapas.

**“A ciência se constrói não pela  
prudência dos que marcham, mas pela  
ousadia dos que sonham.”**

**Rubens Alves**

## RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da atividade de dragagem de aprofundamento dos portos de Aratu e Salvador sobre a estrutura da assembleia fitoplanctônica, volume de sedimentação de fitoplâncton e clorofila-a, densidade e riqueza (número de espécies e índice de riqueza de Margalef). Este estudo testa a hipótese nula de que o número de espécies fitoplanctônicas, a densidade total e a biomassa total são iguais durante diferentes momentos da atividade de dragagem. Amostras foram coletadas antes, durante e após a dragagem em seis estações de amostragem durante a maré alta e baixa. O fitoplâncton foi coletado através de arrastos de sub-superfície empregando uma rede cônica com malha 50 $\mu$ m. Variáveis oceanográficas (temperatura e salinidade), qualidade da água (pH, oxigênio dissolvido e turbidez), nutrientes (Amônia e Fósforo) e metais traço foram obtidos simultaneamente. Durante o período de dragagem foram registrados os menores valores de riqueza fitoplanctônica e biomassa, além dos maiores valores de densidade fitoplanctônica, que foram restabelecidos após a dragagem. A análise de ordenação multivariada mostrou uma nítida separação entre os períodos de amostragem, demonstrando variabilidade temporal na estrutura do fitoplâncton nos portos de Aratu e Salvador, em resposta a sazonalidade das características oceanográficas da massa de água e mudanças na qualidade de água, associadas com as atividades de dragagem.

**Descritores:** variáveis oceanográficas, qualidade da água, nutrientes, metais traço, fitoplâncton.

## ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the impact of the deepening dredging activity of Aratu and Salvador ports on the structure of the phytoplankton assembly, phytoplankton sedimentation volume and chlorophyll-a, density and richness (number of species and Margalef richness index ). This study tests the null hypothesis that the number of phytoplankton species, density and total biomass are equal during different times of dredging activity. Samples were collected before, during and after dredging in six sampling stations during high and low tide. Phytoplankton was collected through sub-surface tows using a conical net with mesh 50 $\mu$ m. oceanographic variables (temperature and salinity), water quality (pH, dissolved oxygen and turbidity), nutrients (ammonia and phosphorus) and trace metals were obtained simultaneously. During the dredging period the lowest richness and phytoplankton biomass were recorded, as well as higher values of phytoplankton density, which were restored after dredging. Multivariate ordination analysis showed a clear separation between the sampling periods, showing temporal variability in phytoplankton structure in the port of Aratu and Salvador, in response to seasonality of oceanographic characteristics of the water and changes in water quality associated with the dredging activities.

**Keywords:** oceanographic variables, water quality, nutrients, trace metals, phytoplankton.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Visão aérea do Porto de Aratu. Fonte: CODEBA, 2010.....	22
Figura 2 - Porto Organizado de Salvador. Fonte: CODEBA, 2010. ....	23
Figura 3 - Esquema de uma draga auto-transportadora, contendo sistema de sucção.....	27
Figura 4 - Dragagem de aprofundamento da bacia de evolução, berços de atracação e canal de acesso no Porto de Aratu (Esquerda) e Porto de Salvador (Direita), Baía de Todos os Santos. Fonte: CODEBA, 2010. ....	28
Figura 5 - Draga Hondius realizando a operação de dragagem na Baía de Todos os Santos. Ano: 2010. ....	28
Figura 6 - Baía de Todos os Santos e suas feições. Fonte: HATJE e ANDRADE, 2009. ....	31
Figura 7 – Esquema adaptado sobre os efeitos da dragagem de sedimento Fonte: <a href="http://hidroviasinteriores.blogspot.com.br">http://hidroviasinteriores.blogspot.com.br</a> .....	41
Figura 8 - Baía de Todos os Santos (A), e locais de amostragem. Figura da esquerda. (B)- Estações de amostragem no entorno do porto de Salvador. (C)-Estações de coletas no entorno do porto de Aratu.....	44
Figura 9 - Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, com a delimitação da área de dragagem e a indicação dos pontos de amostragem (PT1-Estação 1 1; PT2 – Estação 2; PT3 – Estação 3; PT4 – Estação 4; PT5 – Estação 5; PT6 – Estação 6). ....	45
Figura 10 - Porto de Salvador; Baía de Todos os Santos, com a delimitação da área de dragagem e a indicação dos pontos de amostragem (PT1-Estação 1 1; PT2 – Estação 2; PT3 – Estação 3; PT4 – Estação 4; PT5 – Estação 5; PT6 – Estação 6).....	45
Figura 11 - (A) arrasto das redes de plâncton e (B) rede de plâncton cônica empregada na amostragem fitoplanctônica.....	46
Figura 12 – Dados de amplitude, desvio-padrão e média das variáveis ambientais obtidos durante as campanhas no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	54
Figura 13 – Caracterização das massas de água durante campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	55
Figura 14 - Variação dos valores de temperatura (°C) nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	55
Figura 15 - Variação dos valores de salinidade nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	56

Figura 16 - Variação dos valores de oxigênio dissolvido(mg/L) durante campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	56
Figura 17 - Variação dos valores de pH nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	57
Figura 18 - Variação dos valores de turbidez (NTU) nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	57
Figura 19 - Variação dos valores de fósforo total (mg/L), nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	57
Figura 20 - Variação dos valores de amônia (mg/L), nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	58
Figura 21 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseado na qualidade da água durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	60
Figura 22 - Valores médios dos metais traço Ferro (Fe-mg/Kg 10 <sup>3</sup> ), Manganês (Mn-mg/Kg 10 <sup>2</sup> ), Níquel (Cr-mg/Kg) e Zinco (Zn-mg/Kg 10 <sup>2</sup> ), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	61
Figura 23 - Concentrações de metal traço Zinco (B, maré vazante; A, maré enchente), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	62
Figura 24 - Concentrações de metal traço Manganês (B, maré vazante; A, maré enchente), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	62
Figura 25 - Concentrações de metal traço Níquel (B, maré baixa; A, maré alta), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	63
Figura 26 - Concentrações de metal traço Ferro (B, maré baixa; A, maré alta), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	63
Figura 27 - Distribuição metal-traço Ferro no Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.....	64
Figura 28 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseado na concentração de metais traço (Fe –Ferro, Zn-Zinco, Mn-Manganês e Ni-Níquel), na água do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	66
Figura 29 - Número total de espécies identificadas,por divisão taxonômica,durante amostragem no Porto de Aratu,Baía de Todos os Santos, Bahia.....	67
Figura 30 - Número total de espécies e número percentual de espécies fitoplanctônicas duranteamostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	68

Figura 31 - Número de espécies fitoplanctônicas obtidas durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	68
Figura 32 - Valores médios do número de espécies e do índice de Riqueza de Margalef, para o fitoplâncton obtidos durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	69
Figura 33 - Abundância relativa percentual das principais espécies do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. Gflac- <i>Guinardia flaccida</i> ; Hhard - <i>Hemidiscus hardmanian</i> ; Nlong - <i>Nitzschia longissima</i> ; Pangu - <i>Pleurosigma angulatum</i> ; Scost - <i>Skeletonema costatum</i> ; Cfur - <i>Ceratium furca</i> ; Pmic - <i>Prorocentrum micans</i> ; Pconi - <i>Protoperidinium conicum</i> ; Chlam - <i>Chlamydomonas</i> ; Coscl - <i>Coscinodiscus sp1</i> ; Cfus - <i>Ceratium fusus</i> .....	70
Figura 34 - Variação do Volume de sedimentação e densidade média total do fitoplâncton durante amostragem do Porto de Aratu, BTS, Bahia. (Pré-dragagem; Dragagem; Pós-dragagem). ....	70
Figura 35 - Distribuição do Volume de Sedimentação da assembléia fitoplanctônica do Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.....	71
Figura 36 - Mapa de distribuição da densidade da assembléia fitoplanctônica do Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais. ....	72
Figura 37 - Variação dos valores de clorofila-a (B, maré baixa; A, maré alta), durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	73
Figura 38 - Distribuição da biomassa da assembléia fitoplanctônica do Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais. ....	73
Figura 39 - Dados da assembléia fitoplanctônica, com amplitude, desvio-padrão e média obtidos durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	74
Figura 40 - Variação da densidade por grupos taxonômicos de fitoplâncton durante amostragens no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	76
Figura 41 - Dendrograma para as estações de amostragem baseado no fitoplâncton característico, durante amostragem, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	77
Figura 42 - Dendrograma para os táxons fitoplanctônicos característicos, durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. - Cla - <i>Chlamydomonas</i> sp; Hem - <i>Hemidiscus hardmanian</i> ; Nlo - <i>Nitzschia longissima</i> ; Npa - <i>Nitzschia paradoxa</i> ; Pni - <i>Pseudonitzschia</i> sp; Nsi - <i>Nitzschia sigma</i> ; Cos - <i>Coscinodiscus sp1</i> .....	78

Figura 43 – Distribuição das amostras em função da estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila e número de espécies) e a qualidade da água durante amostragens no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	80
Figura 44 - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando as estações de amostragem, a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila e número de espécies) e a concentração de metais-traço (Fe, Ferro; Mn, Manganês; Ni, Níquel e Zn, Zinco), durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	82
Figura 45 – Dados de amplitude, desvio-padrão e média das variáveis ambientais obtidos durante campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	85
Figura 46 – Caracterização das massas de água durante campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	86
Figura 47 - Variação dos valores de temperatura (°C) nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	86
Figura 48 - Variação dos valores de salinidade nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	87
Figura 49 - Variação dos valores de oxigênio dissolvido (mg/L) nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta). ....	87
Figura 50 - Variação dos valores de pH nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	88
Figura 51 - Variação dos valores de turbidez obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).....	88
Figura 52 - Variação dos valores de fósforo total (mg/L) obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Bahia.....	89
Figura 53 - Variação dos valores de amônia (mg/L) obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	89
Figura 54 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseado na qualidade da água durante a amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	91
Figura 55 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseado na concentração de metais traço (Fe –Ferro, Mn-Manganês e Zn-Zinco), na água do Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	93
Figura 56 – Valores médios dos metais-traço (Fe-mg/Kg 10 <sup>3</sup> ), Manganês (Mn-mg/Kg 10 <sup>2</sup> ), Zinco (Zn-mg/Kg 10 <sup>2</sup> ) e clorofila, obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	94

Figura 57 - Concentrações de metal traço Zinco (mg/Kg102) (B, maré baixa; A, maré alta), nas campanhas de amostragem (Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem), no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	95
Figura 58 - Concentrações de metal traço Manganês (mg/Kg102) (B, maré baixa; A, maré alta), nas campanhas de amostragem (Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem), no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	95
Figura 59 - Concentrações de metal traço Ferro (mg/Kg103) (B, maré baixa; A, maré alta), nas campanhas de amostragem (Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem), no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	96
Figura 60 - Distribuição do metal-traço Ferro no Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.....	96
Figura 61 - Número total de espécies identificadas, por divisão taxonômica, durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	97
Figura 62 - Distribuição da riqueza específica da assembléia fitoplanctônica na maré baixa e alta no porto de Salvador –Bahia.....	98
Figura 63 - Número total de espécies e número percentual de espécies fitoplanctônicas durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	98
Figura 64 - Riqueza específica do fitoplâncton nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	99
Figura 65 - Valores médios do número de espécies e do índice de Riqueza de Margalef, para o fitoplâncton obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	99
Figura 66 - Abundância relativa percentual das principais espécies do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.(Oscil – <i>Oscillatoria</i> ; Gflac- <i>Guinardia flaccida</i> ; Rimbr - <i>Rhizosolenia imbricata</i> ;Hhard - <i>Hemidiscus hardmanian</i> ; Chlam – <i>Chlamydomonas</i> sp; Cosc1 – <i>Coscinodiscus sp1</i> ; Cfus – <i>Ceratium fusus</i> ). ....	100
Figura 67 – Variação do volume de sedimentação e densidade média total de fitoplâncton nas campanhas de amostragem do Porto de Salvador, BTS, Bahia. (Pré-dragagem; Dragagem; Pós-dragagem). ....	101
Figura 68 - Distribuição do volume de sedimentação da assembléia fitoplanctônica do Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais. ....	101
Figura 69 - Distribuição da densidade da assembléia fitoplanctônica do Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais. ....	102

Figura 70 - Variação dos valores de clorofila-a nas campanhas amostrais - pré-dragagem, dragagem e pós-dragagem do Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta). .....	103
Figura 71 - Distribuição da biomassa da assembléia fitoplanctônica do Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais. ....	103
Figura 72 - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para o fitoplâncton obtido durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	104
Figura 73 - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para o fitoplâncton obtido durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	105
Figura 74 - Dendrograma para as estações de amostragem baseado no fitoplâncton característico, durante amostragem, no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	106
Figura 75 - Dendrograma para os táxons fitoplanctônicos característicos, durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. – Cla – Chlamidomonas sp; Hem – Hemidiscus hardmanian; Nlo - Nitzschia longissima; Npa – Nitzschia paradoxa; Pni - Pseudonitzschia sp; Nsi – Nitzschia sigma; Cos – Coscinodiscus sp1. ....	107
Figura 76 – Distribuição das amostras em função da estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila-a e número de espécies) e a qualidade da água, nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	109
Figura 77 - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando as estações de amostragem, a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila e número de espécies) e a concentração de metais-traço (Fe, Ferro; Mn, Manganês e Zn, Zinco), durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	111

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Localização geográfica das estações de amostragem no Porto de Aratu e Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	43
Tabela 2 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado na qualidade da água durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	59
Tabela 3 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado nos metais traços durante a atividade de dragagem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	65
Tabela 4 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	79
Tabela 5 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação e número de espécies) e a concentração de metais-traço durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	81
Tabela 6 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado na qualidade da água durante a atividade de dragagem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	90
Tabela 7 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado nos metais traços durante a atividade de dragagem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	92
Tabela 8 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. ....	108
Tabela 9 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação e número de espécies) e a concentração de metais-traço durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia....	110

# SUMÁRIO

<b>1 - INTRODUÇÃO .....</b>	<b>19</b>
<b>2 - CARACTERIZAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS PORTOS DA BAHIA: PORTOS DE SALVADOR E ARATU .....</b>	<b>21</b>
<b>3 - A DRAGAGEM NA BTS: PORTOS DE ARATU E SALVADOR.....</b>	<b>25</b>
<b>4 - BAÍA DE TODOS OS SANTOS.....</b>	<b>30</b>
4.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DA BTS .....	32
4.2 ESTUDOS FITOPLANCTÔNICOS NA BTS.....	35
<b>5 - O FITOPLÂNTON EM ESTUDOS AMBIENTAIS.....</b>	<b>36</b>
5.1 POSSÍVEIS IMPACTOS DA DRAGAGEM SOBRE O FITOPLÂNTON .....	39
<b>6- METODOLOGIA DE ESTUDO .....</b>	<b>43</b>
6.1 ÁREA DE ESTUDO .....	43
6.2 TÉCNICAS AMOSTRAIS E LABORATORIAIS.....	46
6.3 TRATAMENTO DOS DADOS .....	47
<b>6.3.1 DENSIDADE .....</b>	<b>47</b>
<b>6.3.2 ABUNDÂNCIA RELATIVA.....</b>	<b>48</b>
<b>6.3.3 FREQUÊNCIA DE OCORRÊNCIA.....</b>	<b>48</b>
<b>6.3.4 ANÁLISE DE RIQUEZA ESPECÍFICA .....</b>	<b>48</b>
<b>6.3.5 ANÁLISE DESCRITIVA E INFERENCIAL .....</b>	<b>48</b>
<b>6.3.6 ANÁLISE MULTIVARIADA .....</b>	<b>49</b>
<b>6.3.7 ANÁLISE DE CLUSTER (AC).....</b>	<b>49</b>
<b>6.3.8 ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS (ACP).....</b>	<b>50</b>
<b>6.3.9 ANÁLISE DE REDUNDÂNCIA (AR).....</b>	<b>50</b>
<b>6.3.10 TRATAMENTO CARTOGRÁFICO.....</b>	<b>51</b>
<b>7. RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
7.1 PORTO DE ARATU .....	52
<b>7.1.1 Variabilidade espaço-temporal da estrutura oceanográfica e da qualidade da água.....</b>	<b>52</b>
7.1.1.1 Análise de Componentes Principais para a estrutura oceanográfica e qualidade da água do Porto de Aratu .....	58



7.1.1.2 Metais-traço na água do Porto de Aratu .....	60
7.1.1.3 Análise de Componentes Principais para os metais na água do Porto de Aratu .....	64
<b>7.1.2 Assembléia fitoplanctônica .....</b>	<b>66</b>
7.1.2.1 Composição e riqueza taxonômica .....	66
7.1.2.2 Abundância relativa .....	69
7.1.2.3 Densidade e volume de sedimentação do fitoplâncton .....	70
7.1.2.4 Biomassa fitoplanctônica .....	72
7.1.2.5 Variabilidade espaço-temporal da assembléia fitoplanctônica .....	74
7.1.2.6 Análise de Classificação .....	76
7.1.2.7 Análise de Redundância para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura da assembleia fitoplanctônica do Porto de Aratu .....	78
7.1.2.8 Análise de Redundância para as concentrações de metais-traço a estrutura do fitoplâncton do Porto de Aratu .....	80
<b>7.2 PORTO DE SALVADOR .....</b>	<b>83</b>
<b>7.2.1 Variabilidade espaço-temporal da estrutura oceanográfica e da qualidade da água .....</b>	<b>83</b>
7.2.1.1 Análise de Componentes Principais para a estrutura oceanográfica e qualidade da água do Porto de Salvador .....	90
7.2.1.2 Análise de componentes principais para os metais na água do Porto de Salvador ....	91
7.2.2 Metais-traço na água .....	93
<b>7.2.3 Assembleia fitoplanctônica .....</b>	<b>97</b>
7.2.3.1 Composição e riqueza taxonômica .....	97
7.2.3.2 Abundância relativa .....	100
7.2.3.3 Densidade e volume de sedimentação de fitoplâncton .....	100
7.2.3.4 Biomassa fitoplanctônica .....	102
7.2.3.5 Variabilidade espaço-temporal da assembléia fitoplanctônica .....	104
7.2.3.6 Análise de Classificação .....	106
7.2.3.7 Análise de redundância para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura do fitoplâncton do Porto de Salvador. ....	107
7.2.3.8 Análise de redundância para as concentrações de metais-traço e a estrutura do fitoplâncton do Porto de Salvador. ....	109
<b>8 - DISCUSSÃO - PORTOS DE SALVADOR E ARATU .....</b>	<b>112</b>
8.1 VARIÁVEIS OCEANOGRÁFICAS E QUALIDADE DA ÁGUA .....	112

8.2 METAIS TRAÇO E NUTRIENTES.....	114
8.3 ASSOCIAÇÃO FITOPLANCTÔNICA .....	116
8.4 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DO FITOPLÂNCTON .....	117
8.5 CLASSIFICAÇÃO E ORDENAÇÃO DO FITOPLÂNCTON .....	118
<b>9 - CONCLUSÕES .....</b>	<b>121</b>
<b>10 - REFERÊNCIAS .....</b>	<b>122</b>
<b>ANEXO 1 – ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES DUNN – QUALIDADE ÁGUA ARATU.....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO 2 – CATÁLOGO FITOPLANCTÔNICO ARATU .....</b>	<b>133</b>
<b>ANEXO 3 – INDICES ESTRUTURAIS ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA ARATU.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO 4 – ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS DE DUNN – ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA ARATU.....</b>	<b>136</b>
<b>ANEXO 5 – CONCENTRAÇÃO METAIS TRAÇO ARATU.....</b>	<b>144</b>
<b>ANEXO 6 - ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES DUNN – QUALIDADE DA ÁGUA SALVADOR.....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO 7 - CATÁLOGO FITOPLANCTÔNICO SALVADOR.....</b>	<b>145</b>
<b>ANEXO 8 – INDICES ESTRUTURAIS ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA SALVADOR.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO 9 - ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES DUNN – ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA SALVADOR.....</b>	<b>148</b>
<b>ANEXO 10 – CONCENTRAÇÕES METAIS TRAÇO SALVADOR .....</b>	<b>149</b>

## 1 - INTRODUÇÃO

A dragagem, apesar de constituir uma operação antiga e necessária à construção e manutenção dos canais navegáveis ocasiona impactos ambientais diretos e indiretos como remobilização e ressuspensão de sedimento, poluentes e nutrientes, alteração da qualidade da água, mortalidade de organismos e modificações na composição ambiental (TORRES, 2000; KAREL, 1999).

A remobilização e ressuspensão de sedimentos pode disponibilizar à coluna d'água substâncias lançadas no ambiente derivadas dos portos e indústrias, o que pode apresentar elevado potencial de persistência e bioacumulação. Também, os efluentes domésticos e industriais têm favorecido para o lançamento de muitos compostos na natureza e se caracterizam pelo seu potencial tóxico, biodegradabilidade e promotor de modificações ambientais. Nos espaços de convivência humana observa-se uma taxa cada vez maior de comprometimento e degradação ambiental relacionada aos efeitos cumulativos em nome do desenvolvimento (TUNDISI, 2006; AMANCIO, 2005).

A água é um recurso natural muito importante que participa e dinamiza todos os ciclos ecológicos. Os sistemas aquáticos têm uma grande diversidade de espécies úteis ao homem e que são também parte ativa e relevante dos ciclos biogeoquímicos e da diversidade biológica do planeta Terra, tornando-os ambientes complexos, propícios ao desenvolvimento de múltiplas espécies vivas da fauna e flora (TUNDISI, 2006; ANA, 2006).

As atividades que necessitam do transporte marítimo têm representado um papel preponderante na economia mundial e, com a crescente demanda de importação e exportação do comércio, fizeram com que o transporte marítimo se tornasse essencial para o escoamento de carga, sendo que, mais de 90% do comércio internacional (exportação e importação) é realizado por via marítima (CNT, 2006).

Para atender as necessidades do mercado, faz-se necessário, a alguns portos, aprimorar os canais de acesso, berços de atracação e bacias de evolução, aumentando a profundidade, para permitir que embarcações cada vez maiores, possam trafegar e aproximar das áreas portuárias e, para isso, são realizadas as atividades de dragagem de aprofundamento (PATCHINEELAM *et al.*, 2008).

As trocas químicas entre a atmosfera, a água e o sedimento, como por exemplo, a absorção de carbonato de cálcio e liberação de carbono e cálcio e as transformações biogeoquímicas de elementos são compartilhadas pelos organismos planctônicos. A

incorporação de metais pesados pelas microalgas limita profundamente a produção fitoplanctônica (ROUND, 1983; PASSAVANTE *et al* 2003; RAVEN *et al*, 2007). Assim estes organismos, produtores primários, dependem da composição físico-química do meio para a sua distribuição, reprodução e crescimento (VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004). Muitos ecologistas vinculam o aumento da frequência de florações tóxicas marinhas, nos últimos anos, ao declínio global da qualidade das águas do mar, ocasionado pelo aumento das populações humanas e atividades antrópicas (RAVEN *et al*, 2007).

O fitoplâncton responde ao gradiente ambiental e por isto representa importante ferramenta para a compreensão e diagnóstico dos impactos, naturais e/ou antropogênicos, que ocorrem nos ecossistemas aquáticos no nível dos produtores primários (VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004; HONORATO DA SILVA *et al*, 2009).

As baías e estuários, devido às suas localizações estratégicas, servem como locais de transporte marítimo, instalações industriais, turismo e veraneio, assim como fixação de residências, devido à oferta de alimento e emprego para a população, proporcionando o crescimento econômico das regiões costeiras (BATISTA NETO, 2008; ENGLER *et al.*, 1991).

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto da atividade de dragagem de aprofundamento em dois portos, o de Aratu e o de Salvador sobre a estrutura da assembleia fitoplanctônica, em termos de biomassa (volume de sedimentação e clorofila-a), densidade e riqueza (número de espécies e índice de riqueza de Margalef). Também visamos correlacionar a composição com a estrutura oceanográfica (temperatura e salinidade), nutricional (fósforo e nitrogênio), qualidade da massa de água (pH e oxigênio dissolvido) e metais-traço (Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco), buscando uma interpretação do impacto da atividade dragagem sobre a microflora.

Este estudo testa a hipótese nula de que o número de espécies fitoplanctônicas, a densidade total e a biomassa total são iguais durante diferentes momentos da atividade de dragagem.

## **2 - CARACTERIZAÇÃO E DESTINAÇÃO DOS PORTOS DA BAHIA: PORTOS DE SALVADOR E ARATU**

Um porto marítimo corresponde a uma área protegida destinada a ancoragem de embarcações, cargas e descarga, transporte e armazenamento de mercadorias. O transporte marítimo representa uma modalidade muito importante para as indústrias, promovendo o crescimento econômico, a integração no país e entre países, além do desenvolvimento social e comercial do local.

No século XVI, o porto instalado no estado da Bahia tornou-se o mais importante de todo o Hemisfério Sul, servindo para o escoamento de produtos não somente brasileiros, mas como de outros países da América Latina. Era também a porta de entrada para os escravos, chegados das diferentes regiões da África, para trabalharem nos engenhos de açúcar do Recôncavo Baiano.

Com a implantação das atividades industriais houve a necessidade do crescimento das atividades portuárias, nos portos baianos, bem como a criação de terminais privativos, importantes para garantir o escoamento da produção industrial e subsidiar o desenvolvimento dos centros industriais do estado. Neste contexto, a cidade de Salvador abriga oito dos dez portos e terminais marítimos existentes no Estado da Bahia. Os monitoramentos oceanográficos iniciais estiveram atrelados às atividades portuárias, com as primeiras informações sistematicamente coletadas envolvendo o nível d'água para a produção de tábuas de maré (LESSA *et al*, 2009; HADJE E ANDRADE, 2009).

Na Bahia, a Baía de Todos os Santos (BTS) conta com o maior complexo petroquímico do hemisfério sul (Centro Petroquímico de Camaçari), e com isso dois grandes portos, de Aratu e Salvador (CIRANO e LESSA, 2007).

O porto de Aratu (Figura 1) está situado na enseada de Caboto, próximo à entrada do canal de Cotegipe, região nordeste da BTS, cerca de 50km de Salvador e onde se encontra o centro industrial de Aratu, criado em 11 de abril de 1966 e situado em zona com numerosos corpos d'água, que foram divididos em sub-bacias, como de Ipitanga, Cotegipe, Joanes e Colonial. Esta baía possui em seu entorno, terminais, indústrias químicas e, além do porto de Aratu, o porto da Base Naval, permitindo a passagem de navios de grande calado, servindo ao Centro Industrial de Aratu e ao Pólo Petroquímico de Camaçari (Ministério dos Transportes; CRA, 2001). Dentre as empresas mais importantes localizadas às margens da baía de Aratu, destaca-se a Dow Química S.A. e a Siderúrgica Sibra, que utiliza o canal do rio Cotegipe para

o escoamento de seus produtos e insumos, bem como para o descarte dos seus efluentes líquidos (QUEIROZ E CELINO, 2008; UFBA-NIMA, 1997; CRA, 2004).



**Figura 1 – Visão aérea do Porto de Aratu. Fonte: CODEBA, 2010.**

O porto de Aratu foi criado em 1 de outubro de 1971, pelo Departamento Nacional de Portos e Vias Navegáveis do Ministério dos Transportes. A inauguração das primeiras instalações de acostagem e depósitos ocorreram em 26 de fevereiro de 1975, com a atracação do navio Guanabara. A partir de 1977, o porto foi vinculado à Companhia Docas do Estado da Bahia - Codeba, passando a ser responsável por 60% das operações da Codeba, além de ser importante para o desenvolvimento da mineração na Bahia. (Informações prestadas pela CODEBA e Ministério dos Transportes).

O Porto de Aratu possui notória importância econômica para o Estado da Bahia e, conseqüentemente, para o país, dando suporte aos processos de importação e exportação de produto. Apresenta Terminal de Granéis Sólidos (TGS), destinado à exportação Magnesita e uréia e o outro para importação de concentrado de cobre, alumina, carvão mineral, enxofre, fertilizantes, manganês e rocha fosfática; o terminal de Granéis Líquidos (TGL), através do qual é feito o bombeamento de navio para navios de produtos líquidos como soda cáustica, nafta, alcoóis, óleo diesel, etanol, gasolina, benzeno, xileno, etc; o Terminal de Produtos Gasosos (TPG) realiza o bombeamento dos produtos como amônia, butadieno, propeno,

buteno, etc; além de locais de armazenagem de produtos (Informações prestadas pela CODEBA e Ministério dos Transportes).

O Porto Organizado de Salvador (Figura 2), localizado na Baía de Todos os Santos (BTS), entre a Ponta do Monte Serrat, ao norte e a Ponta de Santo Antônio, ao sul, iniciou o funcionamento no ano de 1816, mas fora inaugurado oficialmente em 13 de maio de 1913. O porto, que se encontra em posição estratégica, a meio caminho da Rota do Mercosul representa um dos maiores exportadores de frutas do Brasil com expressiva participação no comércio exterior. Apresenta uma frequência média de 75 navios ao mês aportados e capacidade para movimentação de carga. Em meados do século XVI, o porto funcionou como importador de mercadorias procedentes de Portugal e da África e como exportador de produtos tropicais para o Cidade, abrangendo produtos como o açúcar, o pau-brasil, o algodão, o fumo, o couro e a aguardente, com média de entrada de 90 navios ao ano (Informações cedidas pela CODEBA e Ministério dos Transportes).



**Figura 2 - Porto Organizado de Salvador. Fonte: CODEBA, 2010.**

No ano de 2014, a movimentação de carga no porto de Salvador atingiu mais de quatro milhões de toneladas e os portos de Aratu e Salvador juntos totalizaram 11,3 milhões de toneladas, dentre as quais destacaram-se: trigo, asfalto, celulose, produtos siderúrgicos e contêineres, segundo dados fornecidos pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários.

No primeiro trimestre de 2016, os portos de Salvador e Aratu haviam movimentado, em torno de 1,203 milhões de toneladas.

O porto da capital apresenta 2.092 metros de cais acostáveis de extensão, dividido em três trechos com berços e armazéns: o primeiro, utilizado para estocagem de trigo e malte em grãos; o segundo, para estocagem de celulose, produtos químicos e petroquímicos, sisal, produtos siderúrgicos, papel, etc. e o terceiro, aparelhado com oito guindastes de pórtico de 3,2t, um guindaste de 6,3t e 1 torre sugadora para 150t/h que atende ao Moinho J.Macedo. Os produtos siderúrgicos, petroquímicos, granito/mármore em blocos, automóveis, sisal, frutas e sucos, etc. são movimentados no cais de ligação (Informações cedidas pela CODEBA e Ministério dos Transportes).

Portanto, os dois portos (Salvador e Aratu) são citados como fontes de contaminação por hidrocarbonetos, metais e demais produtos transportados pela região, resíduos de óleos a partir de embarcações motorizadas. Estima-se que o Porto de Salvador movimente mais de 400.000 t ao ano de produtos químicos e fertilizantes, enquanto o Porto de Aratu é responsável pela movimentação de cerca de 4 milhões de t ao ano (HADJE e ANDRADE, 2009; CELINO E QUEIROZ, 2006).



### 3 - A DRAGAGEM NA BTS: PORTOS DE ARATU E SALVADOR

A dragagem consiste na escavação subaquáticas e retirada de sedimentos e pedras para o alargamento de canais em rios, portos e baías, garantindo a navegabilidade de navios com segurança, principalmente embarcações de grande calado; para a construção de diques e preparação para pontes. Em outros casos, é utilizada para a remediação, com o propósito de limpar e recuperar áreas que tenham sedimentos contaminados e exploração mineral, diamantes e recursos marinhos de valor comercial tais como alguns tipos de moluscos (CEPEMAR,2010; GOES-FILHO, 2004; *Compton's Encyclopedia*, 1998).

A dragagem também pode ser definida como um processo de realocação de sedimentos e solos com objetivo de construção, aprofundamento e manutenção de vias aquáticas, de infraestrutura de transporte, de aterros e de recuperação de solos (GOES-FILHO, 2004).

Indícios do trabalho humano envolvendo técnicas primitivas de dragagem foram encontrados em muitos locais da Terra, em épocas remotas, destes: abertura de canais para a navegação entre os Sumérios, que datam de 5.000 anos antes de Cristo (MARTINS, 1974), construção do Grande Canal da China, com 1.600km de extensão, que levou 2.000 anos para ser construído e cujas obras se iniciaram em 7 a.C. e terminaram aproximadamente em 1280 d.C; abertura do canal da Babilônia, realizando a união entre os Rios Tigre e Eufrates e determinada por Nabucodonosor em 600 a.C. (BRAY, 1997; *Compton's Encyclopedia*, 1998); execução de aterros hidráulicos na Holanda no século XIII (MARTINS, 1974). Na atualidade, os grandes sistemas hídricos do norte da Europa estão interconectados por canais artificiais (*Compton's Encyclopedia*, 1998).

Este tipo de atividade representa de elevado impacto ao meio ambiente, entretanto a ausência de dragagem nos canais de acessos aos portos pode resultar, por exemplo, no encalhe de navios que transportam carga tóxica ou derivados de petróleo, podendo ocasionar conseqüências maiores que a própria dragagem (PATCHINEELAM *et al*, 2008).

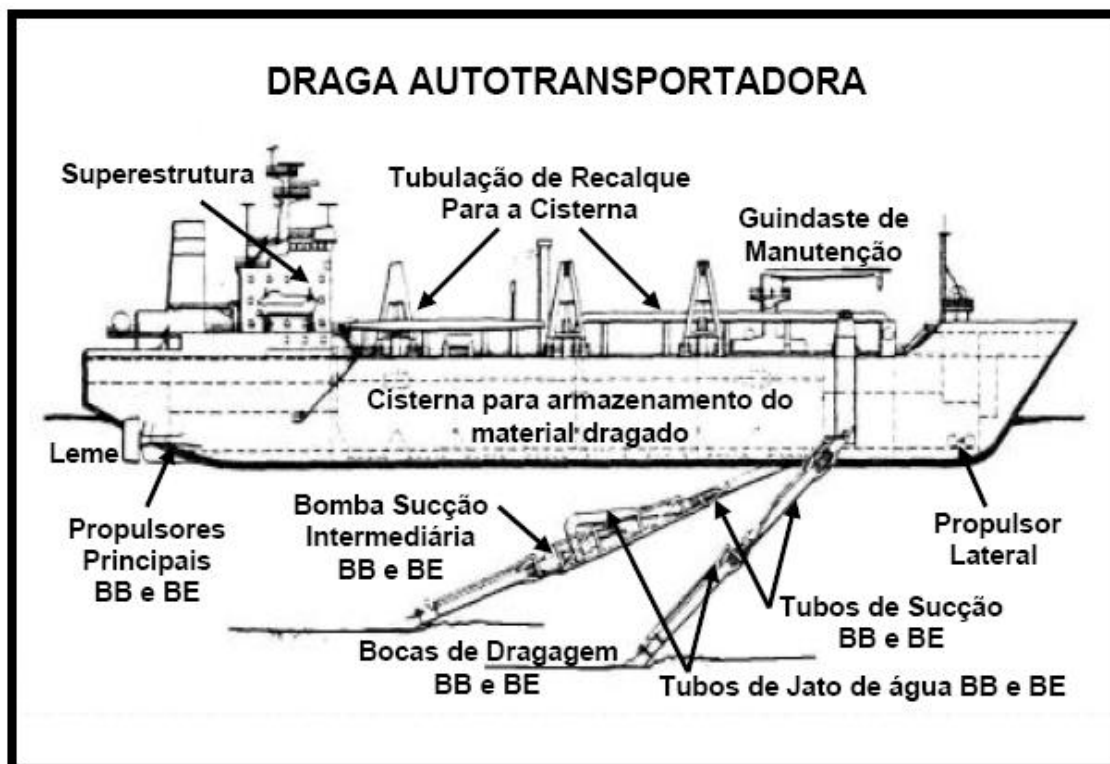
As obras de dragagem exigem equipamentos específicos, tais como, dragas, que podem ser em plataformas ou embarcações próprias para a escavação do fundo dos cursos d'água. São encontradas com diversas características, dependendo do tipo e da quantidade de material a ser retirado (CEPEMAR/VALE, 2010). Dependendo do modo de escavação e operação, as dragas utilizadas podem ser mecânicas, hidráulicas e hidráulico-mecânicas, com

base no material a ser dragado, das características da área e das restrições ambientais inerentes as operações (PATCHINEELAM *et al.*, 2008).

As dragas mecânicas são utilizadas comumente no Brasil para sedimentos muito coesivos, como argila, turfa, e silte altamente consolidado. O processo mecânico ocorre com a aplicação direta de uma força mecânica para escavar o material, independente de sua densidade, utilizando-se dragas escavadeiras flutuante (de caçamba- grab dredge e garras - dipper dredge) ou dragas alcatruzes (também conhecidas por “bucket ladder”). Os sedimentos escavados passam por uma esteira e podem ser depositados em local determinado (TEIXEIRA, 2009).

Este tipo é empregado quando há necessidade de remover pontos localizados, sem perturbar áreas maiores. Sua aplicação é intensa em áreas adjacentes de cais portuários e limpeza ou aprofundamento dos canais de saneamento em áreas urbanizadas com baixa altitude (PATCHINEELAM *et al.*, 2008).

As dragas hidráulicas são mais adequadas para a remoção de areia e silte pouco consolidado, removendo e transportando o sedimento na forma líquida. Para a realização do processo hidráulico de dragagem são utilizados equipamentos como bombas centrífugas de dragagem, acionadas por motores a diesel ou elétricos, que fazem a sucção e o recalque de parte do substrato aspirado, podendo ser triturado por ação mecânica ou por ação hidráulica (com fortes jatos d'água). São utilizados dois equipamentos principais nesse processo: dragas auto-transportadoras e as dragas de sucção (Figura 3). A principal diferença entre as duas é a presença de uma cisterna para armazenamento do sedimento dragado na autotransportadora. Na draga de sucção é necessário uma embarcação auxiliar e ao aspirar o sedimento, traz junto uma grande quantidade de água que é novamente devolvida ao ambiente (TEIXEIRA, 2009; GOES-FILHO, 2004). As dragas hidráulicas quando comparadas às mecânicas, mostram-se mais eficientes e com maior capacidade operacional, uma vez que possuem tecnologia mais moderna, além de serem consideradas menos impactantes.



**Figura 3 - Esquema de uma draga auto-transportadora, contendo sistema de sucção.**  
 Fonte: <http://hidroviainteriores.blogspot.com.br>

A dragagem é uma das principais etapas do plano de expansão e melhoria dos portos da Bahia, proporcionando aumento na sua capacidade de recepção de navios de grande porte, melhorar o seu potencial de negociação, além de garantir novos investidores que possam significar uma mudança na economia e desenvolvimento da cidade, aumentando em 30% a capacidade operacional dos portos (CODEBA, 2010).

As atividades de dragagem nos Portos de Aratu e Salvador foram regulamentadas pelo CRA e IBAMA, nas licenças ambientais expedidas através da Portaria CRA 9806 – Instituto do Meio Ambiente – IMA, publicada no Diário Oficial do Estado em 15/08/2008, com validade prorrogada através da Portaria 11.317, de 28/07/2009, para dragagem de aprofundamento da bacia de evolução do Porto Organizado de Aratu – BA; expedida através de Portaria CRA 9910 – Instituto do Meio Ambiente – IMA, publicada no Diário Oficial do Estado em 30 e 31/08/2008, com validade prorrogada através da Portaria 11.331, de 29/07/2009, para dragagem de aprofundamento do Porto Organizado de Salvador – BA; licença de Operação N°. 638/2007, emitida pelo IBAMA em 06/08/2007 e retificada em 04/12/2008, relativa a dragagem de aprofundamento nos berços de atracação e bacia de evolução do Porto de Salvador - BA; licença Prévia N°. 292/2008, emitida pelo IBAMA em 03/12/2008, referente a execução de 02 berços de atracação e execução de aterro hidráulico

para o Porto de Salvador-BA, além da elaboração de Programas Básicos Ambientais elaborado pela Universidade Federal da Bahia.

A obra de dragagem de aprofundamento da bacia de evolução, berços de atracação e canal de acesso nestes portos (Figura 4) foi realizada pela draga hidráulica de sucção e recalque “Hondius” (Figura 5), além das dragas auto-transportadoras “Juan Sebastian de Elcano” e draga transportadora “Kaishuu”. A dragagem aprofundou de 12 para 15 metros.



**Figura 4 - Dragagem de aprofundamento da bacia de evolução, berços de atracação e canal de acesso no Porto de Aratu (Esquerda) e Porto de Salvador (Direita), Baía de Todos os Santos. Fonte: CODEBA, 2010.**



**Figura 5 - Draga Hondius realizando a operação de dragagem na Baía de Todos os Santos. Ano: 2010.**

A área de descarte de material no Porto de Salvador compreendeu um raio de 4 milhas náuticas, estabelecida pela Capitania dos Portos da Bahia e aprovado pelo IBAMA, localizada a 16km da vertente oceânica de Salvador, a uma profundidade de 100m a 1000m.

No Porto de Aratu, o sedimento dragado foi da ordem de 2.050.000 m<sup>3</sup>, com descarte na área oceânica a 23 milhas náuticas da própria baía (CONSÓRCIO JDN –DRATEC, 2010).

Em Aratu esta área teve uma profundidade de 300m a 700m e as rochas foram depositadas na área lateral ao TGL (Terminal de Granéis Líquidos), no próprio porto.

## 4 - BAÍA DE TODOS OS SANTOS

No litoral brasileiro, a Baía de Todos os Santos (BTS) representa a maior baía navegável e a segunda maior baía costeira do Brasil, com 184 Km de extensão costeira, 800km<sup>2</sup> de área total e com profundidade média de 9,8 metros, chegando até 42 metros, com visibilidade de mergulho entre 10 e 20 metros. A BTS (Figura 6) está situada na região nordeste do estado da Bahia, entre as coordenadas geográficas 12°35'30"-13°07'30" de latitude Sul e 38°29'00"-38°48'00" de longitude Oeste. Tem extensão que se inicia na Ponta do Garcez até o Farol de Santo Antônio, na região nordeste do estado da Bahia. Apresenta pequenas baías (Iguape, Aratu e Itapagipe), enseadas e 54 ilhas pertencentes aos municípios de Salvador, Madre de Deus, Candeias, Simões Filho, São Francisco do Conde, Santo Amaro, Cachoeira, Saubara, Itaparica, Vera Cruz, Jaguaripe, Maragogipe e Salinas da Margarida, apresentando cerca de 221 km de linha de costa. No seu entorno, apresenta um contingente populacional superior a três milhões de habitantes (ano de 2009) (SEMA, 2013; HATJE *et al*, 2009; LESSA *et al*, 2009; CIRANO E LESSA, 2007, CRA, 2004; DA SILVA, 1994).

A BTS recebe este nome por ter sido fundada no dia 1º de novembro de 1501, dia de todos os santos e sua formação compõe uma espécie de ancoradouro natural, o que logo despertou o interesse dos portugueses, que enxergaram aí um potencial para a comunicação com a metrópole. A implantação de indústrias na região iniciou-se na década de 50, despontando o crescimento urbano e transformações econômicas e sociais. Na Bacia Sedimentar do Recôncavo iniciou-se a exploração do petróleo pela Petrobrás e pesquisas constantes, o que acarretou, na segunda metade do século XX, inúmeros acidentes ambientais envolvendo derrames de óleo (Jornal Atarde,2011; CELINO E QUEIROZ, 2006; Veiga, 2003) . A implantação de portos surgiu da necessidade da transformação e desenvolvimento da economia do Estado.

Na BTS, a baía de Aratu, está situada entre as coordenadas 12°45'00"-12°49'02" de latitude Sul S e 38°25'46"e 38°30'29" de longitude Oeste na faixa costeira da região metropolitana de Salvador. Esta baía possui uma área de 24,5 Km<sup>2</sup> e ligada a esta pelo canal do Cotegipe. O volume médio de descarga de água doce é estimado em 1,65m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup> (QUEIROZ e CELINO, 2008; PEREIRA, 2008; LESSA *et al.*, 2009).

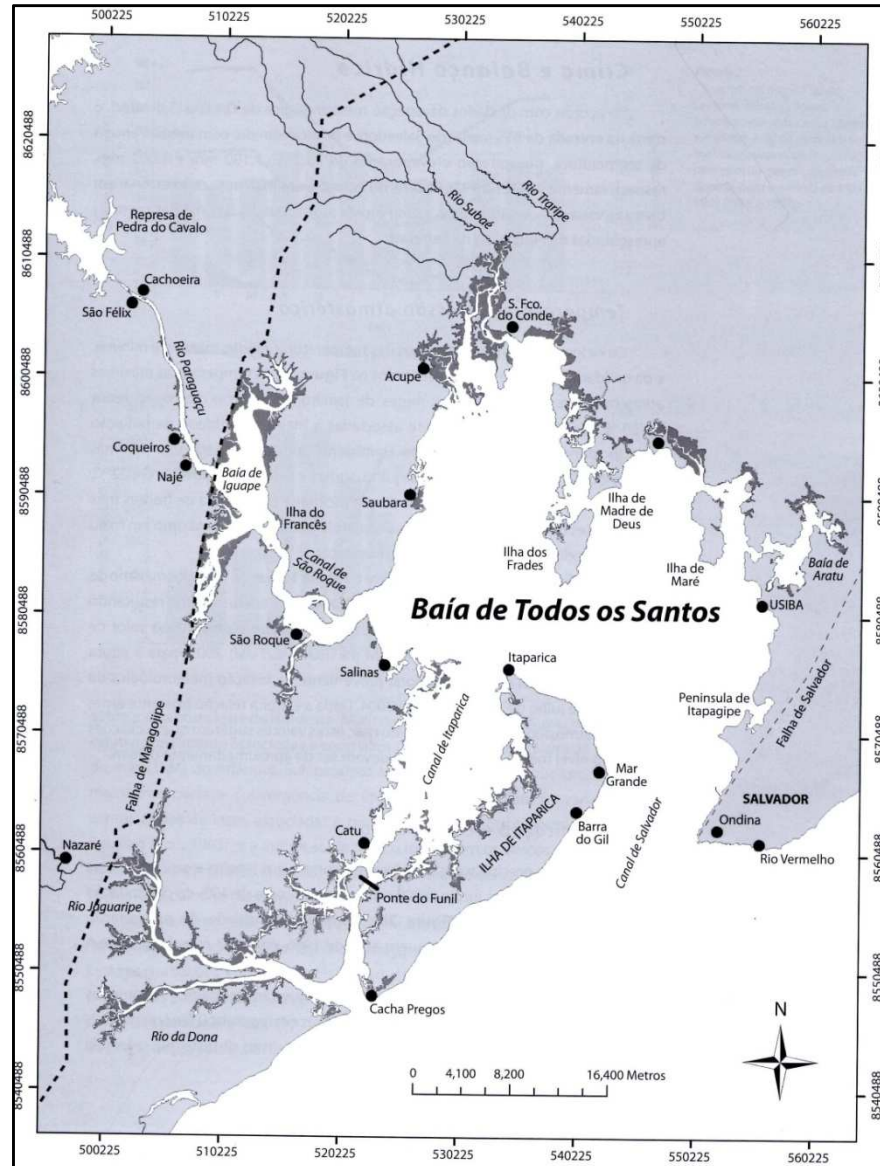


Figura 6 - Baía de Todos os Santos e suas feições. Fonte: HATJE e ANDRADE, 2009.

