



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
PROGRAMA DE GRADUAÇÃO EM OCEANOGRAFIA**

**RAMON MENDES FERREIRA**

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUMA DE EFLUENTE INDUSTRIAL ORGÂNICO  
SOBRE A ASSEMBLÉIA MACROZOOPLÂNCTONICA NO LITORAL NORTE DA BAHIA.**

Salvador - BA  
2012

**RAMON MENDES FERREIRA**

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUMA DE EFLUENTE INDUSTRIAL  
ORGÂNICO SOBRE A ASSEMBLÉIA MACROZOOPLÂNCTONICA NO  
LITORAL NORTE DA BAHIA.

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

Orientador: **Prof. PAULO DE OLIVEIRA MAFALDA JÚNIOR**

Salvador - BA  
2012

## TERMO DE APROVAÇÃO

RAMON MENDES FERREIRA

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DA PLUMA DE EFLUENTE INDUSTRIAL  
ORGÂNICO SOBRE A ASSEMBLÉIA MACROZOOPLÂNCTONICA NO  
LITORAL NORTE DA BAHIA.

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

---

Prof. Dr. Paulo de Oliveira Mafalda Júnior - Orientador  
Instituto de Biologia - UFBA

---

Prof. Dr. Doriedson Gomes  
Instituto de Biologia - UFBA

---

Prof. Dr. Christiane Sampaio de Souza  
Instituto de Biologia - UFBA

Salvador – BA  
04 de Julho 2012

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer a todos que contribuíram de alguma forma, para o meu crescimento durante essa jornada, em especial:

Meu pai, o homem de maior caráter que já conheci e a quem devo tudo que sou hoje.

Minha irmã, que sempre esteve ao meu lado.

Ao meu orientador, Paulo Mafalda, por toda dedicação e conhecimento transmitidos a mim.

Aos membros da banca examinadora, pela presença na defesa e avaliação deste trabalho.

Aos meus amigos oceanógrafos e futuros oceanógrafos: Carine, Nara, Horti, Capixaba, Pumbera, Lukinhas, Carol, Igor, Bel, Ju, Paloma, Drica, Bobô, Gugão, Moca, Jonny, Geoff, Léo, 15, Tiagão, Tio Gabriel, Thiaguinho, Tonhão, Marcéu, Robgol, Cropa... e todos os outros não mencionados que torceram por mim e me querem bem.

A Tampinha que, apesar do seu mau-humor, fez do seu estabelecimento minha segunda casa.

**OBRIGADO!!**

## RESUMO

Os estudos sobre o zooplâncton são fundamentais para o aumento da compreensão sobre o funcionamento das teias alimentares do ambiente pelágico e bentônico, e por isto seu uso como objeto de estudo na análise de impacto ambiental é amplo na literatura. Paralelo a isso e devido ao escasso conhecimento sobre o zooplâncton e o efeito dos efluentes industriais no litoral norte da Bahia, tornou-se relevante a produção deste estudo. O objetivo deste trabalho foi analisar a influência do efluente industrial orgânico lançado pelo sistema de disposição oceânica (SDO) da CETREL, sobre a estrutura da assembléia macrozooplancônica do litoral norte da Bahia. Para isso, foram realizadas amostragens em 10 pontos, no litoral norte da Bahia, na região sob influência de efluentes industriais do emissário submarino da Cetrel. Em cada ponto, foram coletados dados hidrológicos (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido), de nutrientes (nitrogenados e fósforo) e de metais pesados (Bário, Manganês e Vanádio), além do macrozooplâncton, utilizando rede cônica de malha 300 µm. Os táxons característicos da assembléia macrozooplancônica no litoral norte da Bahia foram: Copepoda, *Sagitta* sp, *Lucifer faxoni*, *Oikopleura* sp, Ostracoda, *Cavolinia* sp, *Limacina* sp, Siphonophorae e *Pseudoevadne tergestina*. Nos dois períodos de estudo, foram encontrados três agrupamentos de táxons na assembléia macrozooplancônica: o “Grupo PO”, o “Grupo OP 1” e o “Grupo OP 2”. Neste estudo que empregou as condições oceanográficas e a estrutura da assembléia macrozooplancônica não foram detectados efeitos negativos da presença da pluma de efluentes industriais no litoral norte da Bahia

**Palavras-chave:** zooplâncton; composição; variabilidade temporal, metais pesados

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>COMUNIDADE ZOOPLANCTÔNICA</b>	<b>11</b>
<b>1.2</b>	<b>ESTUDOS ZOOPLANCTÔNICOS NO ESTADO DA BAHIA</b>	<b>13</b>
<b>1.3</b>	<b>DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE INDUSTRIAL</b>	<b>14</b>
<b>1.4</b>	<b>ÁREA DE ESTUDO</b>	<b>14</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	<b>16</b>
<b>3.1</b>	<b>COLETA DAS AMOSTRAS</b>	<b>16</b>
<b>3.2</b>	<b>TRATAMENTO DAS AMOSTRAS</b>	<b>17</b>
<b>3.3</b>	<b>TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS</b>	<b>17</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Densidade</b>	<b>17</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Abundância relativa</b>	<b>17</b>
<b>3.3.3</b>	<b>Análise Descritiva e Inferencial</b>	<b>18</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Análise Multivariada</b>	<b>18</b>
<b>3.3.4.1</b>	<b>Análise de Cluster (AC)</b>	<b>19</b>
<b>3.3.4.2</b>	<b>Análise de Redundância (AR)</b>	<b>19</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>20</b>
<b>4.1</b>	<b>COMPOSIÇÃO DO EFLUENTE INDUSTRIAL ORGÂNICO</b>	<b>20</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Variáveis físico-químicas e nutrientes</b>	<b>20</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Compostos orgânicos</b>	<b>20</b>
<b>4.1.3</b>	<b>Metais pesados</b>	<b>20</b>
<b>4.2</b>	<b>ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS, NUTRICIONAIS E METAIS PESADOS</b>	<b>22</b>
<b>4.2.1</b>	<b>Temperatura</b>	<b>22</b>

