



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOQUÍMICA:
PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE – POSPETRO**

ALINE NOGUEIRA FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA DRAGAGEM SOBRE A
ASSOCIAÇÃO FITOPLANCTÔNICA DO PORTO DE ARATU, BAÍA
DE TODOS OS SANTOS, BAHIA.**

Salvador
2011

ALINE NOGUEIRA FERREIRA

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA DRAGAGEM SOBRE A
ASSOCIAÇÃO FITOPLANCTÔNICA DO PORTO DE ARATU, BAÍA
DE TODOS OS SANTOS, BAHIA.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geoquímica: Petróleo e Meio Ambiente - POSPETRO, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Junior
Co-orientadora: Profa. Dra. Magda Beretta

Salvador
2011

F383 Ferreira, Aline Nogueira.
Avaliação do impacto da dragagem sobre associação
fitoplanctônica do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos /
Aline Nogueira Ferreira. - Salvador, 2011.
73f.

Orientador: Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Junior.

Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-graduação em Geoquímica:
Petróleo e Meio Ambiente - POSPETRO, Instituto de Geociências,
Universidade Federal da Bahia, 2011.

1. Fitoplâncton marinho – Aratu, Baía de (BA.). 2. Química da água.
3. Oceanografia dos estuários. 3. T I. Mafalda Junior, Paulo de Oliveira.
II. Universidade Federal da Bahia. Instituto de Geociências. III. Título.

CDU: 556.541(813.8)

Aline Nogueira Ferreira

**AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA DRAGAGEM SOBRE A ASSOCIAÇÃO
FITOPLANCTÔNICA DO PORTO DE ARATU, BAÍA DE TODOS OS SANTOS,
BAHIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

Submetida em satisfação parcial dos requerimentos do grau de

MESTRE EM GEOQUÍMICA: PETRÓLEO E MEIO AMBIENTE

À câmara de Ensino de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal da Bahia

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Jr.
Orientador
Departamento de Zoologia – UFBA

Prof. Dra. Solange Pereira
Departamento de Biologia - UFBA
Titular

Prof. Dra. Christiane Sampaio de Souza
Departamento de Zoologia
Titular

Defesa pública: 07 de fevereiro de 2010

**Salvador-Bahia
Fevereiro-2011**

Dedico esta dissertação aos meus pais:

***Adauto Alexandre Ferreira &
Lígia Maria Nogueira Ferreira***

Que durante minha trajetória sempre estiveram presentes, participativos e incentivadores, sem medir esforços, para que eu obtivesse sucesso em todos os caminhos que traçasse.

AGRADECIMENTOS

Aproveito esta oportunidade para lembrar daqueles que contribuíram em todas as etapas da minha formação.

Agradeço a Deus pelo dom da vida, pela saúde, pela ciência..., por me permitir alcançar esta etapa, acreditando sempre no possível, com muita fé.

À minha família, meus pais Aduino e Lígia, pelo companheirismo, paciência e esforço em tornar possível minha realização. Minhas irmãs Áurea, Isabel e Silvia e meus sobrinhos pelo enriquecimento em minha vida, pelo amor e carinhos doados, pelas vibrações positivas.

Ao meu noivo Danilo Costa por sempre acreditar no meu potencial, pela compreensão nas minhas ausências, por dividir os momentos de angústia, tristeza, dificuldades, alegrias e vitórias, com palavras incentivadoras.

Ao meu orientador Paulo Mafalda, um verdadeiro mestre, dotado de sabedoria, ciência, sempre pronto a discutir alternativas para o trabalho. Pela ajuda incessante, pelas oportunidades e pelos valiosos conhecimentos transmitidos.

À minha co-orientadora Magda Beretta pelos dados disponibilizados e ajuda durante o trabalho.

Ao corpo de professores do Pospetro, em especial ao Professor Joil José Celino pelos esclarecimentos, apoio, nas fases iniciais do trabalho e principalmente pela boa vontade quando precisei da sua ajudar.

Ao professor Ernande Melo de Oliveira, pela contribuição e direcionamento no caminho do sucesso.

À equipe do laboratório de Plâncton, à professora Christiane Sampaio de Souza e aos alunos Lucas, Juliana, Igor... pela ajuda na realização dos trabalhos de campo.

Aos profissionais do laboratório do NEA/LEPETRO, Jorge, Sarah, Marcos, Gisele, Dani, pelas horas dedicadas às minhas análises químicas, pela divisão do pequeno espaço em virtude dos longos trabalhos de microscopia. À Karina Garcia por ceder espaço, equipamentos e materiais para minhas análises, além da ajuda nos momentos que precisei.

Aos funcionários do NEA/LEPETRO, Izabel, Cícero, Naná, Célia, por estarem sempre dispostos em nos prestar auxílio.

A todos que de alguma forma cederam uma parcela de carinho, esforço, incentivo para a realização deste trabalho.

“Sempre surpreendeu-me a perfeição estética de certos organismos microscópicos; o exato equilíbrio geométrico de muitos deles, aliado a complexidade estrutural ímpar, com portentosas minúcias de detalhes morfológicos, que chama a atenção do observador que chega a esquecer-se por alguns instantes do objetivo científico do seu trabalho para deleitar-se com os requintes de estética exibidos sob as poderosas lentes do microscópio”

Samuel Murgel Branco

RESUMO

Na área de influência da dragagem de aprofundamento do Porto de Aratu, localizado na Baía de Todos os Santos, o padrão da estrutura da associação fitoplanctônica (composição, riqueza, abundância relativa, frequência de ocorrência e densidade), estrutura oceanográfica (temperatura e salinidade), nutricional (fósforo e nitrogênio), qualidade da massa de água (pH, oxigênio dissolvido e turbidez) e metais traços (Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco), foram empregados visando uma interpretação comparativa dos efeitos desta dragagem, cujos resultados serão utilizados para avaliar a recuperação ambiental do ecossistema pelágico. Foram realizadas duas campanhas nos meses de fevereiro (final do período seco) e setembro (final do período chuvoso), em maré vazante e enchente. Foram identificadas 50 espécies no porto de Aratu, antes do processo de dragagem e 40 espécies durante a dragagem, sendo as *Bacillariophyta* as representantes com maior abundância relativa e riqueza em relação aos demais grupos de microalgas. Este estudo indicou diminuição da riqueza específica e elevação da densidade durante a fase de dragagem. A composição da associação fitoplanctônica refletiu a variabilidade temporal observada nas características oceanográficas da massa de água provocada pelo gradiente pluviométrico e na qualidade da água provavelmente em função da atividade de dragagem, havendo uma clara separação entre a fase de Dragagem (período seco) e a fase de Pré-dragagem (período chuvoso).

Descritores: Composição Fitoplanctônica, Fatores Oceanográficos, Índices Ecológicos, Porto de Aratu.

ABSTRACT

In the area of influence of dredging to deepen the Port of Aratu, located in the Todos os Santos Bay the pattern of the structure of phytoplankton association (composition, richness, relative abundance, frequency and density), oceanographic structure (temperature and salinity), nutrient (phosphorus and nitrogen), water quality (pH, dissolved oxygen and turbidity) and trace metal (Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco) were used aiming at a comparative interpretation of the effects of dredging, which would be used to assess the environmental recovery of the pelagic ecosystem. There were two campaigns in February (late dry season) and September (end of rainy season), in ebb and flood. We identified 50 species in the Port of Aratu, before the dredging process and 40 species during dredging, the Bacillariophyta were the representatives with the highest relative abundance and richness compared to other groups of microalgae. This study indicated a decrease of species richness and density increase during the dredging. The composition of phytoplankton association reflected the observed temporal variability in oceanographic characteristics of the water caused by the gradient of rainfall and water quality probably due to the dredging activity and a clear separation between the phase of dredging (dry season) and phase Pre-dredging (rainy season).

Keywords: Phytoplankton Composition, Oceanographic Factors, Ecological Index, Port of Aratu.

LISTA DE FIGURAS INTRODUÇÃO E METODOLOGIA

FIGURA 1 – Baía de Todos os Santos e suas feições.....	16
FIGURA 2 – Vista aérea do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.	18
FIGURA 3 - Localização das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.	25

LISTA DE FIGURAS CAPÍTULO 1

FIGURA 1 - Localização das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.	33
FIGURA 2 – Diagrama T-S para as estações de amostragem da Pré-dragagem (PD) e da Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	34
FIGURA 3 – Temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido, na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente).....	37
FIGURA 4 – Concentrações de metais traços (Zinco, Ferro, Manganês e Níquel), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente)	38
FIGURA 5 – Concentrações de metais traços (e Cobre), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente)	39
FIGURA 6 – Turbidez e concentrações de nutrientes (nitrogênio total e fósforo total), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente).	40
FIGURA 7 - Riqueza do fitoplâncton (Índice de Riqueza de Margalef - IRM) e Biomassa (mL/m ³), nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	43
FIGURA 8 - Abundância relativa das divisões fitoplanctônicas, nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.	44
FIGURA 9 - Densidade total de fitoplâncton (org/L), nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	45
FIGURA 10 - Agrupamento das estações de amostragem, para a ocorrência qualitativa de fitoplâncton, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia (A, maré enchente; B, maré vazante).....	46
FIGURA 11 - Agrupamento das espécies de fitoplâncton no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.	47
FIGURA 12 - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando a associação fitoplanctônica, com a estrutura da massa de água, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.	48

LISTA DE TABELAS INTRODUÇÃO E METODOLOGIA

TABELA 1 – Localização geográfica das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	26
---	----

LISTA DE TABELAS CAPÍTULO 1

TABELA I – Localização geográfica das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	33
TABELA II – Média (número de amostras) e teste “t” de Student das variáveis oceanográficas e metais traços na água obtidos durante a pré-dragagem (período seco) e a dragagem (período chuvoso), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	35
TABELA III– Ocorrência de táxons fitoplanctônicos, obtidos na rede de 50 µm, durante a Pré-dragagem e a Dragagem, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.....	41

LISTA DE SIGLAS

AR – Análise de Redundância
BTS – Baía de Todos os Santos
C – Carbono
Cr – Cromo
Cu – Cobre
DCCA – Análise de Correspondência Canônica
Dens. - Densidade
DR – Dragagem
FAPESB - Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia
FAPEX - Fundação de apoio à pesquisa e à extensão
GPS – Global Position System
LDM – Limite de Detecção do Método
LEPETRO – Laboratório de Estudos do Petróleo
Mn – Manganês
N – Nitrogênio
NEA – Núcleo de Estudos Ambientais
Ns – Não significativo
O – Oxigênio
P – Fósforo
PD – Pré-dragagem
RDA – Análise de Redundância
Sg- Significativo
SW – Sudoeste
UFBA – Universidade Federal da Bahia
UPS – Unidade Prática de Salinidade
UTM – Universo Transverso de Mercator
Zn – Zinco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS	15
1.2 ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS FITOPLANCTÔNICOS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS	19
1.3 FITOPLÂNCTON E OS IMPACTOS DA DRAGAGEM	20
2. MATERIAIS E MÉTODOS	25
2.1 ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM	25
2.2 AMOSTRAGEM E ANÁLISES LABORATORIAIS	26
2.3 TRATAMENTO DOS DADOS	27
2.3.1 Densidade	27
2.3.2 Abundância relativa	27
2.3.3 Frequência de ocorrência	27
2.3.4 Análise de Riqueza específica	27
2.3.5 Análise Inferencial	27
2.3.6 Análise de classificação	28
2.3.7 Análise de ordenação	28
2.3.7.1 Formatação das Matrizes de Plâncton	28
2.3.7.2 Análise Canônica de Correspondência não Tendenciosa (DCCA)	28
2.3.7.3 Análise de Redundância (RDA)	29
3. AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA DRAGAGEM SOBRE ASSOCIAÇÃO FITOPLANCTÔNICA DO PORTO DE ARATU, BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA	30
3.1 RESUMO / ABSTRACT	30
3.2 INTRODUÇÃO	31
3.3 MATERIAIS E MÉTODOS	32
3.4 RESULTADOS	34
3.4.1 Variáveis Oceanográficas	34
3.4.2 Metais-traço e nutrientes	36
3.4.3 Associação Fitoplanctônica	41

3.5 DISCUSSÃO	49
3.5.1 Oceanografia e Meteorologia	49
3.5.2 Metais-traço e nutrientes	50
3.5.3 Ocorrência e abundância da associação fitoplanctônica	51
3.5.4 Distribuição temporal do fitoplâncton	52
3.5.5 Classificação e ordenação do fitoplâncton	52
3.6 CONCLUSÕES	53
3.7 AGRADECIMENTOS	54
3.8 REFERÊNCIAS	54
4. CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	61

ANEXOS

ANEXO 1- Coordenadas geográficas e dados hidrográficos das estações de amostragem na área de influência do Porto de Aratu, BTS, Bahia, em 03.02.10 (superior) e 02.09.2010 (inferior). (A = maré alta; B = maré baixa). 71

ANEXO 2. Concentração de metais-traço e nutrientes mensurados durante a maré vazante, no Porto de Aratu, BTS, Bahia, em 03.02.10, pré-dragagem (PD - superior) e em 02.09.10 (DR – inferior). 72

1. INTRODUÇÃO

A água é o recurso natural mais 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).

Com o desenvolvimento econômico e a complexidade da organização das sociedades, esses ambientes favoráveis ao crescimento da economia, de uma maneira geral, tendem a sofrer inúmeras alterações, principalmente relacionados a qualidade da água. O efeito cumulativo em nome do desenvolvimento tem acarretado aos espaços de convivência humana uma taxa cada vez maior de comprometimento e degradação ambiental (AMANCIO, 2005; TUNDISI, 2006). 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.

Em regiões que apresentam portos e indústrias há comumente o lançamento de substâncias na água e/ou como aerossóis que podem apresentar elevado potencial de persistência e bioacumulação. Segundo Karel (1999) e Torres (2000) a atividade de 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.

Para os organismos, como o fitoplâncton, a composição físico-química do meio é um fator de grande influência sobre sua distribuição, reprodução e crescimento, que pode promover indesejáveis florações ou limitar certas espécies (VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004; RAVEN *et al*, 2007). Muitos ecologistas vinculam o aumento da frequência de florações tóxicas marinhas, nos últimos anos, ao declínio global da qualidade da água, ocasionado pelo aumento das populações humanas e atividades antrópicas (RAVEN, *et al*, 2007).

Assim, este trabalho objetivou monitorar a associação fitoplanctônica presente no entorno do Porto de Aratu, na Baía de Todos os Santos (BTS), antes e durante a dragagem, visando correlacionar a sua estrutura (composição, abundância relativa, frequência de ocorrência, densidade, riqueza e diversidade), 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), visando uma interpretação ecotoxicológica do impacto do processo de dragagem sobre a microflora.

Os resultados deste estudo realizado no entorno do Porto de Aratu, estão organizadas no Capítulo I deste trabalho, que descreve as espécies fitoplanctônicas identificadas, os índices ecológicos, variáveis oceanográficas, concentrações de metais e nutrientes, com o devido tratamento estatístico que elabora um estudo comparativo entre o período de pré-dragagem e dragagem, com as possíveis semelhanças e divergências entre os períodos citados. Posteriormente este capítulo será disponibilizado à comunidade científica através da revista Arquivos de Ciências do Mar.

1.1 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDOS

A Baía de Todos os Santos (BTS) (Figura 1) é considerada a maior baía navegável do litoral brasileiro e a segunda maior baía costeira do Brasil, com 184 Km de extensão costeira, da Ponta do Garcez até o Farol de Santo Antônio, na região nordeste do estado da Bahia. É caracterizada pela presença de pequenas baías (Iguape, de Aratu e de Itapagipe) e enseadas e mais de 30 ilhas, apresentando cerca de 221 km de linha de costa. O padrão de precipitação pluviométrica apresenta um período seco, entre setembro e fevereiro e, um período chuvoso entre março e agosto (HATJE *et al*, 2009). 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 (DA SILVA, 1994; CIRANO E LESSA, 2007, CRA, 2004; LESSA *et al*, 2009).

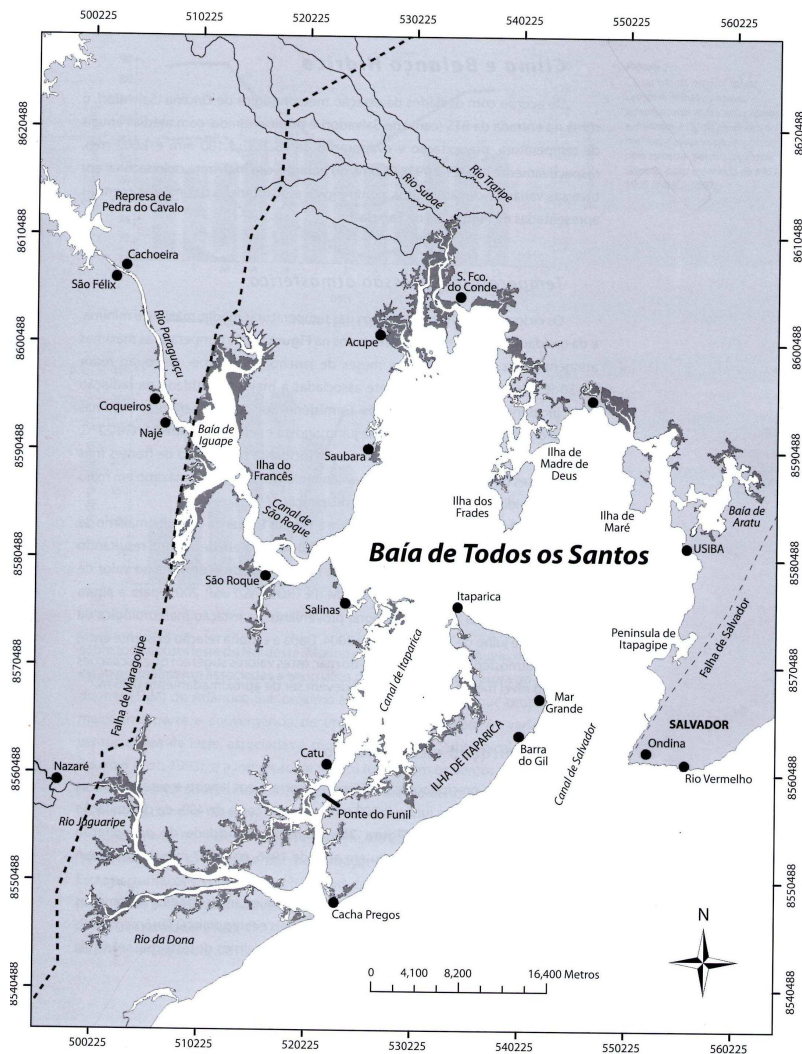


FIGURA 1 – Baía de Todos os Santos e suas feições. Fonte: HATJE e ANDRADE, 2009.