Nos principais portos da BTS, dentre eles o de Aratu e o de Salvador, há um constante fluxo de mercadorias e pessoas. No ano de 2010 aproximadamente oitenta mil toneladas de carga foram exportadas através dos Portos de Aratu e Salvador (informações prestadas pela Companhia de Docas do Estado da Bahia), além do desenvolvimento do turismo, favorecendo a economia da região.

A BTS é detentora do maior complexo petroquímico do hemisfério sul, com diversas atividades ligadas à indústria petrolífera e um expressivo parque industrial, formado por duas fábricas de papel, uma metalúrgica de cobre, indústrias de química fina, refinaria de petróleo e portos, conforme dados do ano de 1997 (UFBA/NIMA)

A região é constantemente impactada, com o desenvolvimento, por atividade industrial, além da presença de emissários submarinos, que descartam substâncias químicas e esgoto no mar (CIRANO E LESSA, 2007).

A BTS, esta extensa baía foi declarada sede da “Amazônia Azul” no dia 25 de setembro de 2014, durante o I Fórum Internacional de Gestão de Baías, realizado no Palácio da Associação Comercial da Bahia (ACB), em Salvador. Este termo amplia o conceito de “Amazônia verde”-a floresta Amazônica e o território marítimo apresentam grandes riquezas ambientais. A proposta foi a de estabelecer um marco mundial de debates sobre a economia do mar, inteligência naval e cadeia produtiva.

#### 4.1 CARACTERÍSTICAS AMBIENTAIS DA BTS

A geologia da BTS foi determinada, em grande parte, pela atividade tectônica, quando da separação entre a América do Sul e a África, ocupando uma área delimitada pelas falhas geológicas de Salvador e de Maragogipe, com rejeitos verticais de 6.000 metros e 300 metros, respectivamente sua morfologia é tectonicamente controlada por estas falhas geológicas associadas à Bacia Sedimentar do Recôncavo (QUEIROZ E CELINO, 2008; CIRANO E LESSA, 2007; DIAS, 2003).

A hidrografia da BTS abrange três bacias regionais, a Bacia do Recôncavo Norte, onde se destacam o Rio Subaé; a Bacia do Paraguaçu, em sua porção leste, representada pelo próprio Rio Paraguaçu; e, a Bacia do Recôncavo Sul, onde deságua o Rio Jaguaripe, cuja foz situa-se próxima à entrada do Canal de Itaparica, com pouca influência sob o regime hidrológico da Baía de Todos os Santos. Nesta bacia de drenagem apenas três rios (Paraguaçu, Jaguaripe e Subaé) compõem 74% da descarga fluvial total. A baía de Aratu recebe o deságüe dos rios Macaco, São Felipe e Santa Maria, além dos Matoim, Petecada e Jacarecanga (QUEIROZ E CELINO, 2008; CRA, 2004; CIRANO E LESSA, 2007).

A pequena descarga fluvial presente na BTS é refletida nas características essencialmente marinhas encontradas na maior parte da baía, onde a circulação é forçada pela maré, a coluna d’água é bem misturada e condições estuarinas são observadas apenas próximas à saída dos rios. A BTS pode ser considerada como uma baía de maré, como uma categoria especial de estuário formada por processos tectônicos de larga escala, apresentando salinidade que varia entre oceânica e salobra (28 a 36) (QUEIROZ E CELINO, 2008; HATJE



E ANDRADE, 2009). As marés no seu interior são semi-diurnas e variam de menos de 2 metros no período de quadratura, até cerca de 3 metros no período de sizígia. Tem-se notícia de registros de velocidades de correntes da ordem de 1,3 m/s na superfície, no canal de acesso à baía.

As velocidades médias das correntes alcançam a ordem de 0,4 cm/s. A velocidade da corrente do Porto de Salvador alcança 0,81 m/s, 3 horas após a preamar. Na Ilha de Itaparica, as correntes medidas apresentaram valores mais baixos, que não ultrapassaram 0,44 m/s na superfície e 0,28 m/s no fundo. Com o movimento das marés, enchente e vazante moldou-se na saída da baía uma formação de deposição sedimentar, conhecida pelo nome de Banco ou Baixio de Santo Antônio, o que orienta os movimentos de cheia e vazante (BRITO, 1997).

O clima na BTS é tropical-úmido, com médias anuais de temperatura, precipitação e evaporação de 25,2°C. Os valores mais altos de temperatura são nos meses de janeiro, fevereiro e março, em torno de 30°C e nos outros meses pode variar entre 21 e 22°C. O padrão de precipitação pluviométrica apresenta um período seco, entre setembro e fevereiro e, um período chuvoso entre março e agosto, tendo em 30 anos uma média de precipitação de cerca 1900 mm (SEMA, 2013; HATJE *et al*, 2009; LESSA *et al*, 2009; CIRANO E LESSA, 2007, CRA, 2004; LESSA *et al*, 2001; DA SILVA, 1994; INMET, 1992).

Dois canais dão acesso à Baía de Todos os Santos, Canal de Itaparica, a oeste, bastante estreito e pouco profundo, e o Canal de Salvador, a leste, largo e profundo (DIAS, 2003). O canal de Salvador fornece a maior parte da troca de água entre a baía e o oceano, apresentando profundidades média e máxima de 25 m e 102 m, respectivamente. Profundidades máximas dentro do BTS estão associados com o estreito que separa a ilha dos Frades e Madre de Deus (mais de 60 m) e as entradas da baía de Aratu (30 m) (DIAS, 2003; LESSA *et al*, 2001). A maior parte da BTS apresenta topografia de fundo com relevo pouco expressivo, com profundidades não superiores a 50 m. Profundidades maiores que 20 m são encontradas em alguns canais entre ilhas, na foz do Rio Paraguaçu e no Canal de Salvador. As terras circunvizinhas à BTS possuem relevo relativamente plano, já a baía de Aratu é circundada por um relevo irregular, com morros atingindo em média 50 metros de altura (QUEIROZ E CELINO, 2008).

O substrato, na sua grande maioria, em locais mais rasos da BTS é predominantemente fino, formado por silte e argila, o que facilita a retenção de poluentes nestas áreas. É possível que estes sedimentos finos tenham uma origem mista, que inclui componentes siliciclásticos, gerados a partir da erosão de rochas lamíticas que afloraram no entorno da baía e suas ilhas, assim como nas bacias hidrográficas dos pequenos rios que aí

deságuam e componentes bioclásticos, produzidos pela fragmentação das partes duras do esqueleto de organismos marinhos (moluscos, algas *coralináceas*, etc.) (DOMINGUEZ E BITTENCOURT, 2009).

A nordeste da BTS está situada a baía de Aratu, cujos sedimentos do fundo são predominantemente argilosos, com pouco silte e com porcentagens variadas das frações grossas. A natureza argilosa dos sedimentos facilita a retenção dos poluentes provenientes do parque industrial na bacia de drenagem, como atestam vários estudos sobre concentrações de metais pesados no substrato da baía (PEREIRA, 2008; CRA, 2004; BITTENCOURT *et al*, 1974). Em outras regiões pode ser encontrada areia composta por biodetritos (50% de fragmentos carbonáticos), originários da fauna, algas calcáreas (*Halimeda* e *Coralinacea*). Pode-se ainda citar entre os biodetritos, conchas, fragmentos esqueletais de moluscos e equinodermas, briozoários e foraminíferos (raros). Fragmentos de vegetais podem atingir até 25% da fração grossa do sedimento e são encontrados ao longo das bordas, em riachos e canais de maré (DOMINGUEZ E BITTENCOURT, 2009; ALMEIDA, 1997; CRA, 2004).

Na entrada da baía, canal de Salvador, os sedimentos marinhos de natureza arenosa e composição siliciclástica apresentam-se retrabalhados pela ação das fortes correntes de maré ou por agentes marinhos. Alguns sedimentos podem até mesmo ter uma origem fluvial, depositadas pelo próprio rio Paraguaçu. Afloramentos rochosos são encontrados na porção central da baía e em trechos de seus principais canais (DOMINGUEZ E BITTENCOURT, 2009).

Na BTS identificam-se ecossistemas característicos de regiões tropicais e subtropicais, como a Floresta Ombrófila e as restingas e, nas áreas de influência das marés, há manguezais, praias e recifes de corais. Muitas ilhas, ainda bastante preservadas, são ocupadas por restingas e/ou matas. Assim, esta baía é reconhecida pela alta produtividade da fauna marinha e suas águas são utilizadas para várias finalidades pela população que habita suas margens, como a pesca de subsistência e comercial, mariscagem, aquíicultura, lavagem, disposição de efluentes, lazer e turismo, navegação comercial, dentre outros. Os estuários são ambientes predominantes, assim como os densos manguezais, vegetação estas que pelas pressões humanas tornou-se extinta ou rara em regiões próximas a aglomerados urbanos ou áreas industriais (SEMA, 2013; ALMEIDA, 1997; CRA, 2004; BRITO, 1997).

A baía de Aratu, um dos locais de estudo, apresenta no seu interior extensas áreas intermareais vegetadas (4,4 km<sup>2</sup>) e não vegetadas (1.3 km<sup>2</sup>), ausência quase que total de praias, bordo recortado por várias enseadas, sacos e pontas salientes, e comumente, mangues estreitos. Apresenta características de sistema estuarino-lagunar favorecendo a disseminação e

fixação de plântulas das espécies vegetais do mangue. Sua ecofisiologia é fortemente definida pelas características do substrato marinho, devido ao aporte de água doce não ser significativo. (PEREIRA, 2008; QUEIROZ E CELINO, 2008; LESSA *et al.*, 2009).

Recifes de corais ocupam, quase que continuamente, a parte leste e sudeste da Ilha de Itaparica, e são também encontrados ao redor da Ilha de Maré, Ilha dos Frades e litoral da cidade de Salvador até as proximidades de São Tomé de Paripe. A baía de Todos os Santos apresenta numerosos bancos, a norte, no Canal de Itaparica e a sul de Caixa-Pregos (DIAS, 2003).

Em 1999 o governo do estado criou a Área de Proteção Ambiental da BTS. Hoje, a baía abriga 16 municípios com mais de três milhões de habitantes.

## 4.2 ESTUDOS FITOPLANCTÔNICOS NA BTS

Os estudos pioneiros de fitoplâncton marinho no Brasil aconteceram efetivamente entre 1913 e 1918, com uma série de trabalhos taxonômicos sobre as diatomáceas na BTS, pelo padre Zimmermann, nos anos de 1913, 1915 e 1918. Em 1913 os estudos sobre o fitoplâncton iniciaram em Salvador, quando Zimmerman passou a publicar uma série de artigos intitulada “Contribuição para o estudo das diatomáceas dos Estados Unidos do Brasil”, segundo Monte e Cavalvanti, 2001. Mas, apesar dos estudos sobre o fitoplâncton no Brasil terem sido iniciados com as diatomáceas coletadas na região da Baía de Todos os Santos (ZIMMERMANN, 1916), durante cinco décadas quase nada foi realizado. Na década de 70 os estudos tomaram novo impulso com os trabalhos de PEIXINHO (1972) e SANTOS (1970; 1973) sobre a variação anual na composição e densidade do fitoplâncton e zooplâncton na Baía de Todos os Santos.

Na década de 80, PAREDES *et al.* (1980) e PEIXINHO *et al.* (1980) estudaram a produtividade primária, a biomassa e seus fatores limitantes no sudoeste da Baía de Todos os Santos. Cowgill (1987) avaliou os efeitos das mudanças nas concentrações de nitrogênio e fósforo sobre a composição do fitoplâncton durante uma década na Baía de Aratu, apontando o declínio das diatomáceas e aumento das populações de cianobactérias devido ao aumento na concentração de nitrogênio em relação ao fósforo.

Um dos mais abrangentes estudos disponíveis sobre sistemática e ecologia do fitoplâncton e zooplâncton da BTS pode ser encontrado no Programa de Monitoramento dos

ecossistemas ao norte da BTS (MAFALDA JR.,1996), desenvolvido durante 2 anos (8 campanhas de amostragem), na década de 90.

Ao norte da Baía de Todos os Santos, Mafalda Jr. *et al* (2003) relaciona a hidroquímica com a biomassa fitoplanctônica e zooplanctônica, apontando a influência negativa das atividades petroquímicas sobre estes organismos. Molinari *et al* (2007) realizou uma avaliação quali-quantitativa da comunidade fitoplanctônica na BTS. No norte e no oeste da BTS (2008), relatam que o microfitoplâncton é dominado por diatomáceas do gênero *Coscinodiscus sp*, perfazendo 70% da abundância relativa, em razão da sua elevada taxa de multiplicação em ambientes eutrofizados.

Almeida (1997) revela a contaminação dos moluscos na BTS com as populações de espécies de dinoflagelados (*Gonyalux sp*) que são indicadores de poluição. Souza *et al* (2008) caracterizaram um evento de floração nociva causada pelo dinoflagelado *Gymnodinium sanguineum*. Os últimos trabalhos fitoplanctônicos identificados na Baía de Todos os Santos foram quali-quantitativo, realizado por Melo-Magalhães e Araújo-Barbosa (2008) e Ferreira (2012). Este último ainda correlaciona a comunidade fitoplanctônica com as atividades de dragagem realizadas na BTS, em um projeto que envolveu outros estudos voltados ao plâncton.

Apesar da importância dessa assembleia marinha, durante mais de um século somente a macrofauna era empregada em estudos importantes de avaliação e reconstrução ambiental (BUCUR E SASARAN, 2005 *apud* PRÉAT, 2009) e, segundo pesquisas bibliográficas, poucos trabalhos com este enfoque têm sido realizados na BTS. Nascimento *et al* (2000) comparam o ecossistema da Baía de Salvador, localizado em uma área industrializada, com o da Baía de Iguape (oeste da BTS), situado em um ecossistema preservado, com o objetivo de determinar o impacto da atividade industrial sobre a qualidade da água, empregando bioensaios com embriões de ostras.

## **5 - O FITOPLÂNCTON EM ESTUDOS AMBIENTAIS**

Devido à sua grande diversidade, ao seu caráter cosmopolita, curto ciclo de vida, por respondem rapidamente às alterações ambientais e à sua sensibilidade variável aos contaminantes, alguns grupos de microalgas, vem sendo utilizadas para monitoramento da

qualidade de água e a quase totalidade dos estudos têm focado espécies indicadoras do estado trófico ambiental. Algumas espécies são empregadas em experimentos, testes toxicológicos e cultivos, visando a identificação de biomarcadores (HONORATO DA SILVA *et al*, 2009; VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004; SILVA, 1999).

A utilização do fitoplâncton nas interpretações ecológicas pode envolver uma variedade de métodos biológicos e os dados podem ser amplamente agrupados sob dois tópicos: composição da comunidade (medidas de diversidade, taxa indicativa, medidas de similaridade) e a função da comunidade (abundância das espécies, composição das espécies, produtividade primária e função do ecossistema) (QUEIROZ *et al*, 2000).

As vantagens comparativas de se utilizar indicadores biológicos de qualidade de água com relação aos parâmetros físico-químicos são a capacidade de integração espaço-temporal das condições do meio (ao contrário das análises químicas que são pontuais), além da rapidez e eficiência na obtenção de resultados, a capacidade de responder às alterações em tempo real “*in situ*” ou em derivação (consoante a duração do ciclo de reprodução do organismo indicador), a boa relação qualidade/preço e a avaliação da função de um ecossistema e monitoramento ambiental em grande escala (SARMENTO, 2001; QUEIROZ *et al*, 2000).

Os crescentes problemas relacionados à conservação ambiental têm criado novas demandas para a avaliação do impacto sobre a biota. Os bioensaios, muito empregados no Brasil utilizam índices, como taxa de crescimento de microalgas e nível baixo ou nulo de diferenciação celular (LOURENÇO, 2006).

Em estudos geológicos, as algas podem fornecer informações valiosas de paleobatimetria, baseada em associações com determinado fóssil algal e utilizadas para datação geológica e indicação da existência de jazidas de petróleo. Em estudos ecológicos há a possibilidade da determinação do estado ecológico das águas, a saúde ambiental (RAVEN, 2007; REVIERS, 2006).

Estudos realizados sobre variações temporais de fitoplâncton observaram uma variabilidade temporal regular da biomassa, o que pode estar relacionada a fenômenos meteorológicos. A variabilidade térmica e salina e concentrações de oxigênio podem promover alta capacidade de renovação do ambiente marinho. Em período chuvoso, com o aumento do aporte de nutrientes pode ocasionar mudanças na composição das comunidades, como florações.

Em mares à noroeste da Europa algumas espécies foram catalogadas como indicadoras em período de floração da primavera (BONEY, 1975). Mas, poucos trabalhos correlacionam espécies às atividades antrópicas, como indicadoras de qualidade da água. Na sua grande

maioria dos trabalhos publicados, associam o fitoplâncton como causador de modificações ambientais. Em outros estudos, as diatomáceas são comumente associadas às variações de temperatura e ocorrências sazonais.

No Brasil, a maioria dos estudos estão voltados à taxonomia, identificando a riqueza fitoplanctônica. As *Bacillariophyta*, por exemplo, apresentam frústulas muito ricas em detalhes e ornamentação, o que favorece ao seu grande valor taxonômico e a identificação segura das espécies (LOURENÇO, 2006; SOUZA *et al*, 2007; SARMENTO, 2001).

Na Europa, o grupo das diatomáceas é bastante empregado em métodos biológicos de diagnóstico ambiental (SARMENTO, 2001). *Coscinodiscus walles*, muito frequente na costa brasileira, tem causado supressão de outras espécies, principalmente devido ao seu tamanho e grande resistência à adversidades ambientais. Esta espécie tem gerado estudos que questionam sua origem e bioindicação (LOURENÇO, 2006, BONEY, 1975).

As diatomáceas empregadas em interpretações paleoecológicas promovem a determinação de detalhes ambientais, como a origem dos sedimentos (marinho ou não); de que modo as características ambientais mudaram, especialmente em relação a eutrofização, além reconstruir os climas e condições passados nos oceanos e ecossistemas aquáticos. As *Euglenophyta* são muito empregadas em estudos fisiológicos, mecanismos da fotossíntese e ritmos circadianos (SOUZA *et al*, 2007; LOURENÇO, 2006; REVIERS, 2006; SARMENTO, 2001).

Há muitos anos a comunidade científica mundial, vem estudando o evento denominado Maré Vermelha, devido à produção e liberação, pelos dinoflagelados, de toxinas. Este fenômeno é conhecido na costa oeste da Flórida, no Golfo do México (*Gymnodinium breve*), na costa da Carolina do Norte, sul da Nova Inglaterra, do Golfo do Maine ao Golfo do Alasca, Costa de Northumberland, Reino Unido, no Brasil, na Baía de Todos os Santos, dentre outros. Deve-se considerar também, que a intervenção do homem produz importantes alterações físicas, químicas e biológicas que comprometem o plâncton. As Marés Vermelhas, assim como as florações de outros grupos de microalgas estão associadas com fatores naturais ou antropogênicos (MOISÉS, 1991).

A aplicação das algas como indicadores ecológicos é diversificada, tanto em tipo de habitat, quanto em parâmetros ecológicos, o que permite obter uma imagem mais integradora, real, global e diferenciadora do ambiente aquático (VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004). Por isso, atualmente o fitoplâncton está sendo comumente empregado em estudos ambientais, os quais avaliam seu comportamento no meio ambiente, migração, desenvolvimento, crescimento e morte.

Além disso, o fitoplâncton responde ao gradiente ambiental e por isto representa importante ferramenta para a compreensão e diagnóstico dos impactos, naturais e/ou antropogênicos, que ocorrem nos ecossistemas aquáticos no nível dos produtores primários (VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004; HONORATO DA SILVA *et al*, 2009).

O emprego do fitoplâncton como indicador ambiental tem a vantagem de reduzir a lentidão da detecção da resposta global do ecossistema ao distúrbio e melhor expressa os efeitos do enriquecimento nas águas abertas, por isso, a documentação de sua eficiência como indicadores de desequilíbrio começa a adquirir importância. Assim como os macroinvertebrados, as microalgas estão aos poucos constituindo o grupo mais utilizado em avaliações das condições ambientais dos ecossistemas aquáticos.

## 5.1 POSSÍVEIS IMPACTOS DA DRAGAGEM SOBRE O FITOPLÂNCION

Devido ao seu histórico e à constante utilização desta atividade, diversos estudos estão sendo realizados sobre os efeitos dos sedimentos resuspendidos e novamente depositados em estuários e zona costeira, envolvendo comunidades biológicas do planeta, além de abordar seus efeitos sobre organismos marinhos e comunidades planctônicas (CORRÊA *et al*, 2010; ERFTEMEIJER E LEWIS, 2006; SMITH *et al.*, 2006; SZYMELFENIG *et al.*, 2006; BOYD *et al.*, 2005; ROBINSON *et al.*, 2005; NEWELL *et al.*, 2004; SÁNCHEZ-MOYANO *et al.*, 2004; WITT *et al.*, 2004; BERRY *et al*, 2003; LEWIS *et al.*, 2001; NEWELL *et al* 1998; KENNY E REES, 1996; KENNY E REES, 1994; JONGE, 1983; SHERK *et al* 1979; ZHANG *et al.*, 2010; WU *et al.*, 2008; LI *et al.*, 2007; VEADO E RESGALLA, 2005; WANG *et al* 2005; NAYAR *et al.*, 2004; AULD E SHUBEL, 1978; MOORE, 1977; DECOURSEY E VERNBERG,1975;).

O processo de dragagem pode ser caracterizado por apresentar efeitos diretos sobre habitats e organismos, ou indiretos, atribuídos a alterações na qualidade da água. Com a remoção de sedimentos, há a destruição de habitats bentônicos e sucção de organismos pela draga. Quanto ao efeito indireto, a ressuspensão do sedimento de fundo remobiliza contaminantes e nutrientes, alterando a qualidade da água, o que pode colocar em risco

também, a saúde de populações ribeirinhas que vivem ou dependem de pesca artesanal (PATCHINEELAM, *et al*, 2008; TEIXEIRA, 2009)

No Nordeste do Brasil foram evidenciados alguns estudos que avaliaram os efeitos da dragagem e construção de portos sobre a sobrevivência e o crescimento de organismos do fitoplâncton, zooplâncton e icitoplâncton (MALTEZ, 2013; FERREIRA *et al*, 2012; ROCHA, 2010; NEUMANN *et al* 1998; KOENING *et al* 2003; SILVA *et al* 2004). Entretanto, poucos trabalhos vislumbram a correlação entre dragagem e impactos aos organismos marinhos, principalmente organismos planctônicos.

Alguns impactos sobre o meio ambiente foram citados por Castro e Almeida (2012), com base no autor; TORRES (2000), tais como alteração das condições hidráulicas e sedimentológicas do escoamento, com possível alteração dos padrões de circulação e mistura da água, partículas em suspensão, modificação da turbidez da água, alteração da salinidade e turbidez; poluição por substâncias tóxicas existentes no material dragado, e impactos diretos sobre *habitats* da fauna e flora aquática, associada ao sedimento marinho e águas interiores.

O processo de dragagem disponibiliza, na fase de execução, grandes quantidades de sedimentos na coluna d'água, aumentando a turbidez da água provocando a diminuição no grau de penetração de luz, o que afeta a flora (fitoplâncton principalmente) e fauna local e, ainda que temporariamente, pode afetar as atividades de pesca artesanal e maricultura (Figura 7). Sedimentos finos, como argila e silte, ressuspensos podem ser redepositados sobre o fundo, soterrando os organismos (PATCHINEELAM *et al*, 2008).



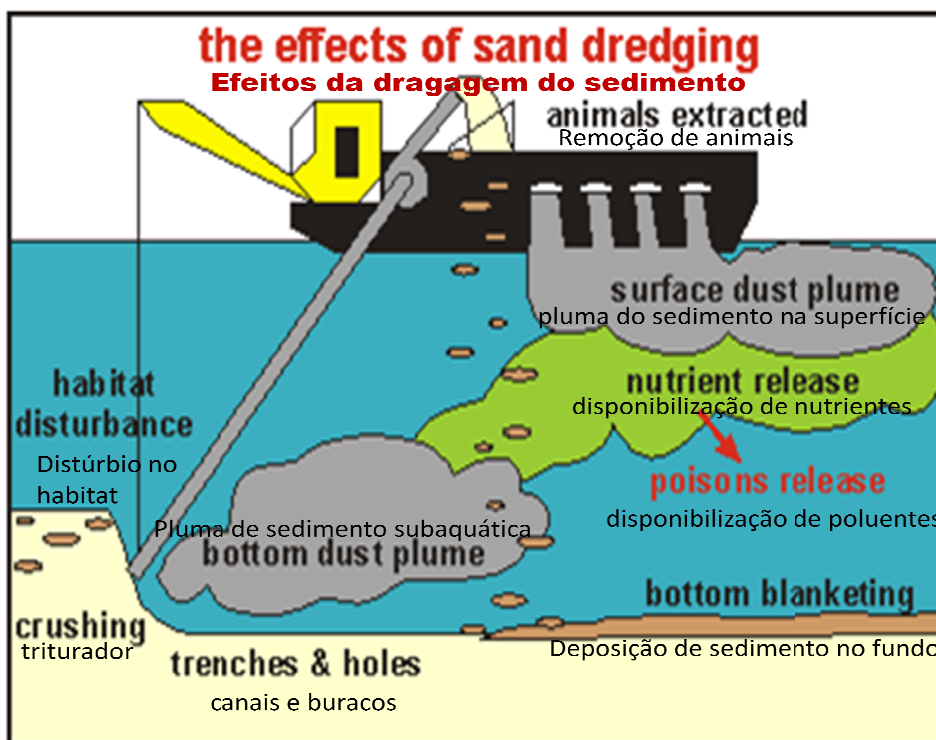


Figura 7 – Esquema adaptado sobre os efeitos da dragagem de sedimento Fonte: <http://hidroviasinteriores.blogspot.com.br>

Em condições desfavoráveis os dinoflagelados podem produzir cistos de resistência imóveis, que vão para o fundo dos oceanos, onde permanecem por anos (RAVEN, 2007). Com as correntes oceânicas estes cistos podem ser transportados para outras localidades ou serem extintos pela atividade de dragagem. Além disso, pode haver a diminuição da produtividade biológica do local.

As partículas em suspensão configuram-se em orgânicas (vivas e mortas) e inorgânicas (naturais e antropogênicas) e a concentração total de material em suspensão irá variar marcadamente no tempo e no espaço (SHERK *et al* 1979). Em regiões costeiras o intervalo de variação da concentração de sedimento em suspensão varia entre poucos mg/L a vários mg/L, com valores mais elevados próximo ao fundo em áreas de ressuspensão ativa. Contudo, durante episódios de dragagem e descarte de sedimentos, as concentrações podem atingir várias centenas de mg/L.

O impacto causado pela atividade de dragagem relacionada à expansão do Porto de Suape em Pernambuco mostrou estresse ambiental grave, onde as flutuações verificadas nas comunidades planctônicas envolveram decréscimo agudo na abundância de fitoplâncton, larvas de moluscos, larvas de crustáceos e larvas de peixes (NEUMANN *et al.*, 1998; SILVA *et al.*, 2004).

Também no estudo realizado por Koenig *et al* (2003) ficou evidente a interferência na vida aquática da atividade de dragagem, observando a instabilidade ambiental, com o aparecimento de espécies de microalgas anteriormente incomuns e o aumento da diversidade de espécies oportunistas, havendo uma redução na diversidade das espécies comuns, principalmente pela limitação da luminosidade. Esta baía mostrou-se sob estresse ambiental grave onde as flutuações verificadas nas comunidades planctônicas envolveram decréscimo agudo na abundância de fitoplâncton, larvas de moluscos, larvas de crustáceos e larvas de peixes (NEUMANN *et al.*,1998; SILVA *et al.*, 2004).

Nos Estados Unidos o processo de dragagem revelou que em média, aproximadamente 10% do sedimento dragado anualmente está altamente contaminado com concentrações moderadas de uma grande variedade de contaminantes orgânicos e inorgânicos, que podem ser disponibilizados na coluna d'água. Em Nova Iorque e Nova Jersey foram detectadas pequenas quantidades de compostos químicos e metais pesados (TORRES, 2000).

Apesar de causadora de impactos, a dragagem tornou-se uma atividade necessária para o desenvolvimento da economia da região, principalmente quando se trata de dragagem de manutenção de canais navegáveis, onde há o trânsito de navios de grande calado. O controle desta atividade requer um monitoramento contínuo do ambiente, principalmente utilizando as relações abiota e biota para uma melhor interpretação ecotoxicológica.

## 6- METODOLOGIA DE ESTUDO

### 6.1 ÁREA DE ESTUDO

As amostragens foram realizadas na área de influência direta e indireta da atividade de dragagem nos Portos de Aratu e Salvador (Figura 8), em três campanhas.

No porto de Salvador foram realizadas amostragens nos meses de março/2010 (Pré-dragagem - PRE), outubro/2010 (Dragagem - DRA) e dezembro/2011 (Pós-dragagem - POS). No porto de Aratu, as amostragens foram executadas nos meses de fevereiro/2010 (Pré-dragagem), setembro/2010 (Dragagem) e novembro 2011 (Pós-dragagem).

As amostragens foram realizadas a bordo da Lancha Oceanográfica CHICA FÉ, em dois momentos distintos de maré (vazante (B) e enchente (A)), em seis estações distribuídas no perímetro dos portos (Figura 8, 9 e 10). Em cada campanha foram adquiridas 12 unidades amostras por porto e ao final das três campanhas totalizou-se 72 amostras dos dois portos.

As estações de amostragem foram georreferenciadas com o auxílio do GPS (Global Position System), e registro das coordenadas pelo sistema métrico UTM (Universo Transverso de Mercator), conforme a Tabela 1.

As estações 1 e 6, em ambos os portos, foram determinadas como estações controle, pois estão fora da área de influência da dragagem. As estações 2 e 3, no porto de Salvador foram identificadas de influência direta da dragagem, no porto de Aratu representaram influência indireta. As estações 4 e 5, no porto de Salvador, foram determinadas como estações de influência indireta, enquanto que em Aratu foram identificadas de influência direta da dragagem.

**Tabela 1- Localização geográfica das estações de amostragem no Porto de Aratu e Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

<b>Estações</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
<b>Salvador</b>	12°58'10.69"S	12°57'56.36"S	12°57'58.77"S	12°57'39.19"S	12°57'11.55"S	12°56'45.88"S
	38°31'26.24"O	38°30'54.80"O	38°30'40.18"O	38°30'58.21"O	38°30'25.51"O	38°30'37.52"O
<b>Aratu</b>	12°48'22.34"S	12°47'34.03"S	12°47'20.72"S	12°46'57.03"S	12°46'24.14"S	12°45'45.07"S
	38°31'36.38"O	38°30'26.97"O	38°29'27.06"O	38°30'18.00"O	38°30'35.39"O	38°30'17.42"O

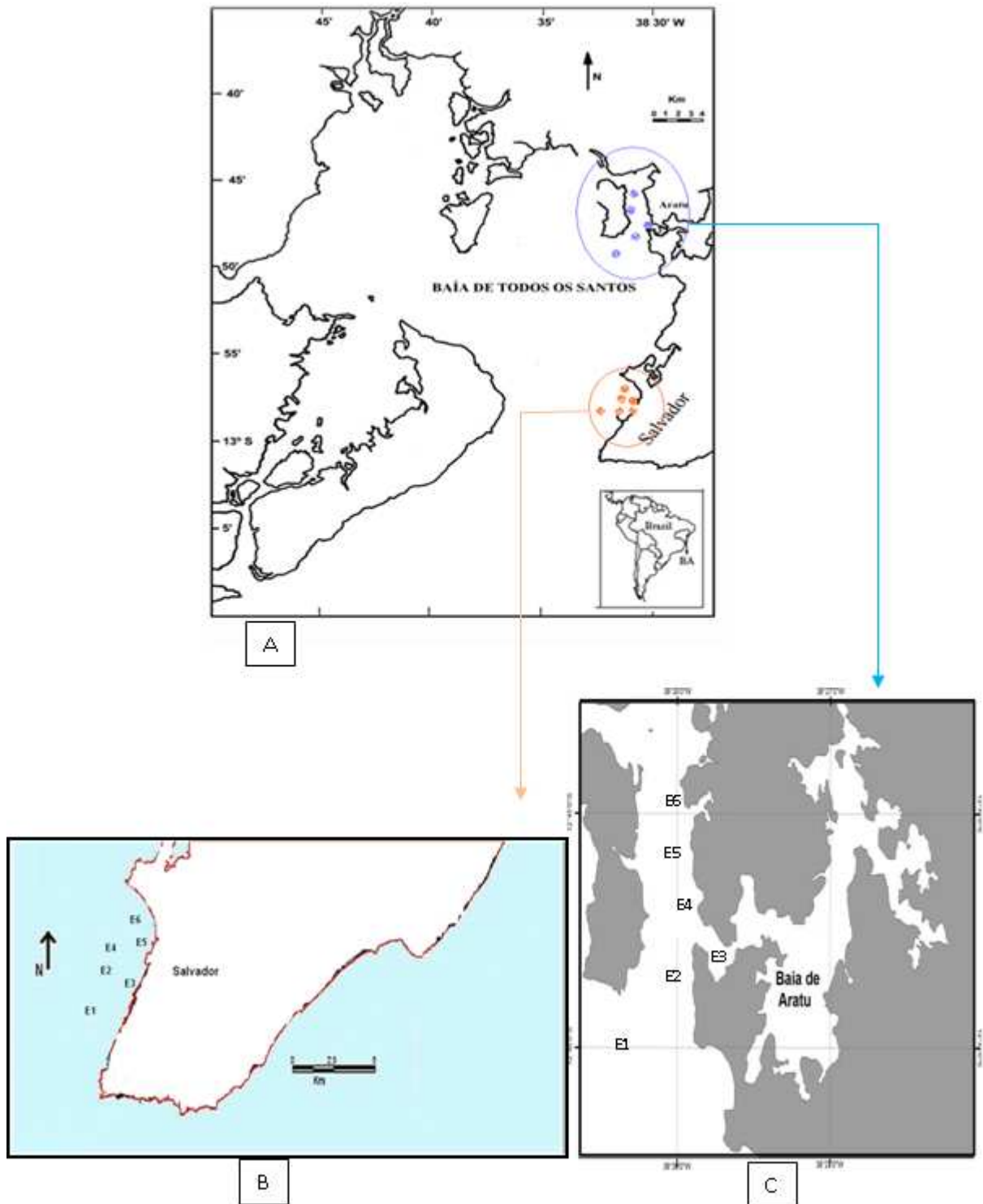


Figura 8 - Baía de Todos os Santos (A), e locais de amostragem. Figura da esquerda. (B)-Estações de amostragem no entorno do porto de Salvador. (C)-Estações de coletas no entorno do porto de Aratu



Figura 9 - Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, com a delimitação da área de dragagem e a indicação dos pontos de amostragem (PT1-Estação 1 1; PT2 – Estação 2; PT3 – Estação 3; PT4 – Estação 4; PT5 – Estação 5; PT6 – Estação 6).

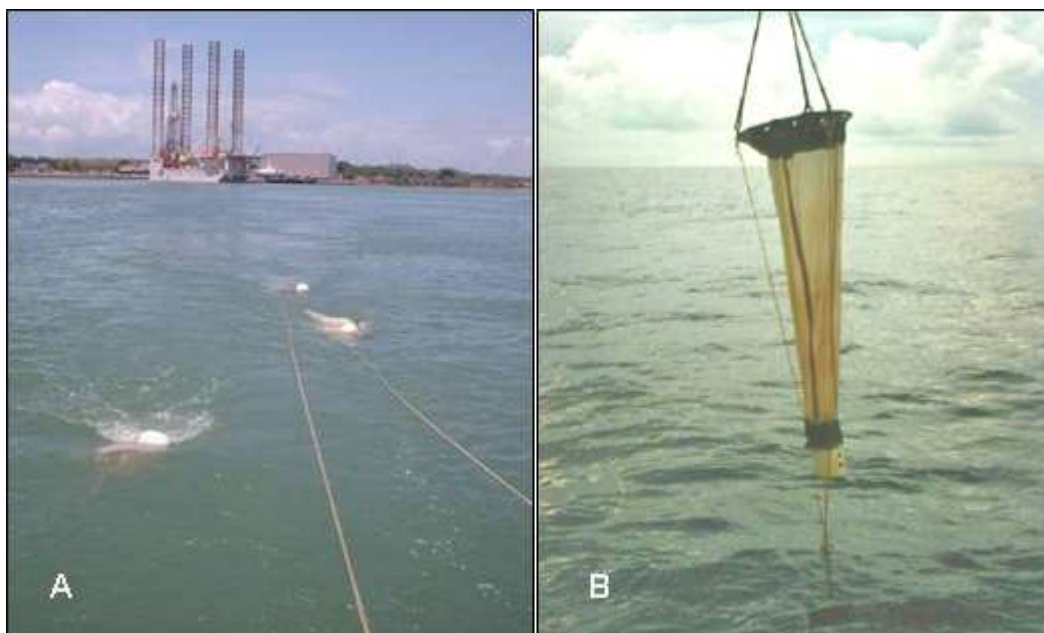


Figura 10 - Porto de Salvador; Baía de Todos os Santos, com a delimitação da área de dragagem e a indicação dos pontos de amostragem (PT1-Estação 1 1; PT2 – Estação 2; PT3 – Estação 3; PT4 – Estação 4; PT5 – Estação 5; PT6 – Estação 6).

## 6.2 TÉCNICAS AMOSTRAIS E LABORATORIAIS

As amostras de água, coletadas, foram destinadas ao estudo fitoplanctônico, determinação de nutrientes, metais-traço e biomassa.

Para o monitoramento das assembleias fitoplanctônicas utilizou-se rede de plâncton cônica, com abertura de malha de  $50\mu\text{m}$ , dotada de fluxômetro Hydrobios, para estimativa do volume de água filtrada, em arrastos horizontais de sub-superfície, mantendo a rede dentro da zona fótica, em cada estação amostral, com aproximadamente 5 minutos de duração (Figura 11).



**Figura 11 - (A) arrasto das redes de plâncton e (B) rede de plâncton cônica empregada na amostragem fitoplanctônica.**

As amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500mL foscos, e conservadas em solução de formalina a 2 %, tamponada, para estudo quali-quantitativo da assembleia, utilizando-se microscópio binocular Nikon, no Laboratório de plâncton, da Universidade Federal da Bahia. Para o estudo quantitativo utilizou-se câmara de Sedgwick-Rafter e alíquota de 1mL e a quantificação efetuada em cel/L, baseando-se, estes procedimentos nas normas técnicas da CETESB (2006).

As variáveis oceanográficas temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido (O.D.) e profundidade, foram mensuradas “in situ” utilizando-se sonda multiparamétrica.

Para a determinação de metais traço em particulado (Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco), as amostras de água foram coletadas na superfície, com auxílio de baldes plásticos, armazenadas em recipientes brancos de polietileno, com capacidade para 500mL e refrigerados. Em laboratório do Núcleo de Estudos Ambientais (NEA/LEPETRO), na Universidade Federal da Bahia, as amostras foram previamente filtradas à vácuo restando o particulado, retido em filtros de membrana de acetato, passando em seguida por digestão em placa aquecedora, com reagente  $\text{HNO}_3$  P.A. e suas concentrações determinadas por espectrofotometria de absorção atômica em forno de grafite, obedecendo a metodologia da APHA (1995).

As amostras de água para análises de Fósforo total, Amônia e turbidez foram coletadas com garrafa de Van Dorn para a determinação segundo recomendações de SMEWW (2005) em laboratório da CETREL e SENAI.

Para a análise de Clorofila-a, as amostras de água foram coletadas na superfície, acondicionadas em frascos de polietileno de 1000 mL, escuros, refrigeradas, e encaminhadas ao laboratório do NEA/LEPETRO, na Universidade Federal da Bahia. Neste, as amostras foram filtradas à vácuo restando o particulado, retido em filtros de membrana de fibra de vidro Wathmann GF/C. A extração dos pigmentos empregou como solvente acetona 90% e leitura dos picos de absorbância (665 e 750  $\mu\text{m}$ ) em espectrofotômetro de massa para assim calcular a concentração através da fórmula de Strickland e Parsons (1965).

A caracterização da assembleia fitoplanctônica foi realizada, em termos de composição qualitativa (composição, frequência de ocorrência) e quantitativa (densidade, volume de sedimentação, abundância relativa, riqueza e biomassa fitoplanctônica), com ênfase à identificação e quantificação de espécies formadoras de florações tóxicas.

## 6.3 TRATAMENTO DOS DADOS

### 6.3.1 Densidade

A densidade por  $\text{m}^3$  de água ( $\text{N}/\text{m}^3$ ) foi obtida a partir do quociente entre o número total de organismos obtidos em cada amostra (N) e o volume de água filtrada (V), através da fórmula:  $\text{N}/\text{m}^3 = \text{N}/\text{V}$ .

### 6.3.2 Abundância relativa

A abundância relativa (%) foi calculada de acordo com a fórmula:  $Ar = (Na \cdot 100) / NA$ , em que Na corresponde o número total de organismos por grupo taxonômico, por amostra e NA o número total de organismos, por amostra.

### 6.3.3 Frequência de ocorrência

Para a determinação da frequência de ocorrência (%) utilizamos a fórmula:  $Fo = (Ta \cdot 100) / TA$ , em que Ta corresponde o número total de amostras de ocorrência do táxon e TA o número total de amostras analisadas.

De acordo com Neumann-Leitão (1994), foi utilizado o seguinte critério de classificação: muito freqüente (> 70 %), freqüente (70 – 40 %), pouco freqüente (40 – 10 %) e esporádico (< 10 %).

### 6.3.4 Análise de riqueza específica

A riqueza foi avaliada através do número de morfotipos e pelo IRM, índice de Riqueza de Margalef (MARGALEF, 1989), empregamos a fórmula:  $R = (S - 1) / \log N$ , onde S = número de espécies e N = número de indivíduos presentes na amostra (abundância).

### 6.3.5 Análise descritiva e inferencial

A análise estatística descritiva das comunidades planctônicas e da qualidade da água envolveu a determinação da média, desvio-padrão e amplitude e em seguida plotados em um diagrama estatístico do tipo Box-plot.

A análise inferencial da variabilidade espacial e temporal das comunidades planctônicas e da qualidade da água foi realizada mediante o emprego da Análise de Variância (ANOVA), que compara a magnitude das variações de mais de duas amostras, através da decomposição da variância total entre e dentro dos tratamentos (fases da dragagem ou estações de amostragem). A ANOVA possui os pressupostos de normalidade e homogeneidade de variâncias, sendo designada pelo F-teste .

A análise da variabilidade espacial das comunidades planctônicas e da qualidade da água a foi realizada mediante o emprego da ANOVA Fatorial a x b (ZAR, 1984). Os



resultados desta Análise de Variância são apresentados sob a forma de 3 F-testes: tratamentos, blocos e interação entre tratamentos e blocos (AYRES *et al.*, 2000). Neste caso os tratamentos foram as seis estações de amostragem, as repetições foram as cinco fases da dragagem (Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem) e os blocos as duas fases da marés (alta e baixa), totalizando 30 elementos amostrais em cada bloco.

Este experimento procurou verificar a influência da atividade da dragagem sobre a variabilidade espacial do plâncton durante a maré alta e a maré baixa, ou seja, procurou-se determinar se além da variabilidade espacial haveria influencia relacionada com a fase da maré e, ainda, a possibilidade de interação entre a variabilidade espacial e a fase da maré determinada pela dragagem.

A análise da variabilidade temporal das comunidades planctônicas e da qualidade da água foi realizada mediante o emprego da ANOVA não paramétrica de Friedman para dados dependentes (ZAR, 1984), cujo resultado é apresentado na forma de 1 F-testes referente aos tratamentos (AYRES *et al.*, 2000). Neste experimento os tratamentos foram apenas as três campanhas de amostragem que foram realizadas no período seco (Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem 2), envolvendo 36 elementos amostrais obtidos nas marés alta e baixa, que foram analisados conjuntamente uma vez que não foi verificada diferença significativa entre as marés. Como foram realizados diversos testes de Friedmann para a mesma amostra, um novo valor de nível de significância foi calculado através da Correção de Bonferroni ( $0,05/n$ ).

As análises descritivas e inferenciais foram realizadas através do programa BioEstat 5.3 (AYRES *et al.*, 2000).

### **6.3.6 Análise Multivariada**

Sobre as matrizes de táxons do fitoplâncton e de variáveis hidrológicas foram aplicados métodos multidimensionais de classificação (Análise de Cluster) e ordenação (Análise de Componentes Principais e Análise de Redundância), com a finalidade de analisar a variabilidade temporal da estrutura das comunidades planctônicas e da qualidade da água.

### **6.3.7 Análise de Cluster (AC)**

Os padrões de agrupamento do fitoplâncton foram identificados e analisados através do coeficiente de distância Euclidiana, empregando como estratégia de agrupamento o método da variância mínima, também conhecido como método de Ward. Este método é

baseado no princípio de que em cada estágio da análise de agrupamento a variância dentro dos grupos é minimizada em relação a variância entre os grupos. A variância dentro dos grupos é definida como a soma dos quadrados da distância entre cada estação e o centróide do agrupamento (PIELOU, 1984). A representação bi-dimensional deste processo é o dendrograma. A Análise de Cluster foi realizada utilizando o programa MVSP.

### **6.3.8 Análise de Componentes Principais (ACP)**

O principal objetivo deste teste interpretativo é indicar a significância relativa de variáveis preditivas, o qual consiste em examinar um grupo de variáveis correlacionadas, transformando-as em outro conjunto de variáveis não correlacionadas e independentes, dispostas em combinações lineares e em ordem decrescente de importância através dos componentes principais (AYRES *et al*, 2000).

Devemos dar mais ênfase aos CP que descrevem 80% da variação dos dados, os quais em alguns casos, estão representados pelo primeiro e segundo componente (AYRES *et al*, 2000) em um diagrama de ordenação.

A Análise de Componentes Principais foi realizada mediante o emprego do Programa CANOCO for Windows (LEPS E SMILAUER, 1998).

### **6.3.9 Análise de redundância (AR)**

Sobre as matrizes das espécies características do fitoplâncton e de variáveis hidrológicas foi aplicado método multidimensional de ordenação, com a finalidade de analisar a variabilidade temporal da estrutura da comunidade fitoplanctônica e da qualidade da água.

A Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Uma vez que este gradiente foi linear, ou seja, menor que 3, optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar através do diagrama de ordenação o principal padrão de variação na composição da comunidade, em função das variáveis oceanográficas (TER BRAAK, 1998).

No diagrama de ordenação, taxa e estações são representados por pontos e as variáveis ambientais por setas. Quanto mais próximas estiverem as estações, maior a semelhança entre elas. A magnitude da correlação entre uma variável ambiental e um eixo canônico pode ser extrapolada do comprimento e do ângulo entre o vetor e o eixo. Ou seja, quanto mais longo e mais paralelo for o vetor ambiental em relação ao eixo, mais exclusivo é o relacionamento

entre a variável e este eixo (RACONCINSKY *et al.*, 1996). A matriz criada com os parâmetros da qualidade da água foi submetida a uma transformação raiz quadrada para reduzir o efeito das diferentes escalas. As análises DCCA e RDA foram realizadas empregando o pacote estatístico Canoco for Windows versão 4.5 (LEPS E SMILAUER, 1998).

#### **6.3.10 Tratamento cartográfico**

Para a confecção dos mapas de distribuição espacial foi empregado software ArcGis 9.2, empregando-se os dados da estrutura da comunidade fitoplanctônica, a composição qualitativa (composição taxonômica) e quantitativa (frequência de ocorrência, riqueza, abundância relativa, densidade, biomassa fitoplanctônica e volume de sedimentação).