<b>4.2.2</b>	<b>Salinidade</b>	<b>24</b>
<b>4.2.3</b>	<b>Diagrama T-S</b>	<b>24</b>
<b>4.2.4</b>	<b>pH</b>	<b>25</b>
<b>4.2.5</b>	<b>Oxigênio Dissolvido</b>	<b>26</b>
<b>4.2.6</b>	<b>Nutrientes</b>	<b>26</b>
<b>4.2.7</b>	<b>Metais Pesados</b>	<b>27</b>
<b>4.3</b>	<b>COMPOSIÇÃO DO MACROZOOZOOPLÂNCTON</b>	<b>28</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Abundância Relativa</b>	<b>28</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Densidade</b>	<b>29</b>
<b>4.4</b>	<b>VARIABILIDADE TEMPORAL DA ASSEMBLÉIA MACROZOOPLANCTÔNICA</b>	<b>32</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Análise de Classificação</b>	<b>32</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Análise inferencial MRPP</b>	<b>34</b>
<b>4.4.3</b>	<b>Análise de Ordenação</b>	<b>34</b>
<b>4.4.3.1</b>	<b>Período Seco</b>	<b>34</b>
<b>4.4.3.2</b>	<b>Período Chuvoso</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>38</b>
<b>5.1</b>	<b>COMPOSIÇÃO DO EFLUENTE INDUSTRIAL ORGÂNICO</b>	<b>38</b>
<b>5.2</b>	<b>ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS, NUTRICIONAIS E METAIS PESADOS</b>	<b>39</b>
<b>5.3</b>	<b>COMPOSIÇÃO DO MACROZOOPLÂNCTON</b>	<b>41</b>
<b>5.4</b>	<b>VARIABILIDADE TEMPORAL DA ASSEMBLÉIA MACROZOOPLANCTÔNICA</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	<b>43</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>44</b>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classes de tamanho do zooplâncton marinho (Fonte: Castro & Huber, 2000).	11
Figura 2 - Mapa de localização das estações de amostragem na área de influência do emissário submarino da CETREL, no litoral norte da Bahia.	17
Figura 3 - Box-plot da Temperatura, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.	22
Figura 4 - Box-plot da Salinidade, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.	24
Figura 5 - Diagrama T-S para as estações de amostragem na área de influência do emissário submarino da CETREL no litoral norte da Bahia.	25
Figura 6 - Box-plot do pH, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.	25
Figura 7 - Box-plot do Oxigênio Dissolvido, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.	26
Figura 8 - Abundancia relativa (%) dos táxons zooplancônicos característicos durante o período seco e o período chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).	28
Figura 9 - Box-plot para <i>Sagitta</i> sp durante o período seco e chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).	29
Figura 10 - Box-plot para <i>Lucifer faxoni</i> durante o período seco e chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).	30
Figura 11 – Box-plot para Ostracoda durante o período seco e chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).	30
Figura 12 - Box-plot para <i>Cavolinia</i> sp e <i>Limacina</i> sp durante o período seco, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).	31
Figura 13 - Box-plot para <i>Oikopleura</i> sp durante o período seco, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).	31
Figura 14 - Box-plot para Siphonophorae e <i>Pseudoevadne tergestina</i> durante o período chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).	32
Figura 15 - Dendrograma das estações de amostragem, durante o período seco, no litoral norte da Bahia.	32

- Figura 16 - Dendrograma dos táxons zooplanctônicos, durante o período seco, no litoral norte da Bahia. 33
- Figura 17 - Dendrograma das estações de amostragem, durante o período chuvoso, no litoral norte da Bahia. 33
- Figura 18 - Dendrograma dos táxons zooplanctônicos, durante o período chuvoso, no litoral norte da Bahia. 34
- Figura 19 - Projeção dos dois primeiros eixos canônicos na Análise de Redundância, baseado nos táxons dominantes do zooplâncton, nas variáveis oceanográficas de superfície (OXI, oxigênio dissolvido; SAL, salinidade; TEM, temperatura) e nas estações de amostragem dos períodos secos de Dezembro de 1993 (PO), Outubro de 2008 (OP1) e Fevereiro de 2011 (OP2). 35
- Figura 20 - Projeção dos dois primeiros eixos canônicos na Análise de Redundância, baseado nos táxons dominantes do zooplâncton, nas variáveis oceanográficas de superfície (OXI, oxigênio dissolvido; SAL, salinidade; TEM, temperatura) e nas estações de amostragem dos períodos chuvosos de Maio de 1993 (PO), Julho de 2009 (OP1) e Agosto de 2010 (OP2). 37

## LISTA DE TABELAS

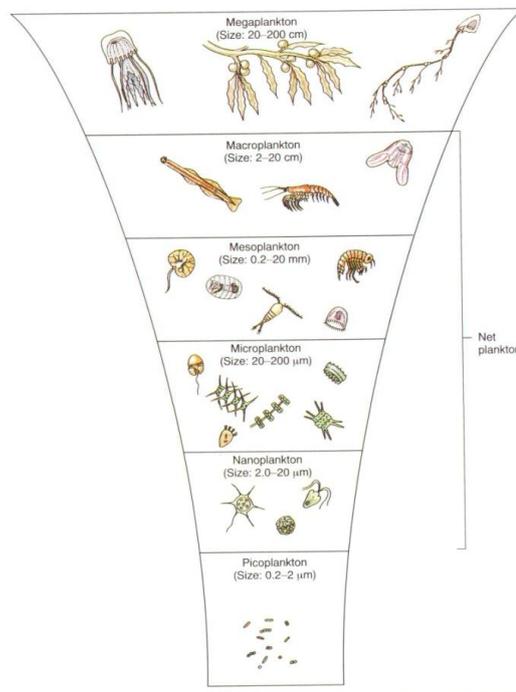
Tabela 1 – Coordenadas geográficas das estações de amostragem adotada para os ciclos anuais de monitoramento na área de influência do emissário submarino da CETREL, no litoral norte da Bahia..	16
Tabela 2 – Resultados das variáveis físico-químicas e nutrientes no instante do bombeamento do efluente, em Fevereiro de 2010 (período seco), no litoral norte da Bahia..	21
Tabela 3 – Resultados das variáveis físico-químicas e nutrientes no instante do bombeamento do efluente, em Agosto de 2010 (período chuvoso), no litoral norte da Bahia..	21
Tabela 4 - Resultados de metais pesados no instante do bombeamento do efluente, em Fevereiro de 2010 (período seco), no litoral norte da Bahia..	21
Tabela 5 - Resultados de metais pesados no instante do bombeamento do efluente, em Agosto de 2010 (período chuvoso), no litoral norte da Bahia.	22
Tabela 6 - Média (mínimo e máximo) e teste de Kruskal-Wallis para as variáveis oceanográficas e macrozooplâncton obtidos durante a fase pré-operacional (PO), operacional 1 (OP1) e operacional 2 (OP2), no período seco, no litoral norte da Bahia.	23
Tabela 7 - Média (mínimo e máximo) e teste de Kruskal-Wallis para as variáveis oceanográficas e macrozooplâncton obtidos durante a fase pré-operacional (PO), operacional 1 (OP1) e operacional 2 (OP2), no período chuvoso, no litoral norte da Bahia	23
Tabela 8 - Concentrações de Ba, Mn e V na água de superfície (Su), na profundidade do disco Secchi (Se) e na água de fundo (Fu) da grade amostral da CETREL, para a campanha de Agosto de 2010 (período chuvoso)	27
Tabela 9 - Concentrações de Ba, Mn e V na água de superfície (Su), na profundidade do disco Secchi (Se) e na água de fundo (Fu) da grade amostral da CETREL, para a campanha de Fevereiro de 2011 (período seco)	27
Tabela 10 - Estatísticas da Análise de Redundância realizada para período seco no litoral norte da Bahia.	35
Tabela 11 - Estatísticas da Análise de Redundância realizada para período seco no litoral norte da Bahia	36