O ambiente hidrográfico da BTS abrange três bacias regionais, a saber: 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 (CRA, 1982; CIRANO E LESSA, 2007). Um importante estudo sobre a qualidade das águas da BTS foi realizado pelo CONSÓRCIO HYDROS no ano de 2000, que não contemplou as comunidades planctônicas.

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 próximo

a saída dos rios (HATJE E ANDRADE, 2009). As marés no seu interior são semi-diurnas e variam de menos de 2m no período de quadratura, até cerca de 3m 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 m/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).

Na BTS identificam-se ecossistemas característicos de regiões tropicais e subtropicais, como a Mata Atlântica 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, a BTS é reconhecida pela alta produtividade da fauna marinha e suas águas são utilizadas para várias finalidades pela população habitante em suas margens, como pesca de subsistência e comercial, mariscagem, aquicultura, lavagem, disposição de efluentes, lazer e turismo, navegação comercial, dentre outros. Os estuários são ambientes predominantes na baía, assim como os densos manguezais, vegetação que pelas pressões humanas tornou-se extinta ou rara em regiões próximas a aglomerados urbanos ou áreas industriais. O substrato, na sua grande maioria, em locais mais rasos da BTS, como na baía de Aratu é predominantemente fino (silte e argila). Em outras regiões pode ser composto por biodetritos (50% de fragmentos carbonáticos), originários da fauna, algas calcárias (*Halimeda*) e *coralinacea* (ALMEIDA, 1997; CRA, 2004; BRITO, 1997).

Por estar localizada próxima a uma metrópole, a BTS apresenta um fluxo de mercadorias de aproximadamente oitenta mil toneladas de carga exportada através dos Portos de Aratu (Figura 2) e Salvador, segundo informações prestadas pela Companhia de Docas do Estado da Bahia para o ano de 2010, o que representa grande importância econômica para a região, além do crescente desenvolvimento do turismo. Devido a isso, é constantemente impactada por atividade industrial, que inclui instalações químicas e petroquímicas, bem como uma refinaria de petróleo e atividades portuárias, além da presença de emissários submarinos, que descartam substâncias químicas e esgoto no mar (CIRANO E LESSA, 2007; AMADO-FILHO *et al*, 2008).

No ano de 2009, a movimentação de carga no porto de Salvador chegou a aproximadamente três milhões de toneladas, dentre as quais destacaram-se trigo, celulose,

produtos siderúrgicos e contêineres, segundo dados fornecidos pela Agência Nacional de Transportes Aquaviários.



FIGURA 2 – Vista aérea do Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. Fonte: Agência Nacional de Transportes Aquaviários - ANTAQ

Conforme dados do ano de 1997 (UFBA/NIMA), a BTS é detentora do maior complexo petroquímico do hemisfério sul e um expressivo parque industrial, formado por duas fábricas de papel, uma metalúrgica de cobre, indústrias de química fina, uma refinaria de petróleo e dois portos.

A maior baía interna à BTS, a baía de Aratu, possui em seu entorno um clube náutico, indústrias químicas e um complexo portuário, permitindo a passagem de navios de grande calado, servindo inclusive ao Centro Industrial de Aratu e ao Pólo Petroquímico de Camaçari. 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 Cotegipe para o escoamento de seus produtos e insumos, bem como para o descarte dos seus efluentes líquidos (UFBA-NIMA, 1997; CRA, 2004; BRITO 1997).

A baía de Aratu, situada a nordeste da BTS, possui uma área de 24,5 Km², com no seu interior extensas áreas intermareais vegetadas (4,4 km²) e não vegetadas (1,3 km²). Apresenta características de sistema estuarino-lagunar favorecendo à 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 significativa. O

volume médio de descarga de água doce estimado em $1,65 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ (BRITO, 1997; CRA, 2004; PEREIRA, 2008; LESSA et al, 2009).

Nesta baía os 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 *apud* BITTENCOURT, 1974).

Por desenvolver atividades industriais, portuárias e turísticas, a baía de Aratu, representa importância econômica para a região, porém compromete o ecossistema da Baía de Todos os Santos, demandando estudos de avaliação de seus ecossistemas.

1.2 ESTADO DA ARTE DOS ESTUDOS FITOPLANCTÔNICOS NA BAÍA DE TODOS OS SANTOS

Os estudos pioneiros de fitoplâncton marinho no Brasil aconteceram efetivamente entre 1913 e 1918, com uma série de trabalhos taxonômicos sobre as diatomáceas por Zimmermann nos anos de 1913, 1915 e 1918 (MONTE E CAVALCANTI, 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), quase nada havia sido feito até a década de 70, quando foram realizados 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.

Nos anos seguintes, 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 na década de 90, ao longo de 2 anos (8 campanhas de amostragem).

No 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. Molinari *et al* (2007) fez 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*, perfazendo 70% da abundância relativa, em razão da sua elevada taxa de multiplicação em ambientes eutrofizados. Segundo LOPES *et al.* (2009) estudos quali-quantitativos do fitoplâncton foram realizados pela Petrobrás/FUNDESPA e Petrobrás/FUSP.

Almeida (1997) revela a contaminação dos moluscos na BTS com as populações de espécies de dinoflagelados (*Gonyalux*) que são indicadores de poluição. Souza *et al* (2008) caracterizaram um evento de floração nociva causada pelo dinoflagelado *Gymnodinium sanguineum*. Apesar da importância das comunidades marinhas, 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 tem 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.

1.3 FITOPLÂNCTON E OS IMPACTOS DA DRAGAGEM

As microalgas são organismos diversos, colonizadores de sistemas aquáticos, fotossintetizantes na sua grande maioria, apresentando uma estrutura vegetativa denominada “talo” (LOURENÇO, 2006). São organismos com ampla distribuição geográfica, devido à grande diversidade de espécies e capacidade de tolerância aos inúmeros fatores ambientais. Desempenham papel imprescindível na teia trófica e representam excelentes bioindicadores da qualidade da água (PASSAVENTE *et al* 2003).

A maior parte destes seres vive na água de forma livre, e devido à sua eficiência fotossintética são responsáveis por cerca de 40 a 50 % da fixação de carbono e produção de oxigênio do planeta. Este mecanismo fisiológico de transformação de compostos ocorre devido à presença dos pigmentos fotossintéticos, que captam energia luminosa, dentre os quais, a clorofila é o maior responsável pela absorção de luz. Sendo assim, a eficácia na absorção luminosa depende da concentração, do tamanho, forma e estágio das células do

organismo ou das colônias, que podem ser alterados pelo próprio ambiente em que habitam (ESTEVEZ, 1998; OLIVEIRA, 2003).

Cada ambiente possui uma ficoflora característica, podendo as diferenças entre seus componentes ser bastante definida. Em águas continentais, uma característica marcante da ficoflora é o cosmopolitismo, porém em diversos ambientes as espécies representantes e suas proporções podem variar de uma massa de água para outra, isso porque há variação nas características ambientais e nos nutrientes disponíveis. (BICUDO, 2006; TAVARES E ROCHA, 2003).

Não há um número universal e exato de elementos químicos essenciais às microalgas marinhas, já que certos elementos são essenciais para determinadas espécies ou grupos taxonômicos e não o são para outros. Reconhece-se 15 a 21. Carbono (C), nitrogênio (N), oxigênio (O), fósforo (P), manganês (Mn), cobre (Cu), Zinco (Zn) são universalmente necessários. Estes elementos determinam em cada sistema a composição específica do fitoplâncton. Assim, alterações químicas e físicas, causadas por interferência humana podem limitar a vida marinha. Determinadas adaptações morfológicas e citológicas permitem uma espécie florescer, entretanto, mudanças abruptas levam à substituição de um grupo de organismos por outros (CAMPELO *et al* 2003; BICUDO, 2006; TAVARES E ROCHA, 2003; LOURENÇO, 2006).

O nitrogênio e o fósforo são necessários para que os vegetais sintetizem matéria orgânica na fotossíntese e realizem as trocas energéticas. Em excesso, estes nutrientes provocam o rápido crescimento e multiplicação de microalgas, podendo haver deslocamento das populações, dominância por uma ou mais espécies e comprometimento da qualidade da água. Quando as concentrações de nitrogênio disponíveis para as microalgas são baixas, verifica-se a redução marcante da taxa de divisão celular, concentração de proteínas e de clorofila, e o mesmo se torna limitante. O nitrogênio na forma gasosa ou molecular é o gás mais abundante na água do mar, porém apenas algumas cianobactérias dotadas de nitrogenase são capazes de utilizá-lo diretamente (MORAES, 1997; VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2006; LOURENÇO, 2006).

O manganês é o componente estrutural dos tilacóides dos cloroplastos, participando da síntese de ácidos graxos. O teor de manganês é maior em águas costeiras, havendo a contribuição dos rios. Por ser bastante solúvel em água do mar, é provável que seja um fator limitante. Há registros na literatura que altas concentrações de manganês podem afetar o sistema nervoso de certos organismos bentônicos e que diatomáceas mostram limitações ao crescimento à baixas concentrações. (BONEY, 1976; CRA, 2004; LOURENÇO, 2006).

Semelhante ao manganês, o zinco apresenta função como componente estrutural, tendo sua biodisponibilidade e toxicidade naturalmente controladas pela presença de substâncias orgânicas, que podem formar complexos. (BONEY, 1976). As prováveis fontes de Zn na água estão relacionadas aos esgotos, equipamentos metálicos e galvanizados (CRA, 2004).

O ferro, assim como o manganês e o zinco é elemento traço e extremamente importante para a produtividade primária oceânica, sua baixa solubilidade na água do mar e baixa concentração é aparentemente controlada pela disponibilidade de complexos ligantes orgânicos. Diversos experimentos tem demonstrado que o ferro efetivamente pode limitar o desenvolvimento de populações de fitoplâncton. O transporte de poeira atmosférica é considerado a maior fonte de ferro para os oceanos. (LOURENÇO, 2006; NIENCHESKI *et al*, 2008).

A permanência e o sucesso de um organismo ou de um grupo de organismos dependem de um complexo de condições, dos quais os fatores químicos e físicos são os principais determinantes. As alterações na configuração natural das associações de espécies e da estrutura da massa d'água estão muitas vezes relacionadas ao desenvolvimento urbano e dos processos introduzidos pelo ser humano (ODUM, 1988; TORRES, 2000).

A vida vegetal depende da penetração da luz para a fotossíntese onde a radiação que penetra na coluna d'água é submetida a profundas alterações, em intensidade e quantidade, devido a concentração de materiais dissolvidos e em suspensão (ESTEVES, 1998; VIDOTTI E ROLEMBERG, 2004). Outros fatores que podem interferir na composição e distribuição espacial e temporal das associações fitoplanctônicas são: vento, nebulosidade, circulação, marés, estrutura da massa de água (temperatura e salinidade), estratificação térmica, oxigênio dissolvido, pH, turbidez, concentração de nutrientes, gases dissolvidos e presença de substâncias tóxicas. Além disto, as populações fitoplanctônicas são constantemente controladas por mudanças climáticas sazonais, pela limitação nutricional, além da predação. (CETESB, 2006; RAVEN *et al*, 2007).

Na Baía de Todos os Santos, por exemplo, a combinação das correntes de maré com correntes SW controladas pelos ventos cria grandes fluxos na direção oeste a ponto de transportarem sedimentos em direção à boca da baía, o que leva a supor que o tempo de residência da água no interior da BTS seja suficientemente curto para propiciar a renovação das assembléias de fitoplâncton, capazes de manter índices de qualidade da água apropriados (LOPES *et al* 2009)

As trocas químicas entre a atmosfera, a água e o sedimento e as transformações biogeoquímicas de elementos são compartilhadas pelos organismos planctônicos. Desta forma, em determinadas concentrações, os íons de metais bivalentes (ex: cobre, cádmio, mercúrio, chumbo, zinco) dispostos na água podem reduzir a fotossíntese, devido ao dano estrutural aos cloroplastos. Além disso, a incorporação de metais pesados pelas microalgas limita profundamente a produção fitoplanctônica (ROUND, 1983; PASSAVANTE *et al* 2003; RAVEN *et al*, 2007).

Neste contexto, as microalgas podem ser consideradas “espécies protetoras” em ambientes aquáticos, pois contribuem para a diminuição da fração do contaminante disponível para outros organismos (MACKAY E FRASER, 2000; VIDOTTI E ROLLEMBERG, 2004), principalmente porque podem ser tolerantes a determinados fatores ambientais e por apresentarem a capacidade de síntese de substâncias (BALECH, 1978; RAVEN, *et al*, 2007). Contudo, em alguns casos e sob outras circunstâncias podem tornar-se os próprios agentes poluentes (ROUND, 1983).

Segundo a CETESB (2006), Sant’Anna *et al* (2006) e Lourenço (2006), em locais com atividades industriais e despejos constantes, ocorrem elevações nas concentrações de nutrientes, principalmente de fósforo e nitrogênio, essenciais para a síntese de matéria orgânica, interferindo diretamente no metabolismo do plâncton. Ao favorecerem a rápida proliferação do fitoplâncton, dificultam a penetração de luz na coluna d’água, provocando mudanças na coloração, odor, sabor e produção de toxinas.

As atividades antrópicas, como a dragagem de sedimentos marinhos tem gerado diversos estudos sobre os efeitos dos sedimentos resuspendidos e novamente depositados, em estuários (SHERK *et al* 1979; JONGE, 1983) e zona costeiras (NEWELL *et al* 1998) do planeta abordando os seus efeitos sobre organismos marinhos (MOORE, 1977) e comunidades planctônicas (AULD E SHUBEL, 1978; WANG *et al* 2005). Apenas no Nordeste do Brasil alguns estudos avaliaram os efeitos da dragagem e construção de portos sobre a sobrevivência e o crescimento de organismos do fitoplâncton, zooplâncton e icitoplâncton (NEUMANN *et al* 1998; KOENING *et al* 2003; SILVA *et al* 2004).

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 (ATKINS *et al* 1959; SHERK *et al* 1979). Em regiões costeiras a concentração de sedimento em suspensão apresenta 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.

As obras de dragagem exigem equipamentos específicos, tais como, dragas e embarcações próprias para a escavação do fundo dos cursos d'água, que podem ser encontradas com diversas características, dependendo do tipo e da quantidade de material a ser retirado (CEPEMAR/VALE, 2010). Durante este processo há o deslocamento de sedimento para a coluna d'água, juntamente com nutrientes e metais pesados e a retirada de organismos bentônicos. 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.

O impacto causado pela atividade de dragagem relacionada a expansão do Porto de Suape, 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.

A dragagem pode acarretar a elevação na concentração de nutrientes e metais pesados e promover a alteração na vida aquática (KAREL, 1999; KOENING *et al.*, 2003; CETESB, 2006). Nos Estados Unidos o processo de dragagem revelou que em média, aproximadamente 10% do sedimento dragado anualmente está altamente contaminado, ou 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).

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).

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 ESTAÇÕES DE AMOSTRAGEM

Para a execução do trabalho, foram realizadas duas amostragens na área de influência direta e indireta da atividade de dragagem no Porto de Aratu (Figura 3). A primeira amostragem foi realizada no dia 03 de fevereiro de 2010 (período seco), anterior à atividade de dragagem e a segunda em 02 de setembro de 2010 (período chuvoso), durante a dragagem, a bordo da Lancha Oceanográfica CHICA FÉ. Em cada período de estudo foram realizadas amostragens em seis estações (Tabela 1), em dois momentos distintos de maré (vazante e enchente), totalizando 12 unidades amostrais por período e um total de 24 unidades amostrais.