## 7. RESULTADOS

### 7.1 PORTO DE ARATU

#### 7.1.1 Variabilidade espaço-temporal da estrutura oceanográfica e da qualidade da água

A variabilidade espaço-temporal das variáveis oceanográficas (salinidade e temperatura) e da qualidade da água (oxigênio dissolvido, pH, turbidez, amônia, fósforo) foi analisada através do ANOVA de Friedmann, teste não paramétrico para dados dependentes, e do Teste de Comparações Múltiplas de Dunn, cujos resultados podem ser verificados no ANEXO 1.

A análise estatística descritiva, envolvendo resultados de média, desvio-padrão e amplitude, para as variáveis oceanográficas e qualidade da água pode ser visualizada nos box-plot apresentados na Figura 12.

A temperatura apresentou valores mais elevados na pré-dragagem, quando variou entre 29,1 e 33,9 °C, com média de 30,5 °C. Na dragagem, as temperaturas foram as mais baixas, variando entre 23,8 e 27,5 °C, com valor médio de 26,2 °C, enquanto na pós-dragagem variaram entre 27,1 e 30,8 °C, com média de 29,2 °C.

A salinidade também foi mais elevada na pré-dragagem, oscilando entre 36 e 38,5, com média de 36,9. Na dragagem, a salinidade oscilou entre 30 e 35,5, com média de 34,4. Na pós-dragagem observou-se a menor amplitude, com valores estando entre 34 e 35 e média de 34,8.

A água apresentou-se mais oxigenada na pré-dragagem, quando os valores de oxigênio dissolvido estiveram entre 5,6 e 8,8 mg.l<sup>-1</sup>, com média de 7,3 mg.l<sup>-1</sup>. Durante a dragagem e a pós-dragagem os valores foram mais baixos, variando entre 4,4 e 6 mg.l<sup>-1</sup>, com média de 5,0 mg.l<sup>-1</sup> na dragagem e entre 2,3 e 3,2 mg.l<sup>-1</sup>, com média de 2,8 mg.l<sup>-1</sup> na pós-dragagem.

O pH da água do mar apresentou-se entre ácido e alcalino, variando entre 5,9 e 9,0 durante o estudo. Durante a pré-dragagem, o pH se apresentou mais elevado, sempre alcalino e variou pouco entre as estações de amostragem, com valores entre 8,9 e 9, e média de 8,9. Durante a dragagem, variou entre 5,9 e 8,2 e o valor médio foi de 7,4, enquanto na pós-dragagem, variou entre 7,2 e 8 e a média foi de 7,7.

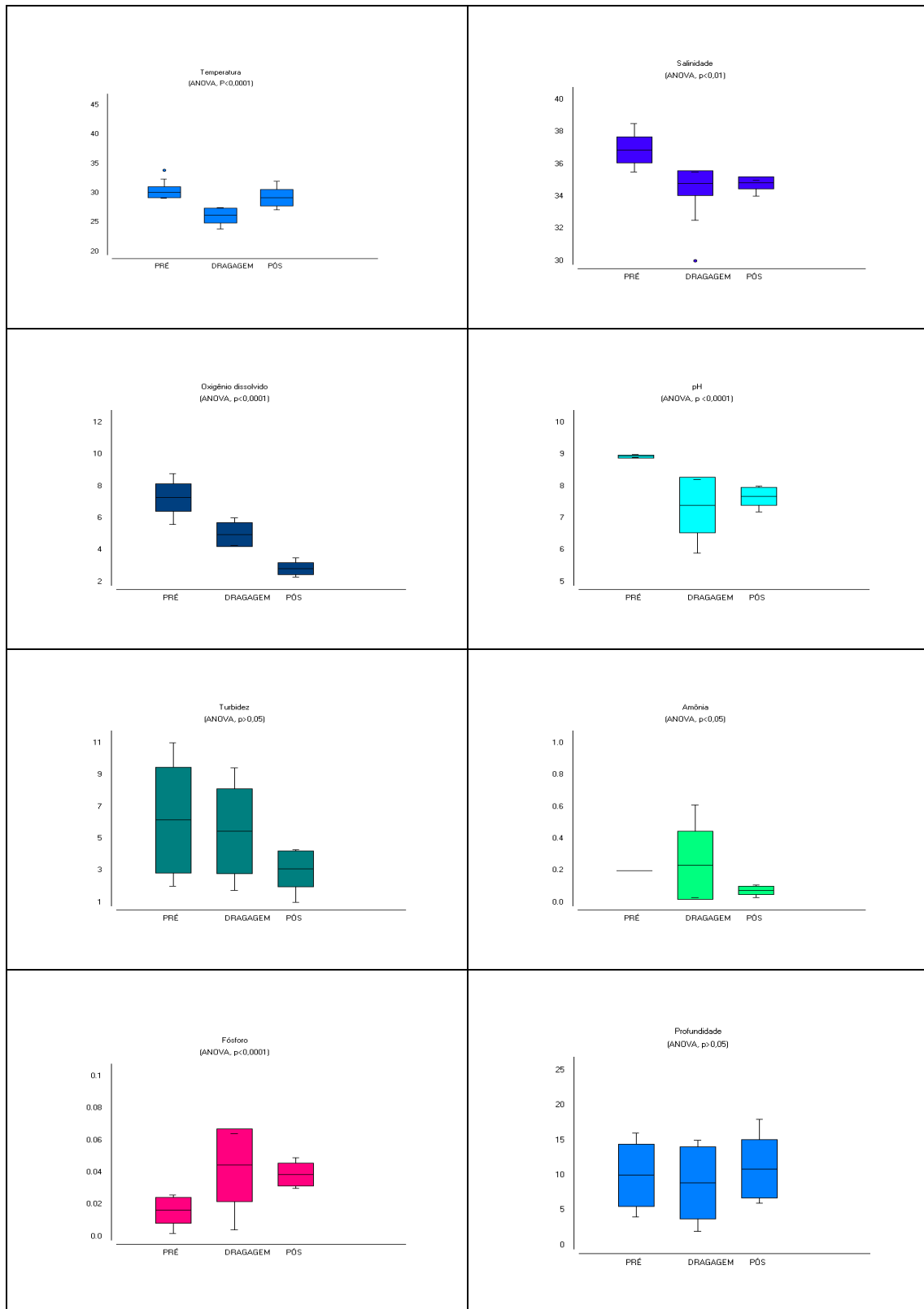
A turbidez apresentou maior amplitude durante a pré-dragagem, variando entre 2 e 11, com média de 6,2. Na dragagem, variou entre 1,8 e 9,4, com média de 5,5 e na pós dragagem obteve-se os valores mais baixos de turbidez, variando entre 1 e 4,3, com média de 3.

Durante a pré-dragagem, a concentração de amônia não variou espacialmente, sendo a mesma ( $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ ) em todas as estações de amostragem. Na dragagem os valores foram os mais elevados, oscilando entre  $0,03$  e  $0,61 \text{ mg.l}^{-1}$ , com média de  $0,23 \text{ mg.l}^{-1}$ , enquanto na pós-dragagem os valores foram mais baixos, entre  $0,03$  e  $0,1 \text{ mg.l}^{-1}$ , com média de  $0,075 \text{ mg.l}^{-1}$ .

A concentração de fósforo total apresentou valores mais baixos na pré-dragagem, entre  $0,002$  e  $0,026 \text{ mg.l}^{-1}$ , com valor médio de  $0,016 \text{ mg.l}^{-1}$ . Durante a dragagem a concentração aumentou, apresentando valores entre  $0,004$  e  $0,064 \text{ mg.l}^{-1}$ , com uma média de  $0,045 \text{ mg.l}^{-1}$ , quase 3 vezes maior do que a da pré-dragagem. Na pós-dragagem houve uma pequena redução, e as concentrações estiveram entre  $0,03$  e  $0,049 \text{ mg.l}^{-1}$ , com média de  $0,039 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Todas as variáveis ambientais analisadas apresentaram diferença estatística significativa (ANOVA,  $p < 0,05$ ) entre as amostragens, com exceção da turbidez (Tabela 1, Figura 8). A variabilidade das variáveis oceanográficas (salinidade e temperatura), foi mais influenciada pela sazonalidade do que pela dragagem. Porém a variabilidade da qualidade da água (oxigênio dissolvido, turbidez, amônia e fósforo) foi mais influenciada pela dragagem.

As massas de água presentes no Porto de Aratu podem ser visualizadas através do diagrama T-S (Figura 13). A massa de Água Costeira, com salinidade entre 30 e 35, foi formada em duas fases da atividade envolvendo a Dragagem e a Pós-dragagem. Durante a Pré-dragagem foi registrada apenas a presença da massa de Água Tropical, que segundo Garfield (1990) é caracterizada por temperatura superior a  $18^{\circ}\text{C}$  e salinidade maior que 36.



**Figura 12 – Dados de amplitude, desvio-padrão e média das variáveis ambientais obtidos durante as campanhas no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

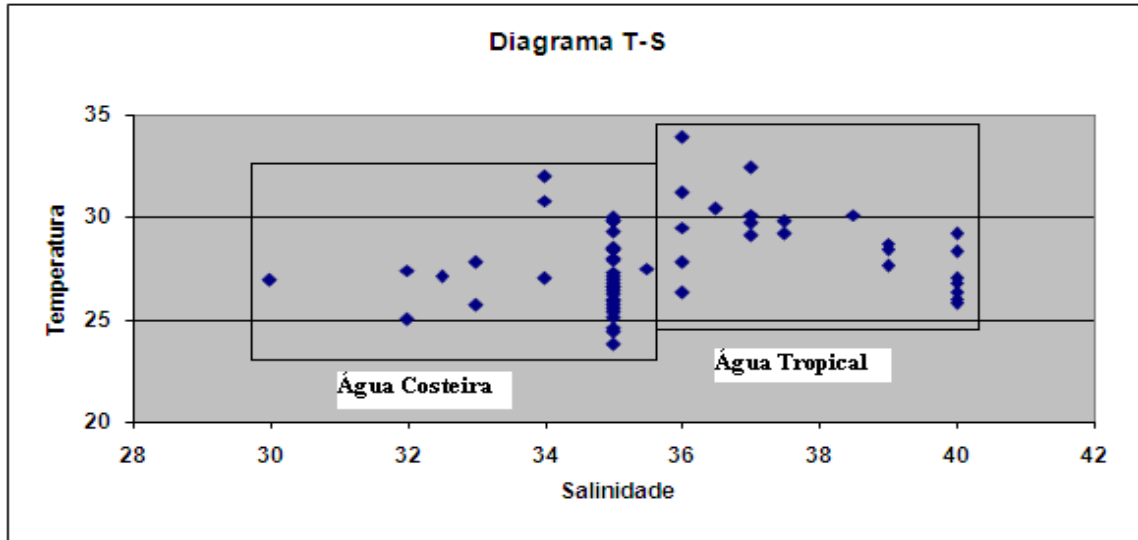


Figura 13 – Caracterização das massas de água durante campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Não foi encontrada diferença estatística significativa entre as estações de amostragem (ANOVA,  $p > 0,05$ ), para nenhuma das variáveis analisadas indicando que não foi detectada influência da atividade de dragagem sobre a variabilidade espacial das variáveis ambientais (Figuras 14 a 20).

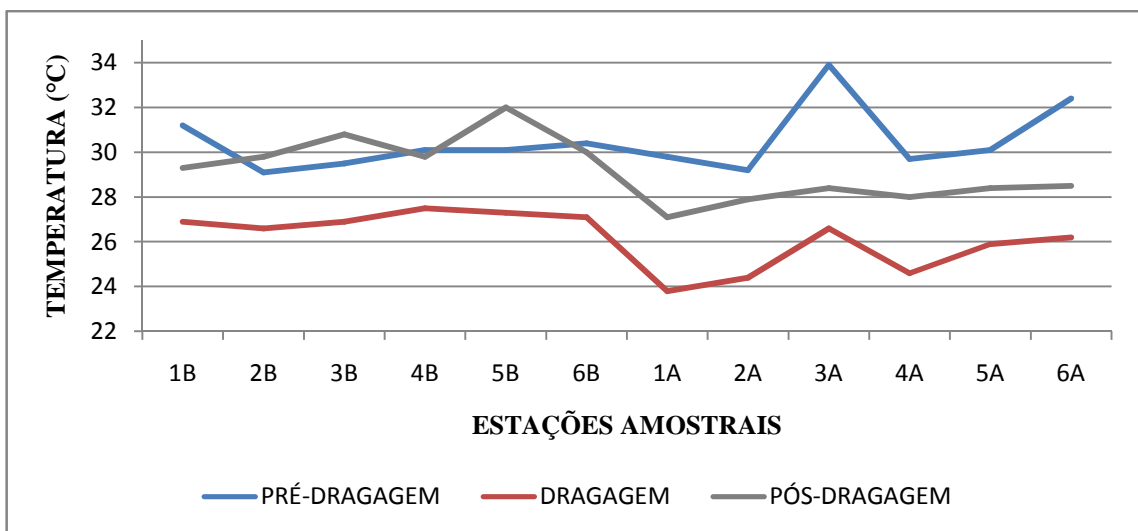


Figura 14 - Variação dos valores de temperatura (°C) nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

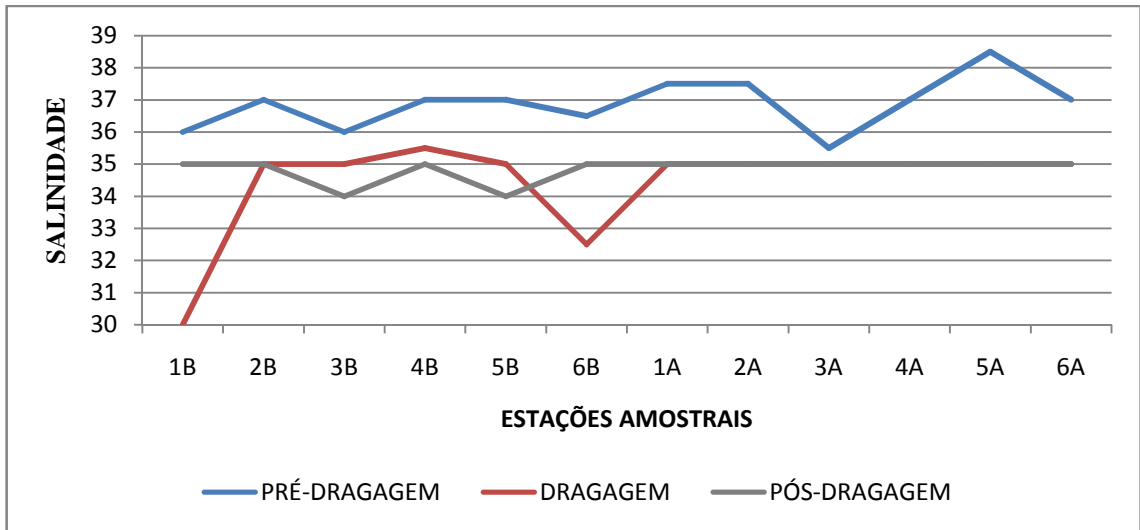


Figura 15 - Variação dos valores de salinidade nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

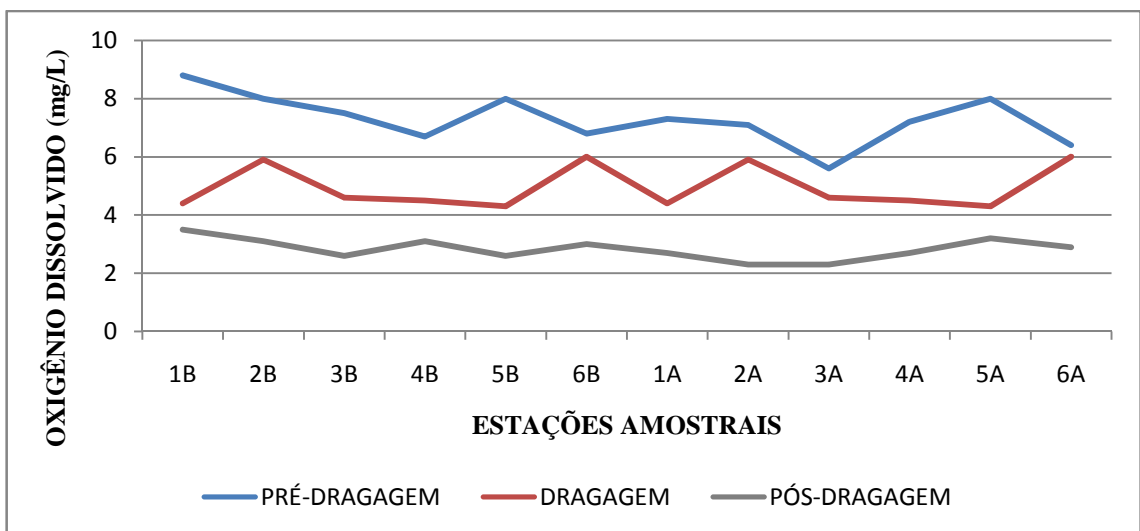


Figura 16 - Variação dos valores de oxigênio dissolvido(mg/L) durante campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).



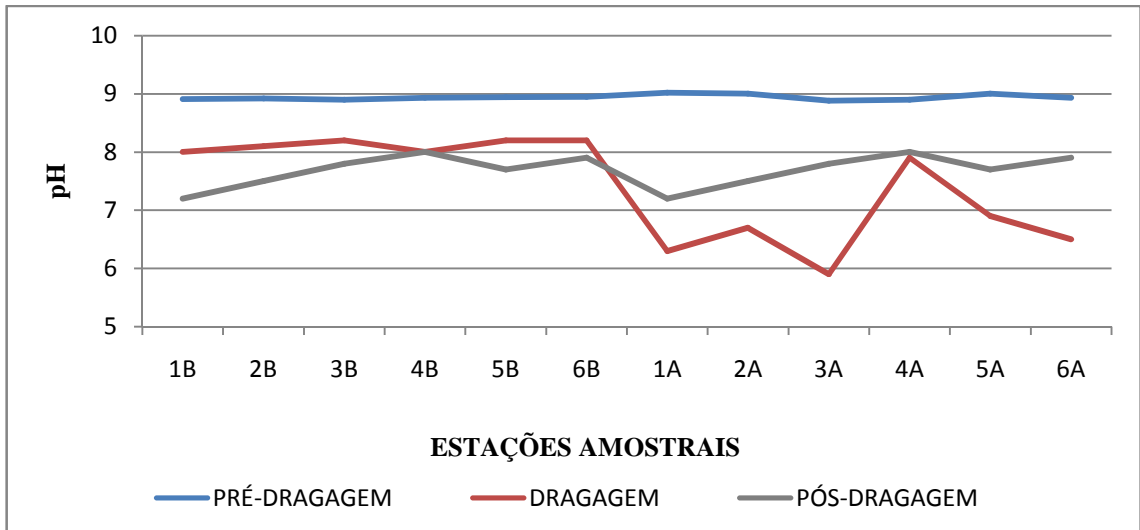


Figura 17 - Variação dos valores de pH nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

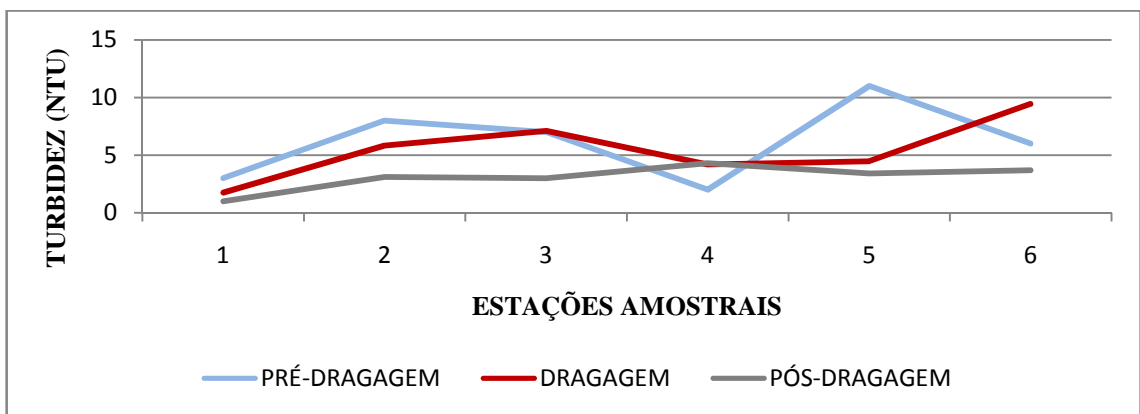


Figura 18 - Variação dos valores de turbidez (NTU) nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

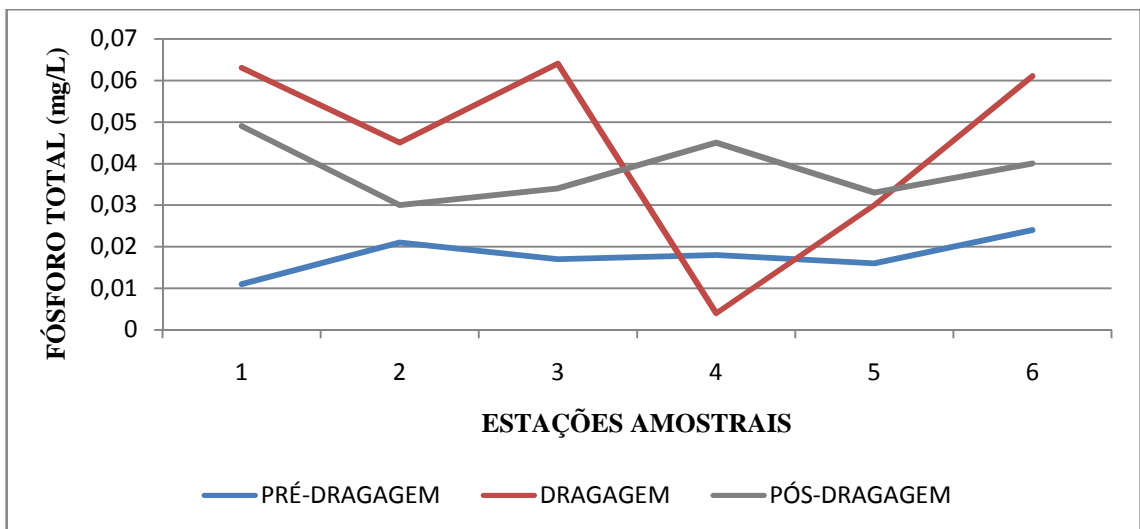
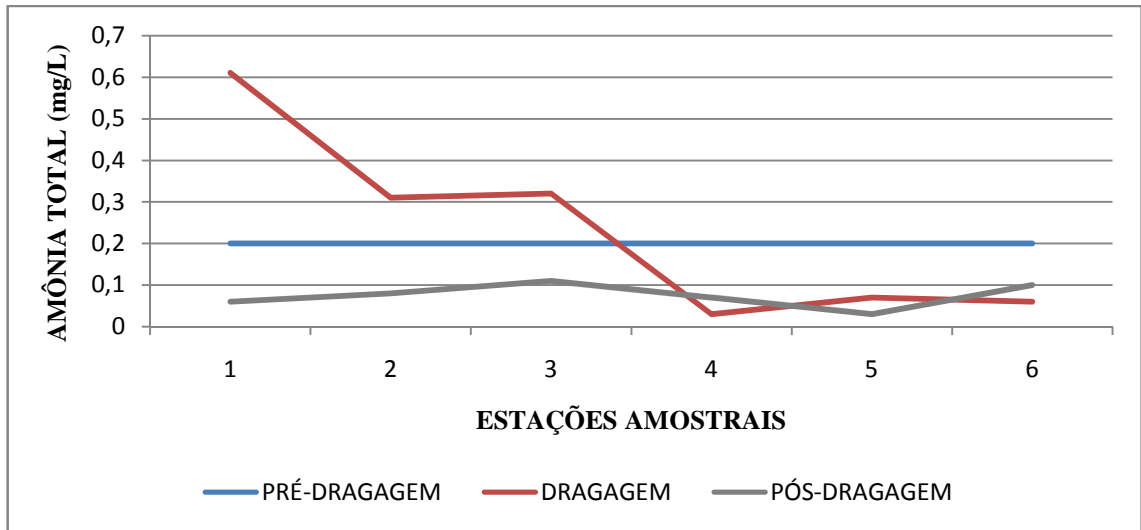


Figura 19 - Variação dos valores de fósforo total (mg/L), nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.



**Figura 20 - Variação dos valores de amônia (mg/L), nas campanhas de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

Estes resultados indicam a influência negativa da atividade de dragagem sobre as concentrações de oxigênio e pH, devido a sua redução durante a dragagem, e o fósforo total pelo seu aumento em 100%. Também foi possível observar que na Pós-dragagem a qualidade da água melhorou devido as menores concentrações de amônia, turbidez e clorofila-*a* (Anexo 1), em relação a Pré-dragagem.

#### *7.1.1.1 Análise de Componentes Principais para a estrutura oceanográfica e qualidade da água do Porto de Aratu*

Na análise de Componentes Principais, o primeiro componente principal explicou 72,5% da variância total dos dados, enquanto que o segundo componente explicou 20,9% da variância total dos dados (Tabela 2). Juntos os dois primeiros componentes principais explicaram 93,5% da variância dos dados oceanográficos.

**Tabela 2 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado na qualidade da água durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

<b>COMPONENTES</b>	<b>PERCENTAGEM (%)</b>	<b>P. ACUMULADA (%)</b>
1	72,5	72.5
2	20,9	93.4
3	3,9	97.3
4	1,8	99.1

A separação espacial das estações de amostragem foi consequência de um efeito combinado da variabilidade temporal das condições oceanográficas e da influência da atividade de dragagem sobre a qualidade da água (Figura 21). As estações de amostragem da Pré-dragagem estiveram posicionadas no lado esquerdo do diagrama de ordenação, onde foram relacionados com águas de maior temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido e pH. A turbidez se localizou entre a Pré-dragagem e a Dragagem em função dos valores mais elevados encontrados nestas fases em relação a fase de Pós-dragagem. Além da menor turbidez, a fase de Pós-dragagem também apresentou os menores valores de oxigênio dissolvido e pH

As estações de amostragem da Dragagem situaram-se no lado direito do diagrama de ordenação, sob influência de águas com maior concentração de amônia e fósforo.

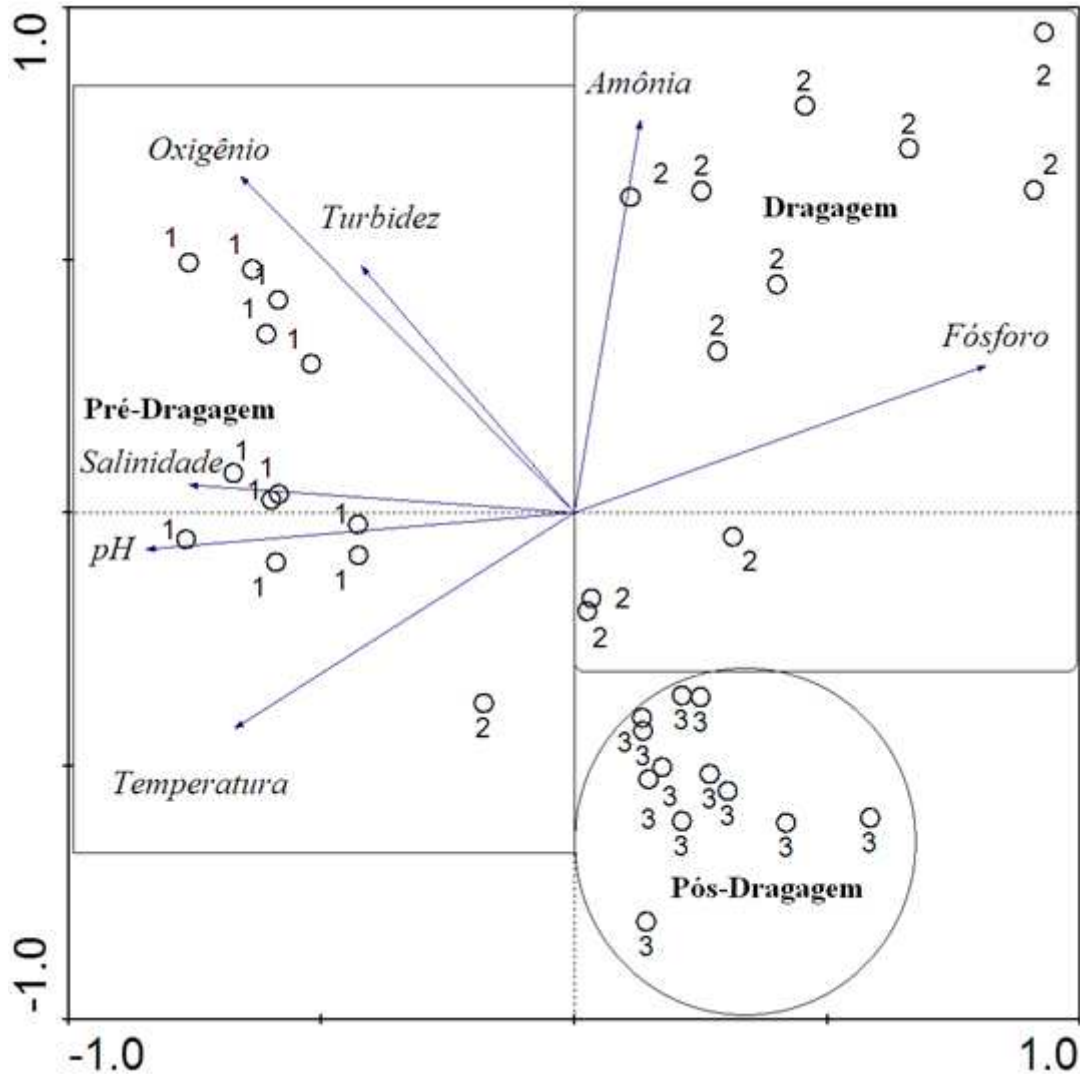
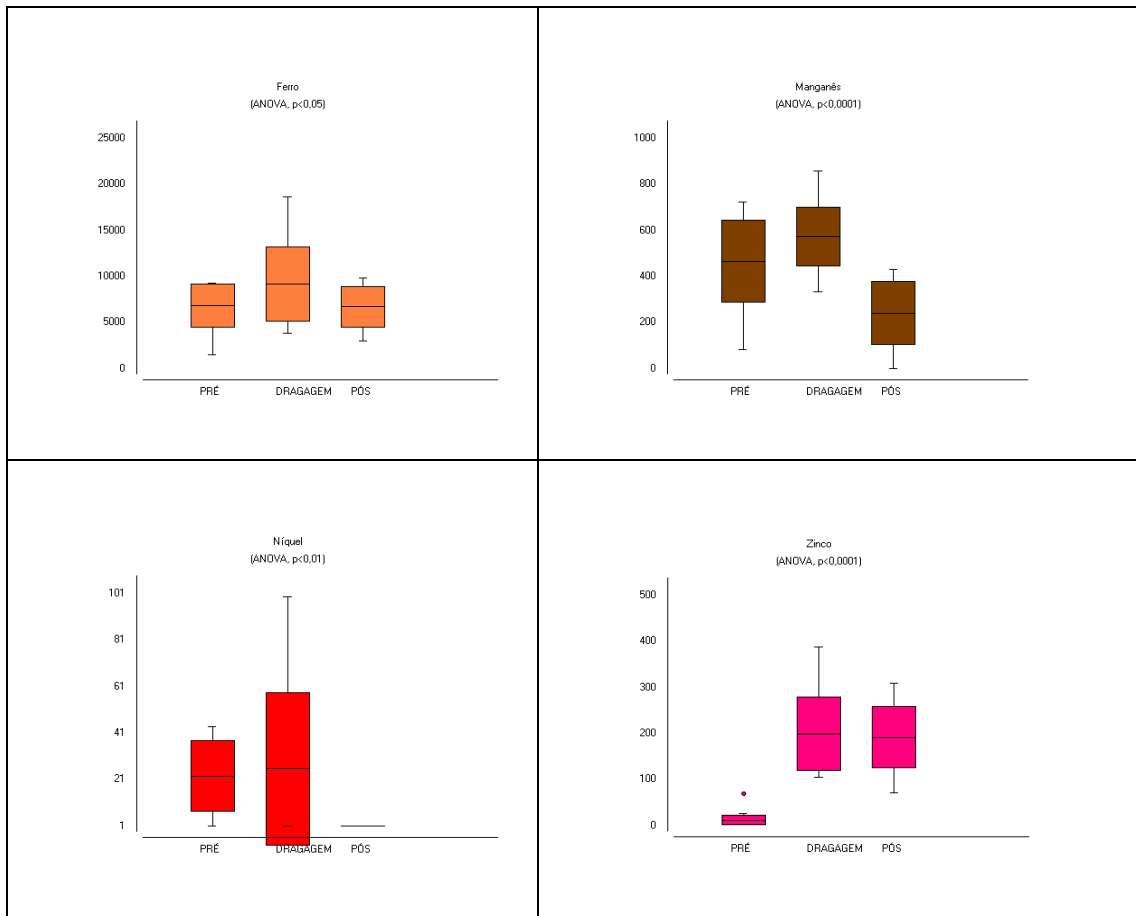


Figura 21 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseado na qualidade da água durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

#### 7.1.1.2 Metais-traço na água do Porto de Aratu

O teste ANOVA de Friedmann e o Teste de Comparações Múltiplas de Dunn permitiram determinar a variabilidade espaço-temporal dos metais-traço, cujos resultados e estatística descritiva podem ser verificados na Figura 22 e ANEXO 5.

As concentrações de Ferro apresentaram valores mais baixos na Pré-dragagem (1,53 – 9,06 mg.Kg10<sup>3</sup>) e Pós-dragagem (2,95 – 9,88 mg.Kg10<sup>3</sup>), em relação a Dragagem (5- 11,4 mg.Kg10<sup>3</sup>), com diferença estatística significativa (Figura 22 e 26).



**Figura 22 - Valores médios dos metais traço Ferro (Fe-mg/Kg 10<sup>3</sup>), Manganês (Mn-mg/Kg 10<sup>2</sup>), Níquel (Cr-mg/Kg) e Zinco (Zn-mg/Kg 10<sup>2</sup>), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

As concentrações de Manganês (Figura 22 e 24) e Níquel (Figura 22 e 25) também apresentaram valores mais baixos na Pré-dragagem (0,84 – 7,24 mg.Kg10<sup>2</sup> e 0 -22 mg.Kg). O Manganês, na Pós-dragagem mais baixos (0,23 – 4,33 mg.Kg10<sup>2</sup>), em relação a Dragagem (3,53 – 6,35 mg.Kg10<sup>2</sup>), com diferença estatística extremamente significativa. Os valores de Níquel foram mais expressivos na Dragagem, variando entre 20 e 44 mg.Kg, sendo na pós-dragagem não detectado pelo método de determinação deste metal.

Os valores de Zinco variaram entre 0,2 – 1,18 mg.Kg10<sup>2</sup> na Pré-dragagem, entre 1,72 e 3,87 mg.Kg10<sup>2</sup>, durante a dragagem e entre 0,7 a 6,52 mg.Kg10<sup>2</sup>, na Pós-dragagem, com diferença estatística extremamente significativa (Figura 22 e 23).

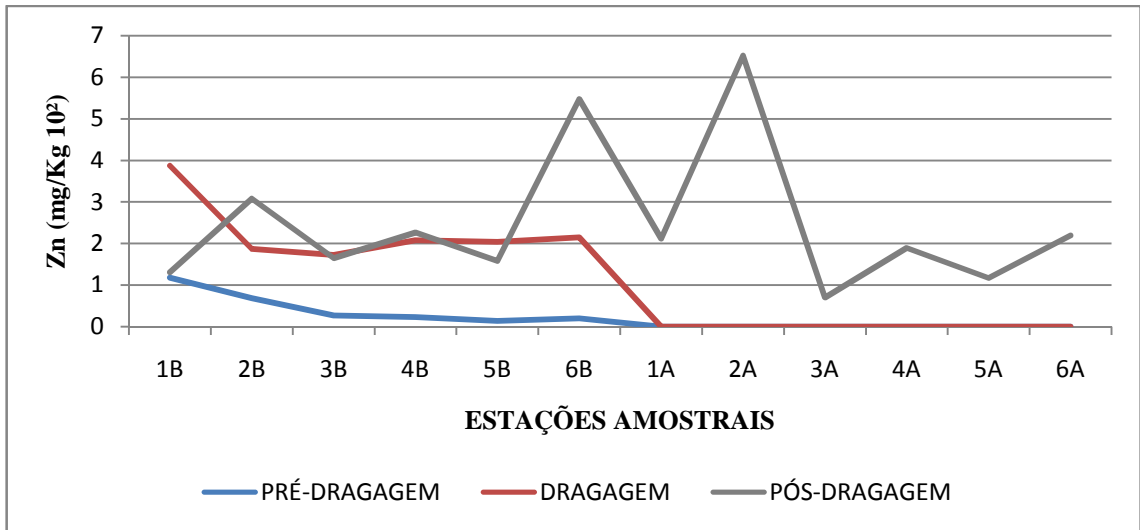


Figura 23 - Concentrações de metal traço Zinco (B, maré vazante; A, maré enchente), durante a durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

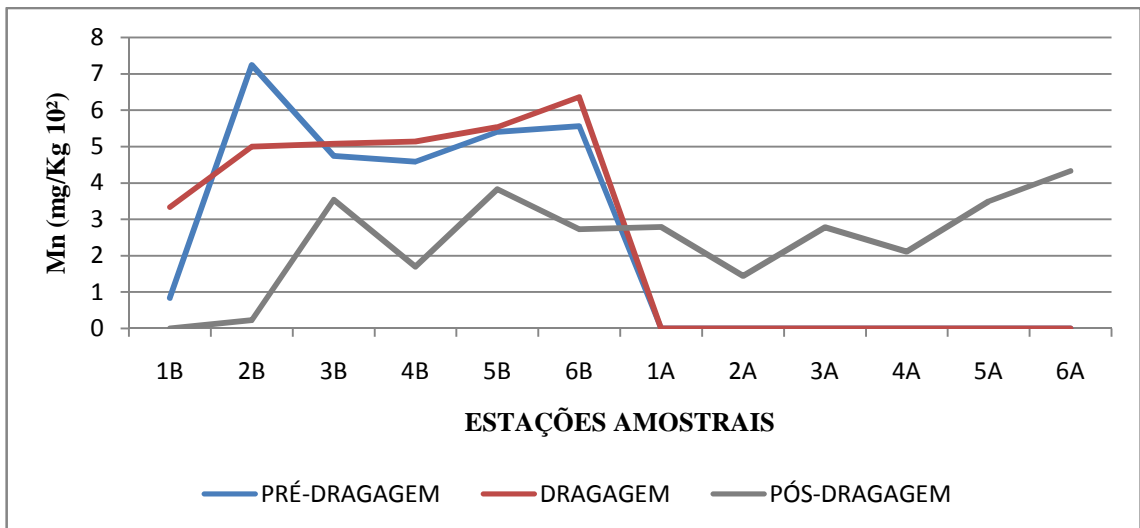


Figura 24 - Concentrações de metal traço Manganês (B, maré vazante; A, maré enchente), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

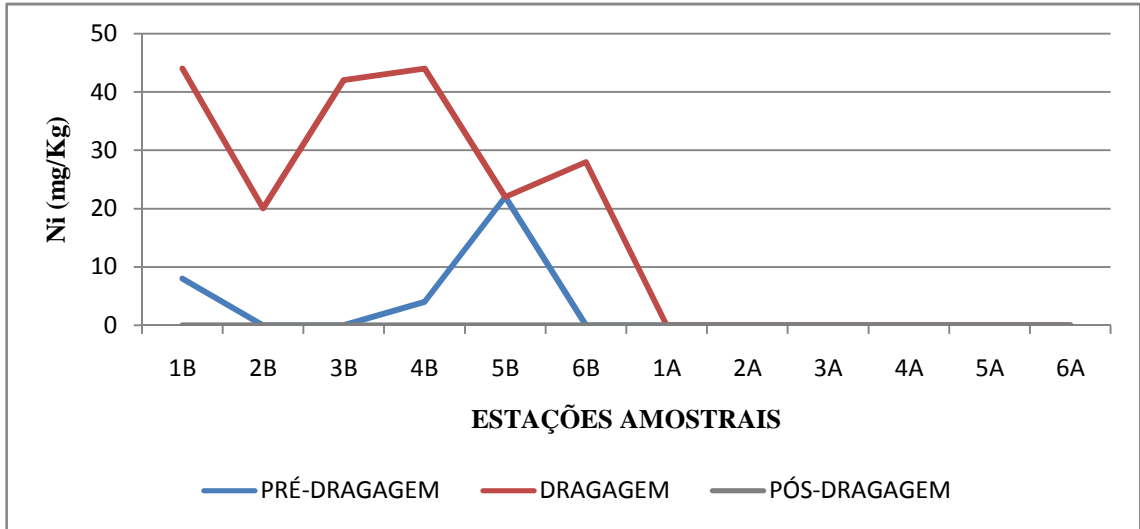


Figura 25 - Concentrações de metal traço Níquel (B, maré baixa; A, maré alta), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

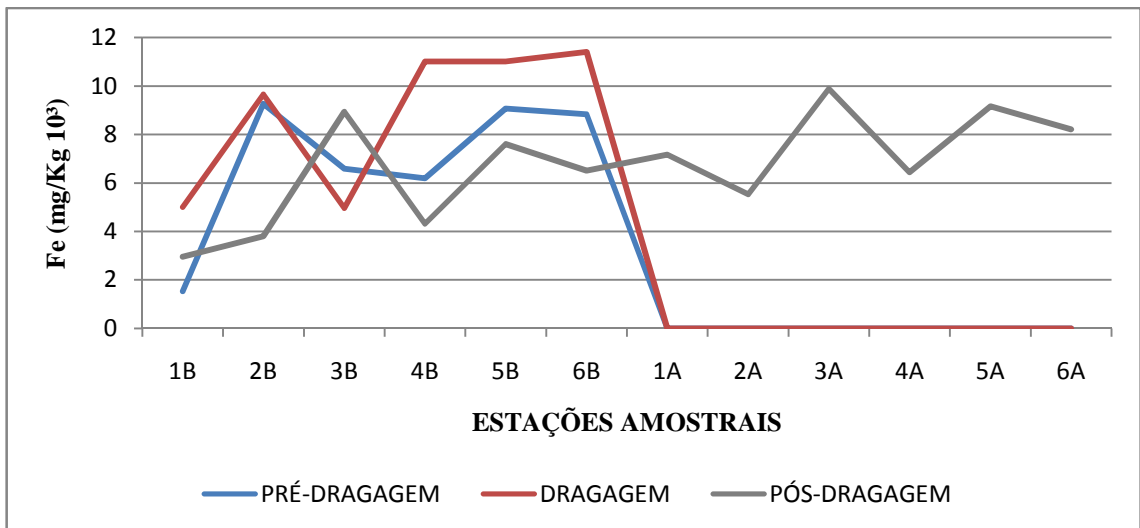
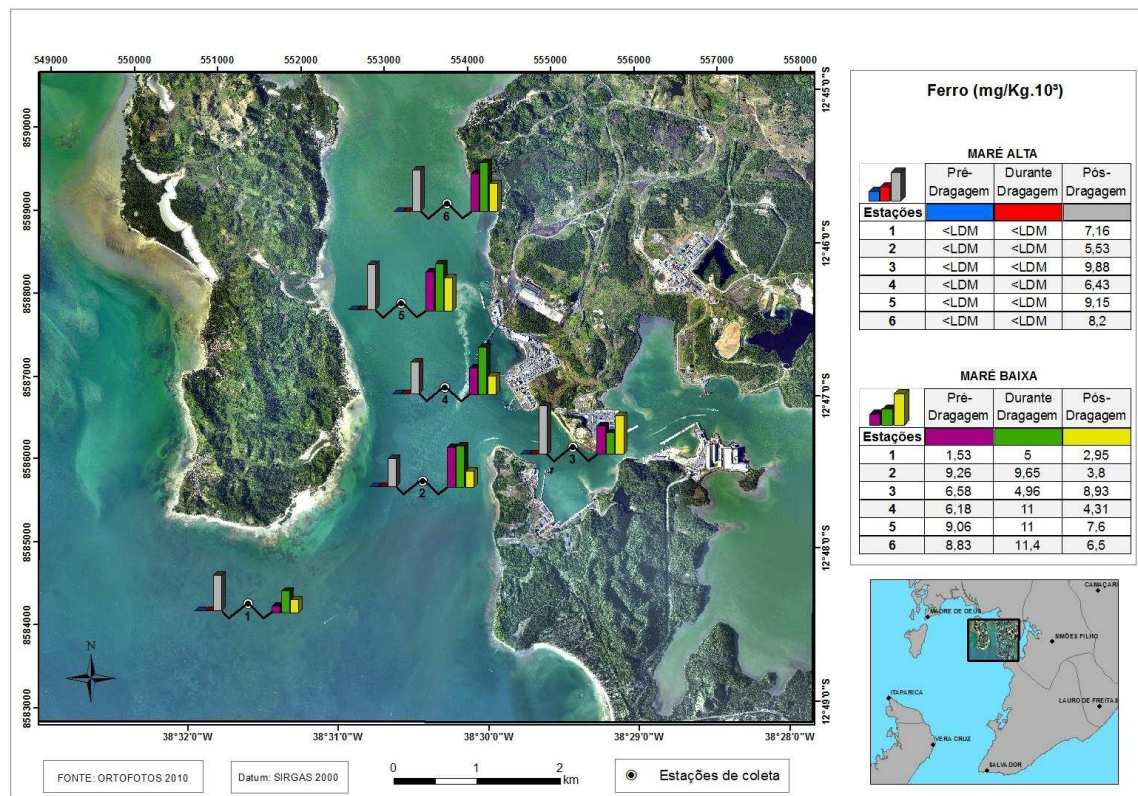


Figura 26 - Concentrações de metal traço Ferro (B, maré baixa; A, maré alta), durante a amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

As concentrações de Ferro em particulado são melhores detectadas em maré baixa, tendo maiores valores durante a dragagem, na maioria das estações de amostragem. Em maré alta somente apresentou valores significativos na pós dragagem conforme mapa de distribuição (Figura 26).



**Figura 27 - Distribuição metal-traço Ferro no Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.**

Não foi encontrada diferença estatística significativa entre as estações de amostragem (ANOVA,  $p > 0,05$ ), para nenhuma das variáveis analisadas indicando que não foi detectada influência da atividade de dragagem sobre a variabilidade espacial dos metais-traço (Figuras 20 a 26).

### 7.1.1.3 Análise de Componentes Principais para os metais na água do Porto de Aratu

Os principais metais-traço selecionados para Análise de Componentes Principais foram aqueles que apresentaram uma porcentagem de censura inferior a 50%. Assim, foram utilizados os dados de Ferro (0%), Manganês (3%), Níquel (33%) e Zinco (14%), enquanto que os resultados de Cobre (72%) e Cromo (64%) não foram aproveitados em função do elevado percentual de censura (Tabela 3). Para os dados censurados foi empregado o valor



mais frequentemente utilizado em química aquática, que consiste na metade do limite de detecção (1.3).

A Análise de Componentes Principais foi realizada mediante o cálculo de uma matriz de correlações. Considerando que os pares de variáveis devem apresentar um relacionamento linear, ou seja, devem apresentar uma distribuição multivariada normal (McCune e Grace, 2002), os dados de metais traços foram transformados logaritmicamente e padronizados pelo desvio-padrão.

O primeiro componente principal explicou 52.2% da variância total dos dados, enquanto que o segundo componente explicou 30.8% da variância total dos dados (Figura 28). Juntos os dois primeiros componentes principais explicaram 83% da variância dos dados de metais traços no Porto de Aratu. Desta forma o primeiro eixo da ACP, sobre o qual as amostras foram ordenadas, representou a maior parte da variação dos dados, enquanto que o segundo eixo explicou a maior parte da variância residual.