# 1. INTRODUÇÃO

## 1.1 COMUNIDADE ZOOPLÂNCTONICA

O plâncton é constituído pelos organismos pelágicos que vivem na coluna d'água e que não possuem movimentos suficientemente fortes para que possam vencer as correntes, sendo sua distribuição controlada pela dinâmica das massas de água em que vivem (Ré, 1999). Dentre os organismos planctônicos, temos o zooplâncton, que é uma comunidade marinha constituída por uma riqueza de táxons de diversos tamanhos e morfologias (Boltovskoy, 1981), onde os mais numerosos são os crustáceos e, dentre estes, os copépodos (Parsons *et al.*, 1984). Entretanto, praticamente todos os filos de invertebrados marinhos estão representados no zooplâncton, ao menos durante uma etapa do seu ciclo de vida (Nibakken, 1993). Os organismos zooplanctônicos podem ser divididos em dois tipos básicos: o holoplâncton, que inclui os organismos que passam todo o seu ciclo de vida no plâncton (como os copépodos, cladóceros, sifonóforos, quetognatos e larváceas) e o meroplâncton que engloba os ovos, larvas e jovens daqueles organismos cujos adultos fazem parte de comunidades bentônicas ou demersais (larvas e pós-larvas de caranguejos, camarões e lagostas).

O macrozooplâncton, objeto do estudo em questão, normalmente possui tamanho (Figura 1) entre 2 e 20 cm (Castro & Huber, 2000).



**Figura 1** – Classes de tamanho do zooplâncton marinho (Fonte: Castro & Huber, 2000).

O conhecimento da comunidade zooplancônica é de fundamental importância, pois apesar de serem compostas por herbívoros na sua maioria, também exercem forte influência como consumidores, fornecendo indicações sobre o grau de disponibilidade alimentar dentro do ecossistema (Green, 1968), através do estudo da sua biomassa secundária. Os organismos zooplancônicos também respondem às alterações diárias no ambiente aquático, através de estratégias variadas, aumentando a complexidade funcional das comunidades pelágicas (Lopes *et al.*, 1998). Desta forma, o conhecimento da variabilidade da composição e abundância do zooplâncton em diferentes escalas temporais e espaciais constitui um pré-requisito para a compreensão da dinâmica dos ecossistemas aquáticos (Araújo *et al.*, 2008).

O zooplâncton é um excelente indicador da qualidade da água, e sua composição e diversidade refletem, não só as condições originais do sistema, mas também a sua deterioração (Matsumura-Tundisi, 1997), podendo ser bastante úteis em pesquisas sobre o impacto de poluentes em comunidades marinhas (Siokou-Frangou & Papathanassiou, 1991; Vega-Pérez, 1993; Levinton, 1995; Neumann-Leitão *et al.*, 1999; Zhou *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2009). Assim, existem vários estudos que utilizam o zooplâncton como bioindicador de poluição (Siokou-Frangou & Papathanassiou, 1991; Neumann-Leitão, 1994; Lawrence *et al.*, 2004; Uriarte & Villate, 2004; Araújo *et al.*, 2008; Santos *et al.*, 2009).

Segundo Zhou *et al.* (2008), análises através da utilização de índices ecológicos como densidade, riqueza de espécies e abundância relativa dos organismos aquáticos são bastante significantes para a avaliação do equilíbrio ecológico induzido pela qualidade da água. Sendo que, alterações em nível de população ou comunidade podem indicar uma perturbação no equilíbrio normal da área estudada, podendo causar graves seqüelas, o que torna muito importante a realização de um programa de biomonitoramento. De acordo com Lawrence *et al.* (2004), cargas excedentes de nutrientes possuem efeitos sobre populações de copépodos calanoida que podem ocorrer a curto prazo, provocando alterações na atividade alimentar e fecundidade, ou a longo prazo, gerando mudanças na biomassa, abundância e composição da população. Com relação à abundância total do zooplâncton, em sistemas poluídos, as condições hipóxica-anóxicas podem ser responsáveis pelo decréscimo na abundância desses organismos (Uriarte & Villate, 2004; Uriarte & Villate, 2005). O mesmo ocorre com a diversidade, que é menor nos locais poluídos por enriquecimento orgânico (Siokou-Frangou & Papathanassiou, 1991; Badosa *et al.*, 2007).

## 1.2 ESTUDOS ZOOPLANCTÔNICOS NO ESTADO DA BAHIA

No estado da Bahia, os estudos sobre zooplâncton marinho, com especial referência aos copépodos, foram iniciados na Baía de Todos os Santos (BTS), por Santos (1970). A composição táxonsômica do zooplâncton da BTS (Mafalda Jr., 1995), envolve diversos grupos de invertebrados (Cnidaria, Ctenophora, Nematoda, Annelida, Mollusca, Crustacea, Chaetognata, Equinodermata e Urochordata). No ictioplâncton foram identificadas 12 famílias na Baía de Todos os Santos, onde Carangidae, Sparidae, Engraulidae, Blenniidae, Gerreidae e Gobiidae, compreenderam 84,8% do total de larvas de peixes (Mafalda Jr., 1995). Estudos hidroquímicos foram desenvolvidos no norte da Baía de Todos os Santos buscando verificar a influência das atividades industriais de refino e transporte de petróleo sobre a biomassa zooplanctônica (Mafalda Jr. *et al.*, 2003) e sobre a estrutura das associações de larvas de peixes (Mafalda Jr. *et al.*, 2008). Os resultados demonstraram que existem diferenças significativas, temporais e espaciais, principalmente nas variáveis hidroquímicas e, secundariamente, nos níveis de biomassa planctônica (Mafalda Jr. *et al.*, 2003).