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

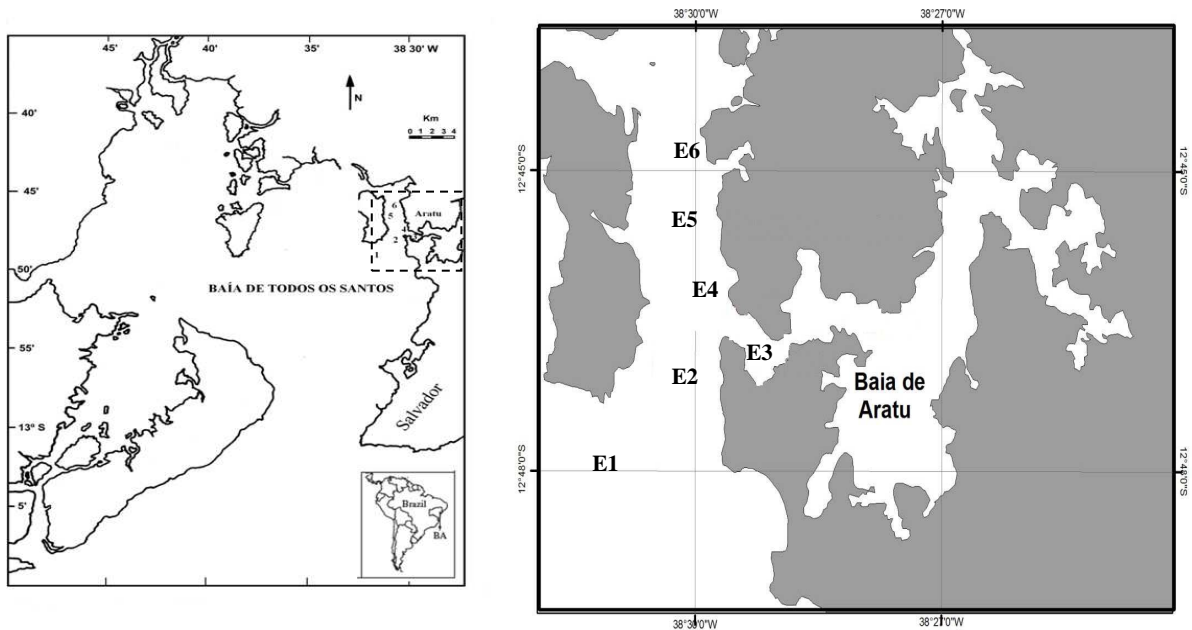


FIGURA 3 - Localização das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

TABELA 1 – Localização geográfica das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Estações	01	02	03	04	05	06
Coordenadas	12°48'22.34"S 38°31'36.38"O	12°47'34.03"S 38°30'26.97"O	12°47'20.72"S 38°29'27.06"O	12°46'57.03"S 38°30'18.00"O	12°46'24.14"S 38°30'35.39"O	12°45'45.07"S 38°30'17.42"O

2.2 AMOSTRAGEM E ANÁLISES LABORATORIAIS

As amostragens de fitoplâncton foram realizadas com rede cônica, malha de 50 µm, dotada de fluxômetro Hydrobios, para estimativa do volume de água filtrada. Os arrastos horizontais de superfície tiveram cerca de 5 minutos de duração. Em seguida as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 mL, e conservadas em solução de formalina a 4 %, para estudo quali-quantitativo em microscópio binocular, utilizando-se principalmente os trabalhos de: Balech (1978), Bicudo (1983), Bicudo e Menezes (2006), Boney (1976) e Round (1983).

As amostragens das variáveis oceanográficas (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido), foram realizadas “in situ” com auxílio de termômetro, refratômetro, peagâmetro e oxímetro.

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 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 HNO³ 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 nitrogênio total e fósforo total, foram coletadas com garrafa de Van Dorn, em maré vazante e encaminhadas ao laboratório da CETREL (amostras da pré-dragagem) e SENAI (amostras da dragagem), para a determinação segundo recomendações de SMEWW (2005).

2.3 TRATAMENTO DOS DADOS

2.3.1 Densidade

A densidade por m³ de água (N/ m³) 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: $N/ m^3 = N/V$.

2.3.2 Abundância relativa

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

2.3.3 Frequência de ocorrência

Para a determinação da frequência de ocorrência (%) utilizamos a fórmula: $Fo = (Ta \times 100) / TA$, 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 %).

2.3.4 Análise de Riqueza específica

Para análise 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).

2.3.5 Análise Inferencial

A análise dos dados envolveu a estimativa de índices estruturais da associação fitoplanctônica (riqueza de Margalef, frequência de ocorrência, abundância relativa e densidade). Considerando a normalidade dos dados, o teste “t” de Student foi utilizado para verificar existência de diferenças significativas nos valores médios de variáveis abióticas e

bióticas, respectivamente, entre as amostras coletadas nos diferentes períodos (pré-dragagem/dragagem).

2.3.6 Análise de classificação

Na Análise de Cluster, realizada no programa Statistica for Windows, o padrão de agrupamento da associação fitoplanctônica foi identificado e analisado através do coeficiente de distância Euclidiana, que depende da escala de valores de cada descritor (VALENTIN, 2000). Como estratégia de agrupamento foi empregado o método da variância mínima, também conhecido como método de Ward, onde a representação bi-dimensional é o dendrograma. 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 ponto e o centróide do agrupamento (PIELOU, 1984). Segundo VALENTIN (2000), o método de Ward é considerado unanimemente como o mais eficiente. Os níveis de corte selecionados foram aqueles que permitiram definir de forma mais consistente os agrupamentos.

2.3.7 Análise de ordenação

2.3.7.1 Formatação das Matrizes de Plâncton

Para a comunidade fitoplanctônica a análise de ordenação empregou a mesma matriz qualitativa utilizada na análise de classificação. Para estas análise utilizamos o programa Canoco for windows.

2.3.7.2 Análise Canônica de Correspondência não Tendenciosa (DCCA)

Com o objetivo de analisar a influência da massa de água de superfície sobre a estrutura qualitativa da comunidade fitoplanctônica, foi formada uma matriz com as variáveis hidrológicas investigadas (temperatura, salinidade, pH, oxigênio dissolvido, turbidez, fósforo total, nitrogênio total e metais), uma Análise Canônica de Correspondência não Tendenciosa (DCCA), para investigar o tamanho do gradiente ambiental.

Uma vez que este gradiente foi linear, optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar através do diagrama de ordenação o principal padrão de variação na composição da associação fitoplanctônica, em função das variáveis oceanográficas.

2.3.7.3 Análise de Redundância (RDA)

Na RDA, o teste de permutações de Monte Carlo foi realizado para testar a significância estatística de cada uma das variáveis hidrológicas que contribuíram para o gradiente ambiental, permitindo a escolha de um conjunto mínimo de variáveis que pode explicar a variação dos dados de espécies fitoplanctônicas. A matriz criada com os dados hidrográficos 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 (TER BRAAK E SMILAUER, 1998).

AVALIAÇÃO DO IMPACTO DA DRAGAGEM SOBRE ASSOCIAÇÃO FITOPLANCTÔNICA DO PORTO DE ARATU, BAÍA DE TODOS OS SANTOS, BAHIA

Assessing the impact of dredging on phytoplankton association of the port of Aratu, Bay of Todos os Santos, Bahia

Aline Nogueira Ferreira¹, Magda Beretta² Paulo de Oliveira Mafalda Júnior³,

RESUMO

Na área de influência da dragagem de aprofundamento do Porto de Aratu, na Baía de Todos os Santos, o padrão da estrutura da associação fitoplanctônica (composição, riqueza, abundância relativa, frequência de ocorrência e densidade), estrutura oceanográfica (temperatura e salinidade), nutricional (fósforo e nitrogênio), qualidade da massa de água (pH e oxigênio dissolvido) e metais traço (Cobre, Cromo, Cádmio, Ferro, Níquel, Manganês e Zinco), foram empregados visando uma interpretação comparativa dos efeitos desta dragagem, cujos resultados serão utilizados para avaliar a recuperação ambiental do ecossistema pelágico. Foram realizadas duas campanhas: fevereiro (final do período seco) e setembro (final do período chuvoso), maré vazante e enchente. Identificadas 50 espécies, antes do processo de dragagem e 40 espécies durante a dragagem, sendo as Bacillariophyta representantes com maior abundância relativa e riqueza em relação aos demais grupos de microalgas. Este estudo indicou diminuição da riqueza específica e elevação da densidade na fase de dragagem. A composição da associação fitoplanctônica refletiu variabilidade temporal observada nas características oceanográficas da massa de água provocada pelo gradiente pluviométrico e na qualidade da água provavelmente em função da atividade de dragagem, havendo uma clara separação entre a fase de Dragagem (período seco) e de Pré-dragagem (período chuvoso).

Palavras-chaves: Composição Fitoplanctônica, Fatores oceanográficos, Índices Ecológicos, Porto de Aratu.

ABSTRACT

In the area of influence of dredging to deepen the Port of Aratu, in the Bay of All Saints, the pattern of the structure of phytoplankton association (composition, richness, relative abundance, frequency and density), oceanographic structure (temperature and salinity), nutrient (phosphorus and nitrogen) and quality of the water (pH and dissolved oxygen) were used aiming at a comparative interpretation of the effects of dredging, which would be used to assess the environmental recovery of the pelagic ecosystem. There were two campaigns in February (late dry season) and September (end of rainy season), in ebb and flood. We identified 50 species, before the dredging process and 40 species during dredging, the Bacillariophyta were the representatives with the highest relative abundance and richness compared to other groups of microalgae. This study indicated a decrease of species richness and density increase during the dredging. The composition of phytoplankton association reflected the observed temporal variability in oceanographic characteristics of the water caused by the gradient of rainfall and water quality probably due to the dredging activity and

¹ Mestranda em Geoquímica do Petróleo e Meio Ambiente, Instituto de Geociências, Universidade Federal da Bahia. Rua Barão de Geremoabo, 147, Bahia, CEP 40170-290. Bolsista FAPESB. E-mail: alinog@terra.com.br.

² Professora da Escola Politécnica. Departamento de Engenharia ambiental, Universidade Federal da Bahia. E-mail: mberetta@ufba.br

³ Professor do Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia. E-mail: pomafa@ufba.br.

a clear separation between the phase of dredging (dry season) and phase Pre-dredging (rainy season).

Keywords: *Phytoplankton Composition, Oceanographic Factors, Ecological Index, Port of Aratu.*

INTRODUÇÃO

A Baía de Todos os Santos (BTS) é a segunda maior baía costeira do Brasil, possuindo 184 Km de extensão, sendo caracterizada pela presença de pequenas baías e enseadas, onde se encontram mais de 30 ilhas, com cerca de 221 km de linha de costa. A baía de Aratu, interna à BTS, conecta-se com a mesma através do canal do Cotegipe, com 4km de comprimento e possui em seu entorno terminais, indústrias químicas e dois portos (Aratu e Base Naval), permitindo a passagem de navios de grande calado, servindo inclusive ao Centro Industrial de Aratu e ao Pólo Petroquímico de Camaçari (CRA, 2001). Nesta área, o padrão de precipitação pluviométrica apresenta um período seco, entre setembro e fevereiro e, um período chuvoso entre março e agosto.

Devido ao desenvolvimento industrial e portuário a baía de Aratu apresenta elevado comprometimento ambiental (Lessa *et al*, 2009), pelo crescente acúmulo de substâncias no ambiente marinho, ocasionando efeitos tóxicos à biota e ao equilíbrio ambiental e conseqüentemente à manutenção da biodiversidade (Sousa, 2002). Indústrias petroquímicas e químicas também são responsáveis pela emissão de metais-traços através de aerossóis e de efluentes químicos (Alloway & Ayres, 1992). Os efluentes que atingem o meio aquático podem conter concentrações variáveis de compostos nutricionais e tóxicos que são responsáveis por alterações qualitativas das populações fitoplanctônicas (Aidar *et al*, 2002). Em locais com lançamento de despejos industriais, ocorrem elevações nas concentrações de fósforo e nitrogênio, favorecendo a rápida proliferação de microalgas, que dificultam a penetração de luz na coluna d'água, além de provocarem mudanças na coloração, odor e sabor (CETESB, 2006).

A natureza argilosa do sedimento marinho da baía de Aratu (Bittencourt, 1974) facilita a retenção de metais pesados, como cobre, chumbo e zinco (Alves, 2002; CRA, 2004). Em muitos casos, metais pesados, nutrientes e hidrocarbonetos, são ressuspensos com a atividade de dragagem e disponibilizados na coluna d'água. Assim, também por ser onerosa e motivadora de conflitos, a dragagem tem gerado um reflexo negativo das atividades portuárias em todo o mundo (Paula *et al.*, 2006).

As atividades de dragagem de sedimentos marinhos tem gerado diversos estudos sobre os efeitos dos sedimentos ressuspensos e novamente depositados, em estuários (Sherk *et al.*, 1979; Jonge, 1983) e zona costeiras (Newell *et al.*, 1998), abordando os seus efeitos sobre comunidades planctônicas (Auld & Shubel, 1978; Wang *et al.*, 2005). No nordeste do Brasil, alguns estudos avaliaram os efeitos da dragagem e construção de portos sobre a sobrevivência e o crescimento de organismos do fitoplâncton e zooplâncton (Neumann *et al.*, 1998; Koenig *et al.*, 2003; Silva *et al.*, 2004).

Apesar dos estudos sobre o fitoplâncton no Brasil terem sido iniciados com as diatomáceas coletadas na Baía de Todos os Santos (Zimmermann, 1916),

poucos estudos foram desenvolvidos na Baía de Aratu (Peixinho, 1972; Cowgill, 1987). Peixinho (1972) realizou o primeiro estudo sistemático e ecológico sobre o fitoplâncton da baía de Aratu. Cowgill (1987) avaliou os efeitos das mudanças nas concentrações de nutrientes sobre a composição do fitoplâncton, indicando um declínio das diatomáceas e um aumento das populações de cianobactérias devido ao aumento na concentração de nitrogênio em relação ao fósforo. Em um recente estudo realizado no norte e no oeste da BTS, o microfitoplâncton foi dominado por diatomáceas do gênero *Coscinodiscus*, que perfazem 70% da abundância relativa, em razão da sua elevada taxa de multiplicação em ambientes eutrofizados (Melo-Magalhães & Araújo-Barbosa, 2008).

Este estudo teve como objetivo caracterizar a associação fitoplanctônica, visando comparar a sua estrutura ecológica, antes e durante a atividade de dragagem do Porto de Aratu, sob influência de condições oceanográficas (temperatura e salinidade), nutricionais (fósforo e nitrogênio), qualidade da água (pH e oxigênio dissolvido) e metais traços (Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco).

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizadas duas amostragens na área de influência direta e indireta da atividade de dragagem no Porto de Aratu (Figura 1). A primeira amostragem foi realizada no dia 03 de fevereiro de 2010 (período seco), anterior à atividade de dragagem e a segunda em 02 de setembro de 2010 (período chuvoso), durante a dragagem, a bordo da Lancha Oceanográfica CHICA FÉ. Em cada período de estudo foram realizadas seis estações de amostragem (Tabela I), em dois momentos distintos de maré (vazante e enchente), totalizando 12 unidades amostrais por período e um total de 24 unidades amostrais.

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

Tabela I – Localização geográfica das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Estações	01	02	03	04	05	06
Coordenadas	12°48'22.34"S 38°31'36.38"O	12°47'34.03"S 38°30'26.97"O	12°47'20.72"S 38°29'27.06"O	12°46'57.03"S 38°30'18.00"O	12°46'24.14"S 38°30'35.39"O	12°45'45.07"S 38°30'17.42"O

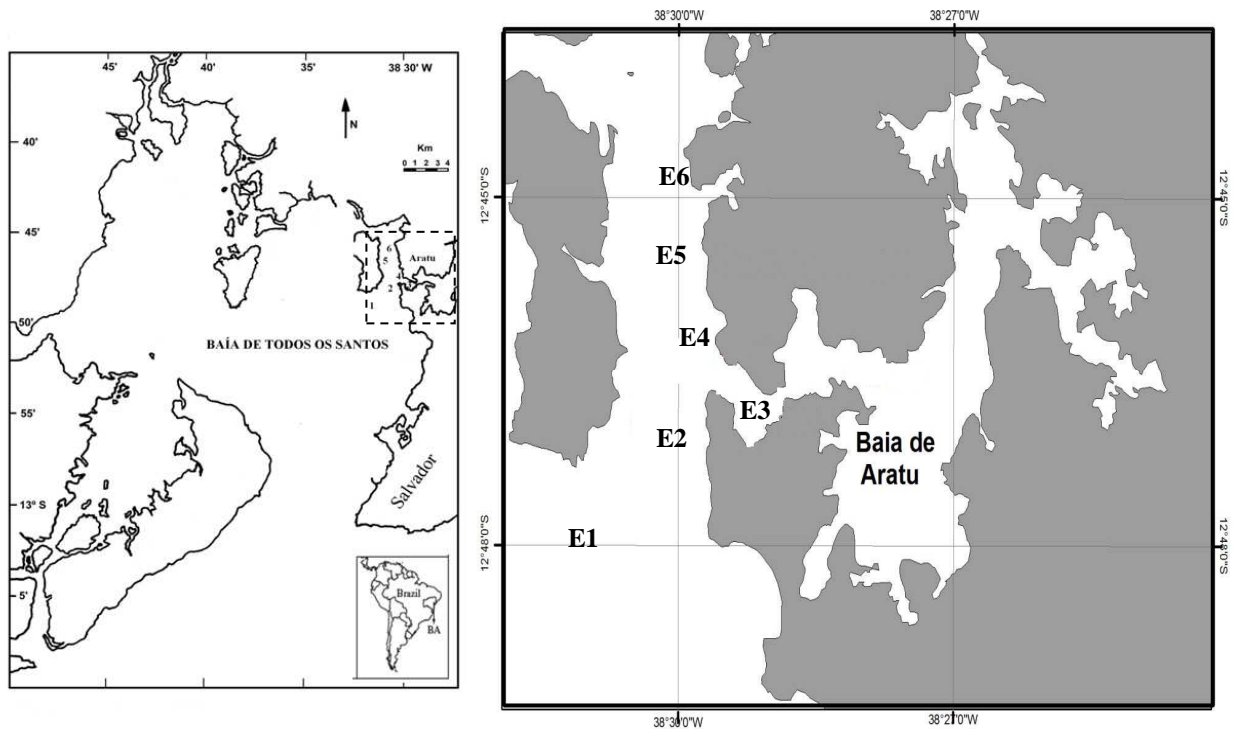


Figura 1 - Localização das estações de amostragem no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

A amostragem de fitoplâncton foi realizada com rede cônica, malha de 50 μ m, dotada de fluxômetro Hydrobios, para estimativa do volume de água filtrada. Os arrastos horizontais de superfície tiveram cerca de 5 minutos de duração. Em seguida as amostras foram acondicionadas em frascos de polietileno de 500 mL, e conservadas em solução de formalina a 4 %, para estudo quali-quantitativo em microscópio binocular, utilizando-se principalmente os trabalhos de: Balech (1978), Bicudo (1983), Bicudo e Menezes (2006), Boney (1976) e Round (1983).

A amostragem das variáveis oceanográficas (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido), foi realizada “in situ” com termômetro, refratômetro, medidor de pH e de oxigênio.