**Tabela 3 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado nos metais traços durante a atividade de dragagem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

<b>COMPONENTES</b>	<b>PERCENTAGEM (%)</b>	<b>P. ACUMULADA (%)</b>
1	52,2	52,2
2	30,8	83,0
3	15,4	98,4
4	1,6	100,0

A separação espacial das estações de amostragem durante a atividade de dragagem, como consequência do efeito das diferentes concentrações de metais traços pode ser observada no diagrama de ordenação da análise de componentes principais (Figura 28). As estações de amostragem da Pré-dragagem, maré cheia e as estações da Pós-dragagem estiveram posicionadas na porção superior do diagrama de ordenação, onde estiveram associadas as menores concentrações de metais traços. As estações de amostragem da Dragagem e Pré-dragagem, maré vazia, situaram-se na metade inferior do diagrama de ordenação, sob influência de águas com maior concentração de metais traços (Fe, Mn, Ni e Zn).

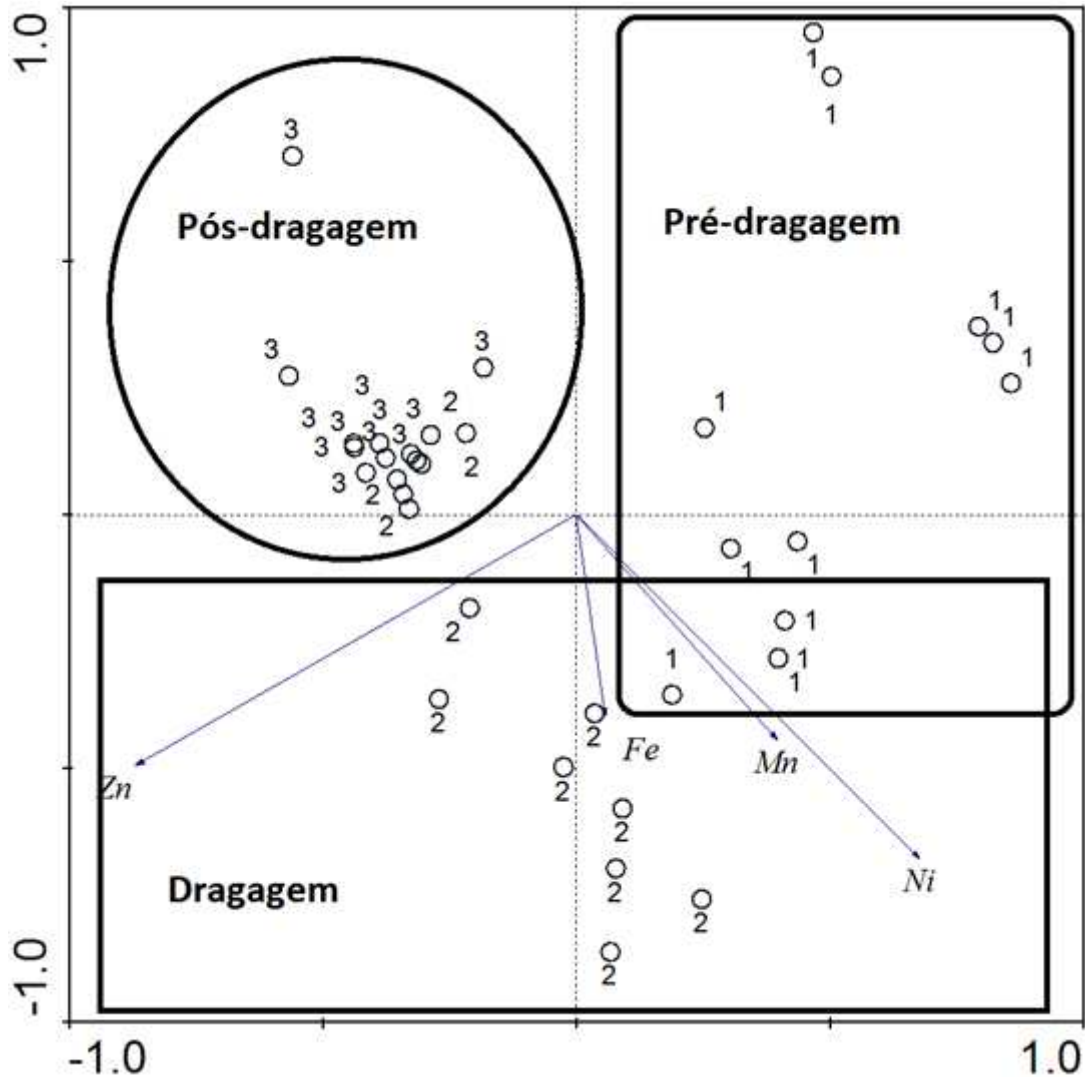


Figura 28 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseada na concentração de metais traço (Fe –Ferro, Zn-Zinco, Mn-Manganês e Ni-Níquel), na água do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

## 7.1.2 Assembléia fitoplanctônica

### 7.1.2.1 Composição e riqueza taxonômica

No Porto de Aratu foram identificadas 91 espécies (Figura 29) pertencentes à cinco divisões fitoplanctônicas: *Bacillariophyta* (69% das espécies), *Dinophyta* (19%), *Cyanophyta* (7%), *Chlorophyta* (4%) e *Euglenophyta* (1%). No anexo 2 se encontra a lista completa das microalgas identificadas no Porto de Aratu.

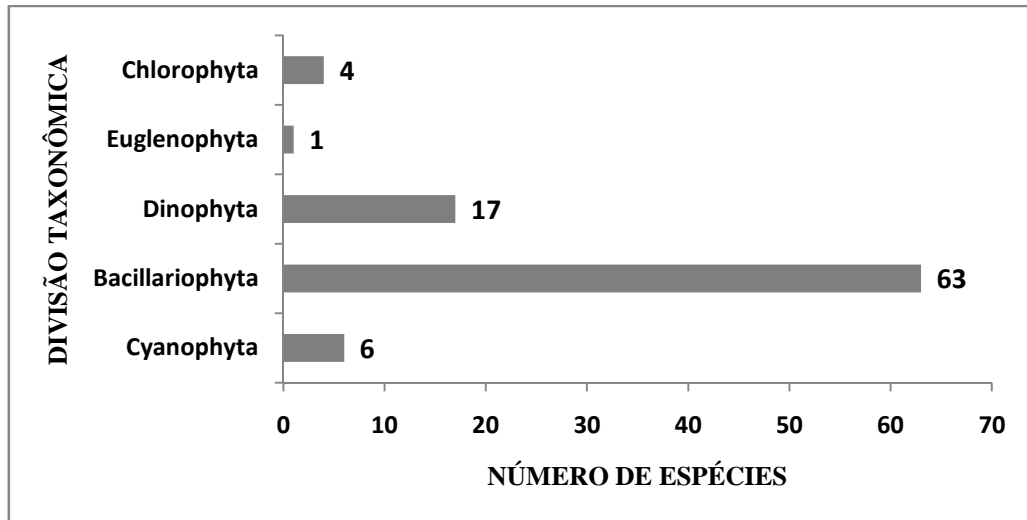


Figura 29 - Número total de espécies identificadas, por divisão taxonômica, durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Durante a pré-dragagem foram amostradas 33% do total de espécies (50 espécies), enquanto que, na dragagem, ocorreu uma redução para 26 % (40 espécies) e um posterior aumento para 40% do total de espécies (61 espécies), na campanha de Pós-dragagem (Figura 30), que constitui o período de maior riqueza taxonômica.

A assembléia fitoplanctônica foi dominada pelas diatomáceas (Figura 29), em todas as fases da dragagem, com abundância relativa variando entre 64% (26 espécies) e 70% (39 espécies). *Dinophyta* e *Cyanophyta* foram pouco abundantes, apresentando abundância relativa entre 10 e 26%. *Chlorophyta* e *Euglenophyta* foram considerados raros pois apresentaram abundância relativa inferior a 10%, de acordo com a escala de Neumann-Leitão (1994) (Figura 29).

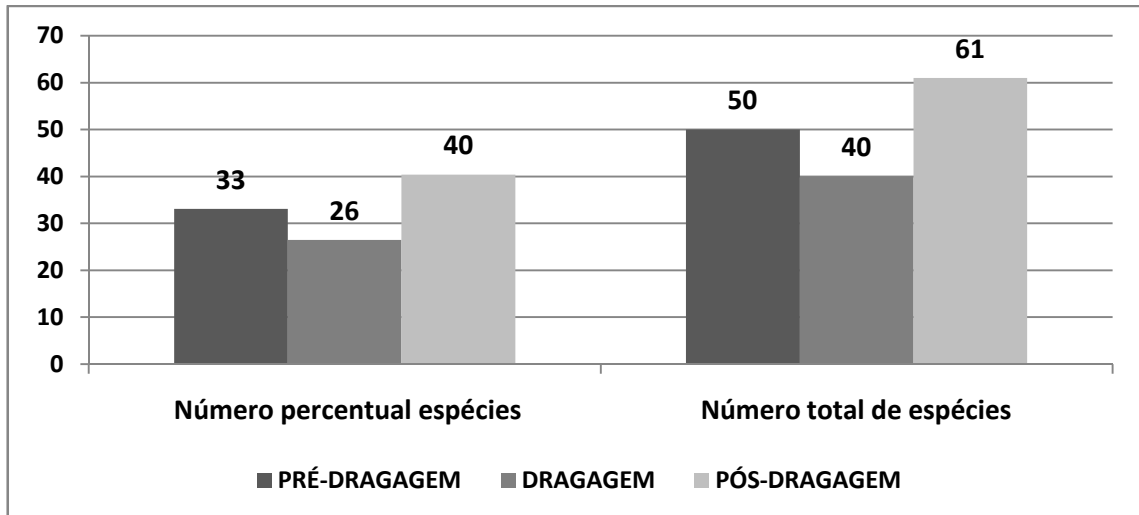


Figura 30 - Número total de espécies e número percentual de espécies fitoplanctônicas durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Com exceção das *Euglenophyta*, todos os outros grupos taxonômicos ocorreram em todas as campanhas. *Bacillariophyta* destacou-se como o grupo mais representativo, apresentando maior riqueza específica, porém com redução durante a dragagem. O grupo *Dinophyta* apresentou um aumento na sua riqueza durante a dragagem e pós-dragagem, o que remete o aparecimento de novas espécies, oportunistas e de importância sanitária. *Cyanophyta*, *Euglenophyta* e *Chlorophyta* apresentaram pouca variabilidade no número de espécies entre as campanhas amostrais (Figura 31).

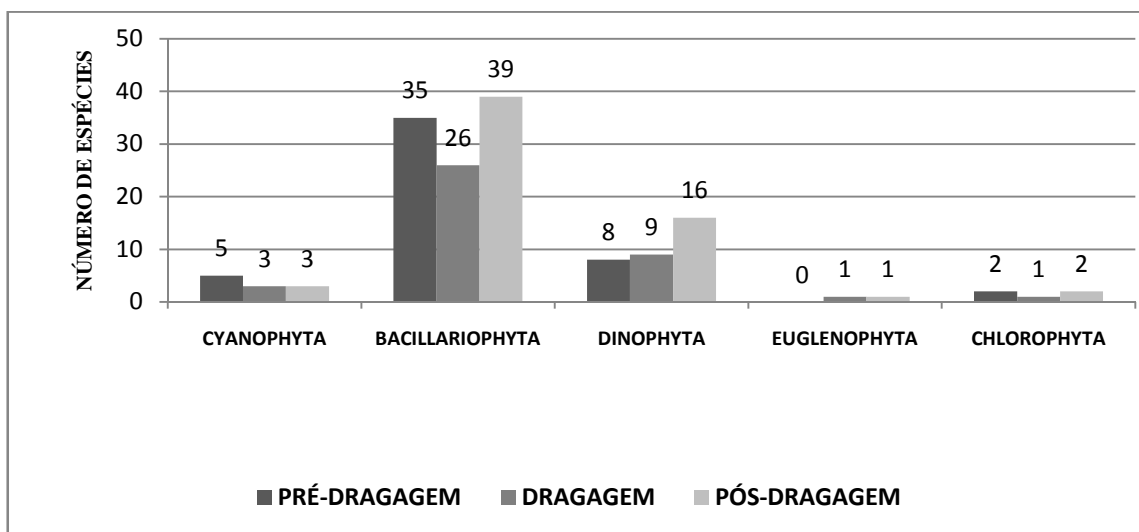
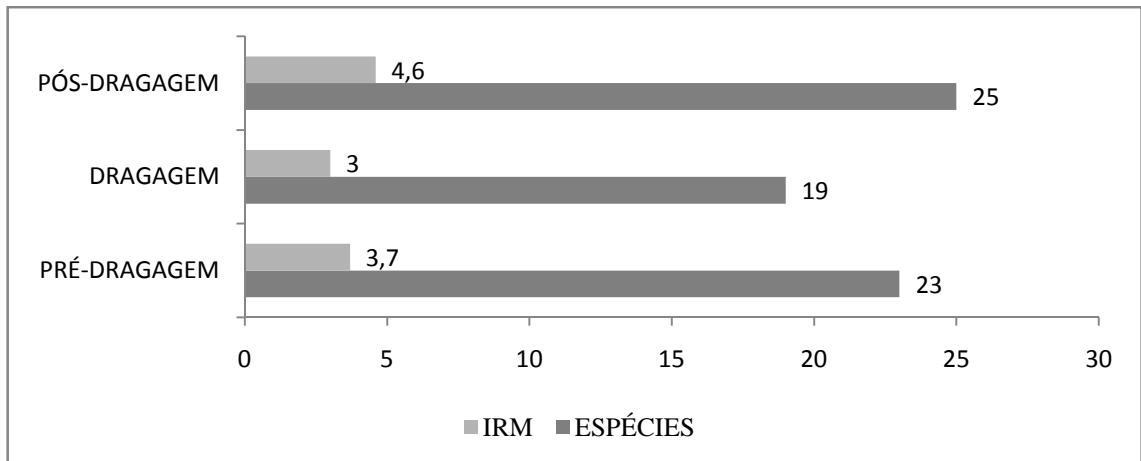


Figura 31 - Número de espécies fitoplanctônicas obtidas durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Os valores médios do número de espécies e do índice de riqueza de Margalef (IRM) diminuíram da Pré-dragagem para a Dragagem, mas foram significativamente mais elevados na Pós-dragagem, indicando uma recuperação da riqueza fitoplanctônica em níveis mais elevados do que os inicialmente observados (Figura 32).



**Figura 32 - Valores médios do número de espécies e do índice de Riqueza de Margalef, para o fitoplâncton obtidos durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

#### 7.1.2.2 Abundância relativa

Ao longo deste estudo espécies identificadas se destacaram quanto a sua abundância relativa: *Guinardia flaccida*, *Hemidiscus hardmanian*, *Nitzschia longissima*, *Pleurosigma angulatum*, *Skeletonema costatum*, *Ceratium furca*, *Prorocentrum micans*, *Protoperidinium conicum*, *Chlamydomonas sp*, *Coscinodiscus sp1* e *Ceratium fusus* (Figura 33).

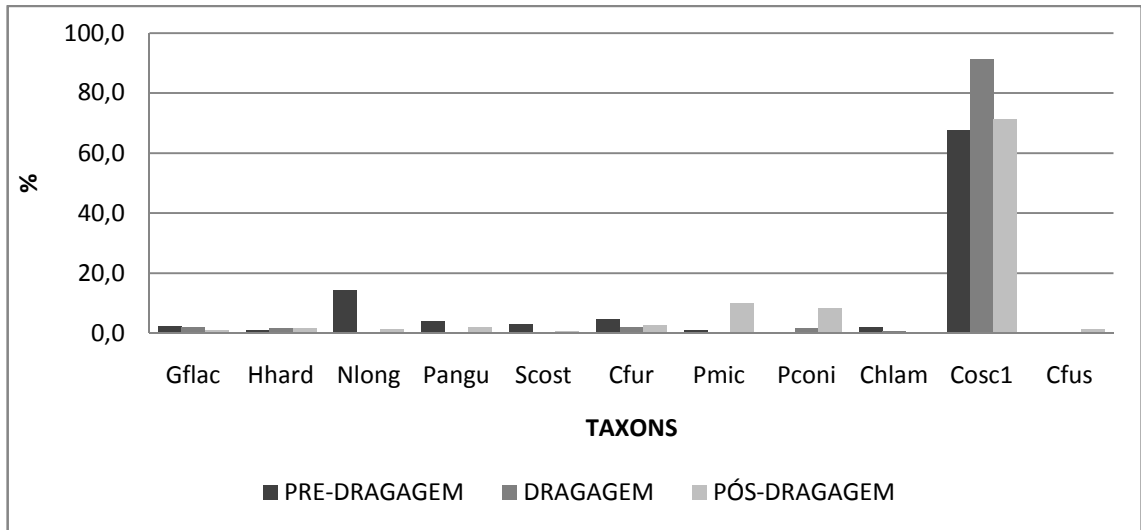


Figura 33 - Abundância relativa percentual das principais espécies do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. Gflac- *Guinardia flaccida*; Hhard - *Hemidiscus hardmanian*; Nlong - *Nitzschia longissima*; Pangu - *Pleurosigma angulatum*; Scost - *Skeletonema costatum*; Cfur - *Ceratium furca*; Pmic - *Prorocentrum micans*; Pconi - *Protoperdinium conicum*; Chlam - *Chlamydomonassp*; Cosc1 - *Coscinodiscus sp1*; Cfus - *Ceratium fusus*.

#### 7.1.2.3 Densidade e volume de sedimentação do fitoplâncton

A densidade média total de fitoplâncton, capturada durante a Pré-dragagem (281 org/m<sup>3</sup>), sofreu um aumento de 285% durante a Dragagem (800 org/m<sup>3</sup>) e uma redução de 79% na Pós-dragagem, em relação à Pré-dragagem (59 org/m<sup>3</sup>) (Figura 34 e Anexo 4).

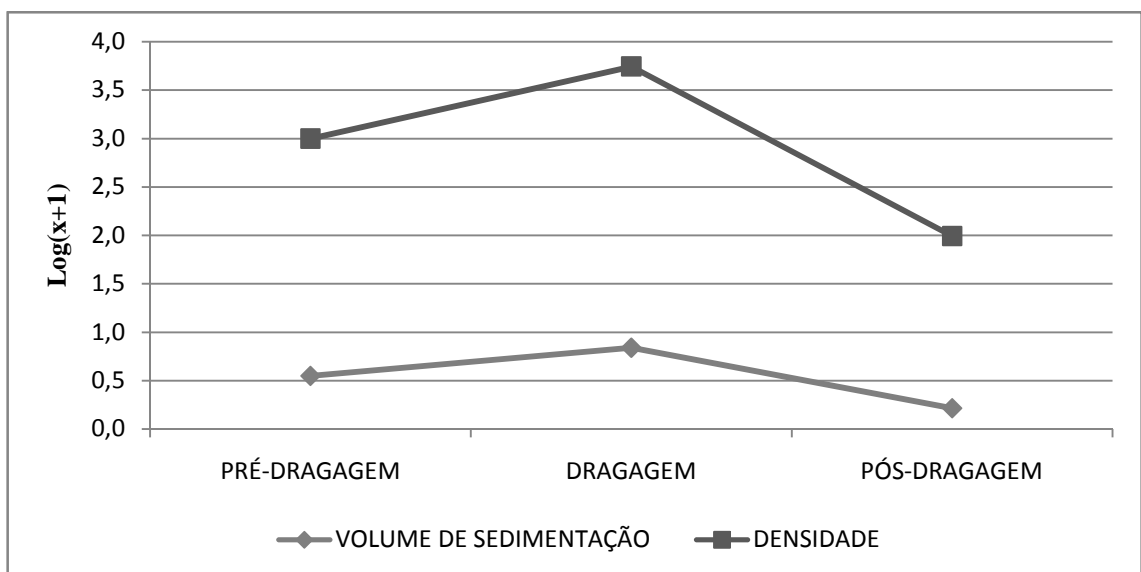
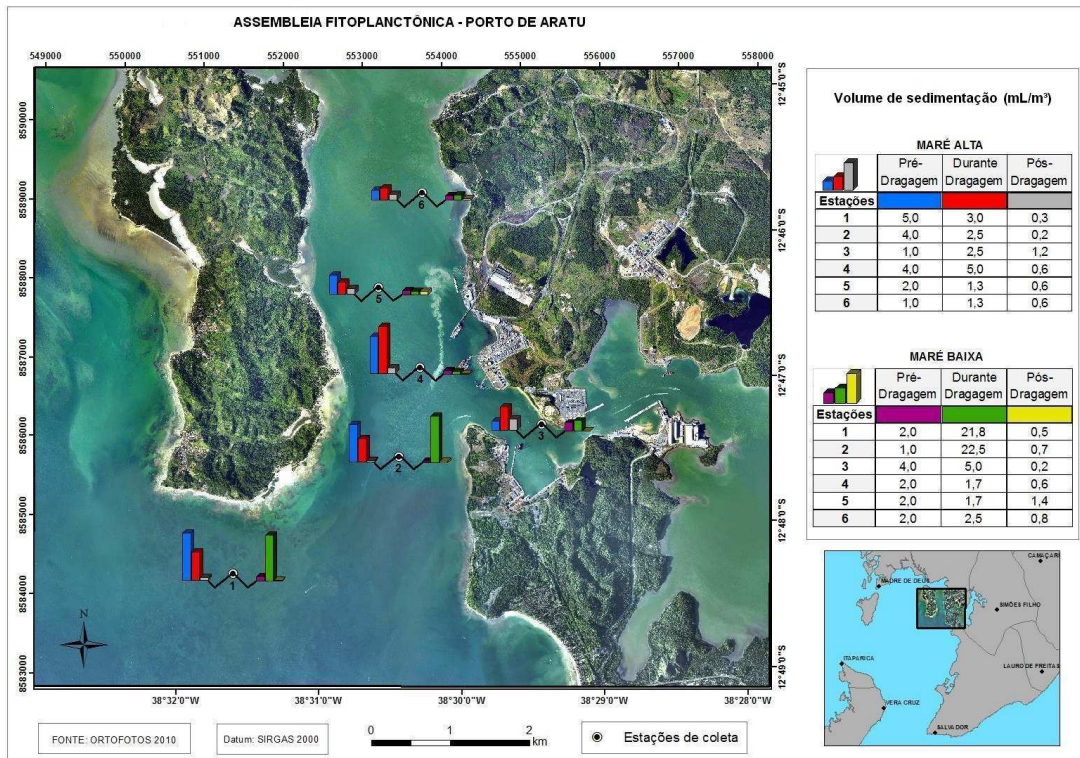


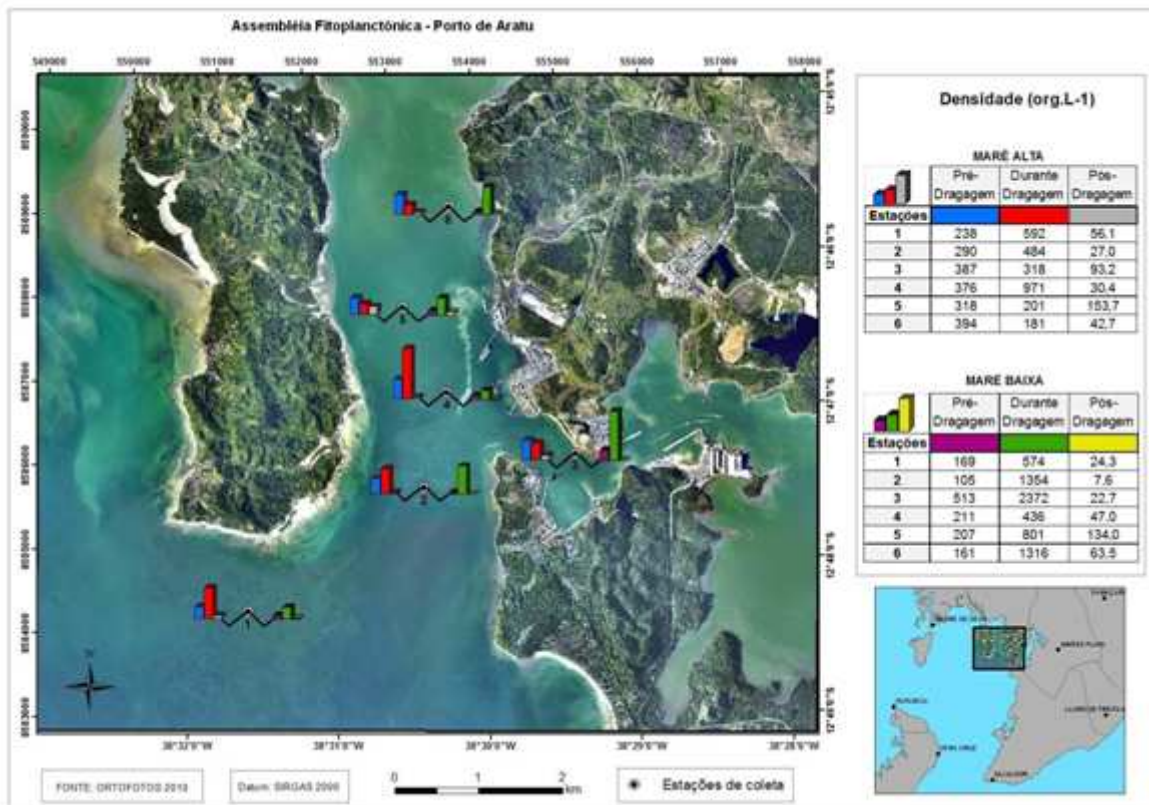
Figura 34 - Variação do Volume de sedimentação e densidade média total do fitoplâncton durante amostragem do Porto de Aratu, BTS, Bahia. (Pré-dragagem; Dragagem; Pós-dragagem).

A média do volume de sedimentação total do fitoplâncton obtido durante a Pré-dragagem ( $2,5 \text{ mL/m}^3$ ), sofreu pouca variação durante a Dragagem ( $2,9 \text{ mL/m}^3$ ) e posterior diminuição de 76% na Pós-dragagem ( $0,6 \text{ mL/m}^3$ ) (Anexo 4; Figura 34). Os valores de volume de sedimentação apresentaram variações durante as marés, principalmente nas estações 01 e 02, além das variações entre as campanhas (Figura 35).



**Figura 35 - Distribuição do Volume de Sedimentação da assembléia fitoplanctônica do Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.**

As estações 2, 3 e 4 apresentaram maiores elevações nos valores de densidade fitoplanctônica registrados durante a dragagem, confirmando a influência direta desta atividade nestes pontos amostrais. Assim como verificado para o volume de sedimentação, a densidade de fitoplâncton (Figura 36) também apresentou uma significativa redução na Pós-dragagem, visto no mapa de distribuição.



**Figura 36 - Mapa de distribuição da densidade da assembléa fitoplânctônica do Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.**

#### 7.1.2.4 Biomassa fitoplânctônica

A concentração de clorofila-*a* é um parâmetro utilizado como indicador da biomassa de microalgas, sendo empregado em diversos trabalhos para a determinação da qualidade de água. Está diretamente associado com o estado nutricional, que está diretamente relacionado com a quantidade e qualidade da clorofila-*a*.

A massa de água apresentou maior biomassa fitoplânctônica durante a pré-dragagem, indicada pelos valores de clorofila-*a*, elevado em relação às demais fases da dragagem (variação entre 0,01 e 0,66  $\mu\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$  e média de 0,43  $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ .) Durante a dragagem e a pós-dragagem os valores foram significativamente mais baixos, variando entre 0,0 e 0,16  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , com média de 0,09  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  na dragagem e entre 0,06 e 0,19  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ , com média de 0,12  $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  na pós-dragagem (Figura 37 e Anexo 1).



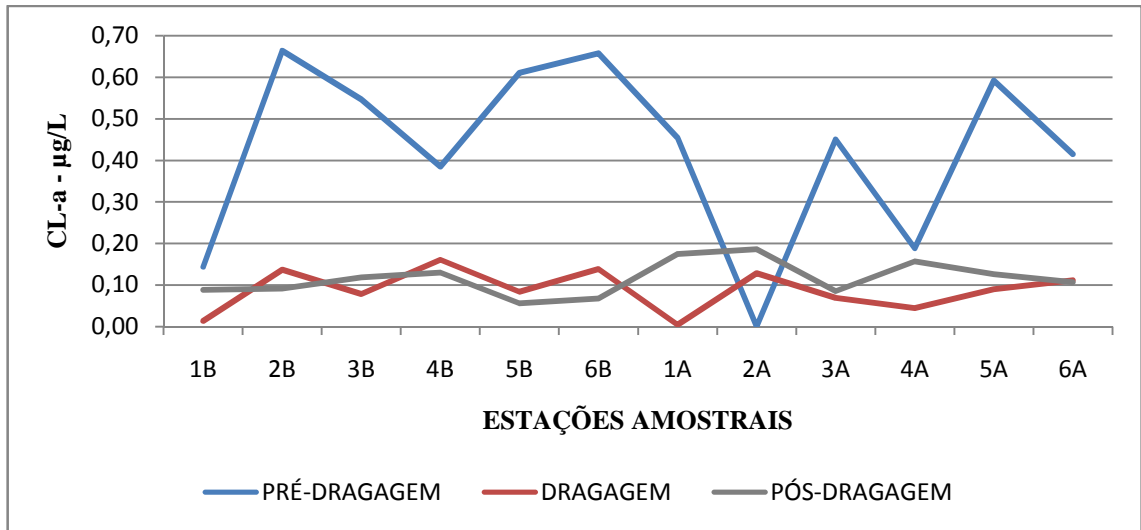


Figura 37 - Variação dos valores de clorofila-a (B, maré baixa; A, maré alta), durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Os valores mensurados de biomassa fitoplanctônica indicam a influência negativa da atividade de dragagem sobre este parâmetro, devido a sua redução durante a dragagem em relação à pré-dragagem (Figura 38).

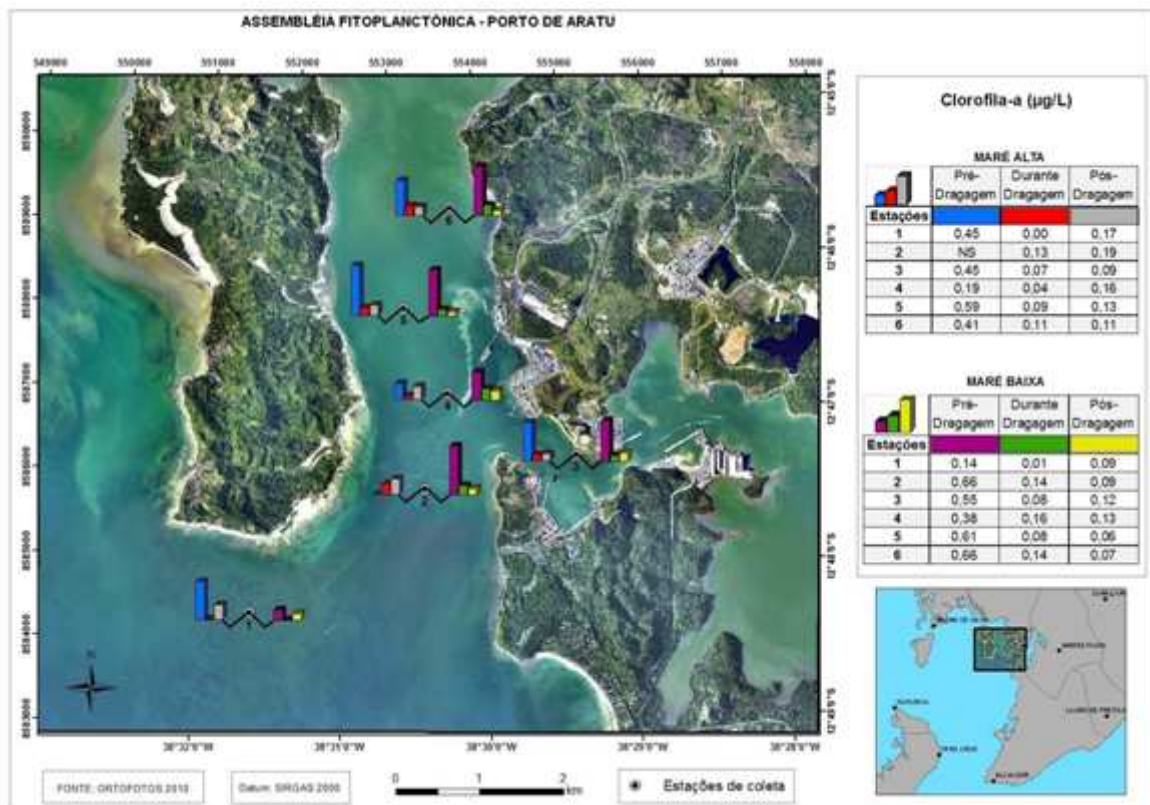
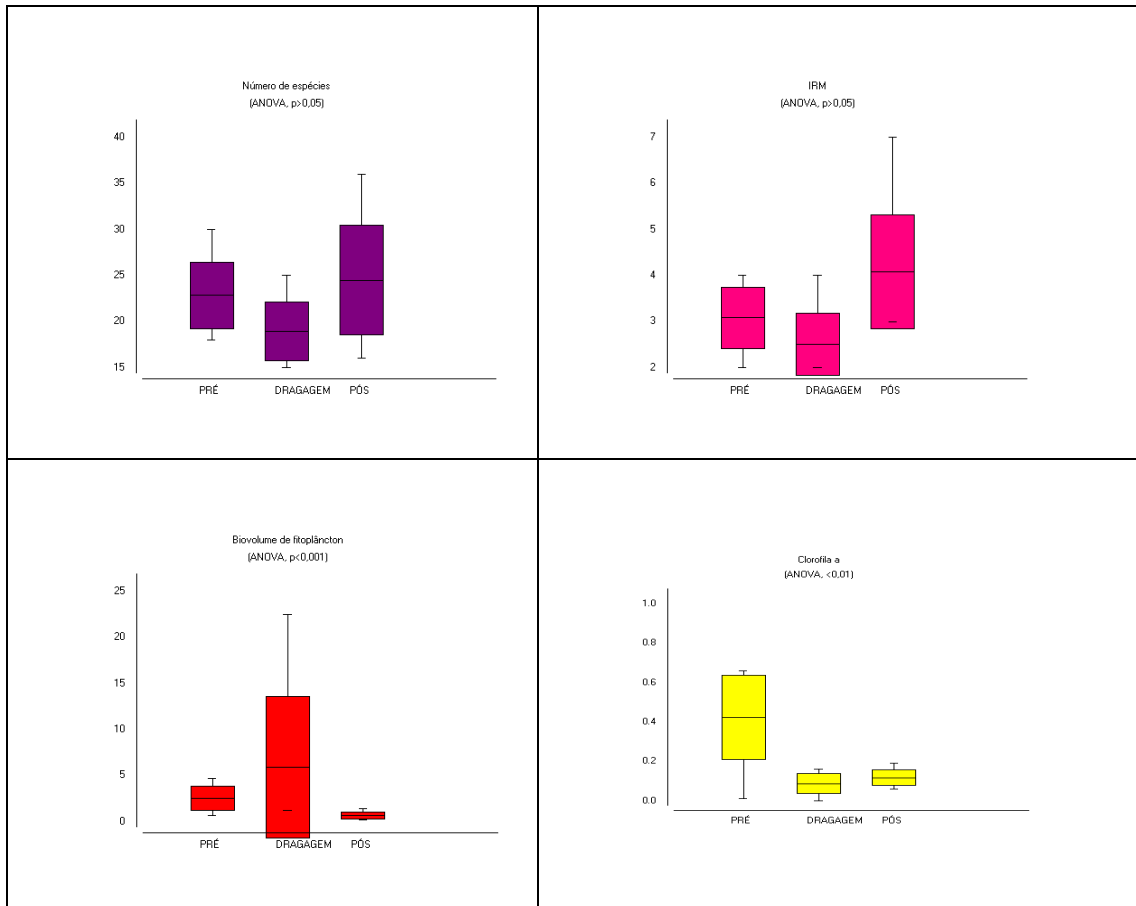


Figura 38 – Distribuição da biomassa da assembléia fitoplanctônica do Porto de Aratu, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.

### 7.1.2.5 Variabilidade espaço-temporal da assembléia fitoplanctônica

A análise estatística descritiva, bem como o resultado do Teste de Friedmann, para a estrutura da assembléia fitoplanctônica (Anexo 4), Figuras 39 e 40.



**Figura 39 –Dados da assembléia fitoplanctônica, com amplitude, desvio-padrão e média obtidos durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

Foi encontrada diferença estatística significativa (ANOVA,  $p \leq 0,006$ ), entre os três momentos da dragagem, para quase todas as variáveis analisadas, com exceção do número de espécies (ANOVA,  $p = 0,1441$ ). Verificou-se que esta diferença ocorreu principalmente em função das diferenças entre a Dragagem e a Pós-dragagem (Teste de Dunn,  $p < 0,05$ ).

Comparando os resultados com a Frequência de Ocorrência (%) das espécies foi possível relacionar os dados mensurados (Figura 40)

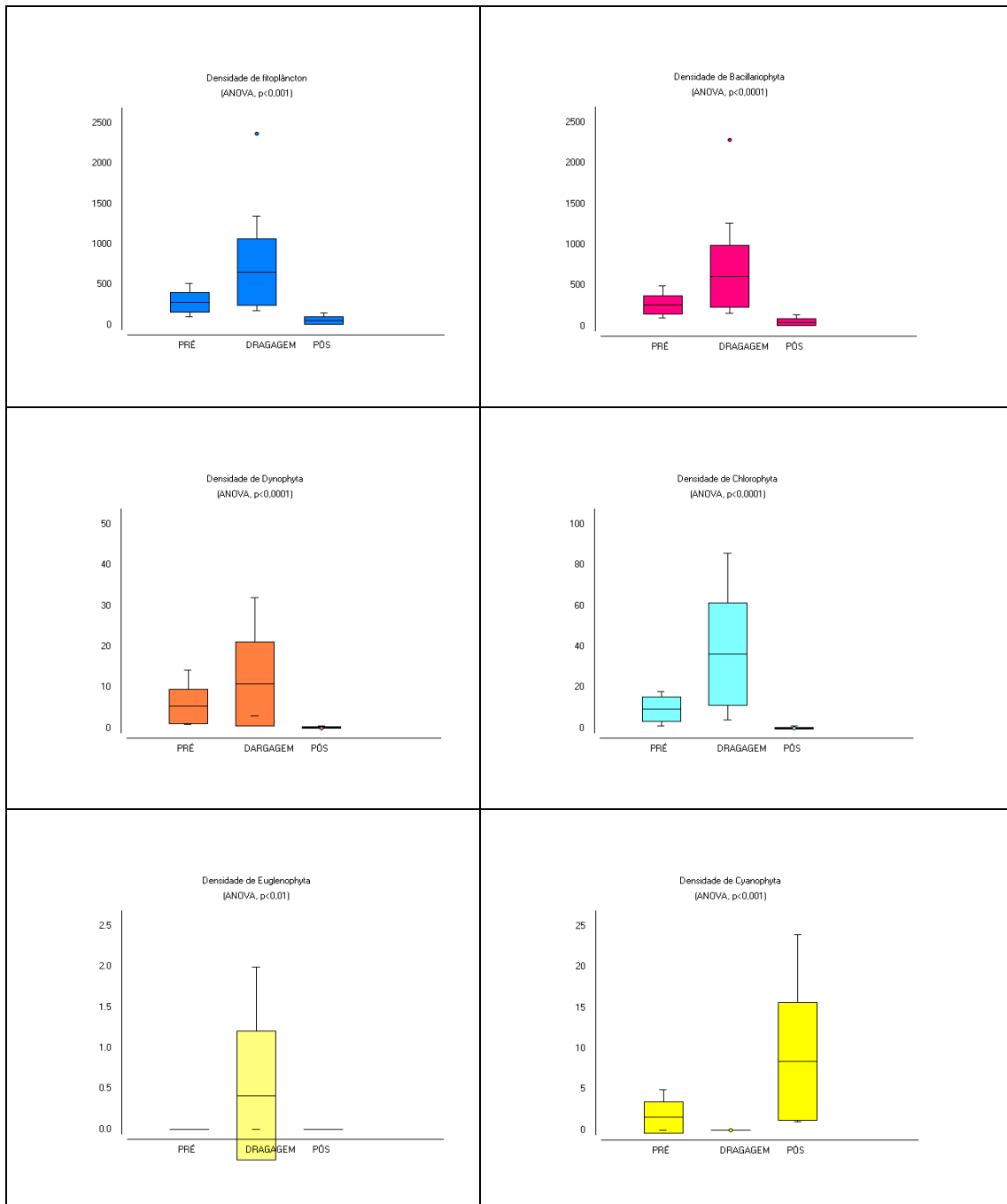
O aumento do volume de sedimentação (ANOVA,  $p = 0,0005$ ) e da densidade total de fitoplâncton (ANOVA,  $p = 0,0001$ ), durante a dragagem foi conseqüência do aumento da densidade de diatomáceas (ANOVA,  $p = 0,0001$ ), dinoflagelados (ANOVA,  $p = 0,0001$ ),

clorofíceas (ANOVA,  $p=0,0001$ ) e euglenofíceas (ANOVA,  $p=0,0004$ ) e da redução na densidade de cianobactérias (ANOVA,  $p=0,0007$ ) (Anexo 4).

A dragagem contribuiu para o aumento das densidades dos grupos fitoplanctônicos, exceto para as *Cyanophyta*, que apresentaram maior densidade durante a pós-dragagem (Figura 40).

Estes resultados indicam a influência negativa da atividade de dragagem sobre a variabilidade temporal da riqueza específica e densidade de fitoplâncton, em função do empobrecimento e aumento de abundância da assembléia fitoplanctônica durante a dragagem. Também podemos observar que na Pós-dragagem o fitoplâncton se recuperou em função da elevação da riqueza e da diminuição de densidade (Anexo 4).

Não foi encontrada diferença estatística significativa entre as estações de amostragem (ANOVA,  $p>0,05$ ), para nenhuma das variáveis analisadas indicando que não foi detectada influência da atividade de dragagem sobre a variabilidade espacial da estrutura da assembléia fitoplanctônica.



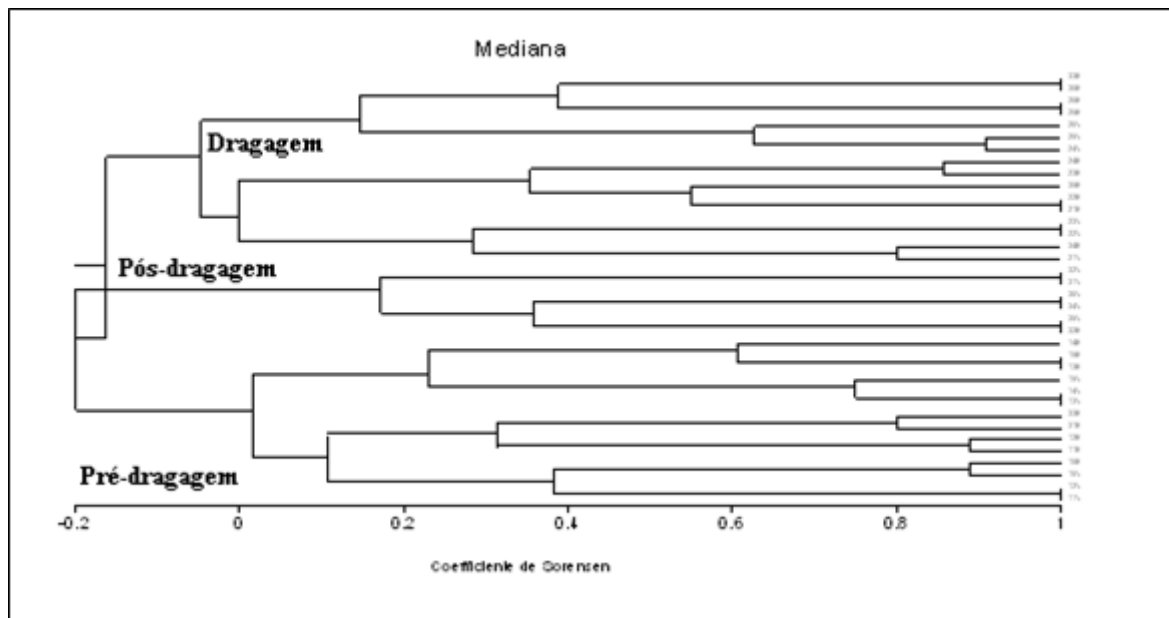
**Figura 40 – Variação da densidade por grupos taxonômicos de fitoplâncton durante amostragens no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

#### 7.1.2.6 Análise de Classificação

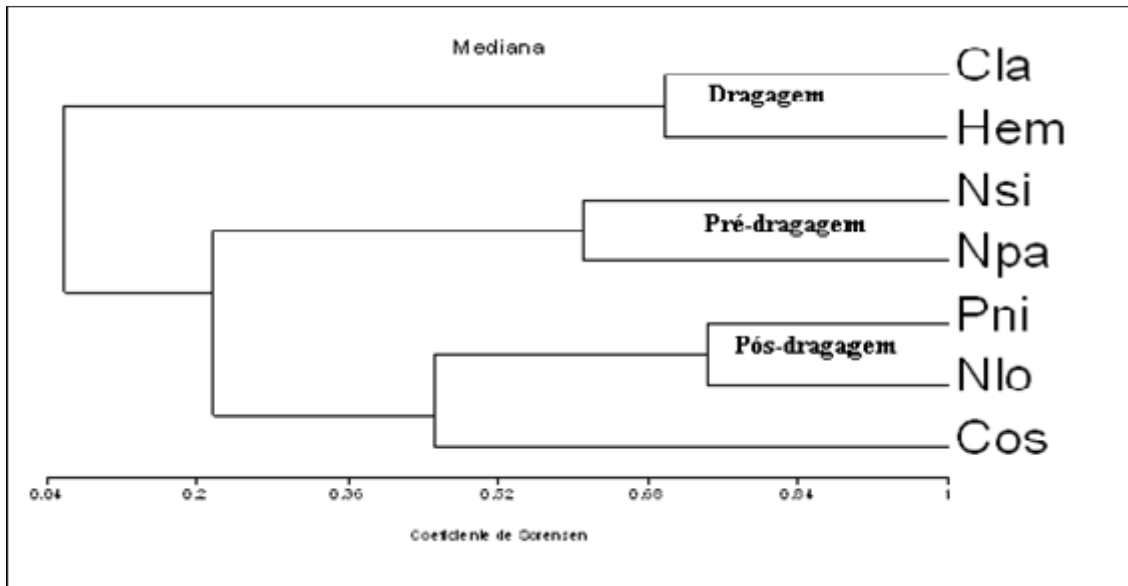
A análise de Cluster foi realizada no modo Q de análise visando o agrupamento dos objetos (estações de amostragem das campanhas Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem), e no modo R visando o agrupamento dos descritores (espécies características do

fitoplâncton). Foram consideradas espécies características aquelas com frequência de ocorrência entre 40 e 70%, ou seja, frequentes na escala de Neumann-Leitão (1994). O dendrograma, considerando como nível de corte a distância igual a 0, evidenciou a formação de 3 agrupamentos de estações de amostragem, característicos de cada uma das fases da dragagem: Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem (Figura 41).

Estes agrupamentos se formaram em função da composição qualitativa do fitoplâncton, onde a Pré-dragagem foi caracterizada pela maior frequência de *Nitzschia sigma* e *Nitzschia paradoxa*, enquanto que na Dragagem predominaram *Chlamydomonas* sp e *Hemidiscus hardmanianus*. A Pós-dragagem foi finalmente caracterizada pela presença de *Coscinodiscus* sp2, *Pseudo-nitzschia* sp e *Nitzschia longissima* (Figura 42).