As diferenças verificadas na densidade de larvas de peixes, entre a estação localizada na área com influência da atividade de refino do petróleo, e a estação controle, refletem os efeitos da atividade petroquímica sobre a assembléia de larvas de peixes, onde os táxons ocorrem com maior frequência e abundância nas estações com menores valores de salinidade, temperatura, amônia, clorofila, óleos, graxas e fenóis (Mafalda Jr., *et al.*, 2008).

No litoral de Salvador, durante o monitoramento do emissário submarino do Rio Vermelho (Hydros-Embasa, 2009), o levantamento da comunidade zooplanctônica identificou um total de oito Filos, onde a composição do zooplâncton foi sempre característica de ambientes costeiros tropicais, com influência oceânica, que são caracterizados pela presença de organismos do holoplâncton, como copépodos, eufausiáceos (camarões planctônicos), larváceas (*Oikopleura* sp), pterópodos (*Limacina* sp) e quetognatos (*Sagitta* sp), além de organismos do meroplâncton tais como: braquiúros (siris), cirripédios (cracas) e poliquetos (vermes).

No litoral norte da Baía os estudos sobre zooplâncton iniciaram durante o período pré-operacional do emissário submarino da CETREL que lança efluentes orgânicos tratados nesta região costeira (CEPEMAR-CETREL, 1994). Mafalda Jr *et al.* (2004a) relacionaram a biomassa fito e zooplanctônica com aspectos hidrográficos e pluviosidade. Posteriormente uma avaliação da distribuição e abundância do microzooplâncton da costa norte foi realizada por Torres (2005).

### **1.3 DISPOSIÇÃO DE EFLUENTE INDUSTRIAL**

O lançamento de efluente líquido doméstico e industrial está entre as maiores ameaças ao ambiente de regiões costeiras (Biancalana *et. al.*, 2011). Estes efluentes podem apresentar grandes concentrações de nitrogênio, fósforo e silício, além de vários outros compostos tóxicos como metais pesados e hidrocarbonetos. (Curds, 1982; Smith *et. al.*, 1999).

As disposições oceânicas de efluentes podem provocar efeitos aos ecossistemas tais como: processos de bioacumulação, biomagnificação de contaminantes químicos, introdução de organismos patogênicos, perturbações físicas no ecossistema marinho, ressuspensão de sólidos causando inaceitável turbidez, eutrofização localizada, enriquecimento de nutrientes e decréscimo de oxigênio (Capuzzo & Kester, 1987).

De maneira geral, os efeitos “negativos” do lançamento de efluentes nas águas costeiras, e possível eutrofização, são mais intensos em ambientes de circulação restrita, tais como enseadas, baías e porções internas de estuários. Nestes ambientes, o tempo de residência das massas de água e a baixa profundidade, são fatores que contribuem para a maior depleção dos teores de oxigênio dissolvido, menor efeito de diluição e mistura de poluentes, e também aumento da contribuição de carga orgânica através da ressuspensão do fundo (Meyer-Reil & Köster, 2000; Mayer-Pinto & Junqueira, 2003).

O lançamento de efluentes em águas costeiras pode afetar a sobrevivência do zooplâncton uma vez que a pluma, além de alterar padrões de distribuição, pode causar efeitos deletérios à saúde e ao desenvolvimento (efeitos crônicos) ou matar organismos imediatamente (efeito agudo) (Gray *et al.*, 1997).

### **1.4 ÁREA DE ESTUDO**

A área de estudo está situada no litoral norte do Estado da Bahia, entre os paralelos 12° 55' e 12° 97' de latitude sul e 38° 37' e 37° 95' de longitude oeste, e possui em torno de 580 Km<sup>2</sup> (Figura 2). Segundo a classificação de Koppen (Vianna, 1963), o clima é quente e úmido, sendo que há um padrão de precipitação pluviométrica em dois períodos típicos: um seco, entre setembro e fevereiro, e outro chuvoso, entre março e agosto (SEI 1999; Mafalda Jr., 2000).

De acordo com a carta náutica DHN B1100 no setor norte, o fundo oceânico cresce suave e gradativamente, constituindo um banco extenso e raso onde se encontram os estuários dos rios Pojuca e Jacuípe, além do emissário submarino da Central de tratamento dos efluentes do Polo Petroquímico de Camaçari (CETREL). Se considerarmos que a primeira quebra da borda da

plataforma continental está na isóbata de 50 m, no setor norte ela dista cerca de 15 Km da costa. No setor sul, em frente ao Rio Joannes, esta isóbata está a 5 Km da costa.

A limitada vazão dos estuários (Paredes & Freitas, 1980; Paredes *et al.*, 1993) e a estreita plataforma continental (Summerhayes *et al.*, 1975), contribuem para que o padrão oceanográfico seja determinado pela Corrente do Brasil, constituída por água Tropical que apresenta salinidade entre 36-38 e temperatura entre 24-26 °C (Garfield,1990) e que possui características oligotróficas devido ao escasso teor em nutrientes inorgânicos (Paredes,1991)

A região apresenta um padrão sazonal de circulação, sendo predominantes as correntes para SW durante o verão e para NE durante o inverno. Essa variabilidade é explicada pela variação na direção dos ventos locais durante o ano. Além disso, parâmetros hidrológicos como temperatura e salinidade também apresentam um comportamento variável concordante com um período de estação seca e uma estação chuvosa (Lima, 2006).

O emissário submarino da CETREL, denominado sistema de disposição oceânica (SDO), estende-se por 3 km a partir da linha de costa, atingindo a linha batimétrica de 20 m, onde descarta efluentes de composição essencialmente orgânica, tanto particulada quanto dissolvida, compostos voláteis e não voláteis, e séries nitrogenadas e fosforadas.

## 2. OBJETIVOS

O objetivo geral deste estudo é analisar a influência do efluente industrial orgânico lançado pelo sistema de disposição oceânica (SDO) da CETREL, sobre a estrutura da assembléia macrozooplancônica do litoral norte da Bahia.