Para a determinação de metais traço (Cádmio, Cobre, Cromo, Ferro, Manganês, Níquel e Zinco), as amostras de água foram coletadas e armazenadas em recipientes brancos, de polietileno, com capacidade para 500mL e refrigerados. As determinações de metais obedeceram a metodologia da APHA (1995), sendo realizadas por espectrofotometria de absorção atômica em forno de grafite.

As amostras de água para análises de nitrogênio total e fósforo total, foram coletadas com garrafa de Van Dorn e encaminhadas ao laboratório da CETREL (amostras pré-dragagem) e SENAI (amostras dragagem), para a determinação segundo recomendações de SMEWW (2005).

A análise dos dados envolveu a estimativa de índices estruturais da associação fitoplanctônica (riqueza de Margalef, frequência de ocorrência, abundância relativa e densidade). Considerando a normalidade dos dados, o teste “t” de Student foi utilizado para verificar existência de diferenças significativas nos

valores médios de variáveis abióticas e bióticas, respectivamente, entre as amostras coletadas nos diferentes períodos (pré-dragagem/dragagem).

Na Análise de Cluster, realizada no programa Statistica for Windows, o padrão de agrupamento da associação fitoplanctônica foi identificado e analisado através do coeficiente de distância Euclidiana, empregando como estratégia de agrupamento o método de Ward, onde a representação bi-dimensional é o dendrograma. A Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Uma vez que este gradiente foi linear, optou-se pela Análise de Redundância (RDA) para verificar através do diagrama de ordenação o principal padrão de variação na composição da associação fitoplanctônica, em função das variáveis oceanográficas. O teste de permutações de Monte Carlo foi realizado para testar a significância estatística da Análise de Redundância. As análises DCCA e RDA foram realizadas empregando o pacote estatístico Canoco for Windows versão 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 1998).

RESULTADOS

Variáveis oceanográficas

As massas de água presentes no Porto de Aratu podem ser visualizadas através do diagrama T-S (Figura 2). A massa de Água Costeira, com salinidade inferior a 36 UPS, foi formada apenas durante a Dragagem, no período chuvoso, em função da maior pluviosidade e conseqüente aumento da vazão riverina. Durante a Pré-dragagem e a Dragagem foi registrada a presença da massa de Água Tropical, que com base em Garfield (1990) é caracterizada por temperatura superior a 18 °C e salinidade maior que 36 UPS.

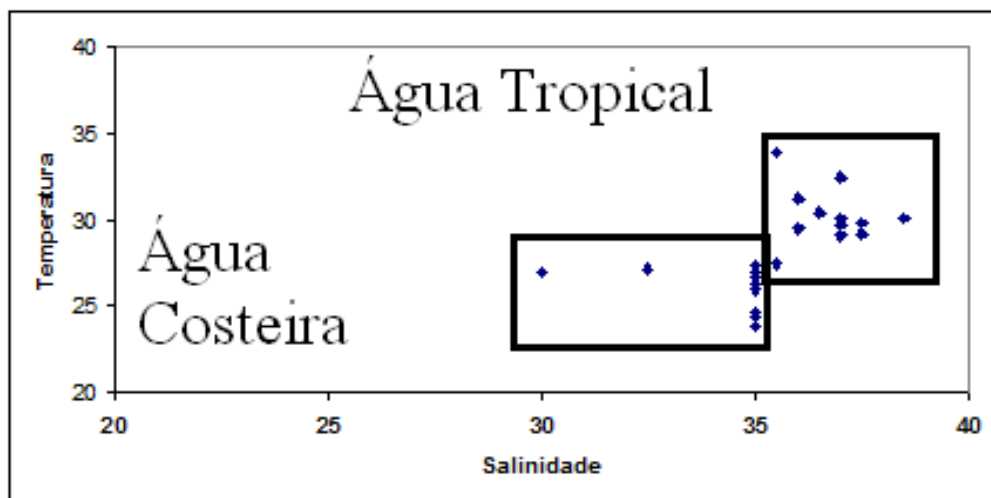


Figura 2 – Diagrama T-S para as estações de amostragem da Pré-dragagem (PD) e da Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Águas mais quentes, salinas, oxigenadas e com pH elevado foram encontradas na Pré-dragagem, que foi realizada no período seco. Na Dragagem, realizada no período chuvoso, as águas apresentaram menores valores de temperatura, salinidade, oxigênio e pH. Quando as médias das variáveis físico-químicas entre os dois períodos (“Pré-dragagem” e “Dragagem”), foram comparadas através do Teste “t” de Student (Tabela II), foram verificadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas.

A temperatura (Figura 3) apresentou valores mais elevados (29,1-33,9°C), na Pré-dragagem (período seco), em relação a Dragagem (período chuvoso), quando os valores oscilaram entre 23,8 e 27,5°C, apresentando diferença significativa entre os dois períodos (Teste t, $p < 0,0001$). Na Pré-dragagem a salinidade (Figura 3) variou entre 35,5 e 38,5 UPS, enquanto que, na Dragagem variou entre 30 e 35,5 UPS, com valores significativamente mais elevados na Pré-dragagem (Teste t, $p < 0,0001$).

O pH (Figura 3) da água do mar, na Pré-dragagem, se apresentou alcalino (8,9 e 9,0) e foi mais significativamente mais elevado (Teste t, $p < 0,0001$), do que na Dragagem, quando se apresentou entre ácido e alcalino, com valores entre 5,9 e 8,2. O oxigênio dissolvido (Figura 3) também apresentou diferença estatística significativa entre os dois períodos (Teste t, $p < 0,0001$), com valores mais elevados na Pré-dragagem (5,6 e 8,8 mg/L), em relação a Dragagem (4,3 e 6,0 mg/L).

Tabela II – Média (número de amostras) e teste “t” de Student das variáveis oceanográficas e metais traços na água obtidos durante a pré-dragagem (período seco) e a dragagem (período chuvoso), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (< LDM, Abaixo do limite de detecção média)

	PRÉ-DRAGAGEM	DRAGAGEM	Teste t (p)
Temperatura (°C)	30,5 (12)	26,2 (12)	0,0001 (sg)
Salinidade (%)	36,9 (12)	34,4 (12)	0,0001 (sg)
pH	8,9 (12)	7,4 (12)	0,0001 (sg)
Oxigênio (mg/L)	7,2 (12)	5,0 (12)	0,0001 (sg)
Cádmio (mg.Kg-1)	< LDM	< LDM	-
Cromo (mg.Kg-1)	92 (12)	27 (12)	0,0299 (sg)
Níquel (mg.Kg-1)	26 (12)	23 (12)	0,7910 (ns)
Cobre (mg.Kg-1)	18 (12)	28(12)	0,0294 (sg)
Ferro (mg.Kg-1)	6837 (12)	9201 (12)	0,0936 (ns)
Manganês (mg.Kg-1)	466 (12)	574 (12)	0,1015 (ns)
Zinco (mg.Kg-1)	24 (12)	200 (12)	0,0001 (sg)
Nitrogênio Total (mg/L)	1,4 (6)	< LDM	-
Fósforo Total (mg/L)	0,02 (6)	0,04 (6)	0,0226 (sg)

Metais Traços e nutrientes

Durante a Pré-dragagem (período seco), as concentrações médias de Cobre, Ferro, Manganês e Zinco (Tabela II), foram mais baixas em relação à Dragagem (período chuvoso), enquanto que as concentrações de Cromo e Níquel foram mais elevadas. Já as concentrações de Cádmio estiveram abaixo do limite de detecção média (LDM). Dados disponibilizados nas Figuras 4 e 5.

Os valores mais baixos de Zinco (0 - 118 mg.Kg⁻¹) e Cobre (0 - 81 mg.Kg⁻¹), obtidos na Pré-dragagem, em relação a Dragagem (Zinco: 105 - 388 mg.Kg⁻¹ e Cobre: 0 - 164 mg.Kg⁻¹), apresentaram diferença significativa (Tabela II). Não obstante, as concentrações de Manganês e Ferro, que também apresentaram valores respectivamente mais baixos na Pré-dragagem (84 - 724 mg.Kg⁻¹; 1535 - 9259 mg.Kg⁻¹), em relação a Dragagem (333 - 857 mg.Kg⁻¹; 3818 - 18611 mg.Kg⁻¹), não apresentaram diferença significativa.

As concentrações de Cromo foram significativamente menores na Dragagem (0 - 174 mg.Kg⁻¹), em relação a Pré-Dragagem (0 - 233 mg.Kg⁻¹), enquanto que as de níquel, que também foram menores, não apresentaram diferença significativa, na Dragagem (0 - 44 mg.Kg⁻¹), em relação a Pré-Dragagem (0 - 100 mg.Kg⁻¹).

As concentrações de fósforo total (Tabela II; Figura 6) apresentaram valores mais baixos (0,01 - 0,02 mg.L⁻¹), na Pré-dragagem, em relação a Dragagem (0,004 - 0,06 mg.L⁻¹), apresentando diferença significativa (Teste t, p<0,0226). Contudo, as concentrações de Nitrogênio Total, que apresentaram valores mais elevados (1,1 - 1,9 mg.L⁻¹), na Pré-dragagem, em relação a Dragagem, quando os valores estiveram sempre abaixo de 0,8 mg.L⁻¹, não apresentaram diferença significativa.

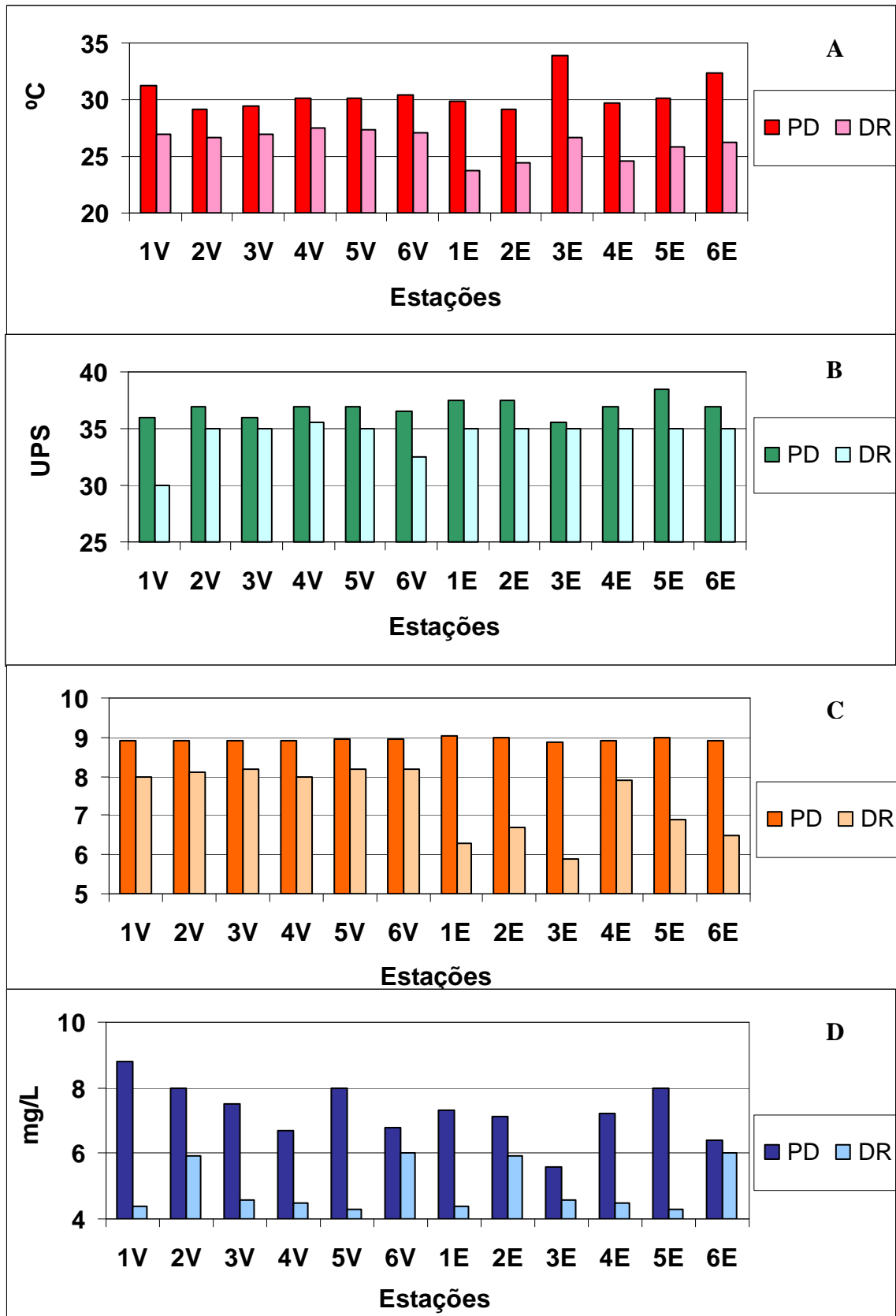


FIGURA 3 – Temperatura (A), salinidade (B), pH (C) e oxigênio dissolvido (D), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente).

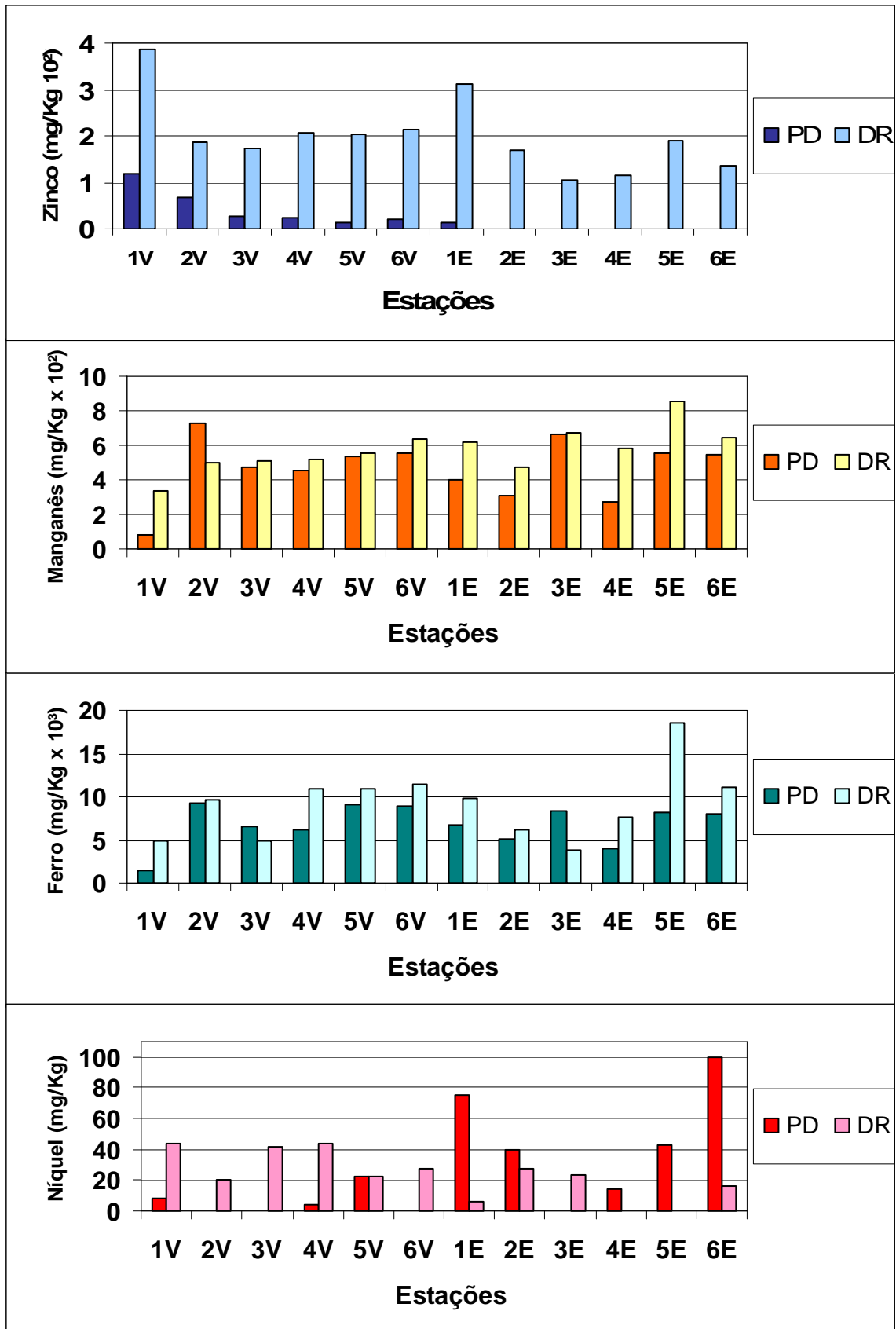


Figura 4 – Concentrações de metais traços (Zinco, Ferro, Manganês e Níquel), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente)