**Figura 41 - Dendrograma para as estações de amostragem baseado no fitoplâncton característico, durante amostragem, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**



**Figura 42 - Dendrograma para os táxons fitoplanctônicos característicos, durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. – Cla – Chlamidomonas sp; Hem – Hemidiscus hardmanian; Nlo - Nitzschia longissima; Npa – Nitzschia paradoxa; Pni - Pseudo-nitzschia sp; Nsi – Nitzschia sigma; Cos – Coscinodiscus sp1**

#### 7.1.2.7 Análise de Redundância para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura da assembleia fitoplanctônica do Porto de Aratu

O diagrama de ordenação (Figura 43) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) que explicaram 96% da variação percentual acumulada da relação entre a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila *a* e número de espécies) e a estrutura e qualidade da massa de água (Tabela 4). A soma dos autovalores canônicos representou 55% da inércia total, quando o ideal é superior a 20% (Tabela 4). Ou seja, nesta AR, 55% da variabilidade na estrutura do fitoplâncton foi explicado pelo gradiente gerado pela estrutura oceanográfica e qualidade da água. Esta análise RDA foi considerada significativa estatisticamente, uma vez que os testes de Monte-Carlo apresentaram valores significativos tanto para o primeiro eixo ( $p=0,002$ ), como para a soma de todos os eixos canônicos ( $p=0,002$ ).

**Tabela 4 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

	<b>Eixos</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Autovalores</b>	0.366	0.165	0.019	0.004
<b>Correlações espécie-ambiente</b>	0.844	0.793	0.527	0.152
<b>Variância Percentual Acumulada</b>				
<b>nos dados de espécies</b>	36.6	53.0	55.0	55.4
<b>na relação espécie-ambiente</b>	66.1	95.9	99.4	100.0
<b>Soma de todos os Autovalores</b>	1			
<b>Soma dos autovalores Canônicos</b>	0.55			
<b>Significância do primeiro eixo canônico</b>	p=0.002			
<b>Significância de todos eixos canônicos</b>	p=0.002			

Através do diagrama de ordenação diagrama de ordenação (figura 43), foi possível verificar a separação entre as estações de amostragem, em função do gradiente formado pela qualidade da água influenciando a estrutura da assembléia fitoplanctônica.

As estações de amostragem da Pré-dragagem foram caracterizadas como águas de maior temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e turbidez, vinculados aos maiores valores de biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*).

As estações de amostragem da Dragagem foram influenciadas por águas com maior concentração de amônia, fósforo e turbidez, assim como maior densidade e volume de sedimentação de fitoplâncton.

As estações de amostragem da Pós-dragagem foram associadas com águas de menor turbidez, oxigênio dissolvido e pH, além de uma maior riqueza fitoplanctônica (número de espécies).

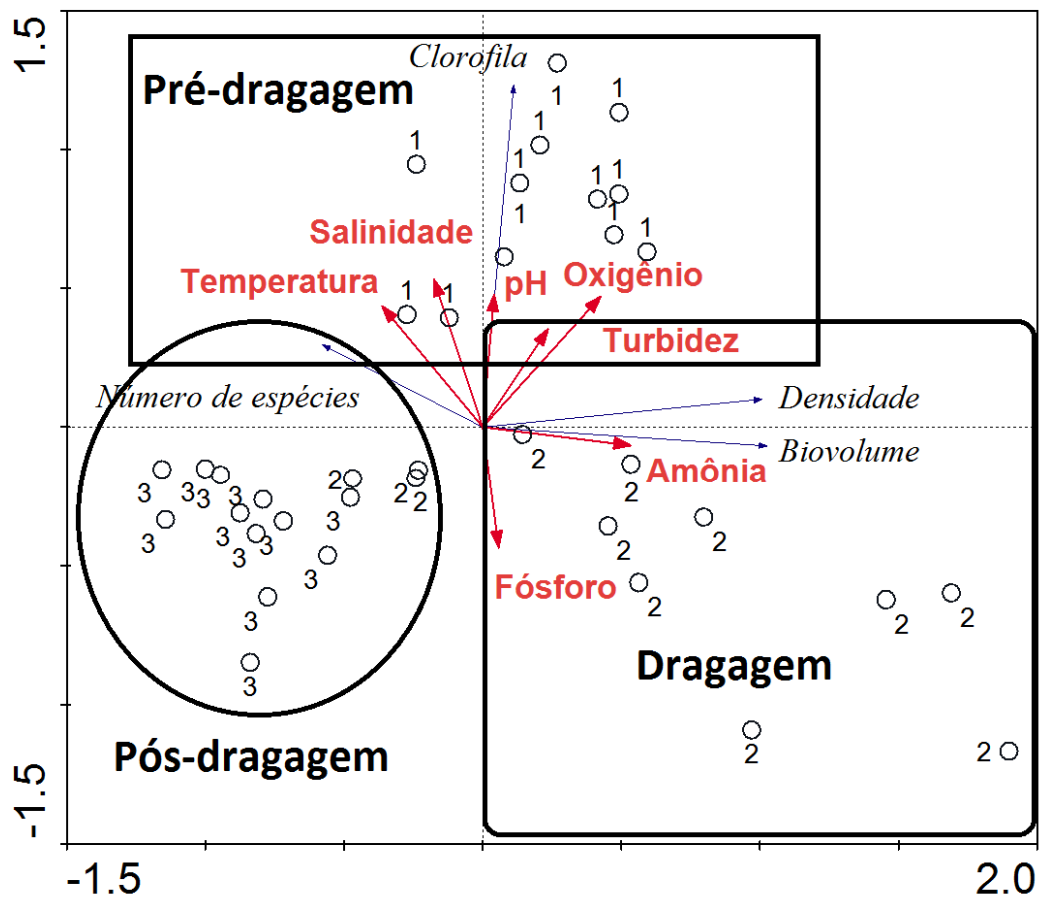


Figura 43 – Distribuição das amostras em função da estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila e número de espécies) e a qualidade da água durante amostragens no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

#### 7.1.2.8 Análise de Redundância para as concentrações de metais-traço a estrutura do fitoplâncton do Porto de Aratu

O diagrama de ordenação (Figura 44) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) que explicaram 99% da variação percentual acumulada da relação entre o fitoplâncton e a concentração de metais-traço (Tabela 5). A soma dos autovalores canônicos representou 36% da inércia total, quando o ideal é superior a 20% (Tabela 4). Ou seja, nesta AR, 36% da variabilidade na estrutura do fitoplâncton foi explicado pelo gradiente gerado pela concentração de metais-traço. Esta análise RDA foi considerada significante estatisticamente, uma vez que os testes de Monte-Carlo apresentaram valores



significativos tanto para o primeiro eixo ( $p=0,004$ ), como para a soma de todos os eixos canônicos ( $p=0,004$ ).

**Tabela 5 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação e número de espécies) e a concentração de metais-traço durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

	<b>Eixos</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Autovalores</b>	0.258	0.087	0.011	0.000
<b>Correlações espécie-ambiente</b>	0.726	0.559	0.362	0.023
<b>Variância Percentual Acumulada</b>				
<b>nos dados de espécies</b>	27.6	29.0	29.1	0.00
<b>na relação espécie-ambiente</b>	94.8	99.4	100.0	0.00
<b>Soma de todos os Autovalores</b>	1			
<b>Soma dos autovalores Canônicos</b>	0.29			
<b>Significância do primeiro eixo canônico</b>	$p=0.004$			
<b>Significância de todos eixos canônicos</b>	$p=0.004$			

Através do diagrama de ordenação (Figura 44) foi possível verificar a separação entre as estações de amostragem, em função do gradiente formado pela concentração de metais-traço e a estrutura da assembléia fitoplanctônica.

As estações de amostragem da Dragagem situaram-se no lado esquerdo do diagrama de ordenação, sob influência de águas com maior concentração de metais traços (Fe, Mn, Ni e Zn), bem como maior densidade e volume de sedimentação de fitoplâncton. As estações de amostragem da Pré-dragagem (quadrante superior do lado esquerdo) e da Pós-dragagem estiveram posicionadas no lado direito do diagrama de ordenação, onde estiveram associadas as menores concentrações de metais traços. Durante a Pré-dragagem também foram registrados os maiores valores de biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*), enquanto que na Pós-dragagem foi verificada a maior riqueza fitoplanctônica (número de espécies).

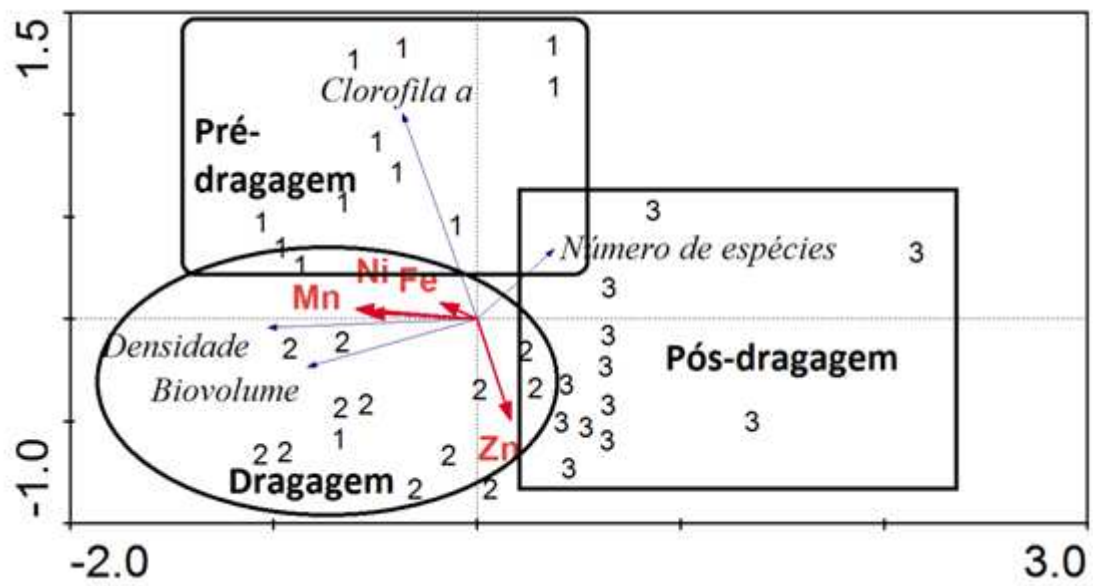


Figura 44 - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando as estações de amostragem, a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila e número de espécies) e a concentração de metais-traço (Fe, Ferro; Mn, Manganês; Ni, Níquel e Zn, Zinco), durante amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

## 7.2 PORTO DE SALVADOR

### 7.2.1 Variabilidade espaço-temporal da estrutura oceanográfica e da qualidade da água

A variabilidade espaço-temporal de duas variáveis oceanográficas (salinidade e temperatura) e da qualidade da água (oxigênio dissolvido, pH, turbidez, amônia, fósforo), analisada através do ANOVA de Friedmann, teste não paramétrico para dados dependentes, e do Teste de Comparações Múltiplas de Dunn, cujos resultados podem ser verificados no ANEXO 6.

A análise estatística descritiva, envolvendo resultados de média, desvio-padrão e amplitude, para as variáveis oceanográficas e qualidade da água pode ser visualizada nos box-plot apresentados na Figuras 45.

A temperatura apresentou ampla variabilidade em todas as campanhas de amostragem, com valores que se situaram entre 24,4 e 33,9 °C. Na pré-dragagem, dragagem e pós-dragagem, as médias foram 27,4, 27,4 e 28,0 °C, respectivamente, e portanto sem diferença estatística significativa entre as campanhas de amostragem (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

Também em todas as campanhas de amostragem, a salinidade apresentou ampla variabilidade, com valores entre 30 e 40. Na pré-dragagem, dragagem e pós-dragagem, as médias foram 35,5, 35,7 e 35,3, respectivamente, sem diferença estatística significativa entre as campanhas de amostragem (ANOVA,  $p > 0,05$ ).

A água apresentou-se mais oxigenada na dragagem e pós-dragagem, quando os valores de oxigênio dissolvido estiveram mais elevados, entre 3,8 e 7,5 mg.l<sup>-1</sup>, com média de 5,5 mg.l<sup>-1</sup>. Durante a pré-dragagem os valores também foram elevados, variando entre 5,7 e 6,4 mg.l<sup>-1</sup>, com média de 5,7 mg.l<sup>-1</sup>. Apenas durante a dragagem os valores foram significativamente mais baixos (ANOVA,  $p = 0,0001$ ), variando entre 3,1 e 4,3 mg.l<sup>-1</sup>, com média de 3,2 mg.l<sup>-1</sup> na pós-dragagem.

O pH da água do mar apresentou-se entre ácido e alcalino, variando entre 5,6 e 8,5 durante o estudo. Durante a pré-dragagem e a Pós-dragagem, o pH se apresentou mais elevado, alcalino e variando pouco entre as estações de amostragem, com média de 8,3 e 8,2, respectivamente. Durante a dragagem variou entre 5,3 e 8,1 e o valor médio de 6,8 foi significativamente mais baixo em relação as outras amostragens (ANOVA,  $p = 0,0001$ ).

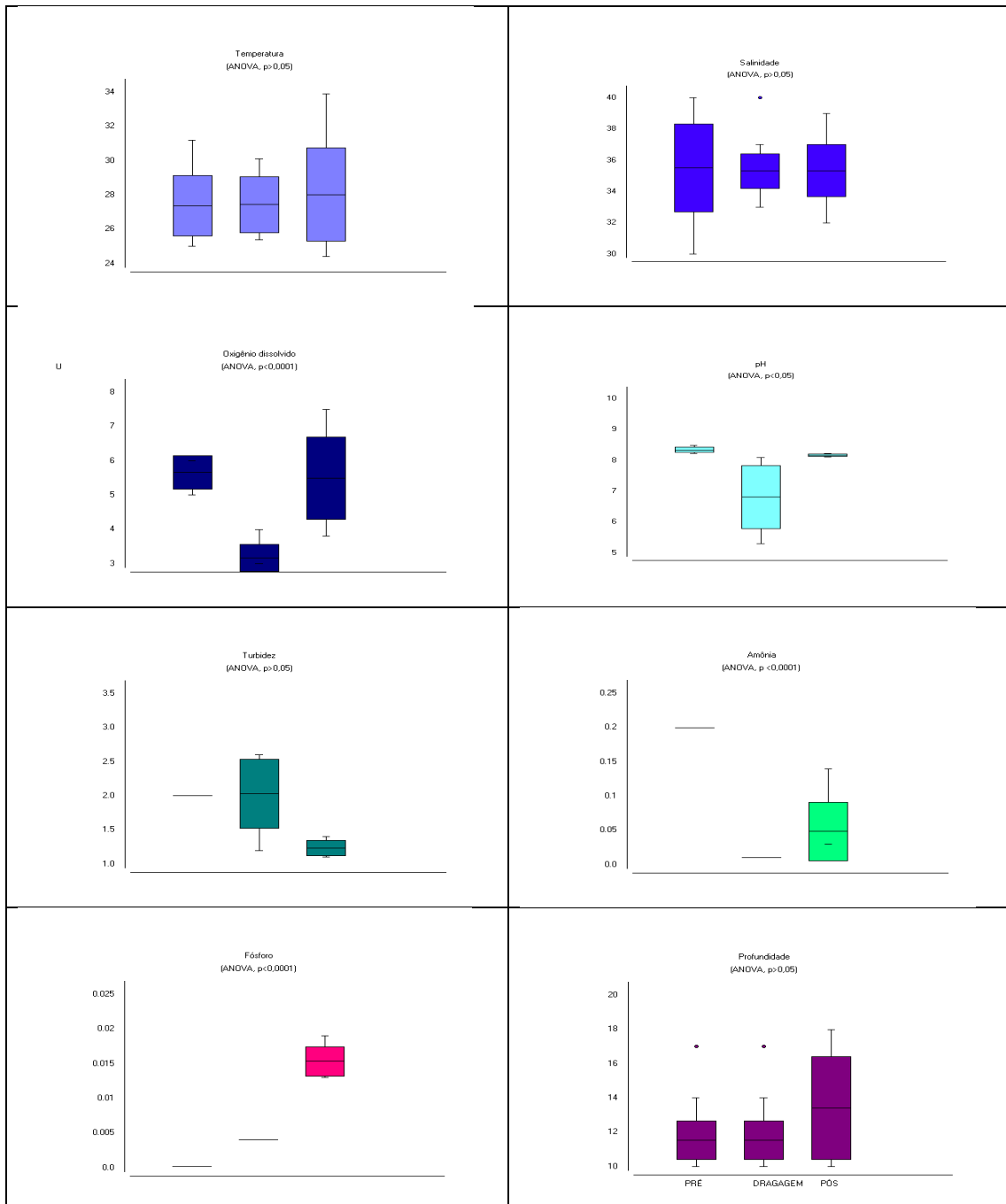
A turbidez apresentou média igual a 2, tanto na pré-dragagem, como na dragagem. Contudo, durante a pós dragagem, foram obtidos os valores significativamente mais baixos de turbidez, variando entre 1,1 e 1,4, com média de 1,2 (ANOVA,  $p=0,0001$ ).

Durante a pré-dragagem (média =  $0,2 \text{ mg.l}^{-1}$ ) e dragagem (média =  $0,01 \text{ mg.l}^{-1}$ ), a concentração de amônia não variou espacialmente, sendo constante em todas as estações de amostragem. Na pós-dragagem os valores apresentaram maior amplitude oscilando entre 0,03 e  $0,14 \text{ mg.l}^{-1}$ , com média de  $0,05 \text{ mg.l}^{-1}$ .

A concentração de fósforo total apresentou valores mais baixos na pré-dragagem, com valor médio de  $0,0002 \text{ mg.l}^{-1}$ . Durante a dragagem a concentração aumentou um pouco com média de  $0,004 \text{ mg.l}^{-1}$ . Na pós-dragagem houve uma elevação significativa (ANOVA,  $p<0,05$ ), quando as concentrações estiveram entre 0,0013 e  $0,0019 \text{ mg.l}^{-1}$ , com média de  $0,015 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Com exceção da temperatura e salinidade (Tabela 1, Figura 1), todas as outras variáveis ambientais analisadas apresentaram variabilidade temporal significativa (ANOVA,  $p<0,05$ ),

As massas de água presentes no Porto de Salvador podem ser visualizadas através do diagrama T-S (Figura 46). A massa de Água Costeira, com salinidade entre 30 e 35, foi formada em todas as campanhas de amostragem.



**Figura 45 – Dados de amplitude, desvio-padrão e média das variáveis ambientais obtidos durante campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

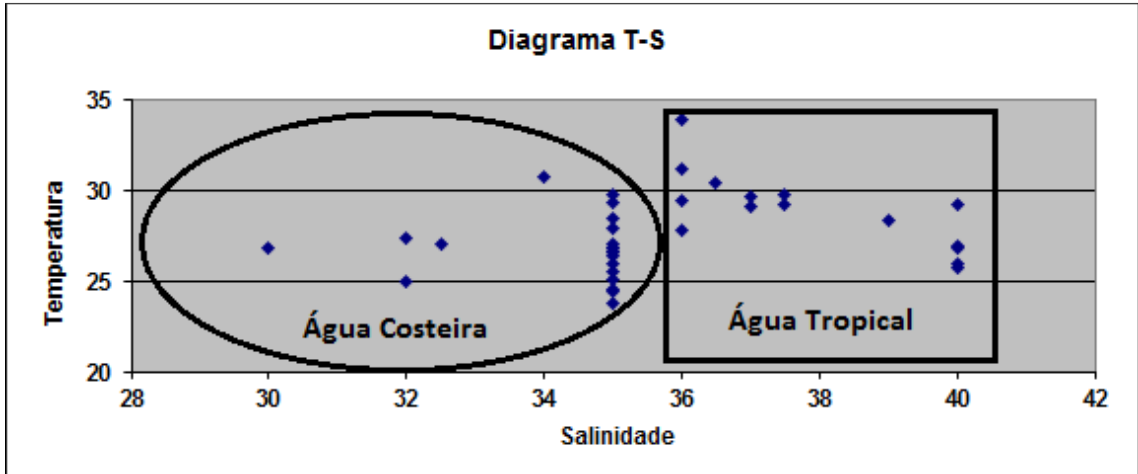


Figura 46 – Caracterização das massas de água durante campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Com base nas análises estatísticas, não foi encontrada diferença significativa entre as estações de amostragem (ANOVA,  $p > 0,05$ ), para nenhuma das variáveis analisadas indicando que não foi detectada influência da atividade de dragagem sobre a variabilidade espacial das variáveis ambientais (Figuras 47 a 52).

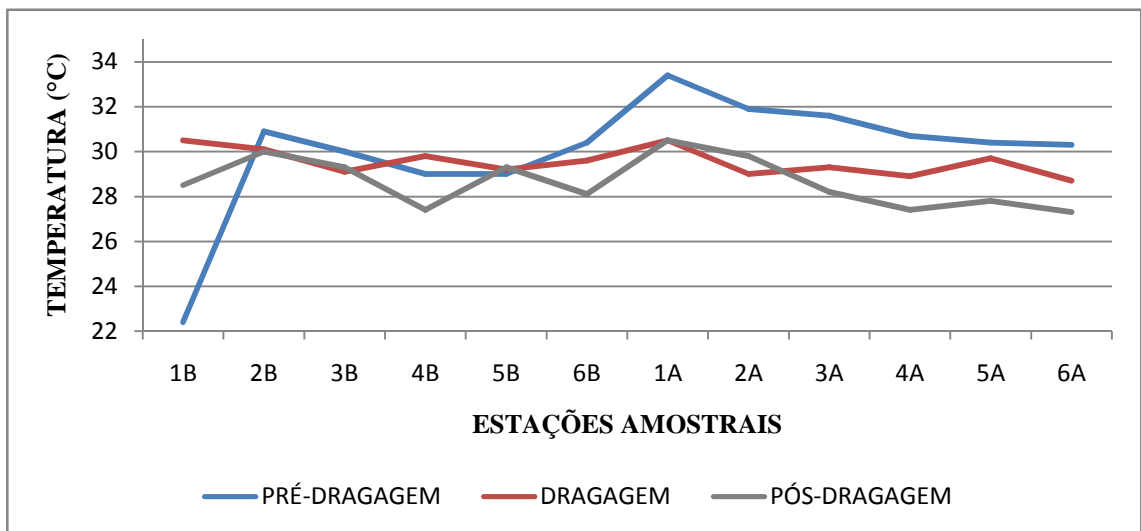


Figura 47 - Variação dos valores de temperatura (°C) nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

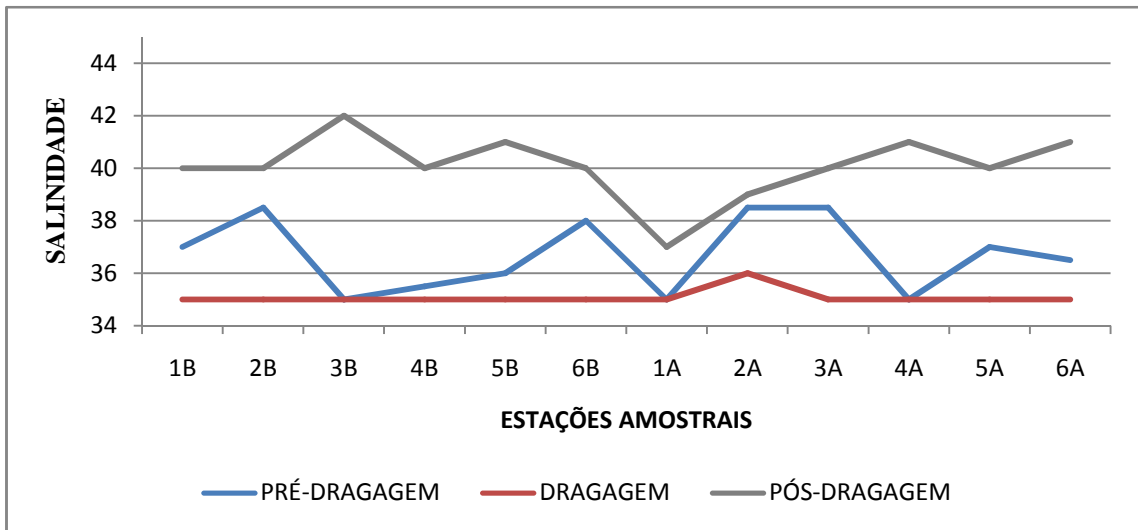


Figura 48 - Variação dos valores de salinidade nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

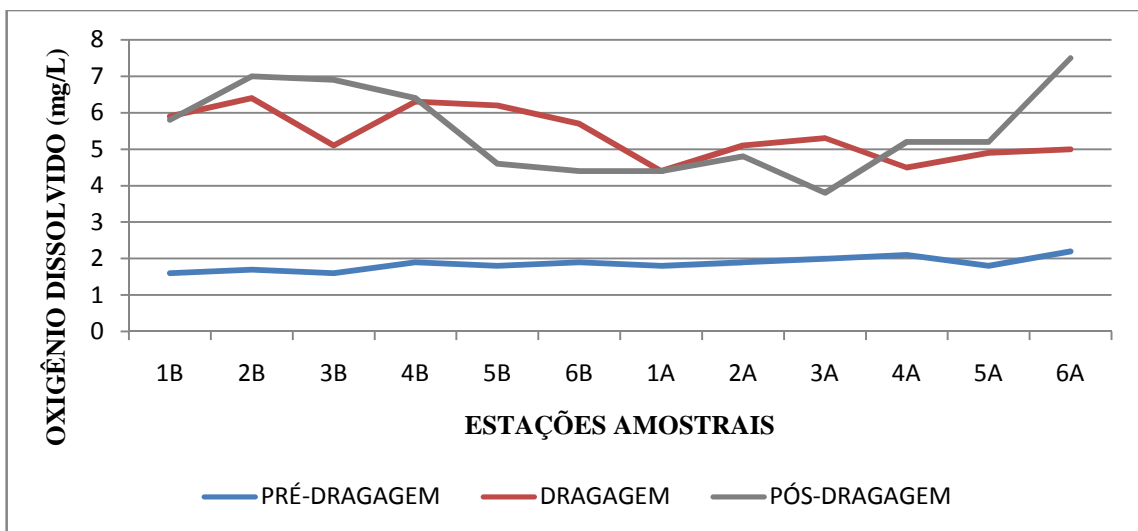


Figura 49 - Variação dos valores de oxigênio dissolvido (mg/L) nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

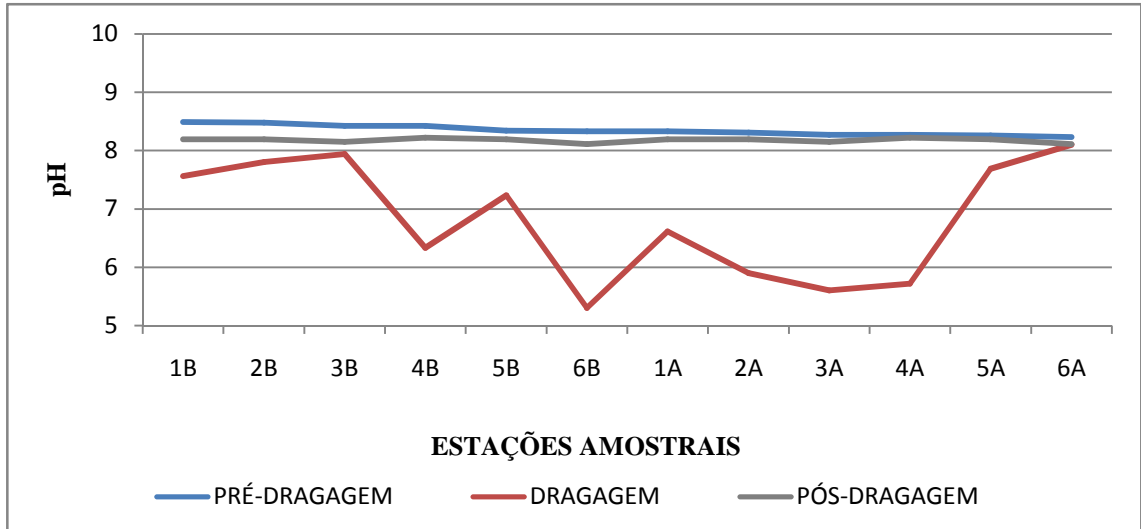


Figura 50 - Variação dos valores de pH nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

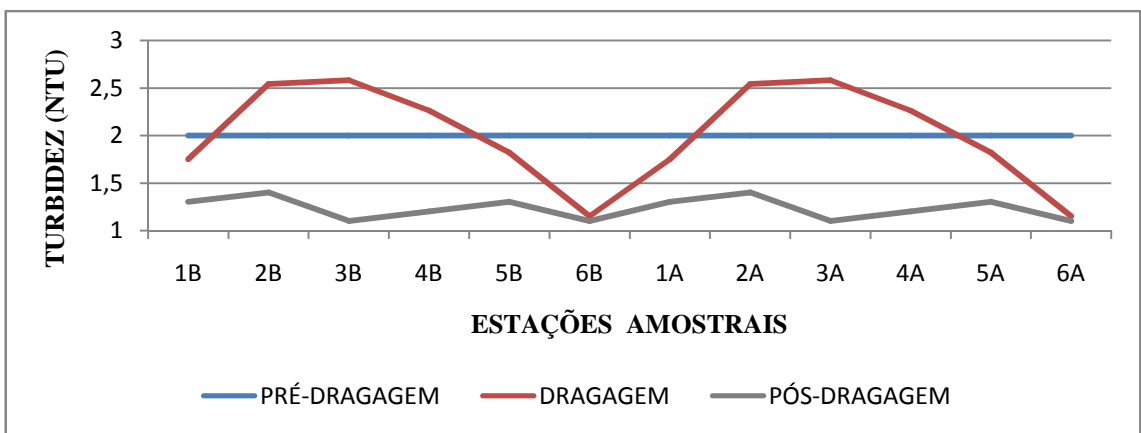


Figura 51 - Variação dos valores de turbidez obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).



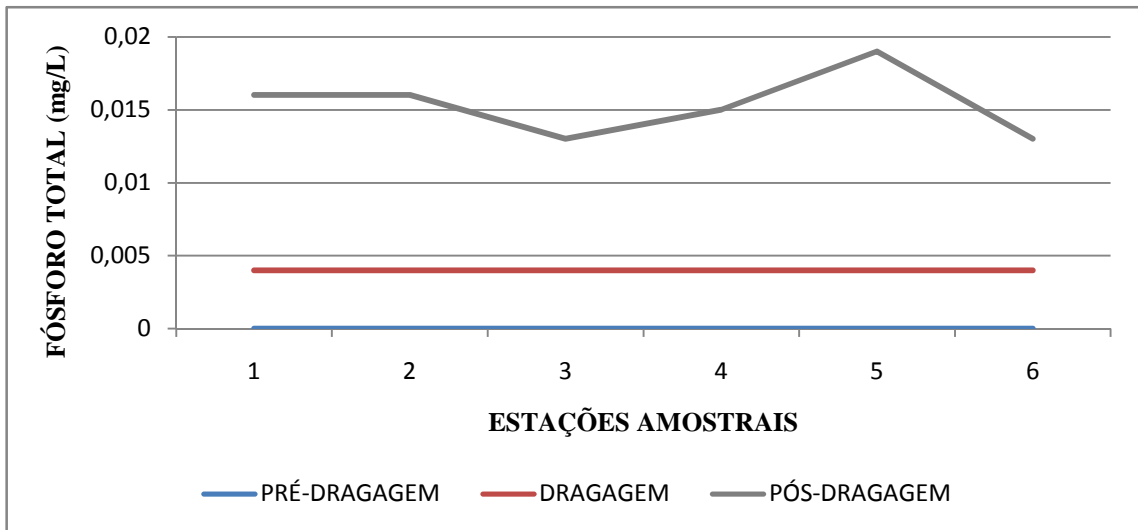


Figura 52 - Variação dos valores de fósforo total (mg/L) obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Bahia.

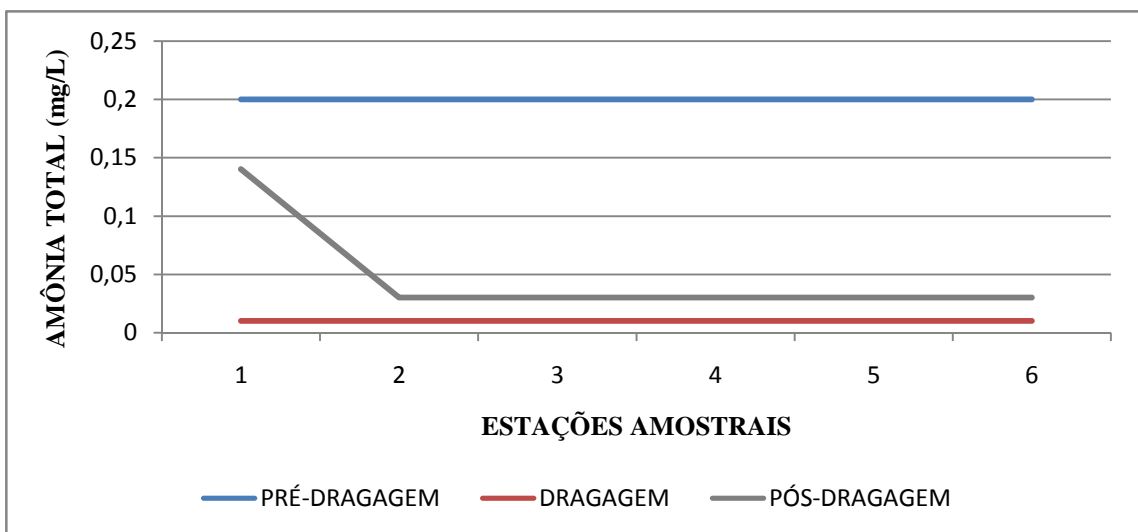


Figura 53 - Variação dos valores de amônia (mg/L) obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Os resultados apontam a influência negativa da atividade de dragagem na redução das concentrações de pH, e elevação da turbidez. Na Pós-dragagem a qualidade da água melhorou devido a diminuição da turbidez e elevação das concentrações de oxigênio e pH, apesar das maiores concentrações de fósforo (Anexo 6).

### 7.2.1.1 Análise de Componentes Principais para a estrutura oceanográfica e qualidade da água do Porto de Salvador

Na análise de Componentes Principais, o primeiro componente principal explicou 47% da variância total dos dados, enquanto que o segundo componente explicou 17% da variância total dos dados (Tabela 6). Juntos os dois primeiros componentes principais explicaram 64% da variância dos dados ambientais.

**Tabela 6 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado na qualidade da água durante a atividade de dragagem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

COMPONENTES	PERCENTAGEM (%)	P. ACUMULADA (%)
1	46.6	46.6
2	17.0	63.6
3	16.0	79.6
4	10.0	89.7

A separação espacial das estações de amostragem foi consequência de um efeito combinado da variabilidade temporal das condições oceanográficas e da influência da atividade de dragagem sobre a qualidade da água (Figura 54). As estações de amostragem da Pré-dragagem estiveram posicionadas no lado esquerdo do diagrama de ordenação, onde foram relacionados com águas de maior temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH e amônia. As estações de amostragem da Dragagem situaram-se no lado direito do diagrama de ordenação, sob influência de águas com maior turbidez e menores valores de oxigênio dissolvido, pH e amônia. Na Pós-dragagem, destacamos os valores mais elevados de fósforo.

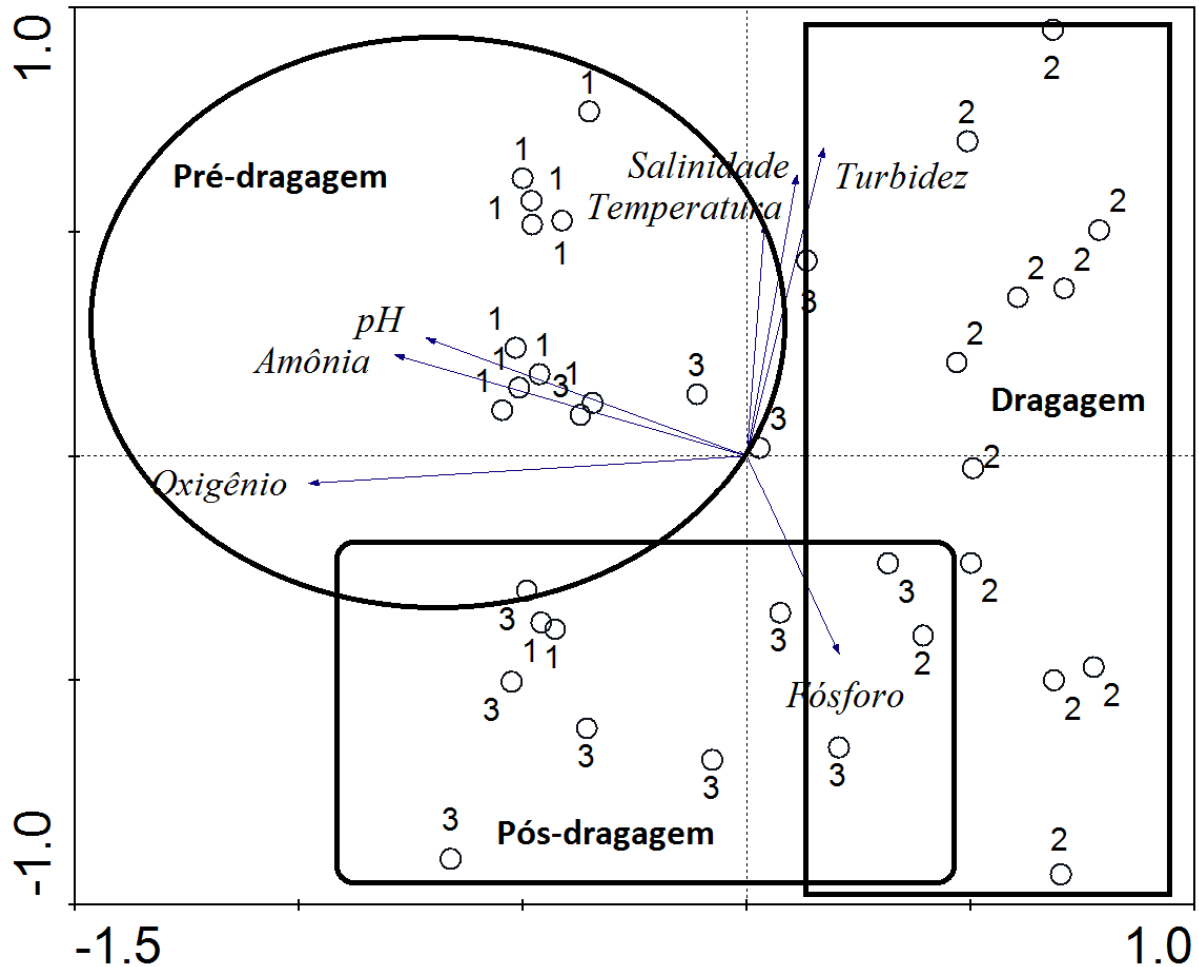


Figura 54 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseada na qualidade da água durante a amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

#### 7.2.1.2 Análise de componentes principais para os metais na água do Porto de Salvador

A Análise de Componentes Principais foi realizada com aqueles metais traços que apresentaram uma porcentagem de censura inferior a 50%. Assim, foram utilizados os dados de Ferro (0%), Manganês (33%), e Zinco (47%), enquanto que os resultados de Cobre (67%), Cromo (97%) e Níquel (83%) não foram aproveitados em função do elevado percentual de censura. Para os dados censurados foi empregado o valor mais frequentemente utilizado em química aquática, que consiste na metade do limite de detecção.

A Análise de Componentes Principais foi realizada mediante o cálculo de uma matriz de correlações. Considerando que os pares de variáveis devem apresentar um relacionamento linear, ou seja, devem apresentar uma distribuição multivariada normal (McCune & Grace,

2002), os dados de metais traços foram transformados logaritmicamente e padronizados pelo desvio-padrão.

O primeiro componente principal explicou 95% da variância total dos dados, enquanto que o segundo componente explicou 3% da variância total dos dados (Figura 55). Juntos os dois primeiros componentes principais explicaram 98% da variância dos dados de metais traços no Porto de Salvador. Desta forma o primeiro eixo da ACP, sobre o qual as amostras foram ordenadas, representou a maior parte da variação dos dados, enquanto que o segundo eixo explicou uma pequena variância residual.

**Tabela 7 - Explicabilidade dos Componentes Principais baseado nos metais traços durante a atividade de dragagem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

COMPONENTES	PERCENTAGEM	P. ACUMULADA
	(%)	(%)
1	94,7	94,7
2	3,0	97,7
3	2,3	100,0
4	0,0	0,0

Na figura 55, as campanhas foram numeradas da seguinte forma: cada campanha tem seu número correspondente na dezena e a unidade corresponde à estação de coleta. A letra corresponde o período de amostragem, vazante (V), cheia (C).

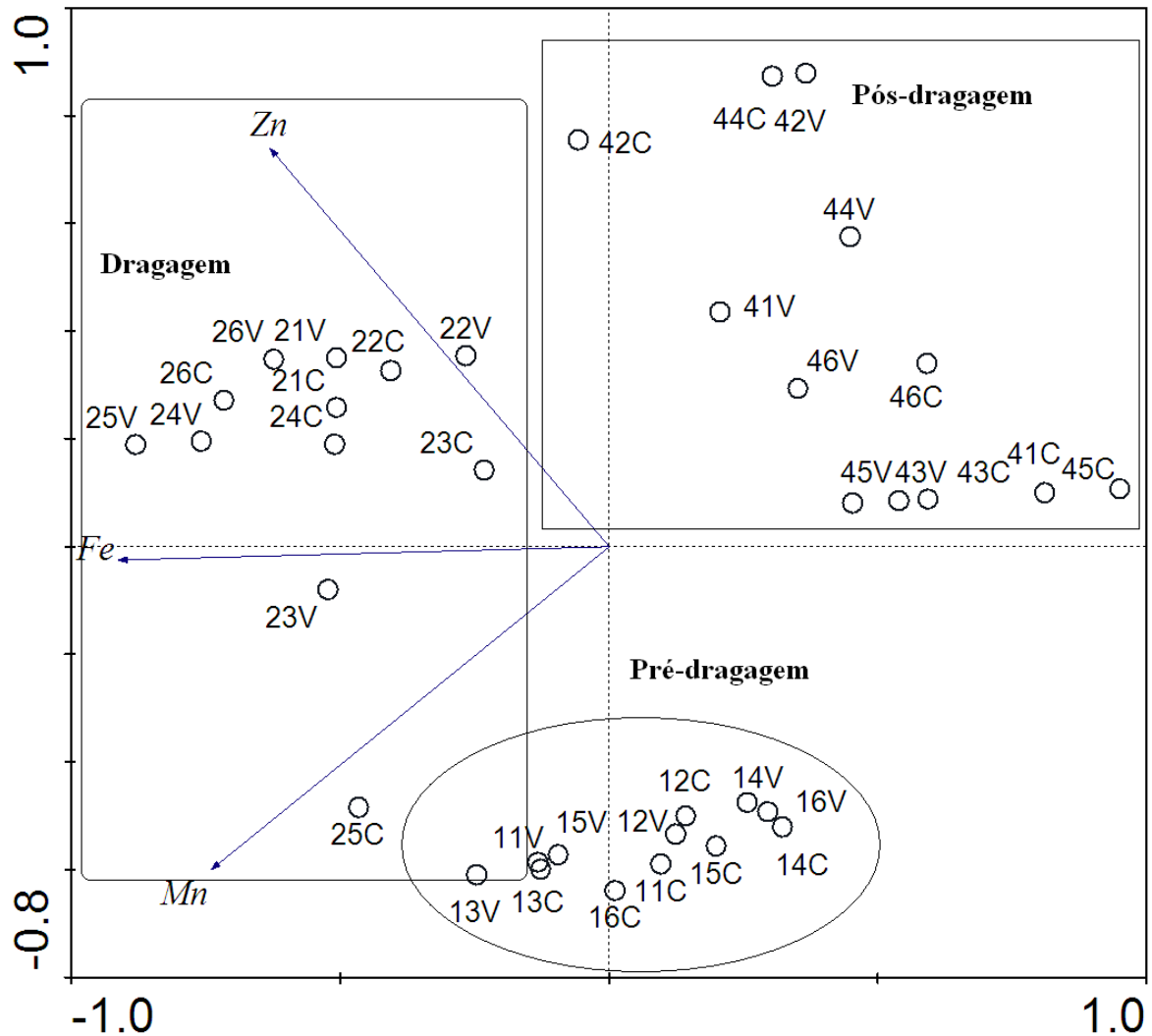
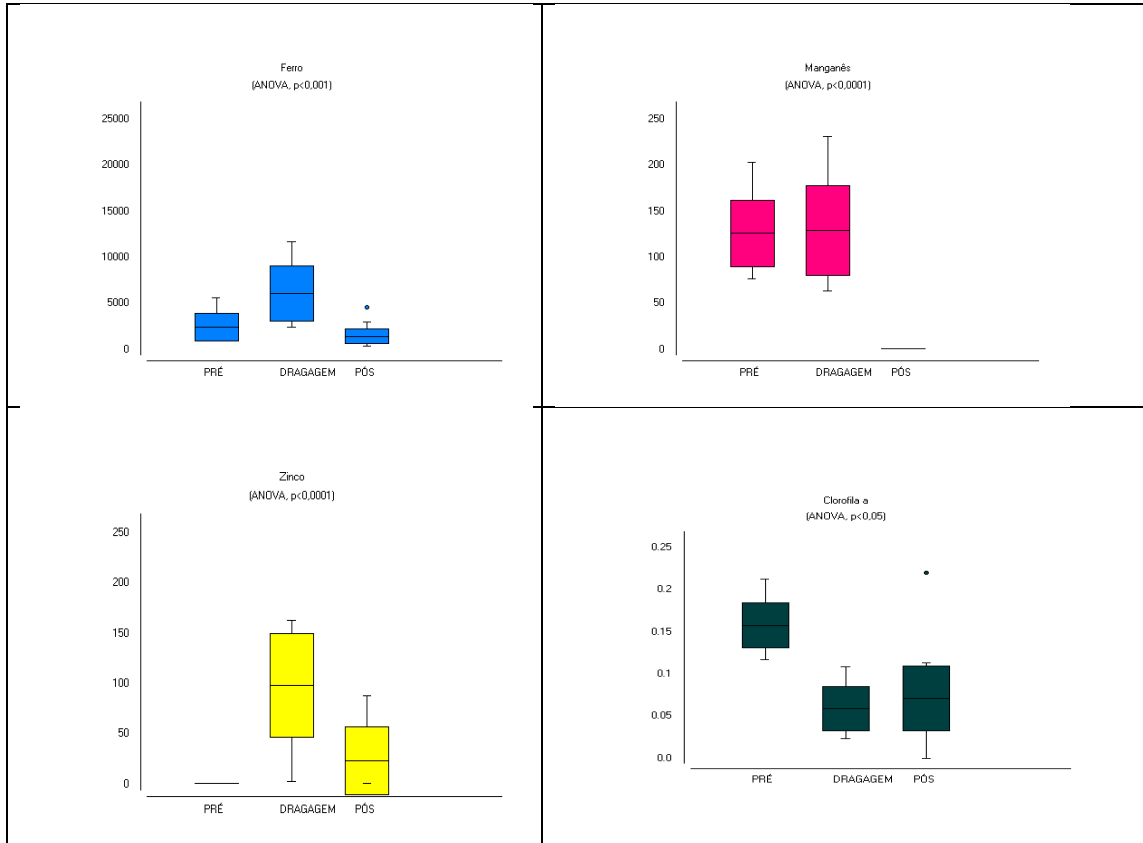


Figura 55 - Projeção dos dois primeiros componentes principais baseado na concentração de metais traço (Fe –Ferro, Mn-Manganês e Zn-Zinco), na água do Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

### 7.2.2 Metais-traço na água

A variabilidade espaço-temporal dos metais-traço foi analisada através do ANOVA de Friedmann, teste não paramétrico para dados dependentes, e do Teste de Comparações Múltiplas de Dunn, cujos resultados e estatística descritiva podem ser verificados na Figura 54 e ANEXO 10.