Objetivos específicos:

- a) Caracterizar o efluente industrial orgânico no momento do seu bombeamento;
- a) Analisar a estrutura oceanográfica e a qualidade da água através do seu estado nutricional e da concentração de metais pesados, durante um período seco e outro chuvoso
- b) Definir a composição da comunidade macrozooplancônica, através da identificação e quantificação dos táxons que constituem o zooplâncton nos períodos seco e chuvoso;
- c) Relacionar a variabilidade temporal da assembléia macrozooplancônica com variáveis oceanográficas (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido), estado nutricional (nutrientes nitrogenados e fósforo) e metais pesados (Bário, Manganês e Vanádio), durante um período seco e outro período chuvoso.

### 3. METODOLOGIA

#### 3.1 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram realizadas amostragens nos período seco e chuvoso, em três fases: Pré-operacional (1993/1994), Operacional 1 (2008/2009) e Operacional 2 (2010/2011). As estações de amostragem foram localizadas no entorno do emissário submarino da CETREL, compreendendo uma grade de 10 estações localizadas na área de influência (A4, C3, C4, C5, D3, D4, D5, E3, E4, E5) e distribuídas em três perfis. A **Tabela 1** e a **Figura 2** apresentam os posicionamentos das estações referidas, através de suas coordenadas geográficas.

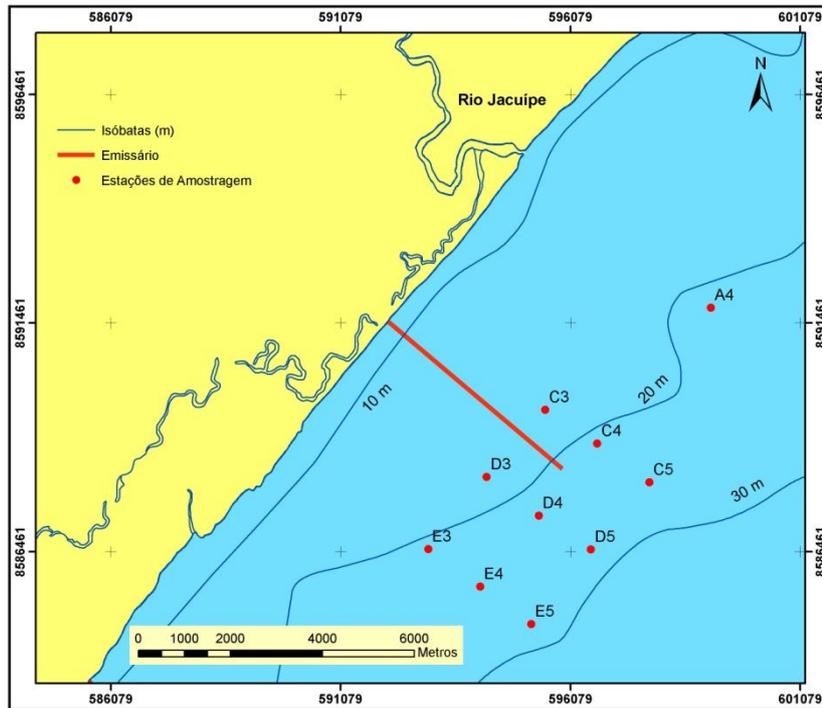
Em cada campanha de amostragem foram coletadas 10 unidades amostrais, totalizando 60 unidades amostrais de macrozooplâncton. A amostragem das variáveis oceanográficas (temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido), estado nutricional (nutrientes nitrogenados e fósforo), turbidez e metais pesados (Bário, Manganês e Vanádio) foi feito mediante o emprego de sonda multiparâmetro e análises químicas laboratoriais realizadas na CETREL. A amostragem do macrozooplâncton foi realizada através de arrastos horizontais de superfície, com 5 minutos de duração, empregando rede cônica de malha 300  $\mu\text{m}$ , guarnecida de fluxômetro para o cálculo do volume de água filtrada. O material coletado foi fixado em formol a 4 %, neutralizado e acondicionado em frascos plásticos de 500 ml, devidamente etiquetados.

**Tabela 1.** Coordenadas geográficas das estações de amostragem adotada para os ciclos anuais de monitoramento na área de influência do emissário submarino da CETREL, no litoral norte da Bahia.

Estação de amostragem	Coordenadas Geográficas (GPS)		Profundidade Estimada (m)
	X	Y	
#A4	599138.63550	8591793.68231	23
#D3	594257.62537	8588091.92169	21
#C3	595528.79892	8589561.93438	22
#C4	596663.30564	8588820.91608	22
#E3	592986.23476	8586516.55358	23
#D4	595391.74293	8587245.64636	25
#E4	594120.40826	8585696.65333	26
#D5	596526.15505	8586504.62642	26
#C5	597797.38868	8587974.54141	27
#E5	595228.67966	8584876.79014	28

O cálculo do volume de água filtrada pela rede foi realizado através da seguinte fórmula:

$V = a.n.c$ , onde:  $V$  = volume de água filtrada ( $\text{m}^3$ );  $a$  = área da boca da rede ( $\text{m}^2$ );  $n$  = número de rotações durante o arrasto (rot);  $c$  = fator de aferição do fluxômetro, obtido em laboratório ( $\text{m/rot}$ ).



**Figura 2.** Mapa de localização das estações de amostragem na área de influência do emissário submarino da CETREL, no litoral norte da Bahia.

### 3.2 TRATAMENTO DAS AMOSTRAS

Antes de iniciar o tratamento, todas as amostras foram padronizadas em um volume de 250 mL. Assim, através de alíquotas de 20 mL foi realizada a quantificação para o zooplâncton. As densidades absolutas foram transformadas em número de indivíduos por  $1\text{ m}^3$ . As amostras foram identificadas através de bibliografia especializada envolvendo principalmente os trabalhos de Boltovskoy (1981 e 2005) e Smith (1982). Foi realizada a identificação da composição (abundância relativa e densidade) da comunidade macrozooplânctônica, ao menor nível taxonômico possível.

### 3.3 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

#### 3.3.1 Densidade

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

$$N/\text{m}^3 = N/V$$

#### 3.3.2 Abundância relativa percentual

A abundância relativa (%) foi calculada de acordo com a fórmula:

$$Ar = (Na * 100) / NA$$

Onde,  $N_a$  é número total de indivíduos de cada táxon obtido na amostra e  $N_A$  é o número total de organismos na amostra. A seguir os taxa foram classificados segundo a escala de Paranaguá *et al.* (1981), da seguinte forma:  $> 50\%$  - dominante;  $< 50-30\%$  - abundante;  $< 30-15\%$  - pouco abundante;  $< 15-5\%$  - rara e  $< 5\%$  - esporádica.