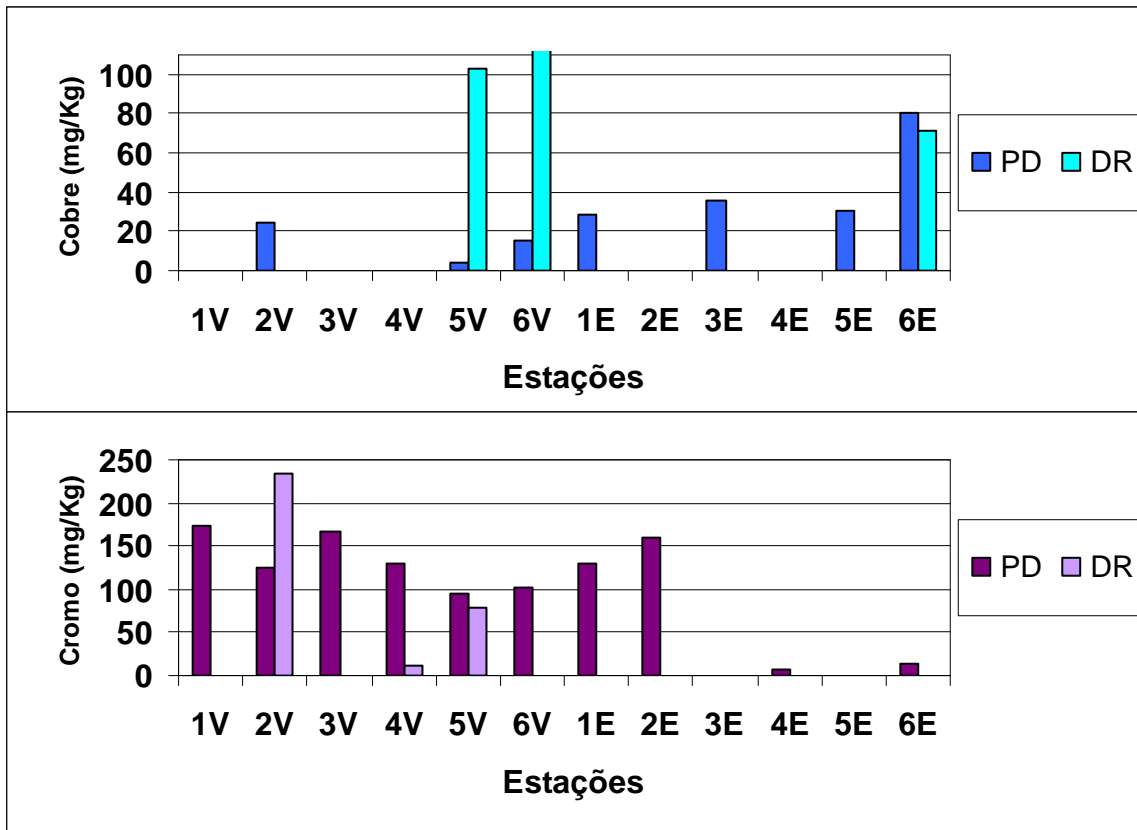


Figura 5 – Concentrações de metais traços (Cobre e Cromo), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente)

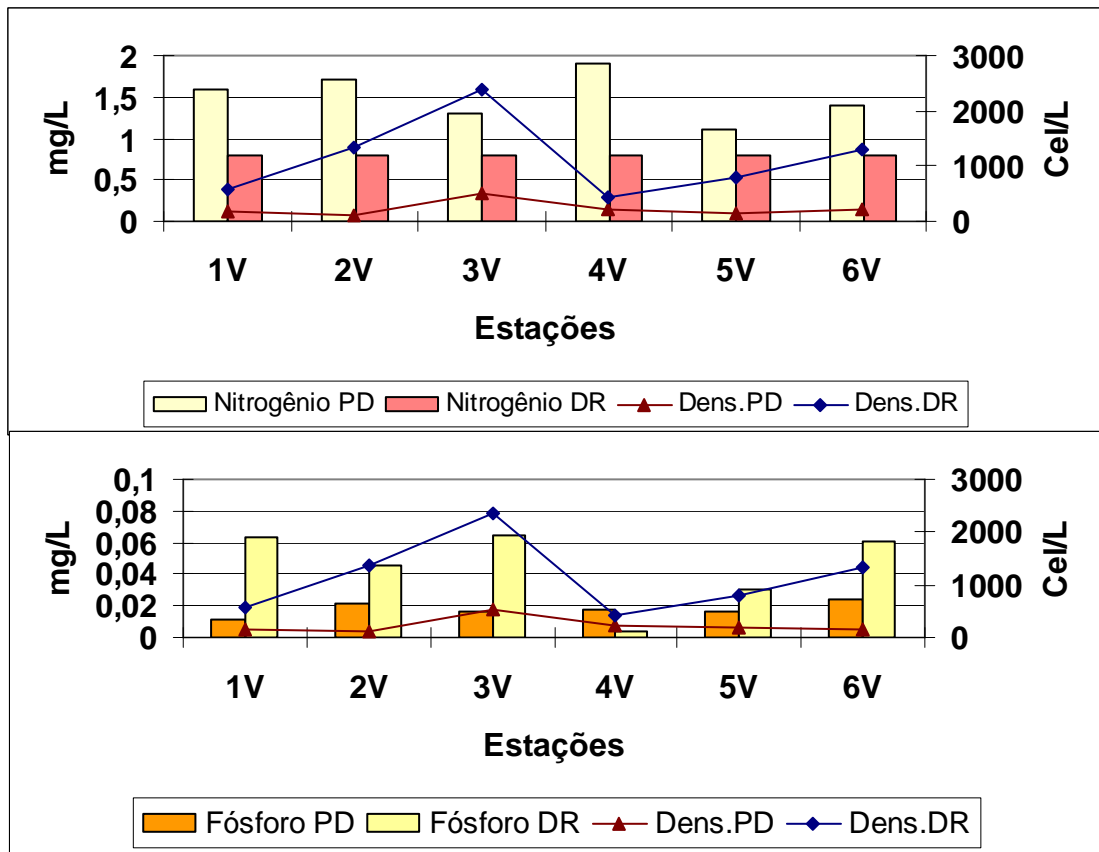


FIGURA 6 – Concentrações de nutrientes (nitrogênio total e fósforo total), na Pré-dragagem (PD) e Dragagem (DR), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia. (V, vazante; E, enchente)

Associação fitoplanctônica

Na fase de Pré-dragagem (PD), o levantamento da comunidade fitoplanctônica (Tabela III) identificou um total de 50 espécies, distribuídas em 4 divisões: 05 *Cyanophyta* (cianobactérias), 35 *Bacillariophyta* (diatomáceas), 07 *Dynophyta* (dinoflagelados) e 03 *Chlorophyta* (algas verdes). Na fase de Dragagem (DR), foi observada uma redução para 40 espécies, distribuídas em 5 divisões a saber: 03 *Cyanophyta*, 26 *Bacillariophyta*, 08 *Dynophyta* e 02 *Chlorophyta* e 1 *Euglenophyta* (euglenas).

Tabela III – Ocorrência de táxons fitoplanctônicos, obtidos na rede de 50 µm, durante a Pré-dragagem e a Dragagem, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

	PRÉ-DRAGAGEM	DRAGAGEM
DIVISÃO CYANOPHYTA		
<i>Gloeocapsa sp</i>	X	
<i>Lyngbya sp</i>	X	X
<i>Merismopedia sp</i>	X	
<i>Microcystis sp</i>	X	X
<i>Oscillatoria sp</i>	X	X
DIVISÃO BACILLARIOPHYTA		
<i>Amphipleura pellucida</i>	X	
<i>Amphora ovalis</i>	X	
<i>Bacteriastrum hyalinum</i>	X	
<i>Chaetoceros complexus</i>		X
<i>Chaetoceros lorenzianus</i>		X
<i>Chaetoceros peruviansu</i>		X
<i>Chaetoceros sp1</i>	X	
<i>Chaetoceros sp2</i>	X	
<i>Climacosphenia moniligera</i>	X	X
<i>Coscinodiscus sp1</i>	X	X
<i>C. sp2</i>	X	X
<i>Cylindrotheca closterium</i>	X	
<i>Cymatopleura solea</i>	X	
<i>Diadесmis confervacea</i>	X	
<i>Eunotia sp</i>	X	
<i>Fragilaria delicatissima</i>	X	
<i>Frustulia saxonica</i>	X	
<i>Grammatophora marina</i>	X	X
<i>Guinardia flaccida</i>	X	X
<i>Gyrosigma balticum</i>	X	
<i>Gyrosigma sp</i>	X	
<i>Hemidiscus hardmaniana</i>		X
<i>Isthmia enervis</i>	X	X
<i>Lyrella lyra</i>	X	
<i>Melchersiella hexagonalis</i>		X
<i>Navicula sp</i>	X	X
<i>Nitzschia aciculais</i>	X	X
<i>Nitzschia longissima</i>	X	X
<i>Nitzschia obtusa</i>	X	
<i>Nitzschia paradoxa</i>	X	
<i>Nitzschia sp</i>	X	X
<i>Nitzschia sigma</i>	X	X
<i>Pleurosigma angulatum</i>	X	X

<i>Pleurosigma sp</i>		X
<i>Pseudo-nitzschia sp</i>	X	X
<i>Rhizosolenia imbricata</i>		X
<i>Rhizosolenia robusta</i>		X
<i>Rhizosolenia sp</i>		X
<i>Skeletonema costatum</i>	X	X
<i>Stauroneis phoenicenteron</i>	X	
<i>Synedra sp</i>	X	X
<i>Thalassionema sp</i>	X	X
<i>Triceratium favus</i>		X
<i>Tryblionella coarctata</i>	X	
DIVISÃO DINOPHYTA		
<i>Ceratium furca</i>	X	X
<i>Ceratium fusus</i>	X	X
<i>Ceratium sp1</i>	X	X
<i>Dinophysis caudata</i>	X	X
<i>Prorocentrum micans</i>	X	X
<i>Protoperidinium conicum</i>	X	X
<i>Protoperidinium divergens</i>		X
<i>Protoperidinium oviforme</i>	X	X
DIVISÃO CHLOROPHYTA		
<i>Chlamydomonas sp</i>	X	X
<i>Lagerheimia sp</i>	X	
<i>Mougeotia sp</i>		X
<i>Tetraedron sp</i>	X	
DIVISÃO EUGLENOPHYTA		
<i>Euglena sp</i>		X
Número de espécies (S)	50	40

Os resultados de riqueza específica (Teste Mann-Whitney, $p=0,01$) e do Índice de Riqueza de Margalef (Teste Mann-Whitney, $p=0,007$), indicaram uma redução significativa na riqueza durante a Dragagem (Figura 7). A riqueza específica foi reduzida de 23 espécies para 10 espécies, enquanto que, a Riqueza média de Margalef caiu de 3,7 para 3.

A biomassa fitoplanctônica, por ponto de coleta (Figura 7), variou entre 1 e 5 mL/m^3 (Média = 2,5 mL/m^3), na fase PD e entre 1,3 e 23 ($\text{Média} = 5,9 \text{ mL/m}^3$), na fase DR, o que não representou resultado estatisticamente significativo (Teste Mann-Whitney, $p>0,05$), indicando ausência de variabilidade na biomassa fitoplanctônica, entre os dois períodos, apesar dos valores mais elevados encontradas na fase de dragagem.

Comparando-se a biomassa fitoplanctônica com o IRM, nas fases de PD e DR (Figura 7), destacam-se as estações 1 e 2, que na maré vazante apresentaram alteração nos valores durante a fase de dragagem. Em ambos os pontos ocorreu uma redução do IRM de 49% para 48%, acompanhado de um aumento de biomassa, de 91% para 96%.

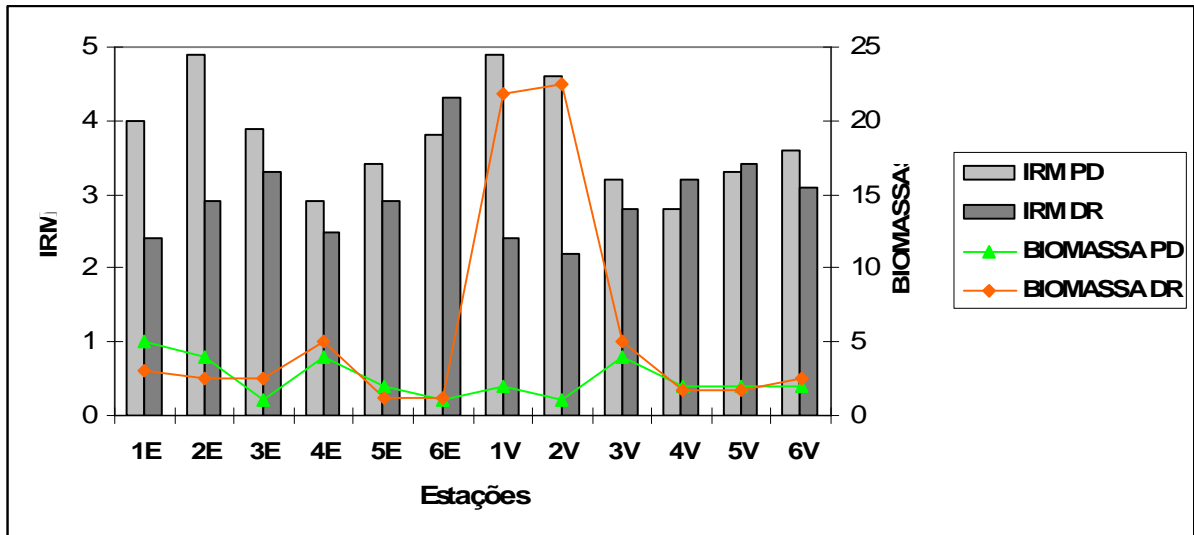


Figura 7 - Riqueza do fitoplâncton (Índice de Riqueza de Margalef - IRM) e Biomassa (mL/m³), nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

A abundância relativa das divisões fitoplanctônicas (Figura 8) também apresentou resultados significativos, pois enquanto a divisão Cyanophyta quase desapareceu na fase de PD (Teste Mann-Whitney, $p=0,0001$), a divisão Chlorophyta aumentou a sua proporção de forma significativa (Teste Mann-Whitney, $p=0,04$). Além disto, também registramos na fase Dragagem, o surgimento de Euglenophyta. As divisões Dinophyta e Bacillariophyta mantiveram a sua contribuição em termos quantitativos independente da atividade de dragagem (Teste Mann-Whitney, $p>0,05$).

Na pré-dragagem 5 espécies apresentaram 100% de freqüência, ocorrendo em todas as estações de amostragem, entre elas, as diatomáceas *Chaetoceros sp1*, *Coscinodiscus sp1*, *Nitzschia paradoxa*, *Pseudonitzschia sp* e o dinoflagelado *Ceratium furca*. Na dragagem 7 espécies ocorreram em 100% das estações realizadas na maré enchente e vazante, entre algas verdes: *Chlamydomonas sp*, diatomáceas: *Coscinodiscus sp1*, *Guinardia flaccida*, *Hemidiscus hardmaniana*, *Skeletonema costatum*, *Synedra sp* e dinoflagelados: *Protoperdinium conicum*. Apenas a espécie *Coscinodiscus sp1* foi 100% freqüente, em ambas as marés e períodos citados.

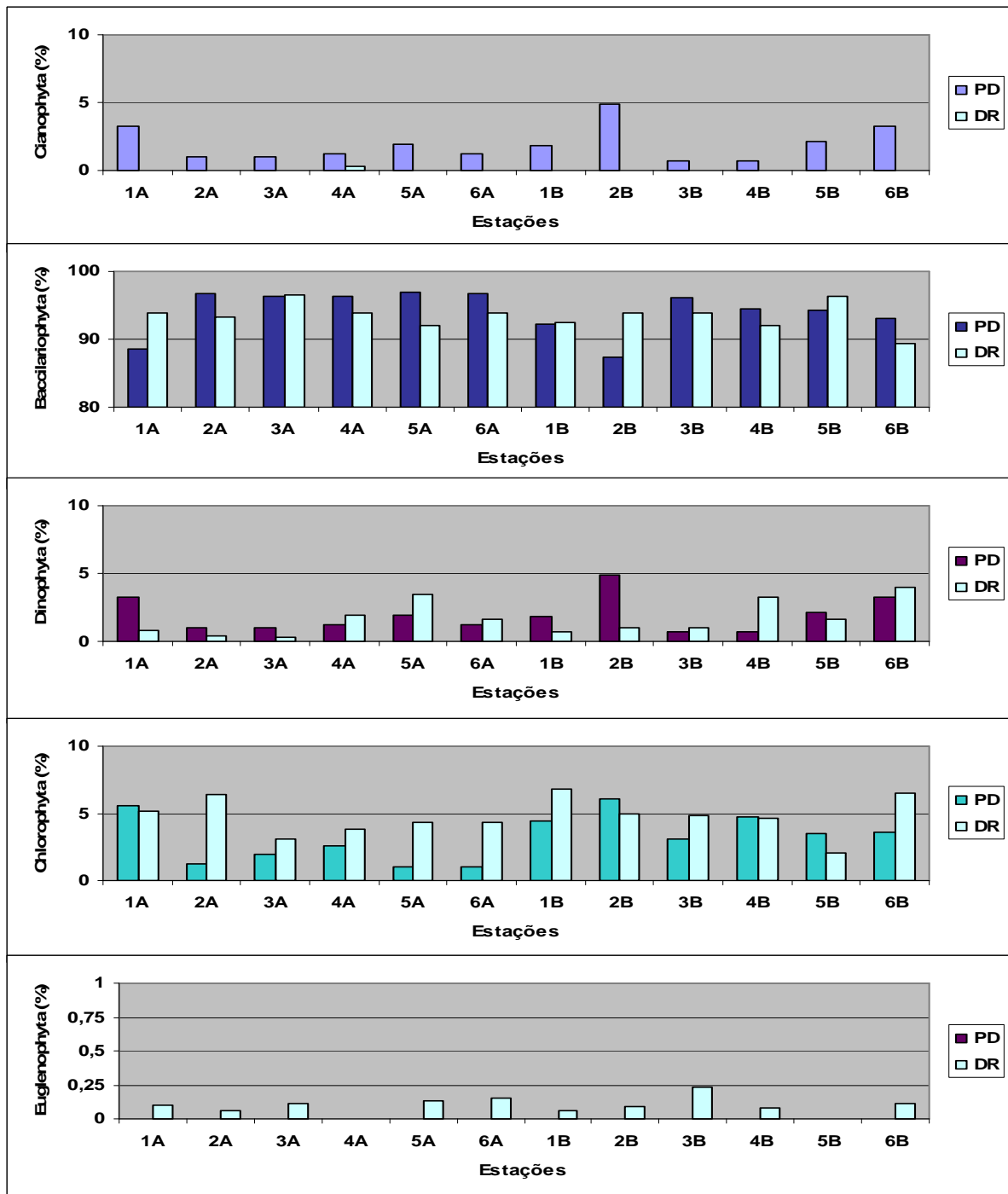


Figura 8 - Abundância relativa das divisões fitoplanctônicas, nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, BTS.