As concentrações de Ferro apresentaram valores médios mais baixos na Pré-dragagem ( $2,42\text{mg.Kg}10^3$ ) e Pós-dragagem ( $1,68\text{mg.Kg}10^3$ ), em relação a Dragagem ( $5,2\text{ mg.Kg}10^3$ ), com diferença estatística significativa (Figura 56).



**Figura 56 – Valores médios dos metais-traço (Fe-mg/Kg  $10^3$ ), Manganês (Mn-mg/Kg  $10^2$ ), Zinco (Zn-mg/Kg  $10^2$ ) e clorofila, obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

As concentrações de Manganês também apresentaram valores médios mais baixos na Pré-dragagem ( $1,26 \text{ mg.Kg}10^2$ ) e dragagem, zerando na Pós-dragagem ( $0,0 \text{ mg.Kg}10^2$ ), em relação a Dragagem ( $1,3 \text{ mg.Kg}10^2$ ), com diferença estatística extremamente significativa (Figura 54).

O zinco não apresentou valor médio na pré-dragagem, mas na dragagem apresentou média de  $0,98 \text{ mg.Kg}10^2$  e  $0,23 \text{ mg.Kg}10^2$ , na Pós-dragagem, com diferença estatística extremamente significativa (Figura 55).

Foi registrada uma diferença espacial do zinco na dragagem, nas estações 3 (maré baixa) e 4 (maré alta). O aumento é expressivo na estação 6, que se apresenta fora da área de influência da dragagem, tanto em maré baixa como alta, mas normaliza na pós-dragagem.

Não foi encontrada diferença estatística significativa entre as estações de amostragem (ANOVA,  $p > 0,05$ ), para nenhuma das variáveis analisadas indicando que não foi detectada influência da atividade de dragagem sobre a variabilidade espacial dos metais-traço (Figuras 57 a 59).

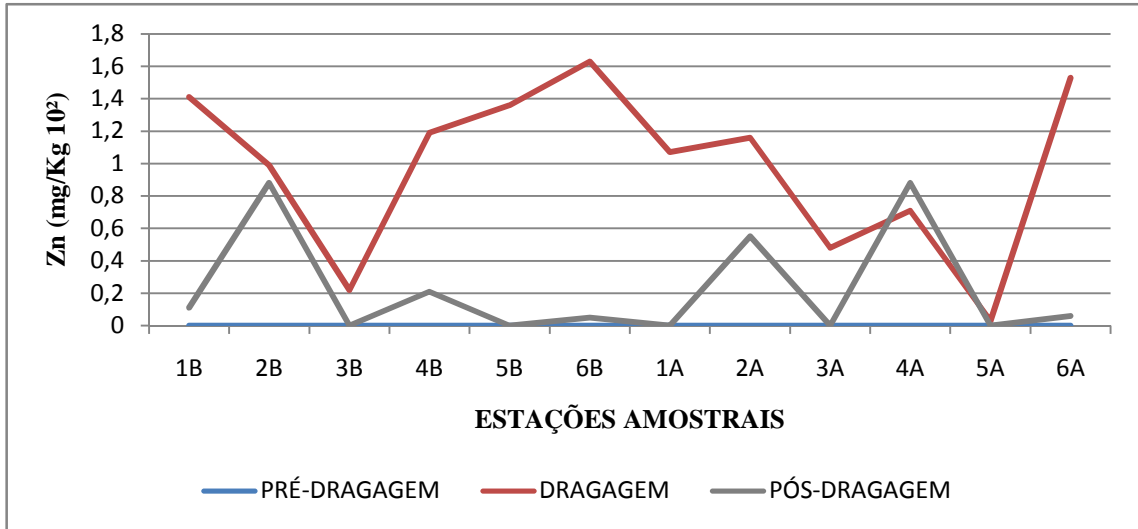


Figura 57 - Concentrações de metal traço Zinco (mg/Kg10<sup>2</sup>) (B, maré baixa; A, maré alta), nas campanhas de amostragem (Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem), no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

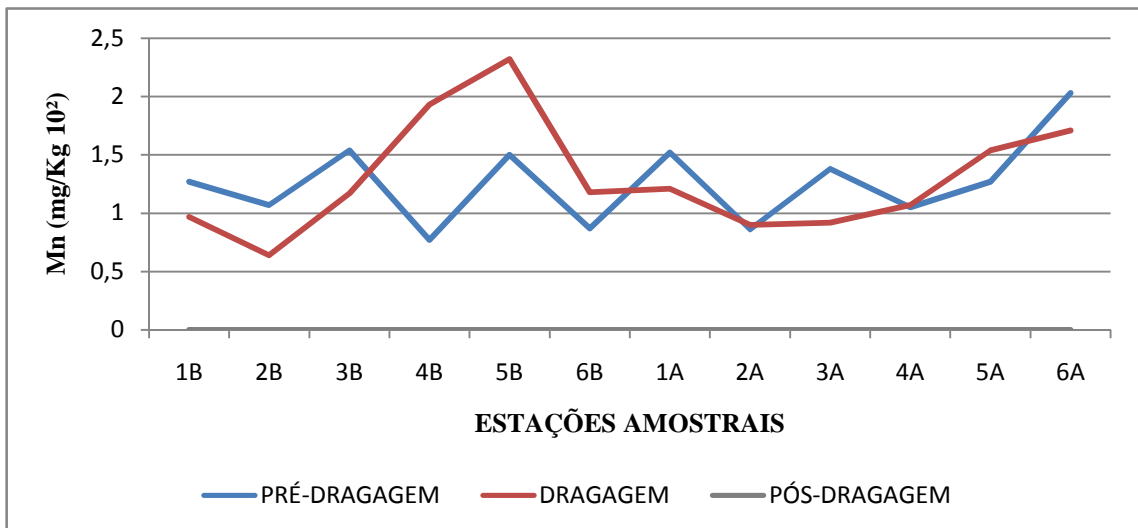


Figura 58 - Concentrações de metal traço Manganês (mg/Kg10<sup>2</sup>) (B, maré baixa; A, maré alta), nas campanhas de amostragem (Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem), no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

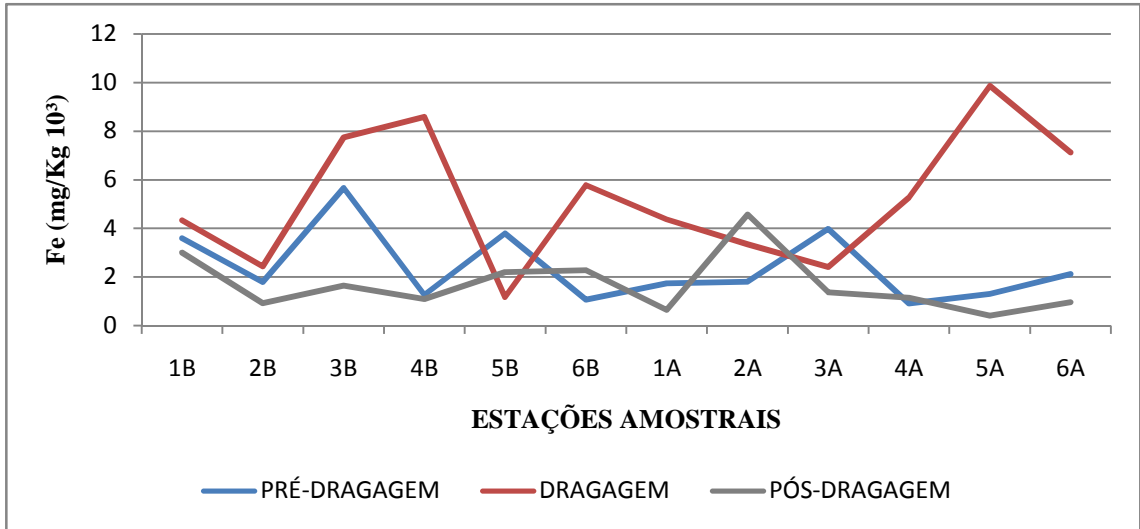


Figura 59 - Concentrações de metal traço Ferro (mg/Kg103) (B, maré baixa; A, maré alta), nas campanhas de amostragem (Pré-drágagem, Drágagem e Pós-drágagem), no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

As concentrações de Ferro em particulado são maiores durante a drágagem, na maioria das estações de amostragem. Esta alteração nos valores durante a drágagem pode ser observada melhor observada nas estações 4 e 5, em comparação de controle. (Figura 60).

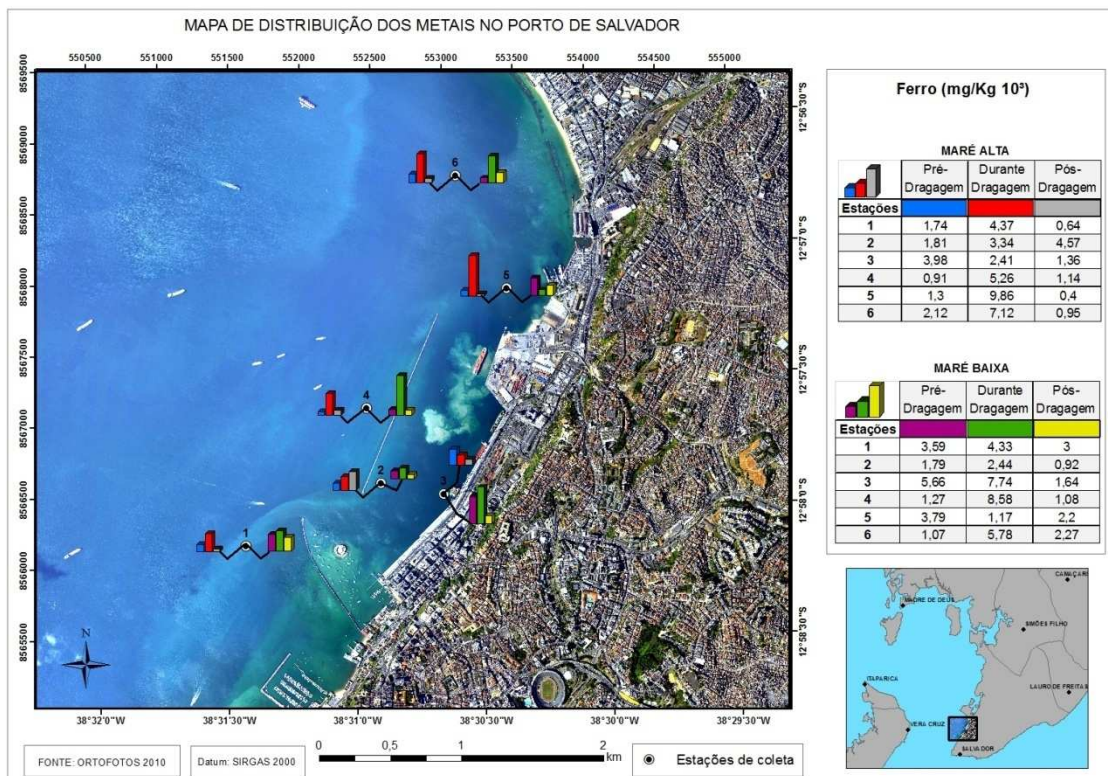


Figura 60 - Distribuição do metal-traço Ferro no Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.



### 7.2.3 Assembleia fitoplanctônica

#### 7.2.3.1 Composição e riqueza taxonômica

No Porto de Salvador foram identificadas 93 espécies (Figura 61) pertencentes à quatro divisões fitoplanctônicas: *Bacillariophyta* (75% das espécies), *Dinophyta* (17%), *Cyanophyta* (4%), *Chlorophyta* (4%). No anexo 2 se encontra a lista completa das microalgas identificadas no Porto de Salvador.

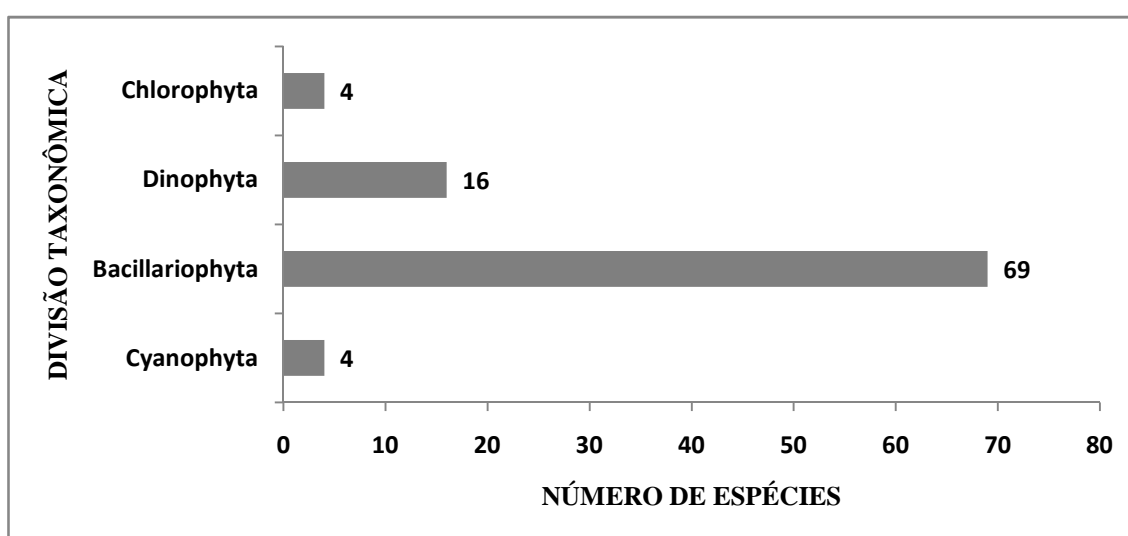


Figura 61 - Número total de espécies identificadas, por divisão taxonômica, durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Durante a pré-dragagem foram amostradas 30% do total de espécies (45 espécies), enquanto que, na dragagem, ocorreu uma redução para 22 % (32 espécies) e um posterior aumento para 48% do total de espécies (72 espécies), na campanha de Pós-dragagem (Figura 62), que constitui o período de maior riqueza taxonômica.

A diferença entre as campanhas em relação à riqueza específica do fitoplâncton pode ser verificada no mapa de distribuição (Figura 63), onde verifica-se alteração na assembléia durante a dragagem, com a redução da riqueza de espécies.

A assembleia fitoplanctônica foi dominada pelas diatomáceas (Figura 64), em todas as fases da dragagem, com abundância relativa variando entre 56% (18 espécies) e 72% (52 espécies). *Dinophyta* foi pouco abundante, apresentando abundância relativa entre 18 e 31%. *Cyanophyta* e *Chlorophyta* foram considerados raros pois apresentaram abundância relativa inferior a 10%, de acordo com a escala de Neumann-Leitão (1994).

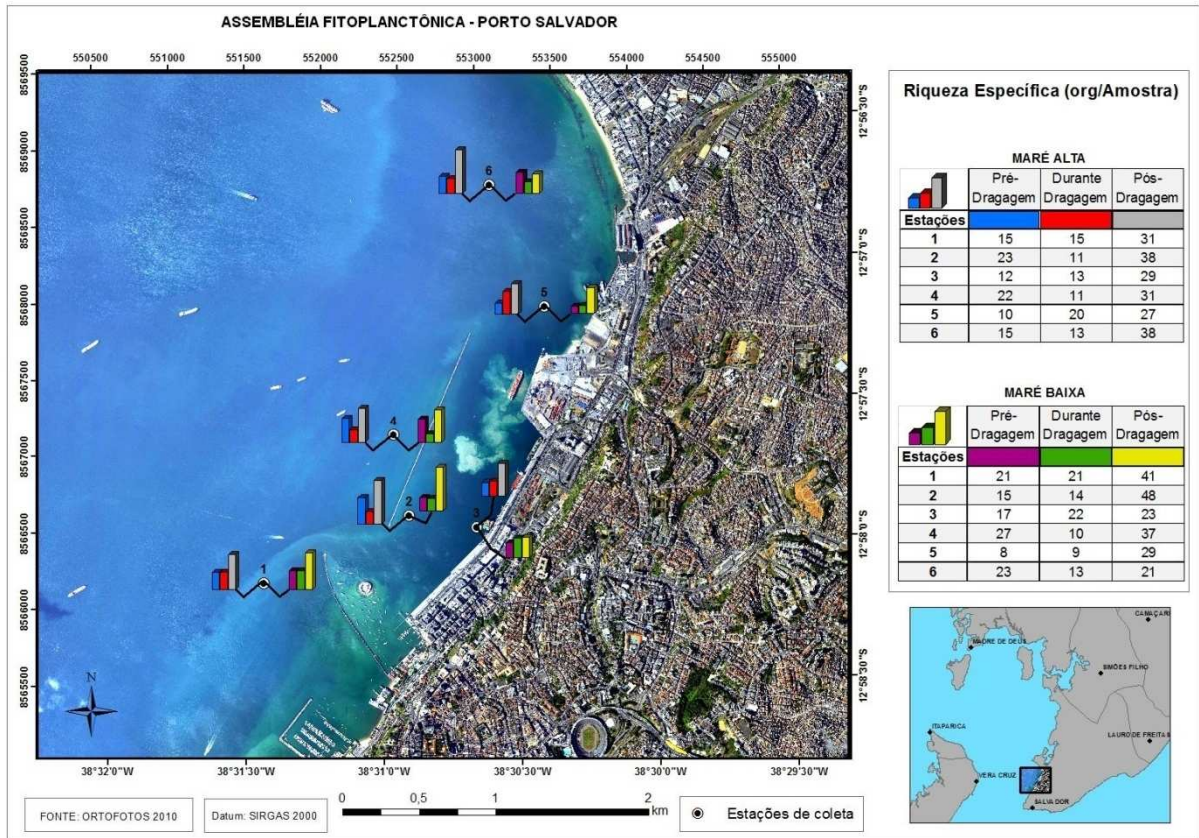


Figura 62 - Distribuição da riqueza específica da assembléia fitoplanctônica na maré baixa e alta no porto de Salvador –Bahia.

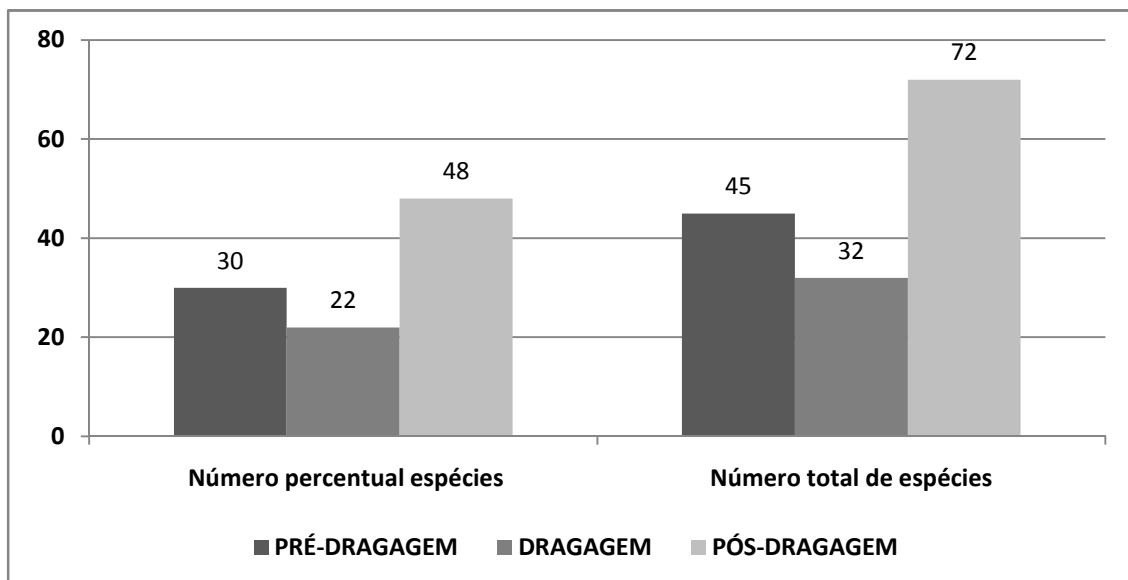


Figura 63 - Número total de espécies e número percentual de espécies fitoplanctônicas durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Todas as divisões taxonômicas ocorreram em todas as campanhas. *Bacillariophyta* destacou-se como o grupo mais representativo, apresentando maior riqueza específica, porém com redução durante a dragagem. A divisão *Dinophyta* apresentou um aumento na sua riqueza durante a dragagem e pós-dragagem, o que remete o aparecimento de novas espécies, oportunistas e de importância sanitária. *Cyanophyta* e *Chlorophyta* também apresentaram maior riqueza na Pós-dragagem (Figura 64).

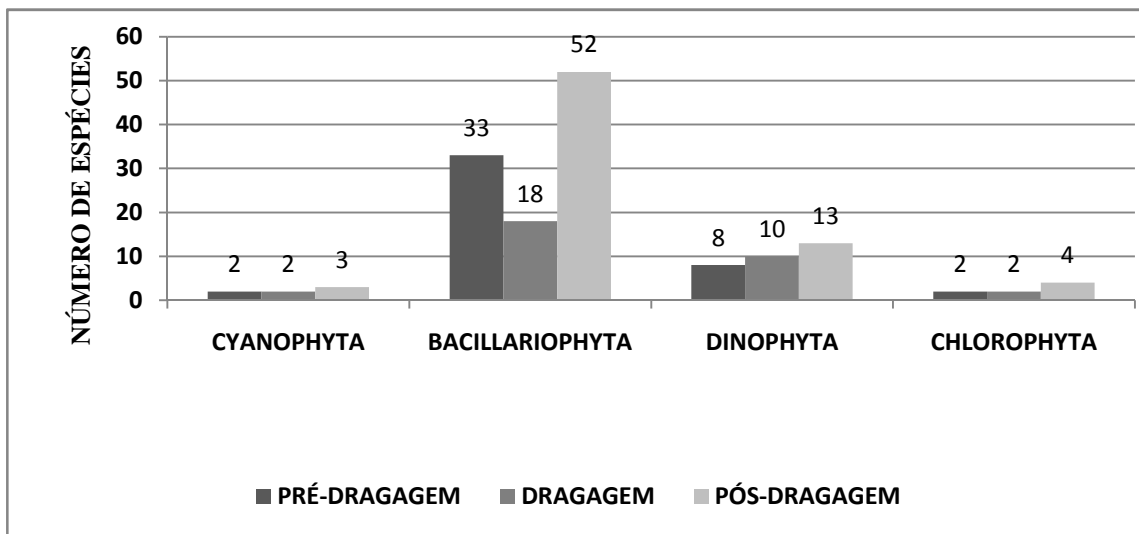


Figura 64 - Riqueza específica do fitoplâncton nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Os valores médios do número de espécies e do índice de riqueza de Margalef (IRM) diminuíram da Pré-dragagem para a Dragagem, mas foram significativamente (Figura 23) mais elevados na Pós-dragagem, indicando uma recuperação da riqueza fitoplanctônica em níveis mais elevados do que os inicialmente observados (Figura 65).

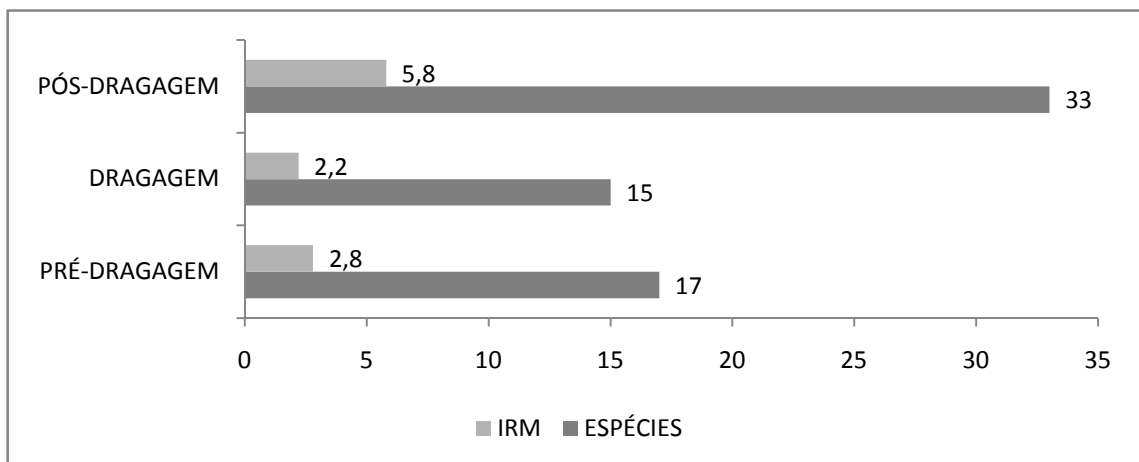
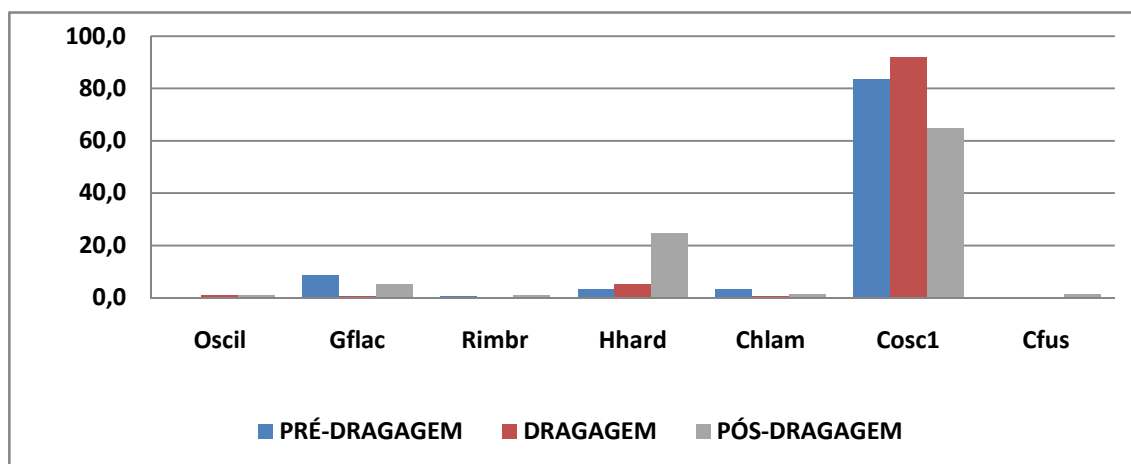


Figura 65 - Valores médios do número de espécies e do índice de Riqueza de Margalef, para o fitoplâncton obtidos nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

### 7.2.3.2 Abundância relativa

Ao longo deste estudo 7 espécies identificadas se destacaram quanto a sua abundância relativa: *Oscillatoria* sp, *Guinardia flaccida*, *Rhizosolenia imbricata*, *Hemidiscus hardmanian*, *Chlamydomonas* sp, *Coscinodiscus sp1* e *Ceratium fusus* (Figura 66).



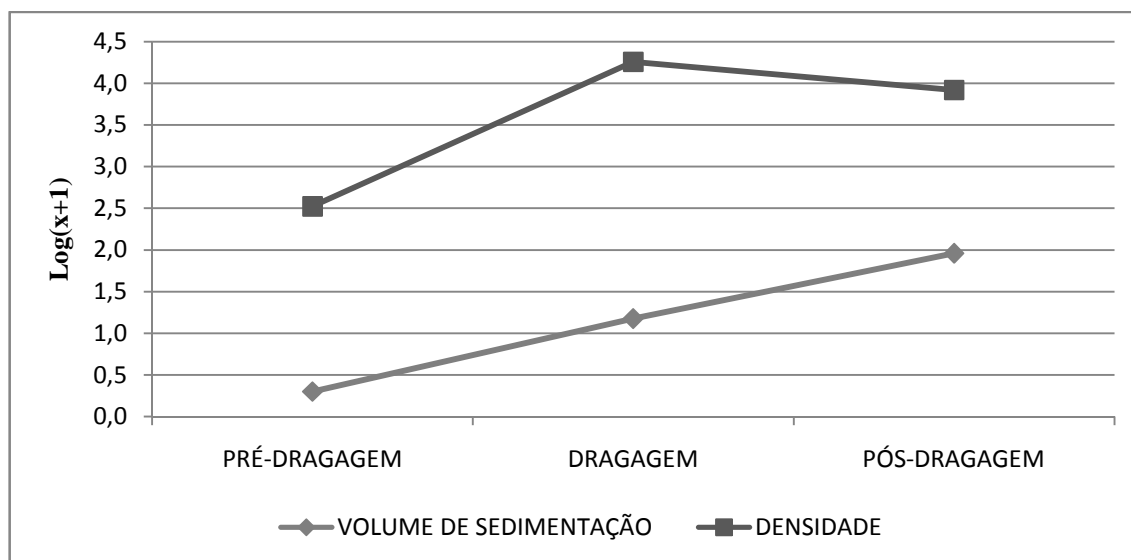
**Figura 66 - Abundância relativa percentual das principais espécies do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**(Oscil – *Oscillatoria*; Gflac-*Guinardia flaccida*; Rimbr -*Rhizosolenia imbricata*;Hhard - *Hemidiscus hardmanian*; Chlam – *Chlamydomonassp*; Cosc1 – *Coscinodiscus sp1*; Cfus – *Ceratium fusus*).

### 7.2.3.3 Densidade e volume de sedimentação de fitoplâncton

A densidade média total de fitoplâncton, obtida durante a pré-dragagem ( $166 \text{ org/m}^3$ ), sofreu um aumento de 732% durante a dragagem ( $1201 \text{ org/m}^3$ ) e uma redução de 54% na pós-dragagem, em relação à Pré-dragagem ( $90 \text{ org/m}^3$ ) (Anexo 9; Figura 67).

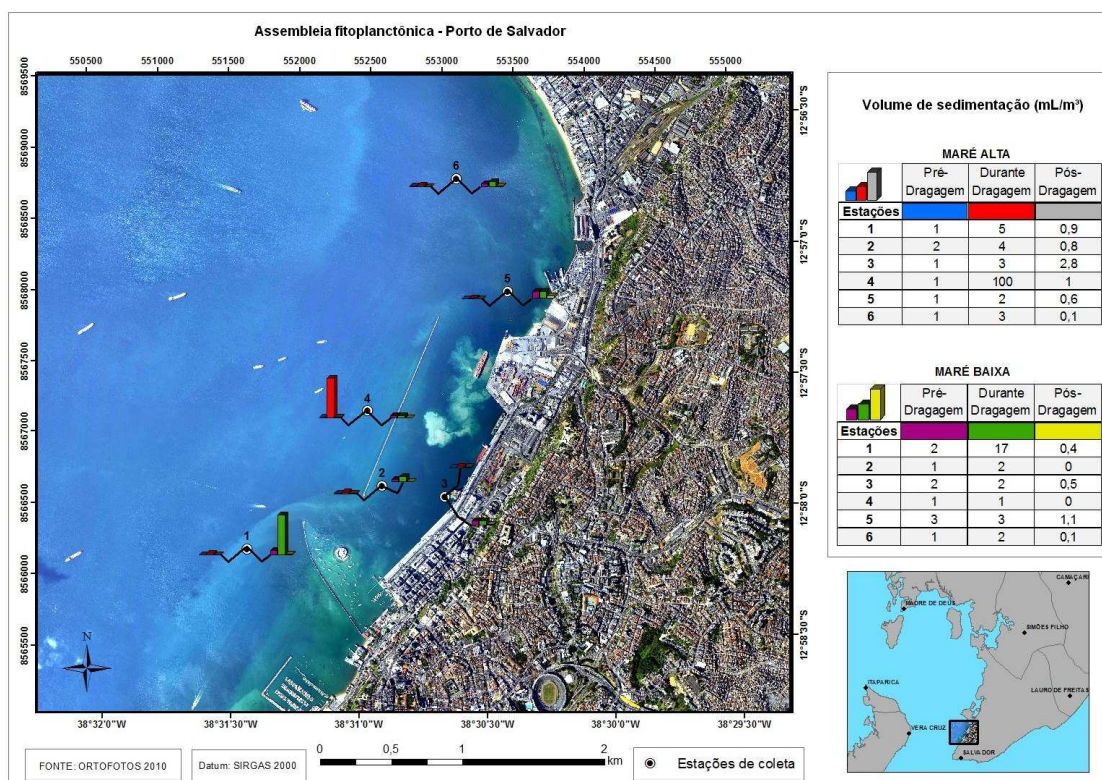
A média do volume de sedimentação total de fitoplâncton obtido durante a Pré-dragagem ( $1 \text{ mL/m}^3$ ), sofreu grande aumento durante a Dragagem ( $14 \text{ mL/m}^3$ ) e na Pós-dragagem ( $90 \text{ mL/m}^3$ ).

A despeito do verificado para a densidade, o volume de sedimentação do fitoplâncton não apresentou redução na Pós-dragagem.



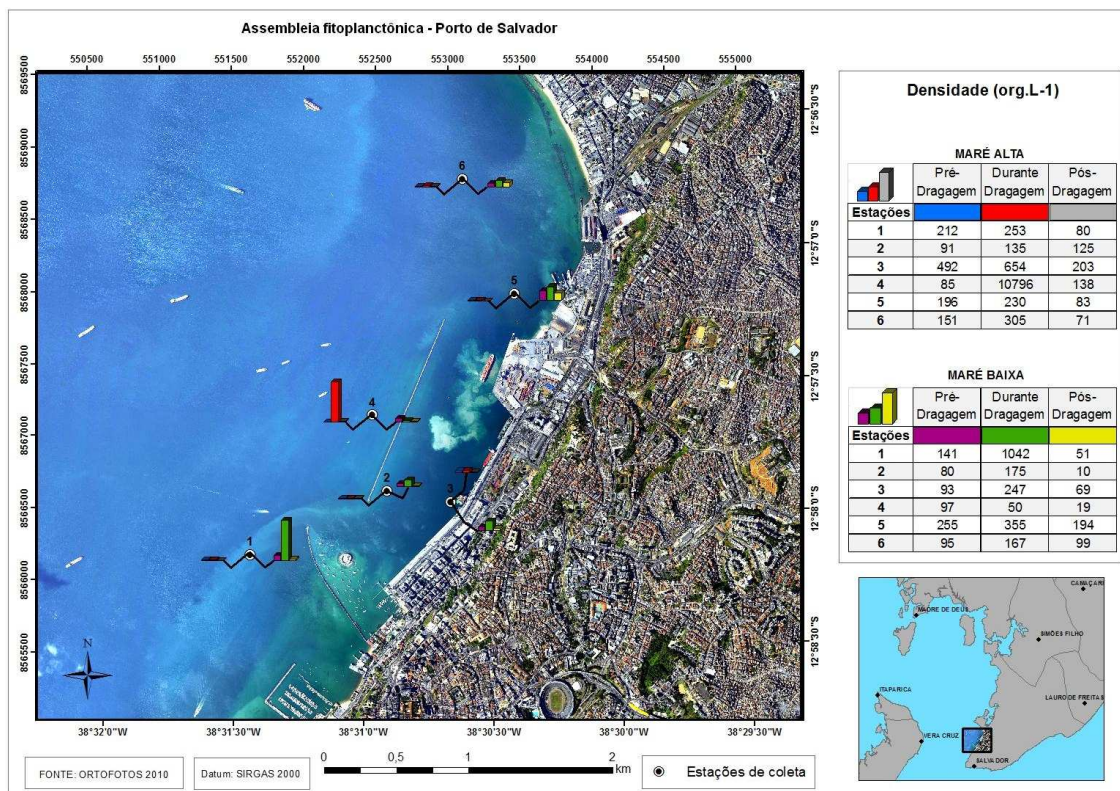
**Figura 67 – Variação do volume de sedimentação e densidade média total de fitoplâncton nas campanhas de amostragem do Porto de Salvador, BTS, Bahia. (Pré-dragagem; Dragagem; Pós-dragagem).**

Os valores de volume de sedimentação apresentaram variações maiores durante a dragagem, em maré alta, mais visivelmente nas estações 1 e 4. Pela tabela presente na figura 68 pode-se observar a elevação em todas as estações, normalizando na pós-dragagem (Figura 68).



**Figura 68 - Distribuição do volume de sedimentação da assembleia fitoplanctônica do Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.**

Assim como verificado para o volume de sedimentação, a densidade de fitoplâncton (Figura 69) também apresentou um significativo aumento durante a dragagem, visto no mapa de distribuição. As estações 1 e 5 apresentaram maiores elevações nos valores de densidade fitoplanctônica registrados durante a dragagem.



**Figura 69 - Distribuição da densidade da assembleia fitoplanctônica do Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.**

#### 7.2.3.4 Biomassa fitoplanctônica

A massa de água apresentou maior biomassa fitoplanctônica durante a pré-dragagem, quando os valores de clorofila-*a* oscilaram entre 0,12 e 0,21 $\mu\text{g.L}^{-1}$ , com média de 0,16  $\text{g.L}^{-1}$ . Durante a dragagem os valores foram significativamente mais baixos, variando entre 0,02 e 0,11  $\text{mg.L}^{-1}$ , com média de 0,06  $\text{mg.L}^{-1}$ . Na pós-dragagem houve uma recuperação nos valores que oscilaram entre 0,02 e 0,22  $\text{mg.L}^{-1}$ , com média de 0,08  $\text{mg.L}^{-1}$  (Figura 70 e Anexo 6).

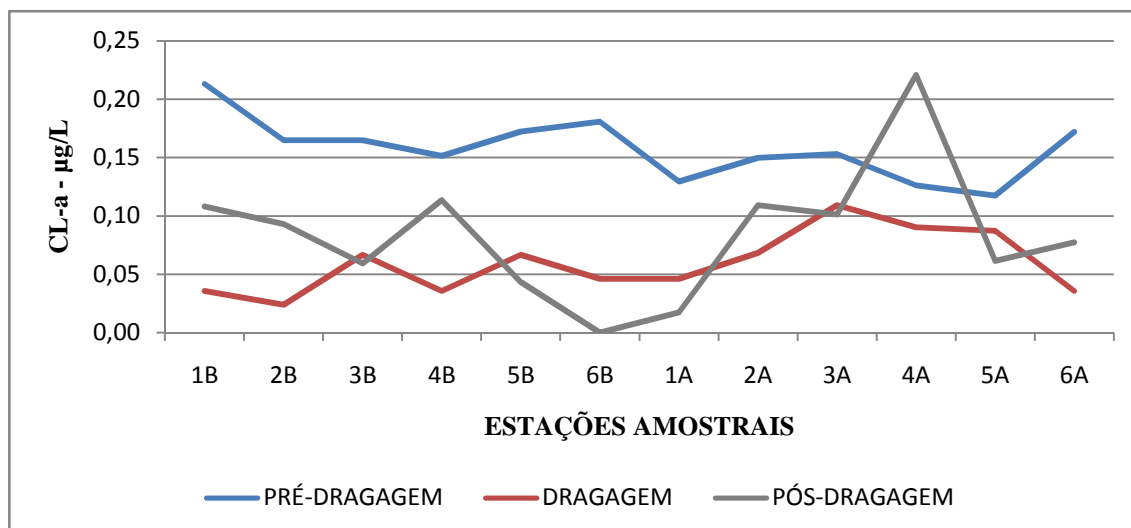


Figura 70 - Variação dos valores de clorofila-a nas campanhas amostrais - pré-dragagem, dragagem e pós-dragagem do Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. (B, maré baixa; A, maré alta).

Os valores de mensurados de clorofila-a indicam a influência negativa da atividade de dragagem sobre este parâmetro, devido a sua redução durante a dragagem, em todas as estações de amostragem (Figura 71).

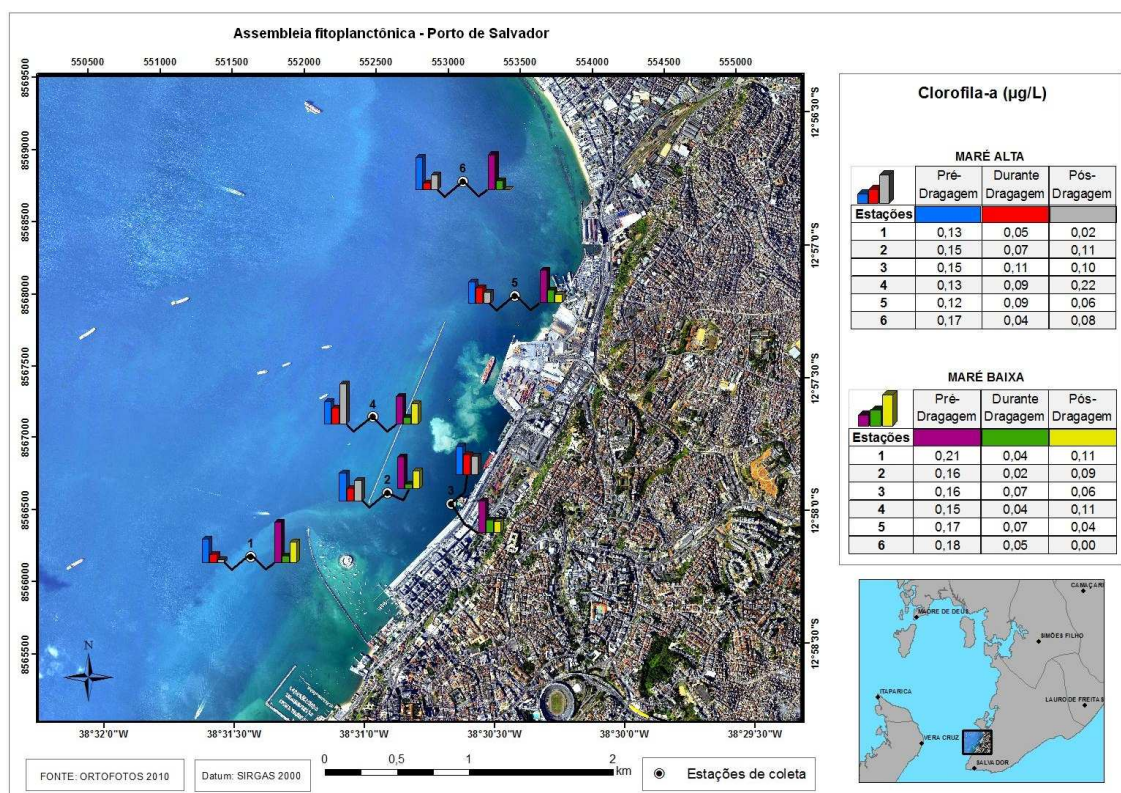
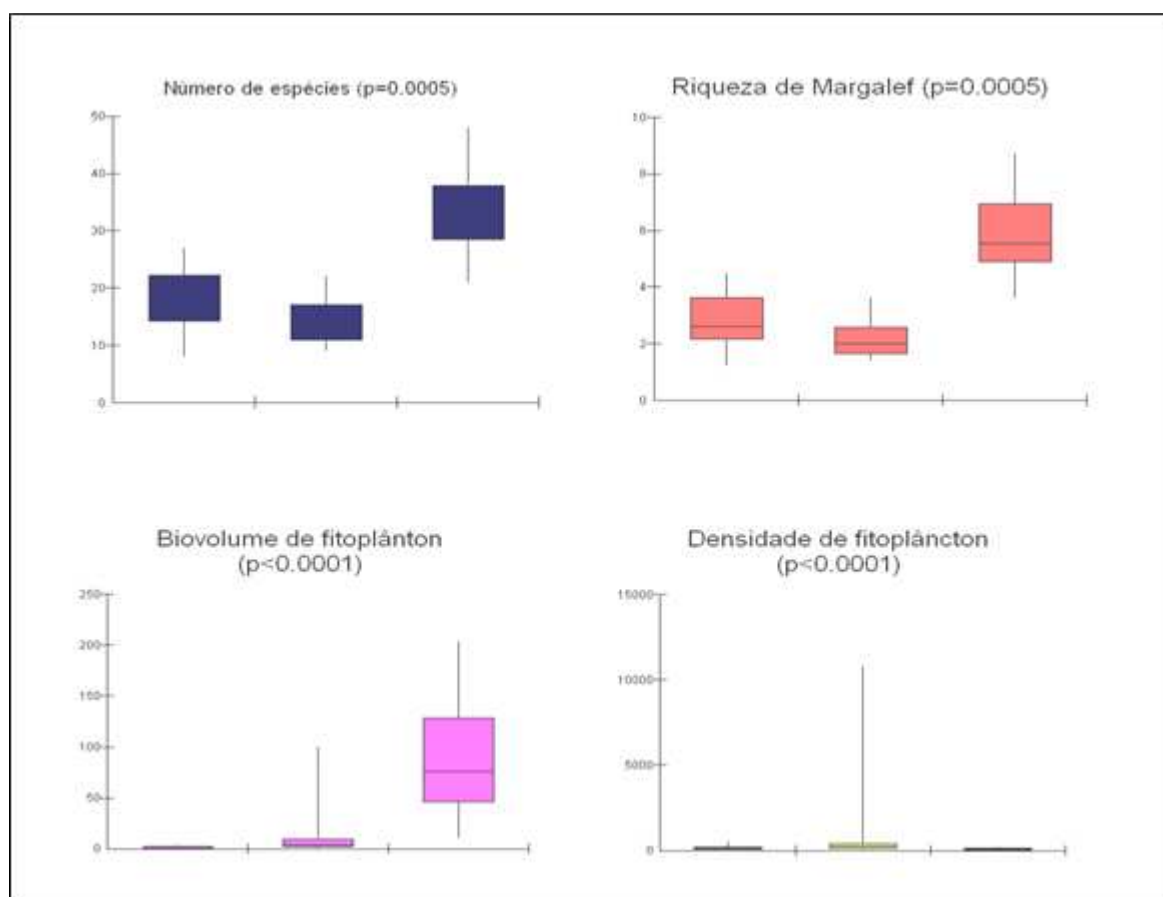


Figura 71 - Distribuição da biomassa da assembleia fitoplanctônica do Porto de Salvador, em marés baixa e alta, nas seis estações amostrais.

### 7.2.3.5 Variabilidade espaço-temporal da assembléia fitoplanctônica

A análise estatística descritiva, envolvendo resultados de média, desvio-padrão e amplitude, bem como o resultado do Teste de Friedmann, para a estrutura da assembléia fitoplanctônica (Anexo 9) pode ser visualizada nos Box-plot apresentados nas Figuras 72 e 73.