A abundância relativa forneceu o critério empregado para determinação dos táxons características da assembléia macrozooplancônica. Assim, para constituir a matriz de táxons foram selecionadas aqueles cuja abundância relativa foi maior que  $100/S$ , onde  $S$  se refere ao número total de táxons encontrados na amostra. Assim, durante o período seco os táxons característicos apresentaram abundância entre 4,3 e 5,0 %, enquanto que no período chuvoso a abundância relativa variou entre 4,5 e 5%. O táxon Copepoda foi eliminado da análise em função da sua elevada dominância ( $>50\%$ ).

### **3.3.3 Análise Descritiva e Inferencial**

Para as variáveis oceanográficas e zooplancônicas foram estimados os valores médios, mínimos e máximos, além do desvio-padrão, cujos resultados foram empregados para a geração do gráfico Box-plot, através do programa Bioestat versão 5.3.

Todas as variáveis analisadas foram submetidas ao teste de Shapiro-Wilk para avaliar a sua normalidade. Em seguida estes dados foram analisados através do teste F para verificar a homogeneidade das variâncias. Como os dados não foram considerados normais (Teste de KS,  $p < 0,05$ ), ou não foram homogêneos (Teste F,  $p < 0,05$ ), ou ambos, um teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Teste de KW) foi empregado visando verificar a existência ou não de diferença significativa entre as três fases de amostragem (fase pré-operacional, operacional 1 e operacional 2), durante o período seco e o período chuvoso. Estes testes foram realizados através do programa Bioestat versão 5.3.

Uma análise MRPP (Multi-response Permutation Procedures), empregando o coeficiente de distância euclidiana e a padronização ( $n/\Sigma n$ ), foi empregada para provar a existência de diferença significativa ( $p < 0,05$ ), na composição da comunidade macrozooplancônica, entre as três fases de amostragem (fase pré-operacional, operacional 1 e operacional 2), durante o período seco e o período chuvoso, permitindo validar os agrupamentos encontrados. Esta análise foi realizada utilizando o programa PC-ORD versão 4.17 (McCune & Grace, 2002).

### **3.3.4 Análise multivariada**

Sobre as matrizes de táxons e de variáveis ambientais foram aplicados métodos multidimensionais de classificação (**Análise de Cluster, AC**) e ordenação (**Análise de**

**Redundância, RDA**), com a finalidade de evidenciar a estrutura do conjunto de dados oceanográficos responsáveis pela variabilidade da composição da assembléia macrozooplânctônica. A matriz de taxa, do período seco e do período chuvoso, foi formada com os táxons característicos do macrozooplâncton. Segundo Richardson *et al.* (1980), espécies raras carregam pouca informação classificatória, além disto, análises ecológicas baseadas em matrizes muito grandes, devido à inclusão de taxa que ocorrem com frequência esporádica, fornecem resultados duvidosos, pois se atribui alta correlação a taxa que possuem grande número de ausências simultâneas (Neumann-Leitão, 1994).

#### **3.3.4.1 Análise de Cluster (AC)**

O padrão de agrupamento da assembléia macrozooplânctônica, de ambos períodos, foram identificados e analisados através do coeficiente de distância Euclidiana, empregando como estratégia de agrupamento o método da variância mínima, também conhecido como método de Ward. Este método é baseado no princípio de que em cada estágio da análise de agrupamento, a variância dentro dos grupos é minimizada em relação a variância entre os grupos (Pielou, 1984). A representação bi-dimensional deste processo é o dendrograma. Com a intenção de normalizar os dados, através da homogeneização das variâncias, e reduzir o efeito dos táxons mais abundantes foi aplicada a transformação  $\ln(x+1)$ , sobre os dados de densidade/m<sup>3</sup> (Cassie, 1962). A Análise de Cluster foi realizada utilizando o programa Statistica for Windows.

#### **3.3.4.2 Análise de Redundância (RDA)**

A Análise de Correspondência Canônica não tendenciosa (DCCA) foi utilizada para investigar o tamanho do gradiente ambiental. Como o gradiente foi linear realizamos uma Análise de Redundância (RDA) para verificar o padrão de variação na composição da assembléia macrozooplânctônica em função das variáveis ambientais (Ter Braak, 1986). O teste de permutações de Monte Carlo foi realizado para testar a significância estatística da contribuição das variáveis ambientais e dos eixos canônicos (Ter Braak & Smilauer, 1998). No diagrama de ordenação, os táxons e estações foram representados pelo seu nome e as variáveis ambientais por setas. Quanto mais próximo estiverem as estações, maior a semelhança entre elas. A magnitude da correlação entre uma variável ambiental e um eixo canônico pode ser extrapolada do comprimento e do ângulo entre o vetor e o eixo. Ou seja, quanto mais longo e mais paralelo for o vetor ambiental em relação ao eixo, mais exclusivo é o relacionamento entre a variável e este eixo (Rakocinsky *et al.*, 1996). Os dados ambientais não foram transformados. As análises DCCA e RDA foram realizadas empregando o pacote estatístico Canoco for Windows versão 4.5 (Ter Braak & Smilauer, 1998).

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 COMPOSIÇÃO DO EFLUENTE INDUSTRIAL ORGÂNICO**

Foram realizadas análises de amostras do efluente da CETREL que estavam sendo bombeados nos dias de monitoramento da área de estudo, em Fevereiro (período seco) e Agosto (período chuvoso) de 2010, na estação de bombeamento do efluente, no Rio Capivara em Camaçari, envolvendo variáveis físico-químicas, nutrientes, compostos orgânicos e metais pesados.

#### **4.1.1 Variáveis físico-químicas e nutrientes**

Os resultados analíticos das variáveis físico-químicas e nutrientes (Tabelas 2 e 3) demonstram não haver contribuição significativa para a massa d'água, uma vez que os mesmos encontram-se dentro do que é estabelecido pela portaria IMA n.º 12064/2009, anexo IV, que preconizam valores de lançamento final do efluente da CETREL no corpo receptor marinho, bem como dos valores estabelecidos pela Resolução CONAMA n.º 397/08. Apenas os níveis de nitrogênio amoniacal encontrados mostraram-se acima do estabelecido no artigo 34, § 5º, Tabela X da Resolução CONAMA n.º 357/2005.