Algumas espécies sofreram redução da freqüência no período dragagem, tais como, *Chaetoceros lorenzianus* (*sp1*), de 100%, em ambas as marés, para 83,3% e *Coscinodiscus sp2*, que teve uma redução de 66,7% para 33,3%, na maré enchente. Outras espécies apresentaram aumento na freqüência de ocorrência na dragagem, onde *Skeletonema costatum* que representava 83,3% nas análises, tornou-se 100% freqüente, bem como *Guinardia flaccida*, na maré vazante, que

passou de 50% para 100%. Sete espécies tornaram-se pouco freqüentes na fase de dragagem: *Gyrosigma balticum*, *Lagerheimia sp*, *Nitzschia paradoxa*, *Nitzschia sigma*, *Nitzschia sp*, *Pseudo-nitzschia sp*, *Thalassionema sp* e novas espécies tornaram-se muito freqüentes, tais como: *Chlamydomonas sp*, *Euglena sp*, *Hemidiscus hardmaniana*, *Nitzschia acicularis*, *Pleurosigma sp*, *Prorocentrum micans*, *Protoperdinium conicum* e *Rhizosolenia robusta*, evidenciando uma substituição de espécies entre um período e outro.

Em fevereiro, a densidade da fitoplâncton (Figura 9), por ponto de coleta, variou entre 105 e 513 (Média = 281 org/L), enquanto que, em setembro o intervalo foi mais amplo, oscilando entre 181 e 2372 (Média = 800 org/L). Este resultado foi estatisticamente significativo (Teste Mann-Whitney, $p=0,0007$), indicando aumento na densidade fitoplanctônica, durante a atividade de dragagem, provavelmente estimulado pela maior disponibilização de nutrientes, como o fósforo.

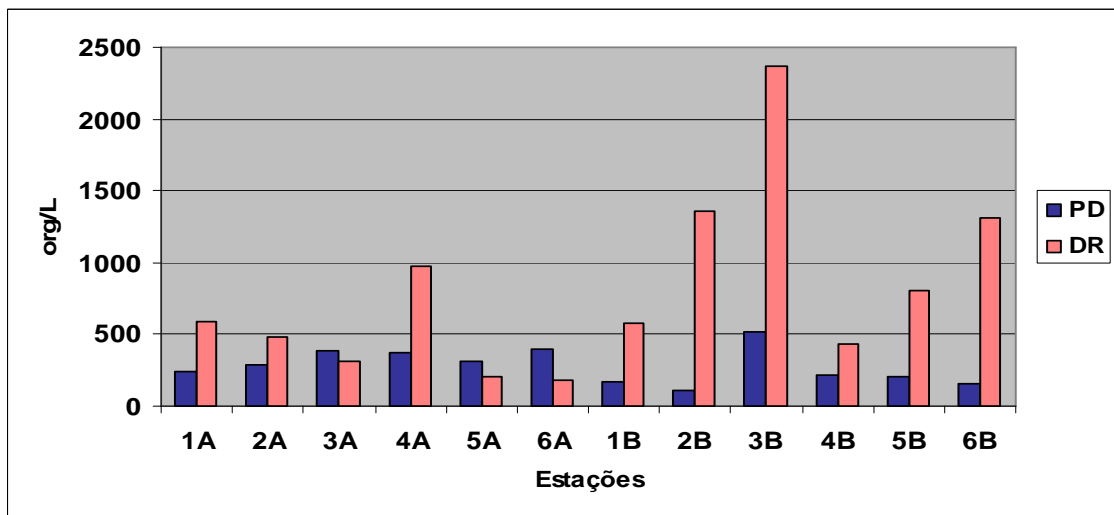


Figura 9 - Densidade total de fitoplâncton (org/L), nas marés enchente (A) e vazante (B), no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, BTS.

Na análise de classificação das estações de amostragem, com base nos dados de ocorrência qualitativa de todas as espécies de fitoplâncton, foram registrados dois agrupamentos que foram denominados “Grupo Pré-Dragagem” e “Grupo Dragagem” (Figura 10).

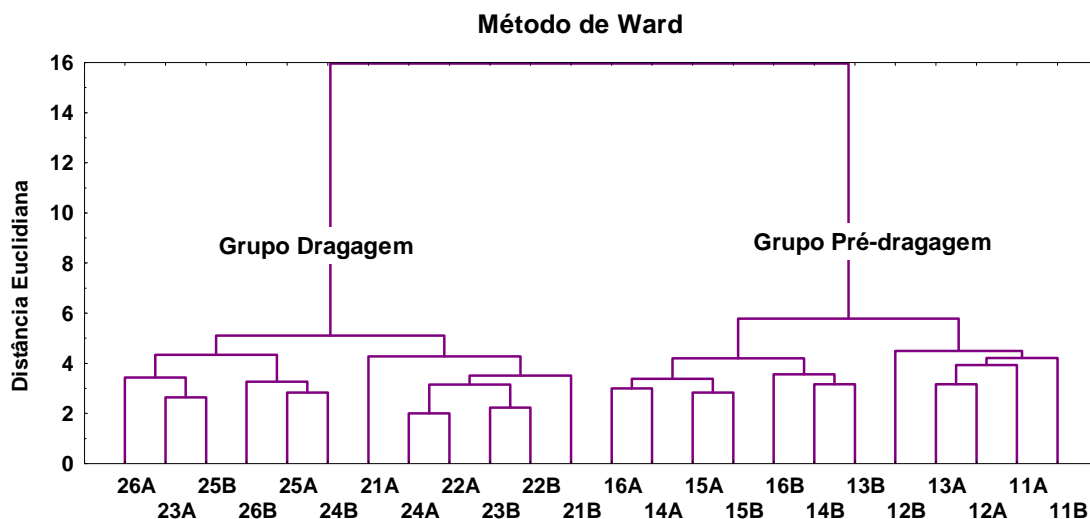


FIGURA 10 - Agrupamento das estações de amostragem, para a ocorrência qualitativa de fitoplâncton, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia (Pré-dragagem, maré alta – 11A, 12A, 13A, 14A, 15A, 16A; Pré-dragagem, maré baixa – 11B, 12B, 13B, 14B, 15B, 16B; Dragagem, maré alta – 21A, 22A, 23A, 24A, 25A, 26A; Dragagem, maré baixa – 21B, 22B, 23B, 24B, 25B, 26B).

O “Grupo Pré-dragagem”, que foi formado apenas por amostras da primeira campanha (Figura 11), foi constituído pelas seguintes espécies: *Lagerheimia* sp, *Nitzschia paradoxa*, *Gyrosigma balticum*, *Thalassionema* sp, *Nitzschia acicularis*, *Cylindrotheca closterium*, *Pleurosigma decorum*, *Tryblionella coarctata*, *Bacteriastrium hyalinum*, *Gyrosigma* sp, *Amphipleura pellucida*. O “Grupo Dragagem”, por sua vez, foi formado somente por amostras da segunda campanha e pelas seguintes espécies: *Protoperidinium conicum*, *Rhizosolenia robusta*, *Hemidiscus hardmaniana*, *Protoperidinium oviforme*, *Protoperidinium divergens*, *Pleurosigma* sp, *Euglena* sp. Na classificação das espécies também foram reconhecidos o grupo das “Espécies Características”, constituído por espécies comuns aos dois períodos, *Pleurosigma angulatum*, *Nitzschia sigma*, *Pseudo-nitzschia* sp, *Nitzschia longissima*, *Navicula* sp, *Coscinodiscus* sp2, *Prorocentrum micans*, *Chlamydomonas* sp, *Guinardia flaccida*, *Skeletonema costatum*, *Ceratium furca*, *Coscinodiscus* sp1, *Chaetoceros lorenzianus*, e o grupo das “Espécies Raras”, pouco comuns em ambos os períodos, *Tetraedron* sp, *Nitzschia obtusa*, *Eunotia* sp, *Microcystis* sp, *Amphora ovalis*, *Grammatophora marina*, *Oscillatoria* sp, *Lyngbya* sp, *Chaetoceros peruvianus*, *Rhizosolenia imbricata*, *Chaetoceros compressus*, *Mougeotia* sp, *Diademis confervacea*, *Climacosphenia moniligera*, *Melchersiella hexagonalis*, *Triceratium fавus*, *Rhizosolenia* sp, *Fragilaria delicatissima*, *Frustulia saxonica*, *Cymatopleura solea*, *Merismopedia* sp, *Dinophysis caudata*, *Ceratium fавus*, *Isthmia enervis*, *Stauroneis phoenicenteron*, *Lyrella Lyra*, *Gleocapsa* sp.

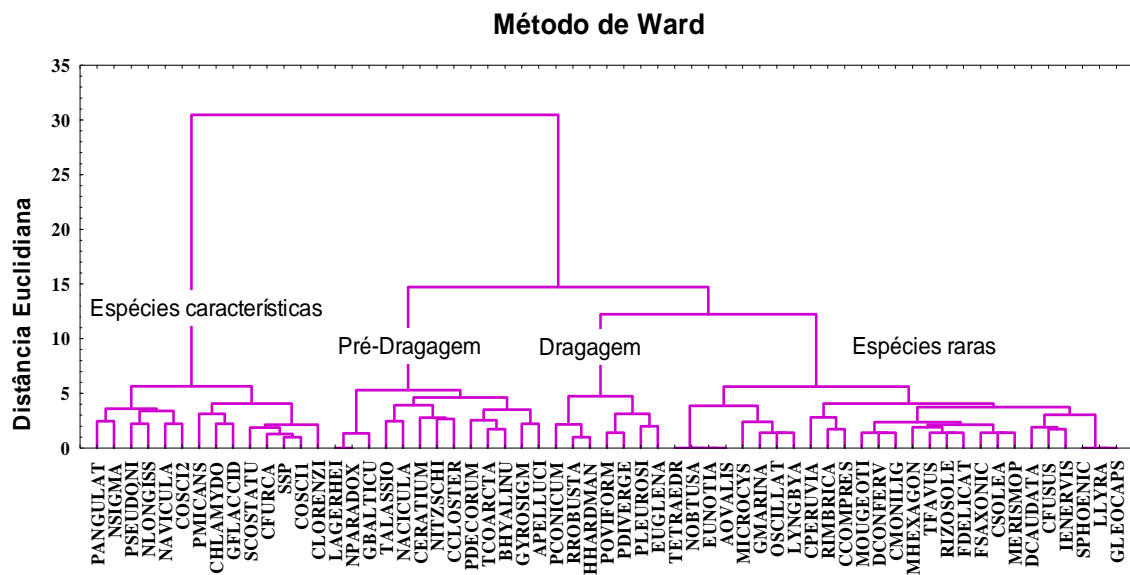


Figura 11 - Agrupamento das espécies de fitoplâncton no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

Os coeficientes de regressão múltipla entre as variáveis oceanográficas obtidas durante a Análise de Redundância indicaram a presença de covariáveis, ou seja, de variáveis correlacionadas ($r > 0,7$). Contudo, apesar disto, as variáveis, salinidade, temperatura oxigênio dissolvido e pH, em função de sua elevada significância estatística, avaliada através do teste de Monte-Carlo, foram mantidas na análise.

O diagrama de ordenação (Figura 12) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) porque eles explicaram 89% da variação percentual acumulada da relação entre fitoplâncton e hidrologia.

Neste diagrama de ordenação, verificou-se uma separação temporal entre as estações de amostragem, em função da estrutura da massa de água (temperatura e salinidade), da sua qualidade (oxigênio e pH), do estado nutricional (fósforo) e metais traços (Cobre, Cromo, e Zinco), além da composição da associação fitoplanctônica, cujas espécies foram, selecionadas conforme valores de frequência de ocorrência entre 40 a 70%. No lado esquerdo se posicionaram as estações na Pré-dragagem, que apresentaram os maiores valores de oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura e pH, associadas as seguintes espécies: *Ceratium sp*, *Coscinodiscus sp*, *Nitzschia longissima*, *Nitzschia paradoxa*, *Navicula sp*, *Gyrosigma balticum*, *Lagerheimia sp*. No lado direito se posicionaram as estações da Dragagem, que apresentaram os menores valores de oxigênio dissolvido, salinidade, temperatura e pH e maiores valores de Cromo, Zinco, Cobre e Fósforo, associados a um menor número de espécies: *Hemidiscus hardmaniana*, *Protoperidinium conicum*, *Prorocentrum micans*, *Rhizosolenia robusta*.

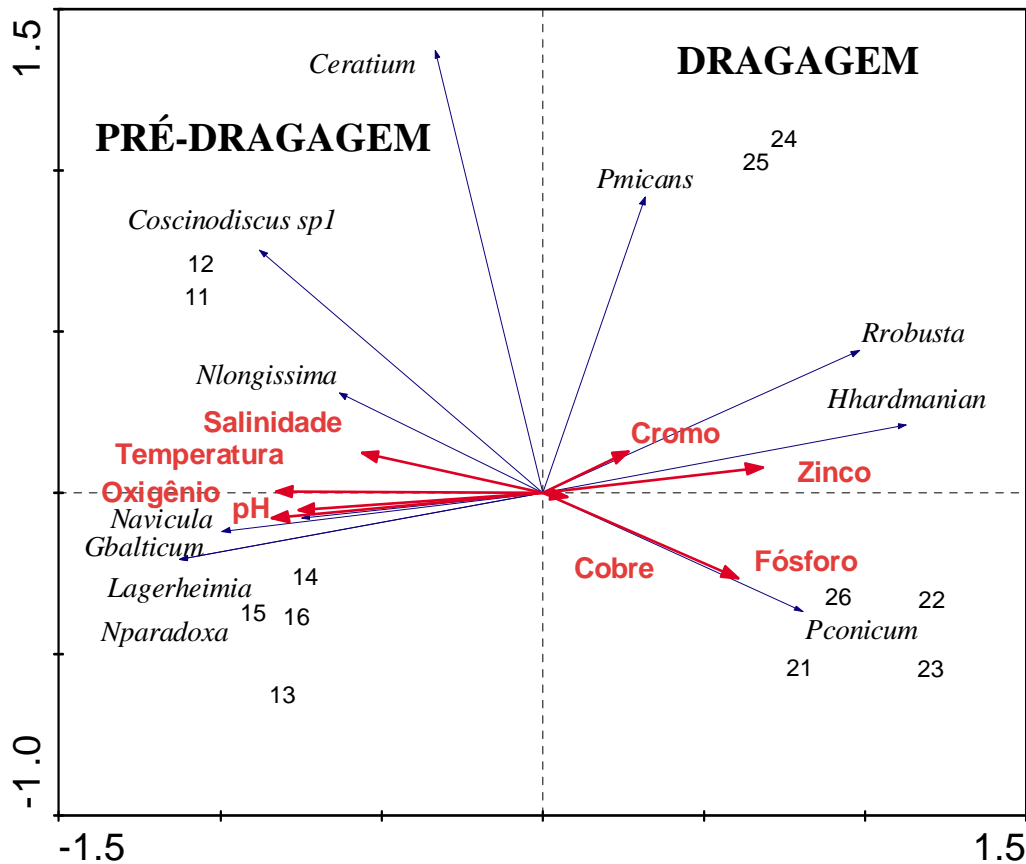


Figura 12 - Diagrama de Ordenação para a Análise de Redundância relacionando a associação fitoplanctônica, com a estrutura da massa de água, no Porto de Aratu, Baía de Todos os Santos, Bahia.

As variáveis hidrológicas que mais influenciaram na compreensão da variabilidade temporal verificada na composição da associação fitoplanctônica foram: oxigênio dissolvido (Teste de Monte-Carlo, $p=0,004$), salinidade (Teste de Monte-Carlo, $0,002$), temperatura (Teste de Monte-Carlo, $0,002$) e pH (Teste de Monte-Carlo, $p=0,012$).

A soma dos autovalores canônicos representou 41% da inércia total, quando o ideal é maior que 20% (Tabela 5). Ou seja, nesta AR, cerca de 41% da variabilidade na composição do fitoplâncton foi explicado pelo gradiente ambiental oceanográfico.

O Teste de Monte Carlo para a soma dos eixos canônicos foi estatisticamente significativo ($p<0,05$) validando a Análise de Redundância.

DISCUSSÃO

Oceanografia e meteorologia

O padrão de precipitação pluviométrica nas proximidades da área de estudo, analisado ao longo de 40 anos, apresentou um período seco, entre setembro e fevereiro e, um período chuvoso entre março e agosto. 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 envolve o inverno e o outono e a época de menor pluviometria situa-se entre a primavera e o verão (Tubelis, 1984). Assim, as campanhas realizadas na área de influência da dragagem do Porto de Aratu foram realizadas no final do período seco (3 de fevereiro de 2010) e no final do período chuvoso (2 de setembro de 2010).

Em fevereiro de 2010 (período seco) verificou-se a presença exclusiva da massa de água 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. Esta água Tropical é parte do fluxo em direção ao sul da Corrente do Brasil, que é caracterizada por salinidade acima de 36 UPS e temperatura acima de 18,5 °C (Campos *et al.* 1995). No mês de setembro de 2010, o aumento de pluviosidade havia elevado a descarga dos rios, levando a formação de uma massa de água Costeira, com salinidade menor que 35 UPS, além da presença de Água Tropical. A água costeira que cobre a plataforma continental é essencialmente oceânica com mistura de águas dos rios (Thonsen, 1962). No interior da Baía de Aratu, a salinidade oscilou entre 30 e 45 ‰ (Leão *et al.*, 2008), ou seja, a massa de água encontrada variou entre Costeira, Tropical e Hipersalina. Em um estudo realizado no norte da BTS (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).