**Figura 72 - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para o fitoplâncton obtido durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

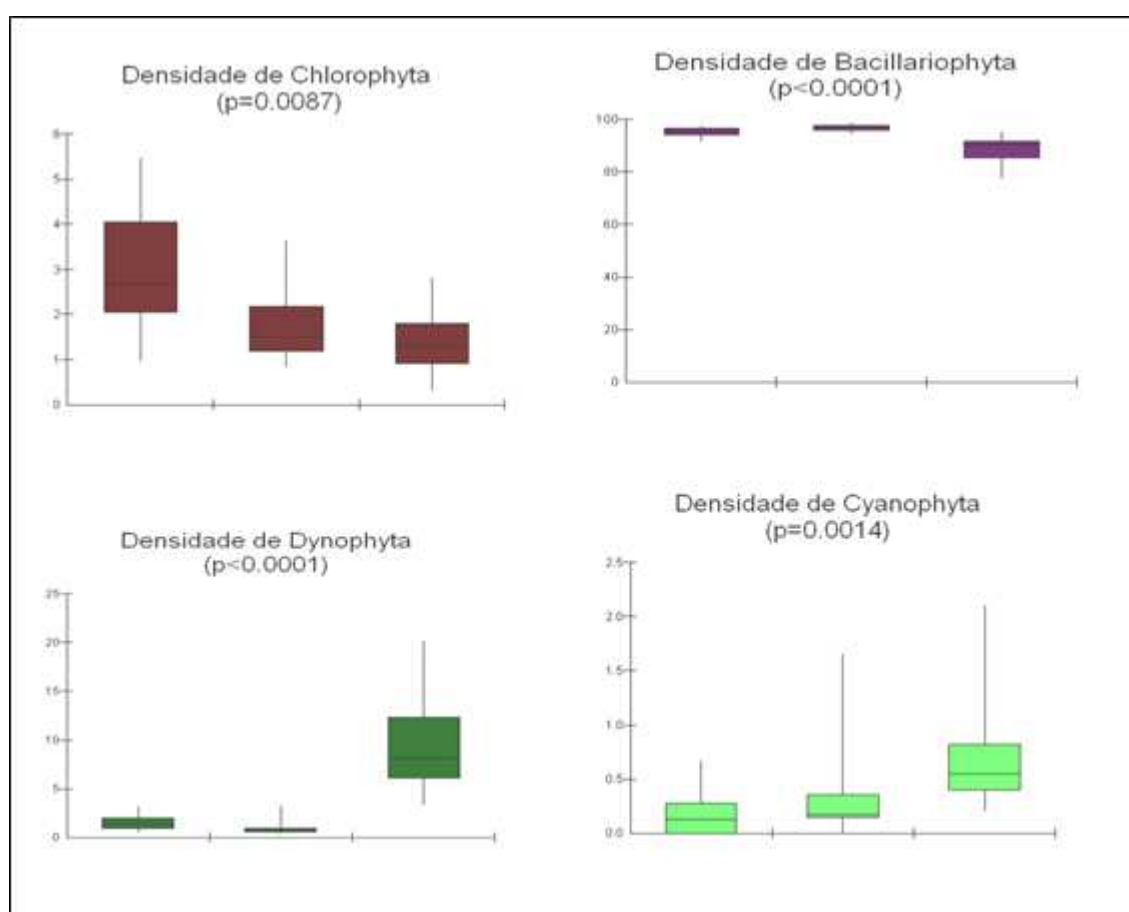
Assim, foi encontrada diferença estatística significativa (ANOVA,  $p \leq 0,006$ ), entre os três momentos da dragagem, para quase todas as variáveis analisadas, com exceção da densidade *Chlorophyta* (ANOVA,  $p=0,0087$ ). Verificou-se que esta diferença ocorreu apenas em função das diferenças entre a Pré-dragagem e a Dragagem em relação a Pós-dragagem (Teste de Dunn,  $p < 0,05$ ).

O aumento da densidade de fitoplâncton (ANOVA,  $p < 0,0001$ ) acompanhada de uma redução no número de espécies (ANOVA,  $p < 0,0001$ ) e na riqueza de Margalef (ANOVA,  $p < 0,0001$ ), observado durante a dragagem (Anexo 9), indicam a influência negativa da



atividade de dragagem sobre a variabilidade temporal da riqueza e densidade de fitoplâncton, em função do empobrecimento e aumento de abundância da assembléia fitoplanctônica durante a dragagem. Também podemos observar que na Pós-dragagem o fitoplâncton se recuperou em função da elevação da riqueza e da diminuição de densidade (Anexo 9).

O aumento do volume de sedimentação (ANOVA,  $p < 0.0001$ ), durante a pós-dragagem foi consequência do aumento da densidade de cianobactérias (ANOVA,  $p = 0.0014$ ) e dinoflagelados (ANOVA,  $p = 0.0001$ ), porém acompanhada de uma redução na densidade de diatomáceas (ANOVA,  $p = 0.0001$ ) e de clorofíceas (ANOVA,  $p = 0.0007$ ) (Anexo 9).



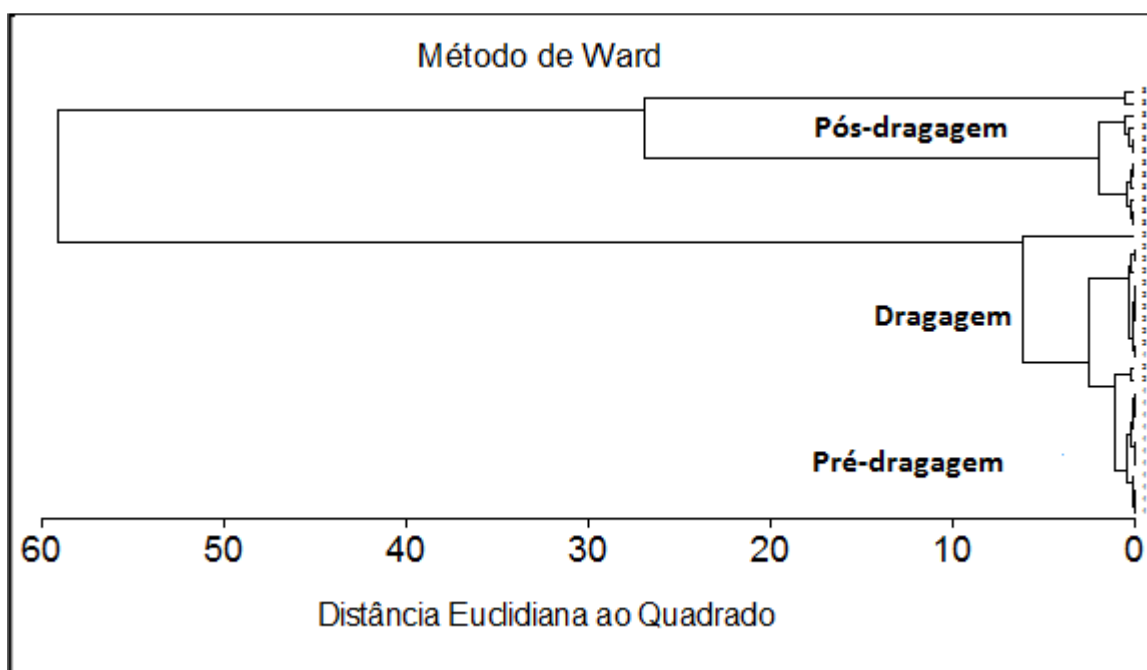
**Figura 73 - Box-plot (amplitude, desvio-padrão e média) para o fitoplâncton obtido durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

### 7.2.3.6 Análise de Classificação

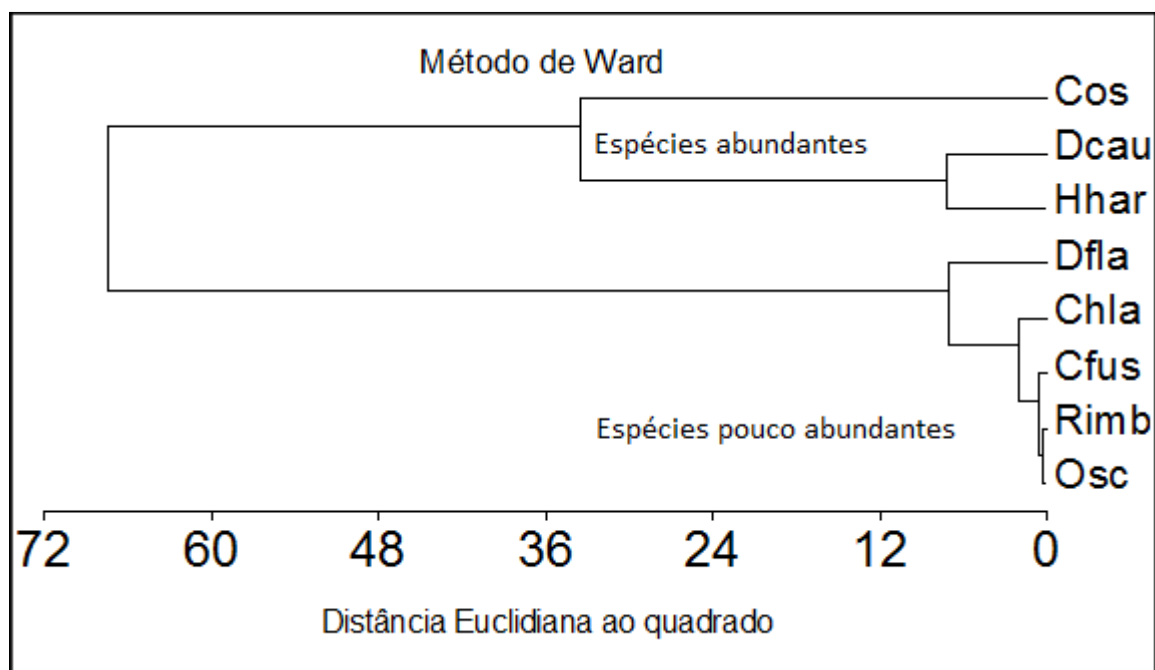
A análise de Cluster foi realizada no modo Q de análise visando o agrupamento dos objetos (estações de amostragem das campanhas Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem), e no modo R visando o agrupamento dos descritores (espécies características do fitoplâncton). Foram consideradas espécies características aquelas com frequência de ocorrência entre 40 e 70%, ou seja, frequentes na escala de Neumann-Leitão (1994).

O dendrograma, considerando como nível de corte a distância igual a 30, evidenciou a formação de 3 agrupamentos de estações de amostragem, característicos de cada uma das fases da dragagem: Pré-dragagem, Dragagem e Pós-dragagem (Figura 74). Estes agrupamentos se formaram em função da composição quantitativa do fitoplâncton, onde a Dragagem e Pós-dragagem apresentaram as maiores densidades das espécies características.

O dendrograma agrupou as espécies em função da sua maior ou menor densidade, ou seja, não foi possível identificar grupos de espécies características de cada uma das fases da atividade de dragagem (Figura 75).



**Figura 74 - Dendrograma para as estações de amostragem baseado no fitoplâncton característico, durante amostragem, no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**



**Figura 75 - Dendrograma para os táxons fitoplanctônicos característicos, durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia. – Cla – Chlamidomonas sp; Hem – Hemidiscus hardmanian; Nlo - Nitzschia longissima; Npa – Nitzschia paradoxa; Pni - Pseudo-nitzschia sp; Nsi – Nitzschia sigma; Cos – Coscinodiscus sp1.**

#### 7.2.3.7 Análise de redundância para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura do fitoplâncton do Porto de Salvador.

O diagrama de ordenação (Figura 76) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) que explicaram 95% da variação percentual acumulada da relação entre a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila *a* e número de espécies) e a estrutura e qualidade da massa de água (Tabela 8). A soma dos autovalores canônicos representou 60% da inércia total, quando o ideal é superior a 20% (Tabela 8). Ou seja, nesta AR, 60% da variabilidade na estrutura do fitoplâncton foi explicado pelo gradiente gerado pela estrutura oceanográfica e qualidade da água. Esta análise RDA foi considerada significativa estatisticamente, uma vez que os testes de Monte-Carlo apresentaram valores significativos tanto para o primeiro eixo ( $p=0,002$ ), como para a soma de todos os eixos canônicos ( $p=0,002$ ).

**Tabela 8 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura oceanográfica, qualidade da água e estrutura do fitoplâncton durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

	<b>Eixos</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Autovalores</b>	0.390	0.178	0.018	0.015
<b>Correlações espécie-ambiente</b>	0.925	0.751	0.372	0.383
<b>Variância Percentual Acumulada</b>				
<b>nos dados de espécies</b>	39.0	56.8	58.5	60.0
<b>na relação espécie-ambiente</b>	65.0	94.6	97.5	100.0
<b>Soma de todos os Autovalores</b>	1			
<b>Soma dos autovalores Canônicos</b>	0.60			
<b>Significância do primeiro eixo canônico</b>	p=0.002			
<b>Significância de todos eixos canônicos</b>	p=0.002			

Através do diagrama de ordenação (Figura 76), foi possível verificara separação entre as estações de amostragem, em função do gradiente formado pela qualidade da água influenciando a estrutura da assembléia fitoplanctônica.

As estações de amostragem da Pré-dragagem foram relacionados com águas de maior salinidade, oxigênio dissolvido, pH e amônia, vinculados aos maiores valores de biomassa fitoplanctônica (clorofila *a*). As estações de amostragem da Dragagem foram influenciadas por águas com maior turbidez, assim como maior densidade de fitoplâncton.

As estações de amostragem da Pós-dragagem foram associadas as águas com menor turbidez e maior concentração de fósforo e temperatura, além de uma maior riqueza fitoplanctônica (número de espécies) e volume de sedimentação de fitoplâncton.

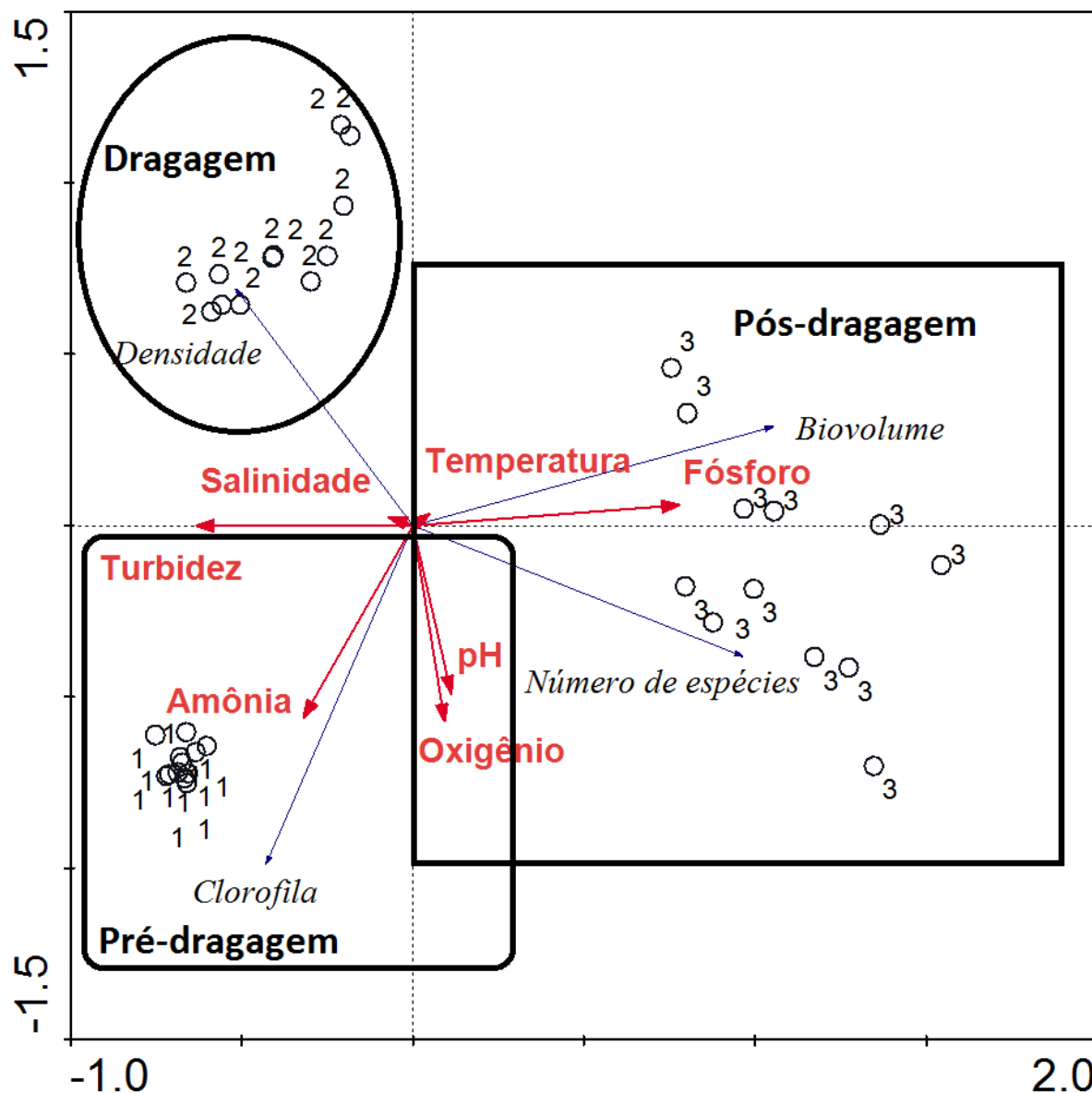


Figura 76 – Distribuição das amostras em função da estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila-a e número de espécies) e a qualidade da água, nas campanhas de amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

#### 7.2.3.8 Análise de redundância para as concentrações de metais-traço e a estrutura do fitoplâncton do Porto de Salvador.

O diagrama de ordenação (Figura 74) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) que explicaram 99% da variação percentual acumulada da relação entre o fitoplâncton e a concentração de metais-traço (Tabela 9). A soma dos autovalores canônicos representou 45% da inércia total, quando o ideal é superior a 20% (Tabela 9). Ou seja, nesta AR, 45% da variabilidade na estrutura do fitoplâncton foi explicado

pelo gradiente gerado pela concentração de metais-traço. Esta análise RDA foi considerada significativa estatisticamente, uma vez que os testes de Monte-Carlo apresentaram valores significativos tanto para o primeiro eixo ( $p=0,002$ ), como para a soma de todos os eixos canônicos ( $p=0,002$ ).

**Tabela 9 - Resumo da estatística da Análise de Redundância realizada para a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação e número de espécies) e a concentração de metais-traço durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.**

	<b>Eixos</b>			
	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>Autovalores</b>	0,344	0,109	0,003	0,227
<b>Correlações espécie-ambiente</b>	0,870	0,588	0,132	0,000
<b>Variância Percentual Acumulada</b>				
<b>nos dados de espécies</b>	34,4	45,3	45,6	68,3
<b>na relação espécie-ambiente</b>	75,5	99,3	100,0	0,00
<b>Soma de todos os Autovalores</b>	1			
<b>Soma dos autovalores Canônicos</b>	0,45			
<b>Significância do primeiro eixo canônico</b>	$p=0,002$			
<b>Significância de todos eixos canônicos</b>	$p=0,002$			

Através do diagrama de ordenação (Figura 77), foi possível verificar a separação entre as estações de amostragem, em função do gradiente formado pela concentração de metais-traço e a estrutura da assembléia fitoplanctônica.

As estações de amostragem da Dragagem situaram-se no lado esquerdo inferior do diagrama de ordenação, sob influência de águas com maior concentração de metais traços (Fe, Mn e Zn), bem como maior densidade e volume de sedimentação do fitoplâncton. As estações de amostragem da Pré-dragagem e da Pós-dragagem estiveram associadas as menores concentrações de metais traços. Durante a Pré-dragagem também foram registrados os maiores valores de biomassa fitoplanctônica (clorofila-*a*), enquanto que na Pós-dragagem foi verificada a maior riqueza fitoplanctônica (número de espécies).

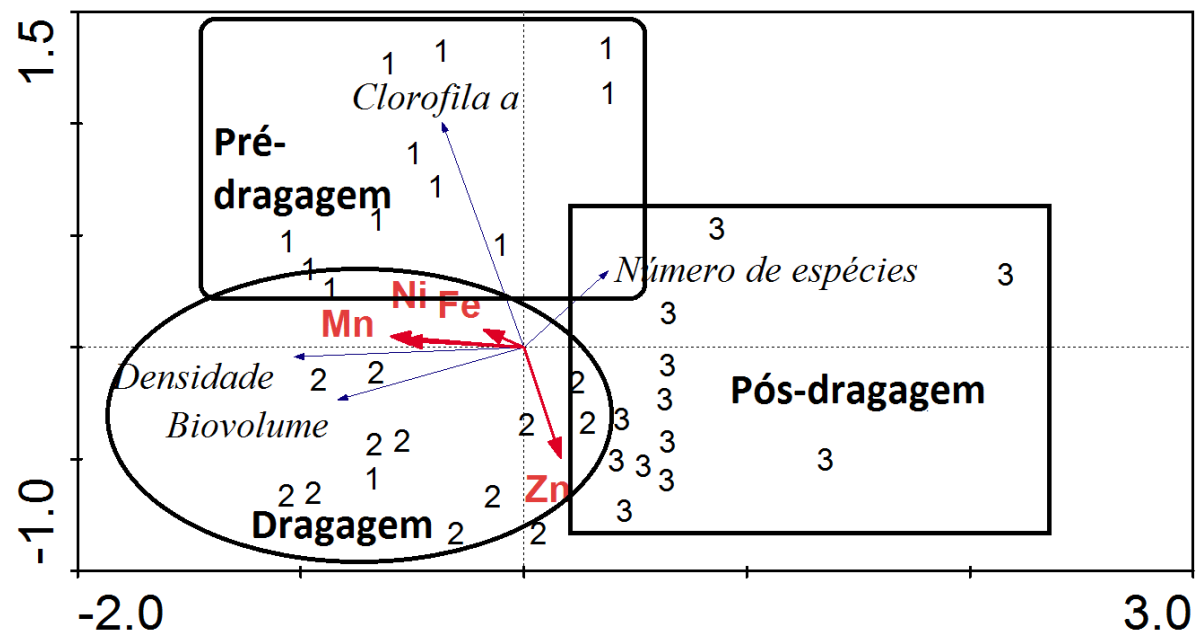


Figura 77 - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando as estações de amostragem, a estrutura do fitoplâncton (densidade, volume de sedimentação, clorofila e número de espécies) e a concentração de metais-traço (Fe, Ferro; Mn, Manganês e Zn, Zinco), dura durante amostragem no Porto de Salvador, Baía de Todos os Santos, Bahia.

## 8 - DISCUSSÃO - PORTOS DE SALVADOR E ARATU

### 8.1 VARIÁVEIS OCEANOGRÁFICAS E QUALIDADE DA ÁGUA

De clima tropical-úmido e marcante ciclo sazonal, a Baía de Todos os Santos apresenta a configuração pluviométrica influenciada principalmente pelo padrão de precipitação, analisada ao longo de 40 anos, o qual apresentou dois períodos distintos: um período seco, entre setembro e fevereiro, e um período chuvoso, entre março e agosto (SEI, 1999). As maiores precipitações ocorrem em janeiro e setembro (Cirano & Lessa, 2007, Lessa *et al.*, 2009). Este é o mesmo padrão verificado no norte da Baía de Todos os Santos (Mafalda Jr. *et al.*, 2003) e no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr. *et al.*, 2004), que se apresenta como um padrão geral das chuvas da região nordeste, onde a época de maior pluviometria ocorre no inverno e o outono e a época de menor pluviometria situa-se entre a primavera e o verão (Tubelis, 1984).

Verificou-se nas campanhas realizadas a presença de duas massas de água, a Tropical, que em função da estreita plataforma continental, com cerca de 10 km de extensão (Brandini *et al.*, 1997), avança em direção ao interior das Baía de Todos os Santos atingindo a área de estudo, caracterizada por uma salinidade acima de 36 e temperatura acima de 18,5 °C (Campos *et al.* 1995), e; a presença da massa de água Costeira, com salinidade menor que 35, formada devido um aumento de pluviosidade e elevação da vazão dos rios. Esta última, cobre a plataforma continental e é essencialmente oceânica com mistura de águas dos rios (Thonsen, 1962).

No entorno do porto de Aratu a salinidade oscilou entre 30 e 38,5, ou seja, a massa de água encontrada variou entre Costeira e Tropical. Na região do porto de Salvador a salinidade variou entre 30 e 40, caracterizando também águas Costeiras, Tropicais e hipersalinas.

Em um estudo realizado no norte da BTS por Mafalda Jr. *et al.* (2003), apenas a massa de água Costeira foi identificada, enquanto que, no litoral norte da Bahia também foi registrada a presença da Água Tropical (Mafalda Jr. *et al.*, 2004).

A variação térmica tanto no porto de Aratu quanto em Salvador apresentou valores mais elevados na pré-dragagem e temperaturas mais baixas na dragagem e pós-dragagem, apesar de a variação apresentar média da temperatura dentro dos padrões anuais identificadas nos últimos anos. O padrão também foi observado no norte da Bahia de Todos os Santos



(Mafalda Jr. *et al.*, 2003) e no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr. *et al.*, 2004a). As temperaturas máximas atingiram valores mais altos na BTS nos meses de janeiro, fevereiro e março, em torno de 30°C, com base em estudos realizados por Cirano e Lessa (2007) e por Lessa *et al* (2009).

A variabilidade térmica, salina e das precipitações não corresponderam aos agentes causadores de alterações na comunidade fitoplanctônica nos períodos citados, pois as variações identificadas são comuns nas áreas de estudos.

O oxigênio dissolvido e o pH no porto de Aratu apresentaram valores mais elevados na Pré-dragagem, e valores mais baixos na Dragagem e pós-dragagem. No porto de Salvador os valores de oxigênio dissolvido apresentaram-se mais baixos na pré-dragagem, enquanto que na dragagem e pós-dragagem apresentaram alguns valores mais homogêneos. O pH apresentou valores mais altos na pré-dragagem, assim como em Aratu.

Os valores de pH entre 9 e 9,5 são tóxicos para muitas espécies e para outras uma pequena variação deste pode promover o maior crescimento. Em Aratu estes valores foram registrados durante a pré-dragagem e grande variação dos valores durante a dragagem e pós-dragagem. Em Salvador somente foram registradas grandes variações de valores durante a dragagem, mas nos períodos de estudo não foram registrados valores acima de 8,5.

Destacamos a possível influência da atividade de dragagem que ao remobilizar o leito submarino e ressuspender a matéria orgânica e os nutrientes provoca uma queda no pH e um aumento no consumo de oxigênio. Normalmente, o pH da água do mar varia em um curto intervalo, entre 8,0 e 8,3 (Margalef, 1989), como verificado no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr. *et al.*, 2004). Contudo, no norte da Baía de Todos os Santos (6,2 e 8,0) e no interior da Baía de Aratu (7,7 - 8,2) o intervalo registrado também foi mais amplo (Leão *et al*, 2008; Mafalda Jr. *et al.*, 2003), porém não sendo registrados valores acima de 9 a 9,5.

Então, os valores mais baixos de oxigênio podem estar associados à ação antrópica, principalmente nas estações em que apresentam ou apresentaram lançamento de esgotos não tratados.

Quando comparadas às médias das variáveis físico-químicas nos portos Salvador e Aratu entre os três períodos de estudo (“Pré-dragagem”, “Dragagem” e “Pós-Dragagem”), foram verificadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas. No porto de Aratu, durante a Pré-dragagem, a estrutura oceanográfica da massa de água foi caracterizada por águas quentes e salinas, com qualidade normal por estarem bem oxigenadas e com pH elevado. Entretanto, durante a dragagem, as águas apresentaram menores temperatura e salinidade, com qualidade alterada em função dos baixos valores de pH e oxigênio. No porto

de Salvador as características da massa de água divergiram, apresentando águas mais salinas, e quentes na dragagem e com pH e oxigênio mais elevado na pré-dragagem, o que pode ter sido influenciado pelos índices pluviométricos nas campanhas. Durante a dragagem apresentou menores índices pluviométricos e maiores índices na pré-dragagem.

## 8.2 METAIS TRAÇO E NUTRIENTES

As concentrações de metais particulados mensuradas na região portuária de Aratu e Salvador, para zinco (Zn) e Manganês (Mn), mostraram-se dentro da faixa detectada no ano de 2006 na BTS (Hatje *et al.*, 2009). Os valores de Zn durante a dragagem mostraram-se significativamente mais elevados, com um aumento de 30% dos valores máximos registrados. O Mn no Porto de Aratu apresentou uma pequena variação na sua concentração durante a dragagem e no Porto de Salvador as concentrações registradas foram menores que em Aratu, em ambos os valores foram abaixo dos maiores valores detectados por Hatje *et al.* (op.cit.). Os maiores valores de Zn e Mn encontrados na BTS estão no porto de Aratu (CRA, 2004). Zocche *et al.* (2010) Zn e Mn apresentam valores mais elevados nos sedimentos, devidos a presença de maior quantidade de partículas de argila sedimentadas do que em suspensão na água, confirmado por Hatje *et al.* (2009) para valores de sedimento na BTS (máximo  $1050\mu\text{g.g}^{-1}$  para Zn). CRA (2004) define que a biodisponibilidade e toxicidade do zinco são naturalmente controladas quando existem no ambiente substâncias orgânicas que podem formar complexos.

Durante a atividade de dragagem, estes metais foram disponibilizados na coluna d'água elevando os valores anteriormente mensurados, principalmente quando partículas em suspensão, com a remobilização do assoalho marinho. Esta variação na concentração de Manganês pode interferir de forma negativa na regulação da composição fitoplanctônica, alterando a fotossíntese e o crescimento das microalgas (Round, 1983).

No fundo da baía há depósito de Cu e Cr e Mn (Pereira, 2008) e a concentração dos metais cobre (Cu) e zinco (Zn), na biota da Baía de Aratu, considerada preocupante por Wallner-Kersanach e Bianchini (2008). O metal cromo (Cr), no Porto de Aratu, apresentou uma maior faixa de variação durante a dragagem, em comparação aos valores já mensurados na BTS por Hatje *et al.* (2009). Cromo não apresentou valores abaixo do limite de detecção da metodologia empregada em Aratu, na campanha de Pós-dragagem e no Porto de Salvador em nenhuma das fases as concentrações foram detectadas. Os valores de ferro, em Aratu e em Salvador, apresentaram menor faixa de variação, em análises realizadas anteriormente na BTS

(CRA, 2004), em comparação aos mensurados neste estudo. Aratu apresentou maior faixa de variação da concentração que Salvador.

A distribuição temporal dos elementos metálicos Ferro, Manganês, Níquel e Zinco nos Portos, apresentou um padrão esperado, com um aumento durante as atividades de dragagem, em função da remobilização do sedimento marinho e consequente ressuspensão. A maior disponibilização de metais podem ocasionar mudanças na estrutura da associação fitoplanctônica, afetando diretamente estes organismos, na reprodução, crescimento e desenvolvimento. Por exemplo, o ferro aumenta a produtividade primária, o Zinco auxilia na disponibilização de fósforo e fixação do dióxido de carbono, o que pode ter ocasionada as alterações visíveis na comunidade algal, porém isso somente poderá ser confirmado mediante a execução de testes ecotoxicológicos com as espécies identificadas. Na campanha de Pós-dragagem a maioria das estações apresentou redução nos valores destes metais-traço.

Os metais Fe, Zn, Mn, Ni em Aratu apresentaram maiores concentrações em maré vazante, durante a dragagem, enquanto que no porto de Salvador os metais mensurados (Zn, Mn, Fe) apresentaram maiores valores durante a dragagem, variando entre maré baixa e alta conforme diagrama de ordenação.

Fósforo total apresentou valores mais elevados no Porto de Aratu durante a Dragagem, o que pode estar relacionado à presença de residências ao entorno do porto. As concentrações de amônia total sofreram redução nos seus valores durante a dragagem no porto de Salvador, porém com grande variação dos seus valores entre as estações estudadas.

Os nutrientes Amônia e o Fósforo Totais foram mensurados nas três campanhas, em maré enchente, tendo o fósforo valores entre 0,011 a 0,064 mg/L (Aratu) e 0,004 a 0,016 mg/L (Salvador), mais elevados na dragagem, mas em níveis recomendados de fósforo em estuários, 0,01-0,1 mg/L (CRA, 2004). Os valores de Amônia Total (0,03 a 0,61 mg/L- Aratu e 0,01 a 0,2 mg/L - Salvador) apresentou concentração maior na estação 1, em Aratu, valor seis vezes maior que o maior valor registrado em Salvador.

O fósforo é conhecido como nutriente ou bioestimulante e por ser o componente fundamental para as algas devem ser constantemente monitorados na obtenção do diagnóstico ambiental (CRA, 2004). O fósforo facilita o crescimento algal e as microalgas podem consumir exageradamente tornando o ambiente limitante em razão da sua alta demanda e grande variedade de concentrações no ambiente natural. A amônia, pode ser formada por decomposição de matéria orgânica no ambiente e pode se tornar tóxica na forma livre ( $\text{NH}_3$ ) aos organismos, quando em concentrações elevadas. Amônia e Fósforo representam nutrientes envolvidos diretamente na floração algal.

### 8.3 ASSOCIAÇÃO FITOPLANCTÔNICA

Durante a atividade de dragagem a associação fitoplanctônica na BTS sofreu alterações na sua composição, envolvendo uma redução na riqueza específica, em relação ao observado nos anos de 2002, 2003 e 2007, em estudo desenvolvido por Melo-Magalhães e Araújo-Barbosa (2008), que evidenciaram uma microflora variada, com grande incidência de *Bacillariophyta*.

Na área portuária de Aratu foram registrados 91 táxons, mesmo resultado encontrado por Souza *et al* (2009) na região costeira de Bragança, Pará e no porto de Salvador onde foram catalogadas 93 espécies. Em comparação aos estudos realizados anteriormente na BTS, onde já foram registradas 97 espécies (MELO-MAGALHÃES E ARAÚJO-BARBOSA, 2008) e 145 táxons (MOLINARI *et al*, 2007), este estudo apresentou reduzida riqueza taxonômica. Na zona costeira Amazônica (Souza *et al.*, 2008), foram registrados 130 táxons de microfítoplâncton e no litoral do estado de São Paulo 572 táxons entre os anos de 1913 e 2002 (VILLAC *et al*, 2008). No histórico da baía de Guanabara, Rio de Janeiro, entre os anos de 1913 e 2004, com base em 57 publicações, foram registrados um total de 308 táxons (VILLAC e TENENBAUN, 2010).

Estudos realizados em áreas estuarinas resultaram em maior riqueza de táxons, provavelmente devido ao encontro de massas de água e do maior aporte de nutrientes. No estuário do rio Formoso, em Pernambuco, o número de táxons chegou a 204 (Silva *et al*, 2009), 129 (Santiago *et al*, 2010) no Recife, 87 (Lacerda *et al*, 2004) em Itamaracá. Ainda, em Pernambuco, no estuário do rio Ipojuca foram identificados 133 taxons (Koenig *et al*, 2003).

Neste estudo a divisão *Bacillariophyta* esteve presente em elevada abundância relativa, o que é característico de ambientes marinhos Brasileiros (Procopiak *et al.*, 2006; Melo-Magalhães & Araújo-Barbosa, 2008; Ferreira, 2010). Melo-Magalhães e Araújo-Barbosa (op.cit.) mencionam que *Coscinodiscus* sp, nas análises realizadas em 2003 e 2007, foi dominante, com abundância superior a 70%. Neste estudo a espécie *Coscinodiscus* sp apresentou 100% de frequência nas amostras analisadas, resistindo às adversidades provocadas pelo processo de dragagem.

Com relação aos grupos taxonômicos, as *Bacillariophyta* dominantes, em Aratu representaram 69% e em Salvador 63% das amostras, em comparação aos outros grupos. Os

portos apresentaram semelhanças no perfil dos grupos taxonômicos, quanto à frequência de ocorrência.

Alguns autores afirmam que o estudo das diatomáceas merece especial atenção, como Procopiak *et al.* (2006), pois elas podem ocasionar efeitos nocivos ao meio ambiente. Alguns táxons identificados, tais como *Chaetoceros*, podem levar a mortalidade de peixes e organismos filtradores, por possuírem setas que em altas concentrações danificam as suas brânquias. Os táxons *Coscinodiscus*, *Cylindrotheca* e *Skeletonema costatum* produzem polissacarídeos que tornam o meio anóxico, ou produzem grande quantidade de mucilagem insolúvel, que aumentam a densidade da água e também se acumulam em organismos planctônicos.

Outros táxons que merecem destaque especial são as cianobactérias (*Lyngbya sp* e *Oscillatoria sp*) e os dinoflagelados (*Dinophysis sp* e *Prorocentrum sp*), pois são citadas na literatura como causadores de toxicidade e predominantes em águas ricas em matéria orgânica, que apesar de freqüentes apresentaram abundância extremamente baixa.

Em ambos os portos, o grupo *Dinophyta*, apresentou um aumento na riqueza específica durante a dragagem, com o surgimento na pós-dragagem do *Gonyaulax sp*, gênero de importância sanitária. Isso reforça a ação negativa da dragagem para a comunidade fitoplanctônica.

#### 8.4 DISTRIBUIÇÃO TEMPORAL DO FITOPLÂNCTON

Foi verificada a alteração da composição e do padrão de distribuição temporal dos organismos fitoplanctônicos na área portuárias de Aratu e Salvador, envolvendo a redução da riqueza taxonômica e um aumento de volume de sedimentação e densidade, na fase de Dragagem, em relação a Pré-dragagem. Principalmente o aumento evidente da abundância das *Bacillariophyta*, grupo mais adaptado às alterações ambientais devido a sua constituição corpórea, mas também ocorreu um aumento no grupo *Dinophyta*, *Chlorophyta*, *Euglenophyta* em ambos os portos, o que resultou no empobrecimento da assembléia.

Koening *et al.* (2003), também registraram alterações quali-quantitativas significativas na comunidade fitoplanctônica, após a implantação do Porto de Suape, Pernambuco, inclusive envolvendo a substituição de espécies marinhas por costeiras.

No litoral do Pernambuco há relatos de que as condições ambientais influenciam a composição específica, havendo dominância de distintas espécies em determinados períodos (FERREIRA *et al*, 2010). Estudos realizados sobre variações temporais de diatomáceas observaram uma variabilidade temporal regular da biomassa fitoplanctônica, com ampla variação entre as amostras (FERNANDES E BRANDINI, 2004; GARCIA E ODEBRECHT, 2008).

Também foi constatado que determinados fatores ambientais atuam como forçantes na determinação da variabilidade temporal da biomassa fitoplanctônica e produção primária por Gaeta (1999) e Azevedo (2008). Chaves *et al* (2006) afirmam que a variação temporal da biomassa fitoplanctônica provavelmente pode estar relacionada a fenômenos meteorológicos que condicionaram a variabilidade térmica e salina. Além disso, Silva *et al* (2009), identifica que a riqueza taxonômica está associada às concentrações de oxigênio, que promovem alta capacidade de renovação do ambiente marinho e ao período chuvoso, que favorece ao aumento das concentrações de nutrientes. Estudos realizados em manguezais indicam que o nível das marés e a irradiância influenciam a variabilidade temporal do fitoplâncton (Yokoya, *et al*, 1999).

Neste estudo, na dragagem houve uma redução significativa dos valores médios de IRM e número de espécies, mas logo é observada uma tendência à recuperação da assembléia fitoplanctônica na pós-dragagem.

## 8.5 CLASSIFICAÇÃO E ORDENAÇÃO DO FITOPLÂNCTON

A análise multivariada de classificação revelou em ambos os portos três agrupamentos no ambiente marinho pelágico, característico para cada fase da dragagem, destacando as espécies consideradas mais freqüentes, conforme estudo qualitativo do fitoplâncton. Observando a relação fitoplâncton e massa d'água nota-se a influência da qualidade da água sobre a assembléia fitoplanctônica.

Em Aratu, na pré-dragagem e pós-dragagem ocorreu uma maior riqueza de táxons e maiores valores de biomassa, enquanto que na dragagem houve o empobrecimento da assembleia, com o aumento do volume de sedimentação e densidade fitoplanctônica, confirmando que com a atividade de dragagem ocorreu o empobrecimento da assembleia fitoplanctônica.

No porto de Salvador o volume de sedimentação apresentou-se maior na pós-dragagem, o que pode ter sido influenciado pela maior concentração de fósforo e pelas características oceanográficas, que favorecem o crescimento microalgal.

A relação fitoplâncton e metais-traço, nos portos demonstra que em águas com maior concentração de metais ocorreu maior densidade e volume de sedimentação, ou seja, há uma seleção de espécies mais adaptadas e oportunistas, o que foi esperado nas análises.

Poucos estudos realizados na Baía de Todos os Santos apresentam resultados sobre associações fitoplanctônicas, prevalecendo os estudos taxonômicos (Molinari *et al*, 2007; Melo-Magalhães & Araújo-Barbosa, 2008). No Brasil, diversos trabalhos descrevem a distribuição espacial e temporal dos táxons, além de correlacioná-los com os fatores ambientais através de análise de ordenação (Azevedo *et al*, 2008; Yokoya *et al*, 1999; Fernandes *et al*, 1999; Cândido, *et al*, 2008), envolvendo principalmente resultados de salinidade, temperatura e pluviosidade. Objetivando a identificação dos impactos relacionados com a atividade de dragagem, Koenig, *et al* (2003) compõe três agrupamentos de fitoplâncton relacionados ao gradiente pluviométrico e oceanográfico envolvendo um período chuvoso e um período seco.

A maior frequência de ocorrência do grupo *Bacillariophyta* diante dos demais é típico de ambientes marinhos (Procopiak *et al*, 2006; Fernandes *et al*, 1999; Brandini & Fernandes, 1996). Algumas espécies merecem especial atenção devido ao potencial nocivo ao meio ambiente, como *Chaetoceros*, *Coscinodiscus*, *Skeletonema costatum* e *Cylindrotheca*, *Pseudo-nitzschia* (Procopiak *et al*, 2006; Reviere, 2006).

Cada espécie responde as características do ambiente aquático, sendo assim, as condições locais determinam quais táxons irão se estabelecer e dominar ecossistemas específicos. As variações temporais de abundância do fitoplâncton variarão conforme as necessidades dos grupos taxonômicos. As Dinophyta têm maior crescimento e desenvolvimento no verão, em temperaturas mais elevadas (Boney, 1973). Souza *et al* (2008) encontrou resultados mais expressivos para Bacillariophyta, Cyanophyta e Euglenophyta nos períodos mais quentes, em dezembro e Silva *et al* (2009) verificou que no período chuvoso houve aumento da riqueza fitoplanctônica, provavelmente pelo maior aporte de nutrientes. Neste estudo os maiores valores foram encontrados no período equivalente ao verão.

A análise de ordenação demonstra que a composição e abundância das associações fitoplanctônicas podem ser influenciadas principalmente por variáveis físico-químicas (Lourenço, 2006). A temperatura e a salinidade podem interferir na disponibilização de nutrientes para as microalgas, alterar a concentração de metais e promover mudanças na sua

composição e na densidade, pois facilitam a formação de complexos químicos (Dener, *et al*, 2006).

Com a interpretação dos resultados determinou-se haver uma variabilidade temporal na distribuição e abundância do fitoplâncton na área portuária de Aratu e Salvador, em resposta às mudanças pluviométricas, oceanográficas e nutricionais, além de alterações na qualidade da água, provavelmente promovidas pela atividade da dragagem.



## 9 - CONCLUSÕES

Nos portos de Aratu e Salvador, as variáveis que mais contribuíram para indicar a alteração da qualidade da água em função da atividade de dragagem foram ph, oxigênio, turbidez, amônia e fósforo.

As concentrações de metais sofreram variações em ambos os portos, onde durante a dragagem, observou-se um aumento nos valores de Ferro, Manganês e Zinco, no porto de Salvador, enquanto que, no porto de Aratu, os valores mais elevados foram de Ferro, Níquel e Zinco.

A biomassa, a densidade e a riqueza fitoplanctônica, refletiram a sazonalidade oceanográfica e a qualidade da água em função da atividade de dragagem, tanto no porto de Aratu, como no porto de Salvador, havendo uma clara separação entre as fases de pré-dragagem, dragagem e pós-dragagem.

A diminuição da biomassa e riqueza fitoplanctônica, observadas durante a fase de dragagem, ocorreu simultânea ao aumento de densidade de microalgas oportunistas que foi estimulada pelo aumento da concentração de fósforo e amônia.

Em ambos os portos os resultados obtidos indicam a influência negativa da atividade de dragagem sobre a variabilidade temporal da composição fitoplanctônica.

Os baixos valores de turbidez, amônia e fósforo aliados a uma recomposição dos níveis de biomassa planctônica e riqueza registrados durante a pós-dragagem, indicam uma recuperação ambiental da qualidade da água e do ecossistema pelágico dos portos de Aratu e Salvador.

## 10 - REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V. G. 1997. Capítulo 5: Aspectos da fauna. Parte II: A Baía de Todos os Santos hoje – Cenário natural. In: UFBA-NIMA. Baía de Todos os Santos: diagnóstico socioambiental e subsídio para a gestão. Bahia: Germen, p.137- 146.
- AMANCIO, F. C. 2005. Fitoplâncton da Praia de Campas (Tamandaré -Pernambuco): biomassa, taxonomia e ecologia. 71p. Dissertação (Mestrado em Gestão Políticas Ambientais) – Universidade Federal de Pernambuco.
- ANA – Agência Nacional de Águas. Ecosistemas Aquáticos. (online) 2006. Disponível em:<<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/6-9EcosistemasAquaticos.pdf>>. Acesso em:27 dez. 2010.
- APHA – American Public Health Association. 1995. **American Works Association, Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examinations of water and waste-water.** 19<sup>th</sup> ed. Washington. 1268 p.
- AULD, A. H.; SCHUBEL J. H. 1978. Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae: a laboratory assessment. *Estuar. Coast. mar. Sci.* 6: 153-164.
- AZEVEDO, A. C. G. DE; FEITOSA, F. A. N.; KOENING, M. L. 2008. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Gafão Maranhense, Brasil. *Acta bot. bras.* 22(3): 870-877.
- AYRES, M., AYRES Jr., M., AYRES, D.L.; SANTOS, A.S. 2000. **BioEstat 2.0. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas.** Belém: Sociedade Civil Mamirauá. 272p.
- BARRY, *et al.* 2003. The Biological Effects of Suspended and Bedded Sediment (SABS) in Aquatic Systems: A Review. Internal Report United States Environmental Protection Agency. 58p.
- BATISTA NETO, *et al.*, 2008. **Poluição Marinha.** Rio de Janeiro: Interciência, 440p.
- BICUDO, Carlos E. de M; MENEZES, Mariângela 2006.**Gênero de algas de águas continentais do Brasil – Chave de identificação e descrição.** São Carlos: RiMa, 489p.
- BITTENCOURT, A. C. S. P., BRICHTA, A.; DI NAPOLI, E. 1974. A sedimentação na Baía de Aratu. *Rev. Bras. Geoc.*, 4(1):51-63.
- BONEY, A.D. 1976. **Phytoplânkton – The Institute of Biology’s- Studies in Biology** no 52. London: Edward Arnold. 115p.
- BOYD, S.E., LIMPENNY, D.S., REES, H.L., COOPER, K.M. 2005. The effects of marine sand and gravel extraction on the macrobenthos at a commercial dredging site (results 6 years post-dredging). *ICES Journal of Marine Science* 62, 145–162.

- BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L.; SASSI, R. 1997. **Planctonologia na Plataforma Continental do Brasil. Diagnose e Revisão Bibliográfica.** REVIZEE. MMA, CIRM, FEMAR, Rio de Janeiro, 196p.
- BRITO, R. R. C. 1997. Capítulo I: Ambientes aquáticos. Parte II: A Baía de Todos os Santos hoje – Cenário natural. In: UFBA-NIMA. Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio-ambiental e subsídio para a gestão. Bahia: Germen, p.69-78.
- BUCUR, I.I., SASARAN, E., 2005. Relationship between algae and environment: an Early Cretaceous case study, Traskau Mountains, Romania. *Facies* 51, 275–287.
- CAMPELO, M. J. A.; KOENING, M. L.; PASSAVANTE, J. Z. de O. 2003. Microalgas da praia de Carne de Vaca - Goiana - Pernambuco, Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*. Goiana: Pernambuco, v. 14/15, p. 1-17.
- CAMPOS, E. J. D., GONÇALVES, J. E., IKEDA, Y. 1995. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight – summer of 1991. *J. Geophys. Res.*, 100, 18537– 18550.
- CÂNDIDO, V. S.; SUZUKI, M. S.; NASCIMENTO, S. M. 2008. Variação espacial da comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Paraíba do Sul, R.J. III Congresso Brasileiro de Oceanografia. Fortaleza-CE, 20 a 24 de maio.
- CASTRO, S. M. DE; ALMEIDA, J. R DE. 2012. Dragagem e conflitos ambientais em portos clássicos e modernos: uma revisão. *Soc. e Nat.*, Vol. 24, No. 3, 519-534.
- CELINO, J. J; QUEIROZ, A. F. DE S. 2006. Fonte e grau da contaminação por hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs) de baixa massa molecular em sedimentos da baía de Todos os Santos, Bahia. *REM: R. Esc. Minas, Ouro Preto*, Vol. 59, nº 3: 265-270.
- CEPEMAR/VALE - Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda. 2010. Relatório de Impacto Ambiental da dragagem de aprofundamento do Complexo Portuário de Tubarão. Relatório Técnico 008/10.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2006. Norma Técnica L5.303 - Fitoplâncton de Água Doce - Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de Ensaio).
- CHAVES, T. B. C.; MAFALDA JR, P.; SANTOS, C.; SOUZA, C. S. DE; MOURA, G.; SAMPAIO, J.; MELO, G.; PASSAVANTE, J. Z. DE O.; FEITOSA, F. A. DE N. 2006. Biomassa planctônica e hidrografia na zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil. *Tropical oceanography (Revista online) Recife*, 34 (1):12-30.
- CIRANO, M.; LESSA, G. C. 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 25, p. 363-387.
- CNT – Confederação Nacional dos Transportes. 2006 - Pesquisa Aquaviária – Portos Marítimos: Longo Curso e Cabotagem. Brasília: Confederação Nacional do Transporte. Disponível em: <http://www.cnt.org.br>.