#### **4.1.2 Compostos Orgânicos**

A Resolução CONAMA n.º 357/2005, classe 1, para águas salinas, preconiza valores máximos para alguns dos compostos orgânicos analisados: Benzeno: 700 µg/L; Etilbenzeno: 25 µg/L; Clorobenzeno: 25 µg/L; Tolueno: 215 µg/L e Triclorobenzeno: 80 µg/L. Contudo, para todas as estações amostradas, as concentrações destes compostos estiveram abaixo desses valores.

#### **4.1.3 Metais pesados**

As Tabelas 4 e 5 apontam os compostos metálicos que foram analisados na campanha de verão e inverno de 2010, com seus respectivos limites de detecção. Tanto a concentração do Bário Total, como a do Manganês Total e do Vanádio Total encontram-se dentro do que é estabelecido pela portaria IMA n.º 12064/2009, anexo IV, e pela Resolução CONAMA n.º 397/08.

**Tabela 2** – Resultados das variáveis físico-químicas e nutrientes no instante do bombeamento do efluente, em Fevereiro de 2010 (período seco), no litoral norte da Bahia.

Parâmetros	Bombeamento E. E. Capivara		CONAMA n.º 397/08	CONAMA n.º 357/05	Portaria IMA n.º 12064
			Art. 34	Art. 34	Anexo IV
	26/01/2010	27/01/2010	*	*	*
Turbidez	50	96	*	*	75
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	44	49	20,0	*	55
Ph	7,9	7,9	*	5 – 9	6,5-8,5
Nitrito (mg/L)	0,25	0,12	*	*	*
Nitrato (mg/L)	2,1	0,55	*	*	*
Fósforo total (mg/L)	56	56	*	*	*

**Tabela 3** – Resultados das variáveis físico-químicas e nutrientes no instante do bombeamento do efluente, em Agosto de 2010 (período chuvoso), no litoral norte da Bahia.

Parâmetros	Bombeamento E. E. Capivara		CONAMA n.º 397/08	CONAMA n.º 357/05	Portaria IMA n.º 12064
			Art. 34	Art. 34	Anexo IV
	06/08/2010	07/08/2010	*	*	*
Turbidez	23	20	*	*	75
Nitrogênio Amoniacal (mg/L)	24	20	20,0	*	55
pH	8,1	8,5	*	5 - 9	6,5-8,5
Nitrito (mg/L)	0,24	0,37	*	*	*
Nitrato (mg/L)	0,59	0,82	*	*	*
Fósforo total (mg/L)	19	12	*	*	*

**Tabela 4** – Resultados de metais pesados no instante do bombeamento do efluente, em Fevereiro de 2010 (período seco), no litoral norte da Bahia.

Parâmetros	Bombeamento E. E. Capivara		CONAMA 397/08	Portaria 12064
	26/01/2010	27/01/2010		
			Art. 34	Anexo IV
Bário Total (mg/L)	0,02	0,03	5,0	2,0
Manganês Total (mg/L)	0,04	0,04	1,0	0,4
Vanádio Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	*	2,5

**Tabela 5** – Resultados de metais pesados no instante do bombeamento do efluente, em Agosto de 2010 (período chuvoso), no litoral norte da Bahia.

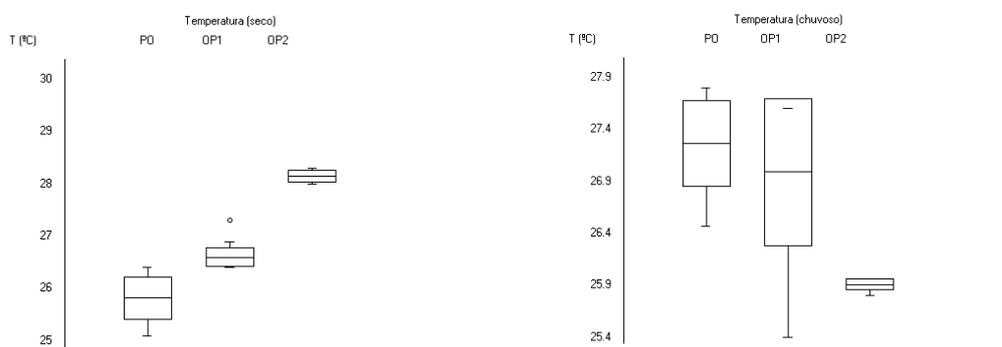
Parâmetros	Bombeamento E. E. Capivara		CONAMA 397/08 Art. 34	Portaria 12064 Anexo IV
	06/08/2010	07/08/2010		
Bário Total (mg/L)	0,37	< 0,02	5,0	2,0
Manganês Total (mg/L)	< 0,01	0,05	1,0	0,4
Vanádio Total (mg/L)	< 0,05	< 0,05	*	2,5

\*Parâmetro não legislado.

## 4.2 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS, NUTRICIONAIS E METAIS PESADOS

### 4.2.1 Temperatura

Durante o período seco foi encontrada diferença significativa (Tabela 6) entre as fases analisadas (Teste KW,  $p=0,0003$ ), onde os valores significativamente mais elevados (Figura 3) foram registrados na fase Pré-Operacional (PO), em relação à fase Operacional 2 (Teste SNK,  $p=0,0001$ ), contudo, não foi encontrada diferença em relação a fase Operacional 1 (Teste SNK,  $p=0,4163$ ). No período chuvoso também foi encontrada diferença significativa (Tabela 7) entre as fases (Teste KW,  $p=0,0003$ ). Da mesma forma que ocorreu no período seco, os valores significativamente mais elevados (Figura 3) foram registrados na fase Pré-Operacional (PO), em relação à fase Operacional 2 (Teste SNK,  $p=0,0001$ ), enquanto que, não houve diferença em relação a fase Operacional 1 (Teste SNK,  $p>0,05$ ).



**Figura 3** – Box-plot da Temperatura, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.

**Tabela 6** – Média (mínimo e máximo) e teste de Kruskal-Wallis para as variáveis oceanográficas e macrozooplâncton obtidos durante a fase pré-operacional (PO), operacional 1 (OP1) e operacional 2 (OP2), no período seco, no litoral norte da Bahia.