Evidenciou-se um padrão de variabilidade térmica na área de estudo, que se caracterizou por temperaturas mais elevadas durante o período seco (fevereiro), e por temperaturas mais baixas no período chuvoso (setembro). Em outros estudos realizados no norte da Bahia de Todos os Santos (Mafalda Jr. *et al.*, 2003), no interior da Baía de Aratu (Leão *et al.*, 2008), e no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr. *et al.*, 2004), os valores mais elevados foram obtidos no período chuvoso.

O oxigênio dissolvido e o pH também apresentaram valores mais elevados na Pré-dragagem (período seco), e valores mais baixos na Dragagem (período chuvoso), e são reflexo da presença exclusiva da água Tropical, durante a Pré-dragagem e da presença das águas Costeira e Tropical, na Dragagem. Além disto, 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).

Quando foram comparadas as médias das variáveis físico-químicas entre os dois períodos analisados (“Pré-dragagem” e “Dragagem”), foram verificadas diferenças significativas para todas as variáveis analisadas. Durante a Pré-

dragagem, realizada no período seco, 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, que foi realizada no período chuvoso, as águas apresentaram menores temperatura e salinidade, com qualidade alterada em função dos baixos valores de pH e oxigênio.

Metais traços e nutrientes

As concentrações de metais particulados mensuradas na região portuária de Aratu, 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 apresentou uma pequena variação na sua concentração durante a dragagem, porém 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 $1050\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ para Zn). CRA (2004) define que a biodisponibilidade e toxicidade do zinco são naturalmente controladas quando existem no ambientes substâncias orgânicas que podem formar complexos.

Durante a atividade de dragagem, estes metais foram disponibilizados na coluna d'água elevando os valores anteriormente mensurados. 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). Os metais cromo (Cr), Cobre e Níquel (Ni) apresentaram uma maior faixa de variação durante a dragagem, em comparação aos valores já mensurados na BTS por Hatje *et al*.(2009). Os valores de ferro apresentaram menor faixa de variação (96 a $222\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$), em análises realizadas anteriormente na BTS (CRA, 2004), em comparação aos mensurados neste estudo (60 - $250\mu\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$).

A distribuição temporal dos elementos metálicos Cobre, Ferro, Manganês e Zinco, apresentou um padrão esperado, com um aumento durante as atividades de dragagem, em função da remobilização do sedimento marinho e conseqüente ressuspensão. Este aumento de concentração pode ter influenciado de forma negativa na estrutura da associação fitoplanctônica, o que só poderá ser confirmado mediante a execução de testes ecotoxicológicos com as espécies identificadas.

As concentrações de fósforo total apresentaram valores mais elevados durante a Dragagem, porém, as concentrações de Nitrogênio total apresentaram uma redução nos seus valores.

Os nutrientes Nitrogênio e o Fósforo Totais foram mensurados nas duas campanhas, em maré vazante, tendo o fósforo valores entre $0,011$ a $0,064\text{ mg/L}$, mais elevados na DR, mas em níveis recomendados de fósforo em estuários, $0,01$ - $0,1\text{ mg/L}$ (CRA, 2004). Os valores de Nitrogênio Total ($0,8$ a $1,9\text{ mg/L}$)

apresentaram-se em proporções maiores que do Fósforo Total, nos períodos de pré-dragagem e dragagem. Em muitos estuários, o Nitrogênio é o nutriente limitante que pode levar a ocorrência de “bloom” de algas, assim os níveis de Fósforo devem ser avaliados em relação aos de Nitrogênio numa relação de 10:1 e conforme Lobo et al (1997), a concentração média de nitrogênio total dissolvido pode alcançar 16,6 µmol/L. Nitrogênio e Fósforo são conhecidos como nutrientes ou bioestimulantes e por serem os componentes fundamentais para as algas devem ser constantemente monitorados na obtenção do diagnóstico ambiental (CRA, 2004).

Ocorrência e abundância da associação fitoplanctônica

Durante a atividade de dragagem a associação fitoplanctônica da área portuária de Aratu sofreu alterações na sua composição, envolvendo uma redução no número de espécies, 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 64 táxons, mesmo resultado encontrado por Souza et al (2009) na região costeira de Bragança, Pará. Em comparação aos estudos realizados anteriormente na BTS, onde já foram registradas 97 espécies (Melo-Magalhães & 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). Em 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 & 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 freqüência nas amostras analisadas, resistindo às adversidades provocadas pelo processo de dragagem.

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 sua brânquias. Os taxons *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* e *Prorocentrum*), pois são citadas na literatura como causadores de toxidez e predominantes em águas ricas em matéria orgânica, que apesar de freqüentes apresentaram abundância extremamente baixa.

Distribuição temporal do fitoplâncton

Foi evidente a alteração da composição e do padrão de distribuição temporal dos organismos fitoplanctônicos na área costeira do Porto de Aratu, envolvendo a redução da riqueza taxonômica e um aumento de biomassa e densidade, na fase de Dragagem, em relação a Pré-dragagem. Koenig *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 (Ferreira *et al.*, 2010) há relatos de que as condições ambientais influenciam a composição específica, havendo dominância de distintas espécies em determinados períodos. Estudos realizados sobre variações temporais de diatomáceas (Fernandes & Brandini, 2004; Garcia & Odebrecht, 2008) observaram uma variabilidade temporal regular da biomassa fitoplanctônica, com ampla variação entre as amostras.

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).

Classificação e ordenação do fitoplâncton

A análise multivariada de classificação revelou quatro agrupamentos no ambiente marinho pelágico envolvendo o “Grupo Pré-dragagem”, que foi característico do período seco, constituído por 11 espécies, o “Grupo Dragagem”, típico do período chuvoso, compreendendo 7 espécies, o grupo de “Espécies raras”, pouco freqüentes nos períodos, com 27 táxons e o grupo “Espécies características”, constituído por 13 táxons que foram comuns nas duas amostragens.

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 irão variar 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 (Dener, et al, 2006).

Os resultados deste estudo demonstram haver uma variabilidade temporal na distribuição e abundância do fitoplâncton na área portuária de Aratu, em resposta as mudanças meteorológicas, oceanográficas e nutricionais, além de alterações na qualidade da água, provavelmente promovidas pela atividade da dragagem.

CONCLUSÕES

Durante a fase de Pré-Dragagem, realizada no período seco, foi registrada apenas a massa de Água Tropical, enquanto que, na fase de Dragagem, realizada no período chuvoso, foram encontradas a Água Tropical e a Água Costeira.

As variáveis que mais contribuíram para o gradiente oceanográfico encontrado no Porto de Aratu foram: oxigênio, salinidade, temperatura e pH.

Durante a fase de Dragagem foi verificada uma redução nos níveis de oxigênio, pH, temperatura e salinidade.

As concentrações de certos metais traços apresentaram-se abaixo do limite de detecção (cádmio), enquanto que outros se elevaram (Cobre, Ferro, Manganês e Zinco) ou se reduziram (Cromo e Níquel) durante a atividade de dragagem.

As concentrações de fósforo total apresentaram valores mais elevados durante a Dragagem, porém, as concentrações de nitrogênio total apresentaram uma redução nos seus valores.

O número de táxons identificados na associação fitoplanctônica foi considerado pequeno nos dois períodos de estudo, para áreas costeiras tropicais evidenciando uma composição de baixa riqueza.

Foi verificada diferença estatística significativa entre as fases de Pré-Dragagem e de Dragagem, nos índices estruturais da associação, em termos de número de táxons, riqueza específica e densidade.

Apenas a diatomácea *Coscinodiscus sp1* esteve presente em todas as amostras coletadas, nos dois períodos, indicando elevada variabilidade espacial entre as estações de amostragem.

Na fase de dragagem verificou-se uma redução significativa na abundância relativa de cianobactérias e um aumento significativo de clorófitas, com manutenção da abundância de dinoflagelados e diatomáceas.

Os valores mais elevados de densidade fitoplanctônica, observados durante a Dragagem não foram acompanhados por aumento significativo de biovolume, indicando uma provável diminuição no tamanho das células fitoplanctônicas.

No ambiente marinho pelágico foram encontrados quatro agrupamentos de táxons fitoplanctônicos: o “Grupo Pré-dragagem”, o “Grupo Dragagem”, o grupo de “Espécies características” e o “Grupo de Espécies raras”.

A composição da associação fitoplanctônica refletiu a variabilidade temporal observada nas características oceanográficas da massa de água provocada pelo gradiente pluviométrico e na qualidade da água provavelmente em função da atividade de dragagem, havendo uma clara separação entre a fase de Dragagem (período seco) e a fase de Pré-dragagem (período chuvoso).

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de prestar seus agradecimentos à FAPESB e ao consórcio UFBA/FAPEX/CODEBA pelo suporte financeiro. À equipe do Laboratório de Plâncton, assim como à equipe do NEA/LEPETRO, ambos da Universidade Federal da Bahia, pela ajuda nos trabalhos de campo e realização das análises químicas.

REFERÊNCIAS

Aidar, E. *et al.* Capítulo IV – Testes de toxicidade com microalgas, p. 51-61, *in* Nascimento, I.A.N.; Sousa, E.C.P.M. e Nipper, M. (eds.), *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil*. Artes Gráficas e Indústria LTDA, 262p., São Paulo, 2002.

Alloway, B. J. & Ayres, D. C. 1992. *Chemical principles of environmental pollution*. Blackie Academic, 339p., New York, 1992.

Alves, T. *Caracterização Geoquímica do Substrato Lamoso de Zonas de Manguezal da Baía de Aratu - Bahia*. Dissertação de mestrado, Programa de Pós-graduação em Geoquímica e Meio Ambiente, Universidade Federal da Bahia, 120p., Salvador-Bahia, 2002.

APHA – American Public Health Association. *American Works Association, Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examinations of water and waste-water*. 19th ed. Washington. 1268 p., 1995.

Auld, H. & Schubel, JR. Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae. *Estuarine and Coastal Marine Science*, v.6, n.2, p.153-164, 1978.

Azevedo, A. C. G. DE; Feitosa, F. A. N.; Koenig, M. L. Distribuição espacial e temporal da biomassa fitoplanctônica e variáveis ambientais no Galfão Maranhense, Brasil. *Acta bot. Bras*, v.22, n.3, p.870-877, 2008.

Balech, E. 1978. *Introducion al fitoplancton marinho*. Eudeba, Madrid, 195p., 1978

Bicudo, C. E. de M & Menezes, M. *Gênero de algas de águas continentais do Brasil – Chave de identificação e descrição*. RiMa, São Carlos, 489p., 2006

Bittencourt, A. C. S. P., Brichta, A.; Di Napoli, E. A sedimentação na Baía de Aratu. *Rev. Bras. Geoc.*, v.4, n.1, p.51-63, 1974.

Boney, A. D. *Phytoplânkton – The Institute of Biology's- Studies in Biology* no 52. Edward Arnold, London, 115p., 1976.

Brandini, F. P. & Fernandes, L. Microalgae of the continental shelf off Paraná State, southeastern Brazil: a review of studies. *Rev.bras.oceanogr.*, v.44, n.1, p.69-80, 1996.

Campos, E.J.D., Gonçalves, J.E., Ikeda, Y. Water mass characteristics and geostrophic circulation in the South Brazil Bight – summer of 1991. *Jorn. Geophys. Res.*, 100, 18537– 18550, 1995.

Cândido, V. S.; Suzuki, M. S.; Nascimento, S. M. Variação espacial da comunidade fitoplanctônica do estuário do rio Paraíba do Sul, Rio de Janeiro, pp. 70-73, in Anais do III Congresso Brasileiro de Oceanografia, 105p. Fortaleza, 2008.

Chaves, T. B. C.; Mafalda Jr. P.; Santos, C.; Souza, C. S. DE; Moura, G.; Sampaio, J.; Melo, G.; Passavente, J. Z. DE O.; Feitosa, F. A. DE N. Biomassa planctônica e hidrografia na zona econômica exclusiva do nordeste do Brasil. *Tropical oceanography (Revista online)* (Recife), v.34, n.1, p.12-30, 2006.

CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. 2006. Norma Técnica L5.303 - Fitoplâncton de Água Doce - Métodos Qualitativo e Quantitativo (Método de Ensaio).

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

CRA – Centro de Recursos Ambientais, 2001. Avaliação das águas costeiras superficiais. Relatório Técnico, Avaliação Ambiental. Salvador, BA.

CRA – Centro de Recursos Ambientais, 2002. Avaliação da qualidade das águas costeiras superficiais: Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico/Avaliação Ambiental, 27 p.

CRA – Centro de Recursos Ambientais da Bahia. 2004. Diagnóstico do grau de contaminação da Baía de Todos os Santos por metais pesados 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.

Dener, R. B.; Ohse, S.; Villela, M.; Carvalho, S. M. D.; Fett, R. Microalgas, produtos e aplicações. *Ciênc.Rural* (Santa Maria), v.36, n.6, p.1959-1967, 2006.

Fernandes, L. F. & Brandini, F. P. Diatom Associations in shelf waters off Paraná state, southern Brazil: annual variation in relation to environmental factors. *Braz. Journ. of oceanogr.*, v.52, n.1, p.19-34, 2004.

Ferreira, L. C.; Cunha, M. DA G. G. DA S.; Koenig, M. L. Feitosa, F. A. DO N.; Santiago, M. F.; Muniz, K. Variação temporal do fitoplâncton em três praias urbanas do litoral sul do estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. *Acta bot. bras.*, v.24, n.1, p.214-224, 2010.

Gaeta, S. A.; Ribeiro, S. M. S.; Metzler, P. M.; Francos, M. S.; Abe, D. S. Environmental forcing on phytoplankton biomass and primary productivity of the coastal ecosystem in Ubatuba region, southern Brazil. *Rev. bras. oceanogr.*, v.47, n.1, p.11-27, 1999.

Galvão, J. A.; Furlan, E. F.; Salán, E. DE O.; Porto, E.; Oetterer, M. Características físico-químicas e microbiológicas (*Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*) da água e dos mexilhões cultivados na região de Ubatuba, SP. *Ciênc. agrotec.*, v.30, n.6, p.1124-1129, 2006.

Garcia, M.; Odebrecht, C. Morphology and ecology of the planktonic diatom *Palmerina hardmaniana* (Greville) Hasle in southern Brazil. *Biota Neotrop.*, v.8, n.2, p.85-90, 2008.

Hatje, V. & Andrade, J. B. DE. *Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos*. EDUFBA, Salvador, 304p, 2009.

Hatje, V.; Bicego, M. C.; Andrade, J. B. DE. Contaminação química, p.247-297, in Hatje, V. & Andrade, J. B. (eds.), *Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos*. EDUFBA, 304p., Salvador, 2009.

Jonge, V. N. Relations between annual dredging activities, suspended matter concentrations and the development of the tidal regime in the Sem estuary. *Can. J. Fish. Aquat. Scienc.*, v.40, n. Suppl. 1, p.289-300, 1983.

Koenig, M.L.; *et al.* Impacts of the construction of the Port of Suape on phytoplankton in the Ipojuca River Estuary (Pernambuco-Brazil). *Braz. Archiv. of Biol. and Technol.*, v.46, n.1, p.73-81, 2003.

- Lacerda, S.R.; Koenig, M.L.; Neumann-Leitão, S.; Flores-Montes, M.J. Phytoplankton nyctemeral variation at a tropical river estuary (Itamaracá – Pernambuco – Brazil). *Braz. J. Biol.*, v.64, n.1, p.81-94, 2004.
- Leão, C.S.; Queiroz, A.F.; Celino, J.J.; Hadlich, G.M. Metais traços no ecossistema manguezal da Baía de Aratu, p. 233-245, *in* Queiroz, A.F. De & Celino, J.J. (eds.), *Avaliação de ambientes na Baía de Todos os Santos: aspectos geoquímicos, geofísicos r biológicos*. Recupetro-Proamb, 300p., Salvador, 2008.
- Lessa, G.C.; Cirano, M.; Genz, F.; Tanajura, C.A.S.; Da Silva, R.R. Oceanografia física, p.67-119, *in* Hatje, V. & Andrade, J. B. (eds.), *Baía de Todos os Santos: Aspectos Oceanográficos*. EDUFBA, 304p., Salvador, 2009.
- Lourenço, S.O. *Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações*. RiMa, São Paulo, 588p., 2006
- Mafalda Jr., P.O.; Souza, P.M De; Da Silva, E.M. *et al.* Estrutura hidroquímica e biomassa planctônica no Norte da Baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Trop. Oceanogr.* (Recife), v.31, n.1, p.31-51, 2003.
- Mafalda Jr., P.O., Sinque, C.; Muelbert, H. Associações de Larvas de Peixes na Costa Norte da Bahia. *Atlântica* (Rio Grande), v.28, n.1, p.5-11, 2004.
- Margalef, R. *Ecologia*. Omega, Barcelona, 951p., 1989.
- Melo-Magalhães, E.M. De M.; Araújo-Barbosa, W.F. De A. 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 r biológicos*. Recupetro-Proamb, 300p., Salvador, 2008.
- Molinari, A.L.M.; Mafalda Jr., P.O.; Oliveira, O.C.; Cerqueira, W.R. Caracterização da comunidade fitoplanctônica da Baía de Todos os Santos, Bahia. pp. 294-295, *in* *Anais VIII Congresso de Ecol. do Brasil*, 314p. Caxambu, 2007.
- Neumann, V.H.; Medeiros, C.; Parente, L.; Neumann-Leitão, S.; Koenig, M.L. Hrydrodynamism, sedimentology, geomorphology and plankton changes at Suape area(Pernambuco - Brazil) after a port complex implantation. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, v.70, n.2, p.313-323, 1998.
- Newell, R.C.; Seiderer, L.J.; Hitchcock, D.R. 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. *Rev. Oceanogr. Mar. Biol. Annu.*, v.36, p.127–178, 1998.
- Paula, E.V.; Cunico, C.; Boldrini, E.B. Controle do assoreamento e dos contaminantes por meio da gestão de bacias hidrográficas para o planejamento das dragagens portuárias na Baía de Antonina/Paraná/Brasil. *Rev. Ra'e Ga* (Curitiba), n.12, p.195-210, 2006.