COMPTON'S INTERACTIVE ENCYCLOPEDIA. 1998. Edition, Disponível em: <http://www.learningco.com>.

CONSÓRCIO JDN –DRATEC. 2010. Relatório Diário de Obra. Obra de dragagem de aprofundamento da bacia de evolução do Porto de Aratu. Secretária Especial de Portos da Presidência da República.

CORRÊA, *et al.* 2010. Physicochemical and ecotoxicological evaluation of estuarine water quality during a dredging operation. Springer - J Soils Sediments vol., 10, 65–76.

CRA – CENTRO DE RESUSOS AMBIENTAIS, 2001. Avaliação das águas costeiras superficiais. Relatório Técnico, Avaliação Ambiental. Salvador, BA.

CRA – CENTRO DE RESUSOS AMBIENTAIS. 2004. Diagnóstico do grau de contaminação da Baía de Todos os Santos por metais pesado e hidrocarbonetos de petróleo a partir da análise das suas concentrações nos sedimentos de fundo e na biota associada – Volume I – Caracterização geral da Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico 0293-00-MA-008 R-02.

COWGILL, U.M. 1987. Changes in nitrogen, phosphorus and phytoplankton composition during the past decade in the Bay of Aratu, Salvador (Bahia). Braz. Arch. Hydrobiol., 111(1):1-14.

DA SILVA, E. M. 1994. Programa de monitoramento dos ecossistemas ao norte da Baía de Todos os Santos – Estudos hidrobiológicos. Relatório técnico-científico parcial. Salvador, BA.

DE REVIERS, B. DE. 2006. **Biologia e filogenia das algas**. Trad: Iara Maria Franceschini. Porto Alegre: Artimed. 280p.

DENER, R. B.; OHSE, S.; VILLELA, M.; CARVALHO, S. M. D; FETT, R. 2006. Microalgas, produtos e aplicações. Ciência Rural, Santa Maria, 36 (6): 1959-1967.

DECOURSEY P J, VERNBERG W B. 1975. The effect of dredging in a polluted estuary on the physiology of larval zooplankton. Water Research, 9(2): 149–154.

DIAS, K. A. 2003. Estudos das texturas sedimentares da superfície de fundo oceânico da Baía de Todos os Santos. 45p. Monografia (Graduação em Geologia) – Universidade Federal da Bahia.

DOMINGUEZ, J. M. L.; BITTENCOURT, A. C. DA S. P. 2009. Baía de Todos os Santos: Geologia, p. 28-66, *in* Hatje, V. e Andrade, J. B. (eds.), *Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos*. EDUFBA, 304p., Salvador, 2009.

ENGLER, R.; SAUNDERS, L.; WRIGHT, T. 1991. Environmental effects of aquatic disposal of dredged material. Environ. Prof., v. 13, p. 317-325.

ERFTEMEIJER, P.L.A., LEWIS III, R.R.R., 2006. Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. Marine Pollution Bulletin 52, 1553–1572.

ESTEVEES, F. de A. 1998. **Fundamentos de limnologia**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Interciência. 602p.

FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. 2004. DIATOM Associations in shelf waters off Paraná state, southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. *Brazilian journal of oceanography*, 52(1):19-34.

FERREIRA, L. C.; CUNHA, M. DA G. G. DA S.; KOENING, M. L. FEITOSA, F. A. DO N.; SANTIAGO, M. F.; MUNIZ, K. 2010. Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Acta bot. bras.* 24(1): 214-224.

FERREIRA, A.N., BERETA, M. & MAFALDA JR., P. 2012. Avaliação do impacto da dragagem sobre a associação fitoplanctônicas, do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. *Arq. Ciên. Mar, Fortaleza*, vol. 45, no. 1, 30-46.

GAETA, S. A.; RIBEIRO, S. M. S; METZLER, P. M.; FRANCO, M. S.; ABE, D. S. 1999. Environmental forcing on phytoplankton biomass and primary productivity of the coastal ecosystem in Ubatuba region, southern Brazil. *Rev. bras. oceanogr.*, 47(1):11-27.

GARCIA, M.; ODEBRECHT, C. 2008. Morphology and ecology of the planktonic diatom *Palmerina hardmaniana* (Greville) Hasle in southern Brazil. *Biota Neotrop.*, 8 (2): 85-90.

GOES FILHO, H. A. 2004. Dragagem e Gestão dos Sedimentos, Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil, COPPE/UFRJ, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 126p.

HATJE, V.; ANDRADE, J. B. DE. 2009. **Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos**. 304p.

HATJE, V.; BÍCEGO, M. C.; ANDRADE, J. B. DE. 2009. Contaminação química. In: HATJE, V.; ANDRADE, J. B. *Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos*. p.247-297.

HONORATO DA SILVA, M.; SILVA-CUNHA, M. da G. G. da; PASSAVANTE, J. Z. de O.; GREGO, C. K. da S.; MUNIZ, K. 2009. Estrutura sazonal e espacial do microfitoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. **Acta Bot. Bras.** v. 23, n. 2. ISSN: 0102-3306.

INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). 1992. Normais Climatológicas – 1961 a 1990. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 155 p.

JOLY, A. B. 1963. **Gênero de algas de água doce da cidade de São Paulo e arredores – suplemento 1**. São Paulo: Rickia, 188p.

JONES, A. M. 1997. *Environmental Biology*. Routledge: UK, p. 57-81.

JONGE, V. N. 1983. Relations between annual dredging activities, suspended matter concentrations and the development of the tidal regime in the Sem estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 40 : (Suppl. 1), 289-300.

KAREL, E. 1999. Ecological Effects of Dumping of Dredged Sediments; Options for Management. *Journal of Coastal Conservation*, Vol. 5, No. 1, p. 69-80.

KENNY, A.J., REES, H.L., 1994. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: early post-dredging recolonization. *Marine Pollution Bulletin* Vol. 28, no. 7, 442-447.

KENNY, A.J., REES, H.L. 1996. The effects of marine gravel extraction on the macrobenthos: results 2 years post-dredging. *Marine Pollution Bulletin* 32 (8/9), 615-622.

KOENING, M.L.; *et al.* 2003. Impacts of the construction of the Port of Suape on phytoplankton in the Ipojuca River Estuary (Pernambuco-Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology*. Vol. 46, n. 1:pp.73-81.

LACERDA, S. R.; KOENING, M. L.; NEUMANN-LEITÃO, S.; FLORES-MONTES, M. J. 2004. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá – Pernambuco – Brazil). *Braz. J. Biol.*,64(1):81-94.

LEÃO, C.S.; QUEIROZ, A.F.; CELINO, J.J.; HADLICH, G.M. 2005. Metais traços no ecossistema manguezal da Baía de Aratu. In: QUEIROZ, A. F. DE; CELINO, J. J., ed. *Recupetro-Proamb*, Salvador-Bahia. p. 233-245.

LEPS E SMILAUER, P. 1998. CANOCO Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows. Ithaca, Microcomputer Power, 352 p.

LESSA, G. C.; *et al.* 2001. The Tides and Tidal Circulation of Todos os Santos Bay, Northeast Brazil: a general characterization. *An. Acad. Bras. Cienc.* Vol. 73, no. 2, 245-261.

LESSA, G. C.; *et al.* 2009. Baía de Todos os Santos: Oceanografia física, p. 70-119, in Hatje, V. & Andrade, J. B. (eds.), *Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos*. EDUFBA, 304p., Salvador, 2009.

LEWIS, M.A., WEBER, D.E., STANLEY, R.S., MOORE, J.C. 2001. Dredging impact on an urbanized Florida bayou: effects on benthos and algal-periphyton. *Environmental Pollution* 115, 161-171.

LI, G. G.; WU Z. Y., YU Z. M. 2007. Effects of drawing water and dredging on Rotifera community in the West Lake, Hangzhou. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 31(3): 386-392.

LOPES, R. M.; DIAS, J. F.; GAETA, S. A. 2009. Ambiente pelágico. In: HATJE, V.; ANDRADE, J. B. DE. *Baía de Todos dos Santos: Aspectos oceanográficos*. Bahia: EDUFBA, p.121-155.

LOURENÇO, S. O. 2006. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Paulo: RiMa, 588p.

MAFALDA JR, P. O. ; SILVA, V. R. F . 1996. Caracterização do ictioplâncton do sistema estuarino laguanr de Jequiá, Alagoas. *Boletim de Estudos de Ciências do Mar*, Maceió, v. 9, p. 89-104.

- MAFALDA JR, P.O.; SOUZA, P.M DE; DA SILVA, E.M. *et al.* 2003. Estrutura hidroquímica e biomassa planctônica no Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*, Recife: v.31, n. 1, p. 31-51.
- MAFALDA JR, P.O., SINQUE, C. & MUELBERT, H. 2004. Associações de Larvas de Peixes na Costa Norte da Bahia. *Atlântica*. Rio Grande.
- MALTEZ, L. C. 2013. Impacto da dragagem na estrutura da comunidade ictioplanctônica na região adjacente ao Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. Recife, 104p. Dissertação (mestrado). Departamento de Oceanografia, Universidade Federal de Pernambuco.
- MARGALEF, R. 1989. *Ecologia*. Barcelona: Omega, 951p.
- MARINHO, M. M.; MOLICA, R. J.R.; JARDIM, F.A.I. 2005. **Cylindrospermopsis (Cyanobacteria) em Ecossistemas Brasileiros: Um novo desafio para o Gerenciamento Aquático**. In: *Lições de Limnologia*. São Carlos: RiMa, 14p.
- MARTINS, H. L. 1974. História da Evolução da Dragagem, Monografia III Curso de Tecnologia de Dragagem, Rio de Janeiro, Brasil.
- MATSUZAKI, M.; MUCCI, J. L. N.; ROCHA, A. A. 2006. Comunidade fitoplanctônica de um pesqueiro na cidade de São Paulo. *Rev. Saúde Pública* v. 38 n. 5, p.679-686.
- MELO-MAGALHÃES, E. M. De M.; ARAÚJO-BARBOSA, W.F. De A. 2008. Densidade fitoplanctônica na zona litorânea da Baía de Todos os Santos, p. 279-298, in Queiroz, A.F. De & Celino, J.J. (eds.), *Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos e biológicos*. Salvador: Recupetro-Proamb, 300p.
- MOLINARI, A.L.M.; MAFALDA Jr., P. O.; OLIVEIRA, O.C.; CERQUEIRA, W.R. 2007. Caracterização da comunidade fitoplanctônica da Baía de Todos os Santos, Bahia. *Anais VIII Congresso de Ecol. do Brasil*, Caxambu: MG.
- MONTE, S. S. J. DO; CAVALCANTI, O. N. 2001. O estudo do plâncton no ensino fundamental. 65p. Monografia (Especialização em Educação para Ciências) – Universidade Federal de Pernambuco.
- MOORE, PG. 1977. Inorganic particulate suspensions in the sea and their effects on marine animals. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 15: 225–363.
- MORAES, L. R. S. 1997. Saneamento ambiental. In: UFBA-NIMA. Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio-ambiental e subsídio para a gestão. Bahia: Germen, p.185- 196.
- NASCIMENTO, I. A.; SMITH, D. H.; PEREIRA, S. A.; SAMPAIO DE ARAUJO, M. M.; SILVA, M. A.; MARIANI, A. M. 2000. Integration of varying responses of different organisms to water and sediment quality at sites impacted and not impacted by the petroleum industry. *Aquatic Ecosystem health and management society*, v.3, p. 485-497.
- NAYAR, S., GOH, B.P.L., CHOU, L.M. 2004. Environmental impact of heavy metals from dredged and resuspended sediments on phytoplankton and bacteria assessed in in situ mesocosms. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 59, 349–369.

NEUMANN-LEITÃO S. 1994. Impactos antrópicos na comunidade zooplancônica estuarina. Porto de Suape – PE – Brasil. São Carlos, 273p. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.

NEUMANN, V.H.; MEDEIROS, C.; PARENTE, L.; NEUMANN-LEITÃO, S.; KOENING, M. L. 1998. Hydrodynamism, sedimentology, geomorphology and plankton changes at Suape area (Pernambuco - Brazil) after a port complex implantation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 70(2): 313-323.

NEWELL, R.C., SEIDERER, L.J., HITCHCOCK, D.R. 1998. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 36, 127–178.

NEWELL, R.C., SEIDERER, L.J., SIMPSON, N.M., ROBINSON, J.E., 2004. Impacts of marine aggregate dredging on benthic macrofauna of the South Coast of the United Kingdom. *Journal of Coastal Research* 20, 115–125.

NIENCHESKI, L. F. *et al.* 2008. Metais traço: Água. p.179-196. In: BAPTISTA NETO, J.A., WALLNER KERSANACH, M. & PATCHINEELAM, S.M. (Orgs.). *Poluição Marinha*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 412p.

OLIVEIRA, E. C. 2003. *Introdução à Biologia Vegetal*. 2. ed. São Paulo: EDUSP. 267p.

ODUM, E. P. *Ecologia*. 1988. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A. 434p.

PAREDES, J. F. & FREITAS, R. R. 1980. Dosagem de ferro nos sedimentos e interpretação da formação de espumas no estuário do Rio Jacuípe, quando da ocasião de cheias. *Ciência e Cultura*, 32(10):84-87.

PASSAVANTE, J. Z. de O.; FEITOSA, F. A. do N.; MACÊDO, S. J.; ARAGÃO, J. O. R.; NEUMANN-LEITÃO, S.; LINS, I. C. S. 2003. Produção, Biomassa fitoplanctônica, Climatologia e Hidrologia do Estuário do Rio Botafogo, Itapissuma, Pernambuco. *Boletim Técnico e Científico do CEPENE/IBAMA*. v. 11.

PATCHINEELAM, S.M., SOARES, C.R. & CALLIARI, L.J., 2008. Assoreamento, aterros e dragagens. P.335-349 In: BAPTISTA NETO, J.A., WALLNER KERSANACH, M. & PATCHINEELAM, S.M. (Orgs.). *Poluição Marinha*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 412p.

PEIXINHO, V. M. C. 1972. Estudos preliminares sobre o fitoplâncton da Baía de Aratu. *Dissertação de Mestrado*, Universidade de São Paulo, 81pp.

PEIXINHO, V. M. C.; PAREDES, J. F.; SIMAS, E. M. P. 1980. “Standing crop” na área estuarina SW da Baía de Todos os Santos. *Bolm Inst. oceanogr.*, S. Paulo, 29(2):283-289.

PEREIRA, M. A. G. 2008. Caracterização da hidrodinâmica do canal de Cotegipe e Baía de Aratu (Baía de Todos os Santos, BA). 46p. *Monografia (Graduação em Oceanografia) – Universidade Federal da Bahia*.



PIELOU, E. C. 1984. *The Interpretation of Ecological Data: a Primer on Classification and Ordination*. Wiley, New York, 263p.

PRÉAT, B. M. A. 2009. Algues et microfossiles problématiques du Dévonien Moyen Du Fondry des Chiens (bord sud du Synclitorium de Dinant, Belgique): implications paléobathymétriques. *Revue de micropaléontologie*. vol. 52 p. 249–263.

PROCOPIACK, L.K., FERNANDES, L.F.; MOREIRA-FILHO, H. 2006. Marine and estuarine diatoms (Bacillariophyta) from Parana, southern Brazil: check-list with emphasis on harmful species. *Biota Neotrop.*, v.6, n.3, p.1-28.

QUEIROZ, J. F. de Q.; TRIVINHO-STRIXINO, S.; NASCIMENTO, V. M. da C. 2000. Organismos bentônicos bioindicadores da qualidade das águas da bacia do médio São Francisco. **Comunicado técnico da Embrapa Meio Ambiente**. nº 3, nov.

QUEIROZ, A.F.S., CELINO, J. J. 2008. Impacto ambiental da indústria petrolífera em manguezais da região norte da Baía de Todos os Santos (Bahia, Brasil). *Boletim Paranaense de Geociências*, v. 62.

RAVEN, P. H.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. 2007. *Biologia vegetal*. 7ª ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 830p.

RAKOCINSKI, C.F., J. LYCZKOWSKI-SHULTZ, & S.L. RICHARDSON. 1996. Ichthyoplankton assemblage structure in Mississippi Sound as revealed by canonical correspondence analysis. *Estuarine, Coastal, and Shelf Science*, 43:237-257.

RICKLEFS, R. E. **A economia da natureza**. 2003. Quinta edição. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan S.A., 503p.

ROBINSON, J.E., NEWELL, R.C., SEIDERER, L.J., SIMPSON, N.M. 2005. Impacts of aggregate dredging on sediment composition and associated benthic fauna at an offshore dredge site in the southern North Sea. *Marine Environmental Research* 60, 51–68.

ROCHA, A. A. S. 2010. Efeito de Dragagem na comunidade zooplancônica da Baía de Aratu. Monografia de Graduação (Biologia) - Universidade Federal da Bahia.

ROUND, F. E. 1983. **Biologia das algas**. Rio de Janeiro: Guanabara dois S.A, 263p.

SÁNCHEZ-MOYANO, J.E., ESTACIO, F.J., GARCÍA-ADIEGO, E.M., GARCÁ-GÓMEZ, J.C. 2004. Dredging impact on the benthic community of an unaltered inlet in southern Spain. *Helgoland Marine Research* 58, 32–39.

SANT'ANNA, C. L.; AZEVEDO, M. T. DE P.; AGUJARO, L. F. CARVALHO, M. DO C.; CARVALHO, L. R. DE; SOUZA, R. C. R. DE. 2006. Manual ilustrado para identificação e contagem de cianobactérias planctônicas de águas continentais Brasileiras. Rio de Janeiro: Interciência. 58p.

SANTIAGO, M. F.; SILVA-CUNHA, M. DA G. G. DA; NEUMANN-LEITÃO, S.; COSTA, K. M. P. DA; PALMEIRA, G. C. B.; NETO, F. DE F. P.; NUNES, F. S. 2010. Phytoplankton

dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. *Brazilian journal of oceanography*, 58(3):189-205.

SANTOS, J. J. 1970. Plâncton da Baía de Todos os Santos, com especial referência aos Copépodos. Dissertação de Mestrado, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, 45p.

SARMENTO, H. M. P. DE M. 2001. **As algas como bioindicadores no contexto da Directiva Quadro Europeia para a água**. Rel. Estágio: Licenciatura em Biologia Aplicada. Universidade de Ciências: Braga. 46p.

SEI - Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 1999. Balanço Hídrico do Estado da Bahia. SEI, Salvador. 249p.

SHERK, J.A., JR. 1972. Current Status of the Knowledge of the Biological Effects of Suspended and Deposited Sediments in Chesapeake Bay. *Ches. Science*, Suppl. 13: S137-S144.

SILVA, A.P, NEUMANN-LEITÃO, S., SCHWAMBORN, R., GUSMÃO, L.M, ALMEIDA & SILVA, T. 2004. Mesozooplankton of an Impacted Bay in North Eastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(3): 485-493.

SILVA, L. DE M., 2008. Floração de *Trichodesmium* na costa brasileira. p.03-20 In: BAPTISTA NETO, J.A., WALLNER KERSANACH, M. & PATCHINEELAM, S.M. (Orgs.). *Poluição Marinha*. Rio de Janeiro, Editora Interciência, 412p.

SMEWW- Standard Methods for Examination of water and waster, 21<sup>a</sup> ed, 2005.

SMITH, R., BOYD, S. E., REES, H. L., DEARNALEY, M. P., STEVENSON, J. R. 2006. Effects of dredging activity on epifaunal communities – surveys following cessation of dredging. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 70, 207–223.

SOUZA, E. B. DE; COSTA, V. B. DA; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. DA. 2008. Microfitoplâncton de águas costeiras amazônicas: Ilha Canela (Bragança, PA, Brasil). *Acta bot. bras.* 22(3): 626-636.

STRICKLAND, J.D.; PARSONS, T.R. 1965. **A Manual of Seawater Analysis**. Bull. Fish. Res. Board. Can, v.125, p.1-205.

SZYMELFENIG, M., KOTWICKI, L., GRACA, B. 2006. Benthic re-colonization in postdredging pits in the Puck Bay (Southern Baltic Sea). *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 68, 489–498.

TAVARES, L. H. S.; ROCHA, O. 2003. **Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para a alimentação de organismos aquáticos**. São Carlos: Rima, 35p.

TEIXEIRA, L. 2009. Estudo das propriedades químicas dos rejeitos da dragagem do porto novo para utilização como solo fabricado para fins agrícolas. 95p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio Grande.

TER BRAAK, C.J.F; SMILAUER, P. 1998. **CANOCO Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows**. Microcomputer Power, Ithaca, USA. 352 p.

THONSEN, H. 1962. Masas de água características del Oceano Atlântico, parte sudoeste. *Serv.Hidr.Nav.*, H632:1-22.

TORRES, R. J. 2000. Uma Análise Preliminar dos Processos de Dragagem do Porto de Rio Grande, RS. 190p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Oceânica) – Universidade Federal do Rio Grande.

TUBELIS, A. 1984. **Meteorologia Descritiva. Fundamentos e Aplicações Brasileiras**. Nobel, Rio de Janeiro, 374p.

TUNDISI, J. G. 2006. Novas perspectivas para a gestão de recursos hídricos. *Rev. USP*, n.70, p. 24-35.

UFBA-NIMA. 1997. Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio-ambiental e subsídio para a gestão. Bahia: Germen. 244p.

VEADO, L.D.V. & C. RESGALLA JR. 2005. Alteração da comunidade zooplancônica do saco dos Limões após impacto das obras da via expressa sul - Baía Sul da Ilha de Santa Catarina. *Braz. J. Aquat. Sci. Technol.*, 9(2): 65-73.

VEIGA, M.B.; PROST, C. 2009. A pesca artesanal e os riscos derivados por transporte de óleo no município de Madre de Deus – BA. Universidade Federal da Bahia, Instituto de Geografia.

VENTURINI, *et al*, 2004. Characterization of the benthic environment of a coastal are adjacent to an oil refinery, Todos os Santos Bay (Ne-Brazil). *Brazilian journal of oceanography*, vol. 52, no. 2:123-134.

VIDOTTI, E. C.; ROLLEMBERG, M. do C. E. 2004. Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química. *Rev. Química Nova*, Vol. 27, No. 1, p. 139-145.

VILLAC, M. C.; CABRAL-NORONHA, V. A. DE P.; PINTO, T. DE O. 2008. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.*, vol. 8, no. 3: 151-173.

VILLAC, M. C.; TENENBAUM. 2010. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. *Biota Neotrop.*, 10 (2): 271-293.

WANG, X.Y., FENG, J. & LI, H. 2005. Research on variety of plankton community prior and post sediment dredging in Nanhu Lake, Changchun, *Journal of Northeast Normal University*, 37(3): 90–94.

WITT, J., SCHROEDER, A., KNUST, R. & ARNTZ, W.E. 2004. The impact of harbour sludge disposal on benthic macrofauna communities in the Weser estuary. *Helgoland Marine Research* 58, 117–128.

WU, Z. Y., YU Z. M., SHENG H. Y., XU J., HAN Y. C. & XU Y. T. 2008. Ecological effects of the dredging in the West Lake, Hangzhou. *Journal of Lake Sciences*, 20(3): 277–284.

YAMAGISHI-COSTA, J.; *et al.* 2014. Apostila de Sistemática de Cripitógamas. Universidade Federal de Uberlândia.

YOKOYA, N. S.; PLASTINO, E. M.; BRAGA, M. DO R.; FUJI, M. T.; CODEIROMARINO, M.; ESTON, V.; HARARI, J. 1999. Temporal and spatial variations in the structure of macroalgal communities associated with mangrove trees of Ilha do Cardoso, São Paulo state, Brazil. *Rev. brasil. Bot.*, São Paulo, 22 (2): 195-204.

ZAR, J.H. 1984. *Biostatistical Analysis*. New York, Prentice Hall.

ZHANG, S., ZHOU, Q., XU, D., LIN, J., CHENG, S. & WU, Z. 2010. Effects of sediment dredging on water quality and zooplankton community structure in a shallow of eutrophic lake. *Journal of Environmental Science*, 22(2), pp. 218-224.

ZIMMERMANN, S. J. C. 1916. *Flora Diamatologica - Salvador*. Anais 5° Congr. Bras. Geogr. Vol.1: 448- 461.

ZOCHE, J. J.; FREITAS, M.; QUADROS, K. E. DE. 2010. Concentração de Zn e Mn nos efluentes do beneficiamento de carvão mineral e em *Typha domingensis* pers (typhaceae). *R. Árvore*, Viçosa-MG, 34(1): 177-188.

## ANEXO 1 – ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES DUNN – QUALIDADE ÁGUA ARATU

Tabela com resultados da ANOVA de Friedman (p) e do Teste de Comparações Múltiplas de Dunn (p), para o estudo da variabilidade temporal da qualidade da água durante a atividade de dragagem no Porto de Aratu, Bahia (PRE, Pré-dragagem; DRAGA, Dragagem; POS, Pós-dragagem).

	PRE	DRAGA	POS	ANOVA	1 x 2	1 x 3	2 x 3
Temperatura	30,46	26,15	29,17	<b>0,0001</b>	<0,05		<0,05
Salinidade	36,88	34,42	34,83	<b>0,0001</b>	<0,05	<0,05	
Oxigênio	7,28	4,95	2,83	<b>0,0001</b>	<0,05	<0,05	<0,05
Ph	8,93	7,41	7,68	<b>0,0001</b>	<0,05		<0,05
Turbidez	2,33	2,33	1,33	0,1353			
Amônia	2,50	2,17	1,33	<b>0,0131</b>		<0,05	
Fósforo	0,02	0,04	0,04	<b>0,0018</b>	<0,05	<0,05	
Clorofila <i>a</i>	0,42	0,09	0,12	<b>0,0018</b>	<0,05	<0,05	

## ANEXO 2 – CATÁLOGO FITOPLANCTÔNICO ARATU

Tabela de composição taxonômica, número de espécies (S) e frequência de ocorrência (FO%) de fitoplâncton, obtidas na rede de 60 µm, durante a Pré-dragagem (PRE: 02.10.10), Dragagem (DRAGA: 09.10.10), Pós-dragagem (POS: 23.11.2011) no Porto de Aratu, Bahia.

ESPÉCIES	PRE	DRAGA	POS	FO%
<b>CYANOPHYTA – 6 espécies</b>				
<i>Gleocapsa sp</i>	X			33
<i>Lyngbya sp</i>	X	X	X	100
<i>Merismopedia sp</i>	X			33
<i>Microcystis sp</i>	X	X		66
<i>Oscillatoria sp</i>	X	X	X	100
<i>Pseudoanabaena</i>			X	33
<b>BACILLARIOPHYTA – 63 espécies</b>				
<i>Amphipleura pellucida</i>	X		X	66
<i>Amphora sp</i>			X	33
<i>Amphora ovalis</i>	X			33
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>			X	33
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	X			33
<i>Bleakeleya notata</i>			X	33
<i>Biddulphia pulchella</i>			X	33
<i>Biddulphia tridens</i>			X	33
<i>Chaetoceros affinis</i>			X	33

<i>Chaetoceros compressus</i>			X	33
<i>Chaetoceros complexus</i>		X		33
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		X	X	66
<i>Chaetoceros messanensis</i>			X	33
<i>Chaetoceros peruvianus</i>		X		33
<i>Chaetoceros sp1</i>	X			33
<i>Chaetoceros sp2</i>	X			33
<i>Climacosphenia moniligera</i>	X	X		66
<i>Coscinodiscus sp1</i>	X	X	X	100
<i>Coscinodiscus sp2</i>	X	X	X	100
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X		X	66
<i>Cymatopleura solea</i>	X			33
<i>Diadesmis confervacea</i>	X			33
<i>Eunotia sp</i>	X			33
<i>Eunotia femoriforme</i>			X	33
<i>Eunotia valida</i>			X	33
<i>Fragilaria delicatissima</i>	X			33
<i>Frustulia rhomboides</i>			X	33
<i>Frustulia saxonica</i>	X			33
<i>Grammatophora marina</i>	X	X		66
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X	X	100
<i>Gyrosigma balticum</i>	X		X	66
<i>Gyrosigma sp1</i>	X		X	66
<i>Gyrosigma sp2</i>			X	33
<i>Hemidiscus hardmanian</i>		X	X	66
<i>Isthmia enervis</i>	X	X		66
<i>Licmophora sp</i>			X	33
<i>Lioloma sp</i>			X	33
<i>Lyrella Lyra</i>	X		X	66
<i>Melchersiella hexagonalis</i>		X		33
<i>Navicula sp</i>	X	X	X	100
<i>Nitzschia acicularis</i>	X	X		66
<i>Nitzschia longissima</i>	X	X	X	100
<i>Nitzschia obtusa</i>	X			33
<i>Nitzschia paradoxa</i>	X		X	66
<i>Nitzschia sp</i>	X	X	X	100
<i>Nitzschia sigma</i>	X	X		66
<i>Nitzschia sigmoidea</i>			X	33
<i>Pleurosigma angulatum</i>	X	X	X	100
<i>Pleurosigma decorum</i>	X		X	66
<i>Pleurosigma sp</i>		X		40
<i>Pseudo-nitzschia sp</i>	X	X	X	100
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>			X	33

<i>Rhizosolenia imbricata</i>		X	X	66
<i>Rhizosolenia robusta</i>		X	X	66
<i>Rhizosolenia sp</i>		X		33
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X	X	100
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	X			33
<i>Synedra sp</i>	X	X	X	100
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			X	33
<i>Thalassionema sp</i>	X	X		66
<i>Triceratium favus</i>		X		33
<i>Tryblionella coarctata</i>	X		X	66
<i>Tryblionella sp</i>			X	33
<b>DINOPHYTA – 17 espécies</b>				
<i>Ceratium furca</i>	X	X	X	100
<i>Ceratium. fusus</i>	X	X	X	100
<i>Ceratium lineatum</i>			X	33
<i>Ceratium tripos</i>			X	33
<i>Ceratium setaceum</i>			X	33
<i>Ceratium sp1</i>	X	X	X	100
<i>Dinophysis caudata</i>	X	X	X	100
<i>Gonyaulax sp</i>			X	33
<i>Oxytoxum sp1</i>			X	33
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X	X	100
<i>Protoperidinium brevis</i>			X	33
<i>Protoperidinium conicum</i>	X	X	X	100
<i>Protoperidinium divergens</i>		X	X	66
<i>Protoperidinium oviformes</i>	X	X		66
<i>Protoperidinium pallidum</i>			X	33
<i>Protoperidinium sp1</i>			X	33
<i>Chlamydomonas sp</i>	X	X	X	100
<b>CHLOROPHYTA – 4 espécies</b>				
<i>Chlorella sp</i>			X	33
<i>Lagerheimia sp</i>	X			33
<i>Mougeotia sp</i>		X	X	66
<i>Tetraedron sp</i>	X			33
<b>EUGLENOPHYTA – 1 espécie</b>				
<i>Euglena acus</i>		X	X	66
<b>Número de espécies (S)</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>61</b>	

### ANEXO 3 – INDICES ESTRUTURAIS ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA ARATU

Abundância relativa dos índices estruturais da assembleia de fitoplâncton capturadas com rede de 50 µm, durante a dragagem do Porto de Aratu, BTS, Bahia. (Pré-dragagem, PRE; Dragagem, DRAGA; Pós-dragagem, PÓS).

ÍNDICES ESTRUTURAIS	PRE	DRAGA	POS	Total
Abundância de fitoplâncton	9984090	18811599	2970300	31765989
Abundância relativa (%)	31	59	9	100
Número total de táxons	50	40	61	90
Número total relativo (%)	33	26	40	100
Abundância microalgas (%)	90	93	95	
Abundância cianobactérias (%)	10	8	5	

### ANEXO 4 – ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS DE DUNN – ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA ARATU

Resultados da ANOVA de Friedman (p) e do Teste de Comparações Múltiplas de Dunn (p), para o estudo da variabilidade temporal da estrutura da assembleia fitoplanctônica, baseado na mediana, durante a atividade de dragagem no Porto de Aratu, Bahia (PRE, Pré-dragagem; DRAGA, Dragagem; POS, Pós-dragagem).

	PRE	DRAGA	POS	ANOVA	1 x 2	1 x 3	2 x 3
Número de espécies	23	19	25	0.1441			
Índice Riqueza de Margalef	3,7	3	4,6	<b>0.0087</b>			<0,05
Biovolume total (ml/m <sup>3</sup> )	2,5	5,9	0,6	<b>0.0005</b>		<0,05	<0,05
Densidade total (cel/L)	281	800	59	<b>0.0001</b>		<0,05	<0,05
Densidade de Bacillariophyta	264	752	51	<b>0.0001</b>		<0,05	<0,05
Densidade de Dynophyta	5	11	0	<b>0.0001</b>		<0,05	<0,05
Densidade de Chlorophyta	9	36	0	<b>0.0001</b>		<0,05	<0,05
Densidade de Euglenophyta	0	1	0	<b>0.0014</b>	<0,05		<0,05
Densidade de Cyanophyta	2	0	8	<b>0.0007</b>			<0,05



## ANEXO 5 – CONCENTRAÇÃO METAIS TRAÇO ARATU

Metais traço Zinco (Zn-mg/Kg 10<sup>2</sup>); Cromo (Cr-mg/Kg); Ferro (Fe-mg/Kg 10<sup>3</sup>); Manganês (Mn-mg/Kg 10<sup>2</sup>) mensurados durante a dragagem do Porto de Aratu, BTS, Bahia. (Pré-dragagem, PRE; Dragagem, DRAGA; Pós-dragagem, POS). Valores abaixo do limite de detecção pelo método empregado de mensuração identificado como < LDM. (B, maré vazante; A, maré enchente).

Estações Amostrais	Zinco (mg/Kg 10 <sup>2</sup> )			Cromo (mg/Kg10 <sup>2</sup> )			Ferro (mg/Kg 10 <sup>3</sup> )			Manganes (mg/Kg 10 <sup>2</sup> )		
	PRE	DRA	POS	PRE	DRA	POS	PRE	DRA	POS	PRE	DRA	POS
<b>1B</b>	1,18	3,87	1,31	1,74	0	< LDM	1,53	5	2,95	0,84	3,33	< LDM
<b>2B</b>	0,69	1,87	3,08	1,24	2,33	< LDM	9,26	9,65	3,8	7,24	5	0,23
<b>3B</b>	0,27	1,72	1,65	1,66	0	< LDM	6,58	4,96	8,93	4,74	5,08	3,54
<b>4B</b>	0,23	2,08	2,26	1,3	0,11	< LDM	6,18	11	4,31	4,58	5,14	1,7
<b>5B</b>	0,14	2,04	1,58	0,94	0,78	< LDM	9,06	11	7,6	5,4	5,53	3,83
<b>6B</b>	0,2	2,15	5,47	1,01	0	< LDM	8,83	11,4	6,5	5,56	6,36	2,73
<b>1A</b>	< LDM	< LDM	2,12	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	7,16	< LDM	< LDM	2,79
<b>2A</b>	< LDM	< LDM	6,52	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	5,53	< LDM	< LDM	1,44
<b>3A</b>	< LDM	< LDM	0,7	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	9,88	< LDM	< LDM	2,78
<b>4A</b>	< LDM	< LDM	1,9	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	6,43	< LDM	< LDM	2,11
<b>5A</b>	< LDM	< LDM	1,2	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	9,15	< LDM	< LDM	3,49
<b>6A</b>	< LDM	< LDM	2,2	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	< LDM	8,2	< LDM	< LDM	4,33

## ANEXO 6 - ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES DUNN – QUALIDADE DA ÁGUA SALVADOR

Resultados da ANOVA de Friedman (p) e do Teste de Comparações Múltiplas de Dunn (p), para o estudo da variabilidade temporal da qualidade da água durante a atividade de dragagem no Porto de Salvador, Bahia (PRE, Pré-dragagem; DRAGA, Dragagem; POS, Pós-dragagem).

	PRE	DRAGA	POS	ANOVA	1 x 2	1 x 3	2 x 3
Temperatura	27,4	27,4	28,0	>0,05			
Salinidade	35,5	35,7	35,3	>0,05			
Oxigênio	5,7	3,2	5,5	0,0001	<0,05		<0,05
pH	8,3	6,8	8,2	0,0001	<0,05	<0,05	<0,05
Turbidez	2,0	2,0	1,2	0,0001		<0,05	<0,05
Amônia	0,20	0,01	0,05	0,0001	<0,05	<0,05	<0,05
Fósforo	0,0002	0,004	0,0153	0,0001	<0,05	<0,05	<0,05
Clorofila <i>a</i>	0,1567	0,0617	0,0833	0,0005	<0,05	<0,05	

## ANEXO 7 - CATÁLOGO FITOPLANCTÔNICO SALVADOR

Composição taxonômica, número de espécies (S) e frequência de ocorrência (FO%) de fitoplâncton, obtida na rede de 50 µm, durante a Pré-dragagem (PRÉ: 13.03.10), Dragagem (DRAGA: 27.10.10), Pós-dragagem (POS: 07.12.11), no Porto de Salvador, Bahia.

ESPÉCIES	PRE	DRAGA	POS	FO%
<b>DIVISÃO CYANOPHYTA – 4 espécies</b>				
<i>Lyngbya sp</i>	X		X	66
<i>Microcystis sp</i>		X		33
<i>Oscillatoria sp</i>	X	X	X	100
<i>Pseudanabaena sp</i>			X	33
<b>DIVISÃO BACILLARIOPHYTA – 69 espécies</b>				
<i>Actinocyclus splendens</i>	X			33
<i>Actinocyclus undulatus</i>			X	33
<i>Actinocyclus sp</i>				20
<i>Amphipleura pellucida</i>	X		X	66
<i>Amphora sp</i>	X			33
<i>Arachnoidiscus sp</i>			X	33
<i>Asterionella japonica</i>			X	33
<i>Asterionella notata</i>	X			33
<i>Bacteriastrum delicatulum</i>			X	33
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	X	X	X	100
<i>Bacteriastrum sp</i>	X	X		66

<i>Bleakeleya notata</i>		X	X	66
<i>Campylodiscus sp</i>	X			33
<i>Chaetoceros affinis</i>			X	33
<i>Chaetoceros brevis</i>			X	33
<i>Chaetoceros coarctatus</i>			X	33
<i>Chaetoceros convolutus</i>		X	X	66
<i>Chaetoceros curvisetus</i>			X	33
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>			X	33
<i>Chaetoceros sp1</i>	X	X	X	100
<i>Chaetoceros sp2</i>			X	33
<i>Climacosphenia moniligera</i>	X		X	66
<i>Cocconeis sp</i>	X			33
<i>Coscinodiscus sp1</i>	X	X	X	100
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	X	X	100
<i>Diploneis sp1</i>			X	33
<i>Diploneis sp2</i>			X	33
<i>Diplopsalis lenticula</i>				
<i>Ditylum brightwellii</i>			X	33
<i>Ditylum sp</i>			X	33
<i>Frustulia rhomboides</i>			X	33
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X	X	100
<i>Gyrosigma acuminatum</i>			X	33
<i>Gyrosigma balticum</i>	X		X	66
<i>Gyrosigma sp1</i>	X		X	66
<i>Hemiaulus membranaceus</i>		X	X	66
<i>Hemidiscus hardmanian</i>	X	X	X	100
<i>Isthmia enervis</i>		X	X	66
<i>Lioloma sp</i>			X	33
<i>Lyrella Lyra</i>	X			33
<i>Melosira moniliformis</i>			X	33
<i>Melosira sp</i>			X	33
<i>Navicula sp1</i>	X	X	X	100
<i>Nitzschia acicularis</i>	X			33
<i>Nitzschia paradoxa</i>	X		X	66
<i>Nitzschia sp</i>	X		X	66
<i>Nitzschia sigma</i>	X	X		66
<i>Nitzschia sigmoidea</i>			X	33
<i>Paralia sulcata</i>			X	33
<i>Pinnularia sp</i>	X			33
<i>Planktoniella sol</i>			X	33
<i>Pleurosigma angulatum</i>	X	X	X	100

<i>Pleurosigma decorum</i>	X		X	66
<i>Pleurosigma sp</i>	X			33
<i>Pseudo-nitzschia sp</i>		X	X	66
<i>Pseudo-nitzschia pungens</i>		X		33
<i>Rhabdonema adriaticum</i>			X	33
<i>Rhizosolenia alata</i>			X	33
<i>Rhizosolenia calcar-avis</i>			X	33
<i>Rhizosolenia imbricata</i>	X	X	X	100
<i>Rhizosolenia robusta</i>		X	X	66
<i>Rhizosolenia sp</i>			X	33
<i>Skeletonema costatum</i>			X	33
<i>Surirella fastuosa</i>	X		X	66
<i>Surirella linearis</i>	X			33
<i>Synedra sp</i>	X		X	66
<i>Triceratium favus</i>	X		X	66
<i>Triceratium antediluvianum</i>	X			33
<i>Tryblionella sp</i>	X			33
<b>DIVISÃO DINOPHYTA – 16 espécies</b>				
<i>Ceratium eucarquatum</i>	X	X		66
<i>Ceratium candelabrum</i>			X	33
<i>Ceratium furca</i>	X	X	X	100
<i>Ceratium. fusus</i>	X	X	X	100
<i>Ceratium pentagonum</i>			X	33
<i>Ceratium tripos</i>		X	X	66
<i>Ceratium sp</i>	X	X	X	100
<i>Dinophysis caudata</i>	X	X	X	100
<i>Gonyaulax sp</i>			X	33
<i>Ornithocercus sp</i>		X		33
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X	X	100
<i>Protoperdinium conicum</i>	X	X	X	100
<i>Protoperdinium divergens</i>			X	33
<i>Protoperdinium oviforme</i>		X	X	33
<i>Protoperdinium sp</i>	X			33
<i>Pyrocystis sp</i>			X	33
<b>DIVISÃO CHLOROPHYTA – 4 espécies</b>				
<i>Characium sp</i>			X	33
<i>Chlamydomonas sp</i>	X	X	X	100
<i>Cosmarium sp</i>			X	33
<i>Mougeotia sp</i>	X	X	X	100
Número de espécies (S)	45	32	72	149

## ANEXO 8 – INDICES ESTRUTURAIS ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA SALVADOR

Abundância relativa dos índices estruturais da assembléia de fitoplâncton capturadas com rede de 50 µm, durante a dragagem do Porto de Salvador, BTS, Bahia. (Pré-dragagem, PRE; Dragagem, DRAGA; Pós-dragagem, PÓS).

INDICES ESTRUTURAIS	PRE	DRAGA	POS	Total
Abundância de fitoplâncton	1989	14409	1077	17475
Abundância relativa (%)	11	82	6	100
Número total de táxons	45	32	72	93
Número total relativo (%)	30	21	48	100
Abundância microalgas (%)	96	94	96	
Abundância cianobactérias (%)	4	6	4	

## ANEXO 9 - ANOVA DE FRIEDMAN E TESTE COMPARAÇÕES DUNN – ASSEMBLEIA FITOPLANCTÔNICA SALVADOR

Resultados da ANOVA de Friedman (p) e do Teste de Comparações Múltiplas de Dunn (p), para o estudo da variabilidade temporal da estrutura da comunidade fitoplanctônica, baseado na mediana, durante a atividade de dragagem no Porto de Salvador, Bahia (PRÉ, Pré-dragagem; DRAGA, Dragagem; PÓS, Pós-dragagem).

	PRE	DRAGA	POS	ANOVA	1 x 2	1 x 3	2 x 3
Número de espécies	17	15	33	<b>0.0005</b>		<0.05	<0.05
Índice Riqueza de Margalef	2.8	2.2	5.8	<b>0.0005</b>		<0.05	<0.05
Biovolume total (ml/m <sup>3</sup> )	1,4	14	90	< <b>0.0001</b>		<0.05	<0.05
Densidade total (cel/L)	166	1201	90	< <b>0.0001</b>	<0.05		<0.05
Densidade de Bacillariophyta	93	97	88	< <b>0.0001</b>		<0.05	<0.05
Densidade de Dynophyta	2	1	9	< <b>0.0001</b>		<0.05	<0.05
Densidade de Chlorophyta	3	2	1	<b>0.0087</b>		<0.05	
Densidade de Cyanophyta	0,2	0,4	0,8	<b>0.0005</b>		<0.05	<0.05

## ANEXO 10 – CONCENTRAÇÕES METAIS TRAÇO SALVADOR

Metais traço Zinco (Zn-mg/Kg 10<sup>2</sup>); Ferro (Fe-mg/Kg 10<sup>3</sup>); Manganês (Mn-mg/Kg 10<sup>2</sup>) mensurados durante a dragagem do Porto de Salvador, BTS, Bahia. (Pré-dragagem, PRE; Dragagem, DRAGA; Pós-dragagem, POS). Valores abaixo do limite de detecção pelo método empregado de mensuração identificado como < LDM. (B, maré vazante; A, maré enchente).

Estações Amostrais	Zinco (mg/Kg 10 <sup>2</sup> )			Ferro (mg/Kg 10 <sup>3</sup> )			Manganês (mg/Kg 10 <sup>2</sup> )		
	PRE	DRAGA	POS	PRE	DRAGA	POS	PRE	DRAGA	POS
<b>1B</b>	< LDM	1,41	0,11	3,59	4,33	3	1,27	0,97	< LDM
<b>2B</b>	< LDM	0,99	0,88	1,79	2,44	0,92	1,07	0,64	< LDM
<b>3B</b>	< LDM	0,22	< LDM	5,66	7,74	1,64	1,54	1,17	< LDM
<b>4B</b>	< LDM	1,19	0,21	1,27	8,58	1,08	0,77	1,93	< LDM
<b>5B</b>	< LDM	1,36	< LDM	3,79	1,17	2,2	1,5	2,32	< LDM
<b>6B</b>	< LDM	1,63	0,05	1,07	5,78	2,27	0,87	1,18	< LDM
<b>1A</b>	< LDM	1,07	< LDM	1,74	4,37	0,64	1,52	1,21	< LDM
<b>2A</b>	< LDM	1,16	0,55	1,81	3,34	4,57	0,86	0,9	< LDM
<b>3A</b>	< LDM	0,48	< LDM	3,98	2,41	1,36	1,38	0,92	< LDM
<b>4A</b>	< LDM	0,71	0,88	0,91	5,26	1,14	1,05	1,07	< LDM
<b>5A</b>	< LDM	0,03	< LDM	1,3	9,86	0,4	1,27	1,54	< LDM
<b>6A</b>	< LDM	1,53	0,06	2,12	7,12	0,95	2,03	1,71	< LDM