Peixinho, V.M.C. *Estudos preliminares sobre o fitoplâncton da Baía de Aratu (Bahia)*. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de São Paulo, 94p., São Paulo, 1972.

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

Procopiack, L.K., Fernandes, L.F.; Moreira Filho, H. 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, 2006.

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

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

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. Phytoplankton dynamics in a highly eutrophic estuary in tropical Brazil. *Braz. Journ. of oceanogr.*, v.58, n.3, p.189-205, 2010.

Sherk, J.A., O Connor, J.M.; Neumann, D.A. Effects of suspended and deposited sediments on estuarine environments, p. 541–558, in Cronin, L.E. (ed.), *Estuarine Research*. Academic Press, 558p., New York, 1979.

Silva, A.P.; Neumann-Leitão, S.; Schwamborn, R.; Gusmão, L.M.; Almeida e Silva, T. Mesozooplankton of an Impacted Bay in North Eastern Brazil. *Braz. Archiv. of Biol. and Technol.*, v.47, p.485-493, 2004.

Silva, M.H Da; Silva-Cunha, M. Da G.G. Da; Passavente, J.Z. De O.; Grego, C.K. Da S.; Muniz, K. Estrutura sazonal e espacial do microfítotoplâncton no estuário tropical do rio Formoso, PE, Brasil. *Acta bot. bras.*, v.23, n.2, p.355-368, 2009.

Souza, E.C.P.M. 2002. Capítulo I - Métodos em ecotoxicologia marinha: Aplicações no Brasil, p.9-13, in Nascimento, I.A.N.; Sousa, E.C.P.M. e Nipper, M. (eds.), *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil*. Artes Gráficas e Indústria LTDA, 262p., São Paulo, 2002.

Souza, C.S.; Oliveira, O.C.; Mafalda Jr., P.O.; Marcolin, C.R. Caracterização de eventos de floração nociva provocada por *Gymnodinium sanguineum* na Baía de Todos os Santos, Salvador, BA. *Anais do I congresso Ibero-Americano de Oceanografia*, Fortaleza, 2008.

Souza, E.B. De; Costa, V.B. Da; Pereira, L.C.C.; Costa, R.M. Da. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). *Acta bot. bras.*, v.23, n.4, p.1084-1095, 2009.

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

Tavares, L.H.S. & Rocha, O. *Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para a alimentação de organismos aquáticos*. RiMa, São Carlos, 35p., 2003.

Ter Braak, C.J.F. & Smilauer, P. 1998. *CANOCO Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows*. Microcomputer Power, Ithaca, USA. 352 p., 1998.

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

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

Zimmermann, S.J.C. 1916. Flora Diamatologica – Salvador. pp. 448-461, in *Anais 5º Congr. Bras. Geogr*, 1916.

Villac, M.C.; Cabral-NoronhaO, V.A. De P.; Pinto, T. De O. The phytoplankton biodiversity of the coast of the state of São Paulo, Brazil. *Biota Neotrop.*, v.8, n.3, p.151-173, 2008.

Villac, M.C. The phytoplankton of Guanabara Bay, Brazil. *Biota Neotrop.*, v.10, n.2, p.271-293, 2010.

Zocche, J.J.; Freitas, M.; Quadros, K.E. De. Concentração de Zn e Mn nos efluentes do beneficiamento de carvão mineral e em *Typha domingensis* pers (typhaceae). *R. Árvore (Viçosa)*, v.34, n.1, p.177-188, 2010.

Yokoya, N.S.; Plastino, E.M.; Braga, M. Do R.; Fuji, M.T.; Cordeiro-Marino, M.; Eston, V.; Harari, J. 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)*, v.22, n.2, p.195-204, 1999.

4. CONCLUSÃO

A Baía de Todos os Santos, com sua exuberante riqueza natural, é formada por estuários, recifes de corais, baías e manguezais, o que favorece a economia e o turismo da cidade de Salvador. A sua diversidade biológica e as condições ambientais privilegiadas definem a sua complexidade e importância. O desenvolvimento da região envolvendo o crescimento populacional, a implantação de industriais e portos e a exploração dos recursos naturais, vem modificando o cenário natural da BTS.

Este trabalho abordou a caracterização da microflora, a estrutura da massa d'água, além da mensuração de metais-traço e nutrientes considerando que estes fatores podem ser alterados em virtude da atividade antrópica de dragagem.

Concluimos que a atividade de dragagem modificou a qualidade da água e a concentração de metais e nutrientes, interferindo na estrutura da associação fitoplanctônica, em termos de composição, riqueza e abundância.

Este trabalho está disponibilizando à comunidade científica dados relevantes sobre a dragagem de aprofundamento do porto de Aratu que serão utilizados para compor a continuidade deste estudo.

Atualmente existem poucos trabalhos desenvolvidos na região, em comparação com outros estados Brasileiros, demandando a continuidade dos estudos voltados ao conhecimento da variabilidade temporal e espacial do fitoplâncton, considerando a sua importância como ferramenta para a avaliação e monitoramento aquático.

REFERÊNCIAS

- AIDAR, E. *et al.* 2002. Capítulo IV – Testes de toxicidade com microalgas. In: NASCIMENTO, I.A.N.; SOUSA, E. C. P. M. e NIPPER, M. Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil. São Paulo: Artes Gráficas e Indústria LTDA, p. 51-61.
- 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 sócio-ambiental e subsídio para a gestão. Bahia: Germen, p.137- 146.
- ALVES T. 2002. Caracterização Geoquímica do Substrato Lamoso de Zonas de Manguezal da Baía de Aratu - Bahia. 120p. Dissertação (Mestrado em Geoquímica e Meio Ambiente) Universidade Federal da Bahia.
- ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. 1992. Chemical principles of environmental pollution. Blackie Academic, 339p., New York, 1992.
- 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) Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/pnrh/DOCUMENTOS/5Textos/6-9EcosistemasAquaticos.pdf>>. Acesso em: 27 dez. 2010.
- ANTAQ. Agência Nacional de Transportes Aquaviários. 2009. Anuário Estatístico Portuário – 2009. Disponível em: <http://www.antaq.gov.br/Portal/Anuarios/Portuario_2009/Index.htm>. Acesso em: jun. 2010.
- APHA – American Public Health Association. 1995. American Works Association, Water Pollution Control Federation. Standard methods for the examinations of water and wastewater. 19th ed. Washington. 1268 p.
- AULD, H.; SCHUBEL, JR. 1978. Effects of suspended sediment on fish eggs and larvae. Estuarine and Coastal Marine Science, 6(2):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 Galfão Maranhense, Brasil. Acta bot. bras. 22(3): 870-877.
- BALECH, E. 1978. Introducion al fitoplancton marinho. Ed. Eudeba, 195p.
- 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.

BRANDINI, F. P.; FERNANDES, L. 1996. Microalgae of the continental shelf off Paraná State, southeastern Brazil: a review of studies Rev.oras.occanogr.,44(1): 69-80.

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.

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.

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).

CIRANO, M.; LESSA, G. C. 2007. Oceanographic characteristics of Baía de Todos os Santos, Brazil. *Brazilian Journal of Geophysics*, v. 25, p. 363-387.

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.

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

CRA – CENTRO DE RESUSOS AMBIENTAIS, 2002. Avaliação da qualidade das águas costeiras superficiais: Baía de Todos os Santos. Relatório Técnico/Avaliação Ambiental, 27 p.

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.

CRA - CENTRO DE RESUSOS AMBIENTAIS. 2004. Diagnostico da concentração de metais pesados e hidrocarbonetos de petróleo nos sedimentos e biota da baía de todos os santos. Technical 0293-RT-00-MA-008 R-02, Vol. II.

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.

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.

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

FERNANDES, L. F.; BRANDINI, F. P. 1999. Comunidades microplancônicas no Oceano Atlântico Sul Ocidental: biomassa e distribuição em novembro de 1992. Revista Brasileira de Biologia v. 47, n. 2, p. 189-205.

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.

GAETA, S. A.; RIBEIRO, S. M. S; METZLER, P. M.; FRANCOS, 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.

GALVÃO, J. A.; FURLAN, E. F.; SALÁN, E. DE O.; PORTO, E.; OETTERER, M. 2006. Características físico-químicas e microbiológicas (Staphylococcus aureus e bacillus cereus) da água e dos mexilhões cultivados na região de Ubatuba, SP. Ciênc. agrotec. 30 (6): 1124-1129.

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.

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 Botânica Brasilica. v. 23, n. 2. ISSN: 0102-3306.

JONGE, VN 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.

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, p.73-81.

LACERDA, L.D. 1998. Trace metals biogeochemistry and diffuse pollution in mangrove ecosystems. (vol. 2). Okinawa: Internacional Society for mangrove. 65p.

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.

LESSA, G. C.; CIRANO, M.; GENZ, F.; TANAJURA, C. A. S.; DA SILVA, R. R. 2009. Oceanografia física. In: HATJE, V.; ANDRADE, J. B. DE, ed. EDUFBA, Salvador-Bahia. p. 67-119.

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.

MACKAY, D.; FRASER, A. 2000. Bioaccumulation of persistent organic chemicals: mechanisms and models. Environmental Pollution - Elsevier, 110. p. 375-391.

- MAFALDA JR, P. O. ; SILVA, V. R. F . 1996. Caracterização do ictioplâncton do sistema estuarino lagunar 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.
- MAFALDA JR, P.O., SINQUE, C., BRITO, R.R.C. SANTOS, J.J. 2004a. Biomassa Planctônica, Hidrografia e Pluviosidade na Costa Norte da Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*. Recife, 32(2): 145-160.
- MAFALDA JUNIOR, P. O.; MOURA, G. 2004b. Avaliação espacial e sazonal da biomassa primária (clorofila a), na zona econômica exclusiva do nordeste brasileiro.
- MARGALEF, R. 1989. *Ecologia*. Barcelona: Omega, 951p.
- 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.
- NIENCHESKI, L. F.; MILANI, M. R.; MILANI, I. 2008. Metais traço: água. In: NETO, J. A. B.; WALNER-KERSANACH, M.; PATCHINEELAM, S. M. *Poluição Marinha*. Rio de Janeiro: Interciência. 179-195p.

NEUMANN-LEITÃO S. 1994. Impactos antrópicos na comunidade zooplanctônica 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.

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, RC; SEIDERER, LJ; HITCHCOCK, DR. 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. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 36: 127–178.

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

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

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.

PAULA, E.V.; CUNICO, C.; BOLDRINI, E.B. 2006. Controle do assoreamento e dos contaminantes por meio da gestão de bacias hidrográficas para o planejamento das dragagens portuárias na Baía de Antonina/Paraná/Brasil. *Rev. Ra'e Ga (Curitiba)*, n.12, p.195-210.

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.

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

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

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

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

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.

SHERK, J. A., O CONNOR, J. M.; NEUMANN, D. A. 1979. Effects of suspended and deposited sediments on estuarine environments. In: Cronin, L.E., (ed.) *Estuarine Research 2*: 541–558. Academic Press, New York, NY.

SILVA, AP; NEUMANN-LEITÃO, S.; SCHWAMBORN, R.; GUSMÃO, L.M; ALMEIDA E SILVA, T. 2004. Mesozooplankton of an Impacted Bay in North Eastern Brazil. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 47, p. 485-493.

SILVA, M. H DA; 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.* 23(2): 355-368.

SMEWW- *Standard Methods for Examination of water and waster*, 21ª ed, 2005.

SOUZA, E.C.P.M. 2002. Capítulo I - Métodos em ecotoxicologia marinha:Aplicações no Brasil, p.9-13, in Nascimento, I.A.N.; Sousa, E.C.P.M. e Nipper, M. (eds.), *Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil*. São Paulo: Artes Gráficas e Indústria LTDA, 262p.

- SOUZA, C. S.; OLIVEIRA, O. C.; MAFALDA JR., P. O.; MARCOLIN, C.R. 2008. Caracterização de eventos de floração nociva provocada por *Gymnodinium sanguineum* na Baía de Todos os Santos, Salvador, BA. I congresso Ibero-Americano de Oceanografia – ICIAO, Fortaleza (CE).
- 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.
- SOUZA, E. B. DE; COSTA, V. B. DA; PEREIRA, L. C. C.; COSTA, R. M. DA. 2009. Variação temporal do fitoplâncton e dos parâmetros hidrológicos da zona de arrebentação da Ilha Canela (Bragança, Pará, Brasil). Acta bot. bras. 23(4): 1084-1095.
- STRICKLAND, J.D.; PARSONS, T.R. 1965. A Manual of Seawater Analysis. Bull. Fish. Res. Board. Can, v.125, p.1-205.
- TAVARES, L. H. S.; ROCHA, O. 2003. Produção de plâncton (Fitoplâncton e Zooplâncton) para a alimentação de organismos aquáticos. São Carlos: Rima, 35p.
- TER BRAAK, C. J. F. & SMILAUER, P. 1998. CANOCO Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA. 352 pp.
- 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.
- VALENTIN, J. L. 2000. Ecologia Numérica. Rio de Janeiro, Editora Interciência. 117p.
- 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.
- UFBA-NIMA. 1997. Baía de Todos os Santos: diagnóstico sócio-ambiental e subsídio para a gestão. Bahia: Germen. 244p.

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.

WANG, XY; 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.

YOKOYA, N. S.; PLASTINO, E. M.; BRAGA, M. DO R.; FUJI, M. T.; CODEIRO-MARINO, 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.

ANEXOS

ANEXO 1. Coordenadas geográficas e dados hidrográficos das estações de amostragem na área de influência do Porto de Aratú, BTS, Bahia, em 03.02.10 (superior) e 02.09.2010 (inferior). (A = maré alta; B = maré baixa).

Estação	Latitude (°S)	Longitude (°O)	Profundidade (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (ups)	Oxigênio (mg/L)	pH
1A	12°48'22.34"	38°31'36.38"	12,0	29,8	37,5	7,3	9,02
2A	12°47'34.03"	38°30'26.97"	11,0	29,2	37,5	7,1	9,00
3A	12°47'20.72"	38°29'27.06"	13,4	33,9	35,5	5,6	8,88
4A	12°46'57.03"	38°30'18.00"	11,0	29,7	37,0	7,2	8,90
5A	12°46'24.14"	38°30'35.39"	10,7	30,1	38,5	8,0	9,00
6A	12°45'45.07"	38°30'17.42"	16,8	32,4	37,0	6,4	8,93
1B	12°48'22.34"	38°31'36.38"	10,6	31,2	36,0	8,8	8,91
2B	12°47'34.03"	38°30'26.97"	10,5	29,1	37,0	8,0	8,92
3B	12°47'20.72"	38°29'27.06"	11,6	29,5	36,0	7,5	8,90
4B	12°46'57.03"	38°30'18.00"	10,1	30,1	37,0	6,7	8,93
5B	12°46'24.14"	38°30'35.39"	10,6	30,1	37,0	8,0	8,94
6B	12°45'45.07"	38°30'17.42"	14,0	30,4	36,5	6,8	8,95

Estação	Latitude (°S)	Longitude (°O)	Profundidade (m)	Temperatura (°C)	Salinidade (ups)	Oxigênio (mg/L)	pH
1A	12°48'22.34"	38°31'36.38"	3	23,8	35,0	4,4	6,3
2A	12°47'34.03"	38°30'26.97"	15	24,4	35,0	5,9	6,7
3A	12°47'20.72"	38°29'27.06"	16	26,6	35,0	4,6	5,9
4A	12°46'57.03"	38°30'18.00"	13	24,6	35,0	4,5	7,9
5A	12°46'24.14"	38°30'35.39"	6	25,9	35,0	4,3	6,9
6A	12°45'45.07"	38°30'17.42"	4	26,2	35,0	6	6,5
1B	12°48'22.34"	38°31'36.38"	4	26,9	30,0	4,4	8,0
2B	12°47'34.03"	38°30'26.97"	15	26,6	35,0	5,9	8,1
3B	12°47'20.72"	38°29'27.06"	13	26,9	35,0	4,6	8,2
4B	12°46'57.03"	38°30'18.00"	13	27,5	35,5	4,5	8,0
5B	12°46'24.14"	38°30'35.39"	6	27,3	35,0	4,3	8,2
6B	12°45'45.07"	38°30'17.42"	2	27,1	32,5	6	8,2

ANEXO 2. Concentração de metais-traço e nutrientes mensurados durante a maré vazante, no Porto de Aratu, BTS, Bahia, em 03.02.10, pré-dragagem (PD - superior) e em 02.09.10 (DR – inferior).

Estações	Zn (mg/Kg 10 ²)	Ni (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Fe (mg/Kg 10 ³)	Cu (mg/Kg)	Mn (mg/Kg 10 ²)	P Total (mg/L)	N Total (mg/L)
1V (PD)	1,18	8	174	1,53	0	0,84	0,011	1,6
2V (PD)	0,69	0	124	9,26	24	7,24	0,021	1,7
3V (PD)	0,27	0	166	6,58	0	4,74	0,017	1,3
4V (PD)	0,23	4	131	6,18	0	4,58	0,018	1,9
5V (PD)	0,14	22	94	9,06	4	5,4	0,016	1,1
6V (PD)	0,2	0	102	8,83	15	5,56	0,024	1,4

Estações	Zn (mg/Kg 10 ²)	Ni (mg/Kg)	Cr (mg/Kg)	Fe (mg/Kg 10 ³)	Cu (mg/Kg)	Mn (mg/Kg 10 ²)	P Total (mg/L)	N Total (mg/L)
1V (DR)	3,87	44	0	5	0	3,33	0,063	0,8
2V (DR)	1,87	20	233	9,65	0	5	0,045	0,8
3V (DR)	1,72	42	0	4,96	0	5,08	0,064	0,8
4V (DR)	2,08	44	11	11	0	5,14	0,004	0,8
5V (DR)	2,04	22	78	11	103	5,53	0,03	0,8
6V (DR)	2,15	28	0	11,4	164	6,36	0,061	0,8