	<b>PO</b>	<b>OP1</b>	<b>OP2</b>	<b>Teste KW</b>	<b>SNK</b>
<b>Temperatura</b>	26 (25,1 – 26,4)	26,6 (26,4 – 27,3)	28 (28 – 28,3)	0 (sg)	1X2: p=0,0137 1X3: p<0,0001
<b>Salinidade</b>	37 (36,9 – 37,1)	37,2 (36,5 – 38)	37 (36,8 – 37,1)	0,5329 (sg)	
<b>pH</b>	8,3 (8,1 – 8,4)	8,9 (8,9 – 8,9)	8 (7,9 – 8)	0 (sg)	1X2: p=0,0111 1X3: p=0,0111
<b>Oxigênio</b>	6,4 (6,2 – 6,7)	6,5 (7,3 – 6,1)	6,6 (6,3 – 7)	0,0277 (sg)	1X2: p>0,05 1X3: p=0,0099
<b>Cavolinia</b>	14 (0 – 84)	0 (0 – 0)	0 (0 – 0)	0,0004 (sg)	1X2: p=0,0006 1X3: p=0,0006
<b>Limacina sp</b>	2 (0 – 7)	17 (0 – 90)	53 (0 – 510)	0,1845 (sg)	
<b>Lucifer faxoni</b>	1 (0 – 1)	29 (0 – 50)	62 (5 – 130)	0,0004 (sg)	1X2: p=0,0026 1X3: p=0,0002
<b>Oikopleura sp</b>	8 (0 – 26)	319 (30 -630)	18 (0 – 50)	0,0001 (sg)	1X2: p<0,0001 1X3: p=0,3344
<b>Ostracoda</b>	7 (0 – 37)	16 (0 – 70)	0 (0 – 0)	0,0306 (sg)	1X2: p>0,05 1X3: p=0,0201
<b>Sagitta sp</b>	7 (1 – 21)	232 (30 -620)	55 (0 – 170)	0,0001 (sg)	1X2: p<0,0001 1X3: p=0,0329

**Tabela 7** – Média (mínimo e máximo) e teste de Kruskal-Wallis para as variáveis oceanográficas e macrozooplâncton obtidos durante a fase pré-operacional (PO), operacional 1 (OP1) e operacional 2 (OP2), no período chuvoso, no litoral norte da Bahia.

	<b>PO</b>	<b>OP1</b>	<b>OP2</b>	<b>Teste KW</b>	<b>SNK</b>
<b>Temperatura</b>	27,2 (26,4 – 27,6)	27 (25,4 – 27,6)	25,9 (25,8 – 26)	0,0003 (sg)	1X2: p>0,05 1X3: p=0,0001
<b>Salinidade</b>	36,1 (33,6 – 36,6)	35,8 (34 – 37,5)	37,1 (37 – 37,2)	0,0003 (sg)	1X2: p>0,05 1X3: p=0,0013
<b>pH</b>	8,1 (7,3 – 8,4)	8,7 (9 – 8,1)	8,1 (8,1 – 8,1)	0,001 (sg)	1X2: p=0,0003 1X3: p>0,05
<b>Oxigênio</b>	6,4 (6,2 – 6,6)	5,9 (4,1 – 7,6)	5,3 (5,1 – 5,9)	0,0003 (sg)	1X2: p>0,05 1X3: p<0,0001
<b>Lucifer faxoni</b>	46 (5 – 169)	373 (70 – 850)	338 (80 – 1130)	0,0002 (sg)	1X2: p=0,0002 1X3: p=0,0007
<b>Oikopleura sp</b>	8 (0 – 24)	34 (0 – 110)	78 (20 – 240)	0,0010 (sg)	1X2: p>0,05 1X3: p=0,0002
<b>Ostracoda</b>	1 (0 – 2)	169 (10 – 750)	0 (0 – 0)	0,0003 (sg)	1X2: p=0,0048 1X3: p>0,05
<b>Pseudoevadne tergestina</b>	0 (0 – 0)	0 (0 – 0)	1248 (60 – 7750)	0,0001 (sg)	1X2: p>0,05 1X3: p=0,0001
<b>Sagitta sp</b>	93 (3 – 523)	310 (80 – 670)	554 (260 – 1120)	0,0010 (sg)	1X2: p=0,0148 1X3: p=0,0003
<b>Siphonophorae</b>	3 (0 – 13)	292 (10 – 1930)	45 (0 – 80)	0,0001 (sg)	1X2: p<0,0001 1X3: p=0,0079

#### 4.2.2 Salinidade

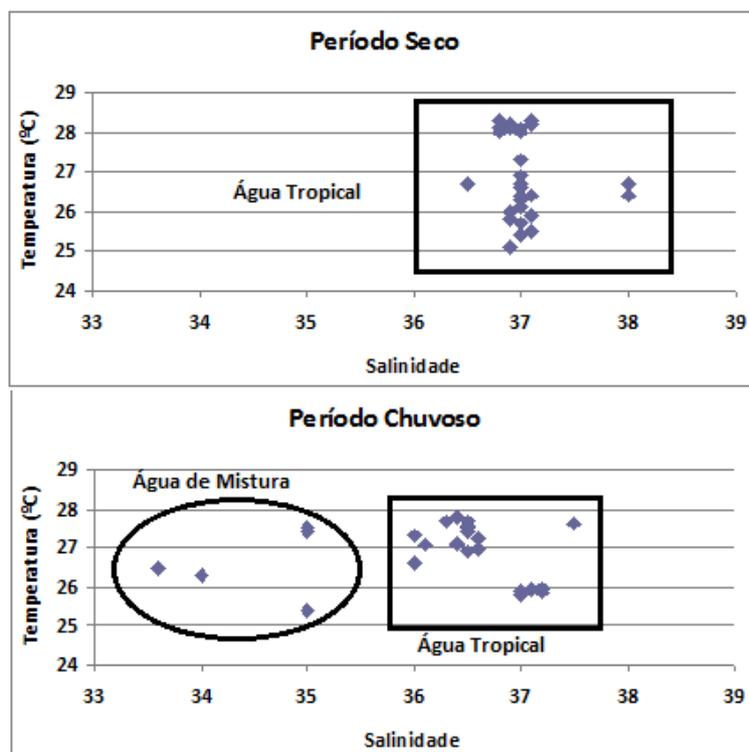
No período seco (Figura 4), não foi encontrada diferença significativa (Tabela 6) entre as fases analisadas (Teste KW,  $p=0,5329$ ). No período chuvoso foi encontrada diferença significativa (Tabela 7) entre as fases consideradas (Teste KW,  $p=0,0003$ ), sendo que os valores significativamente mais elevados (Figura 4) foram registrados na fase Pré-Operacional (PO), em relação à fase Operacional 2 (Teste SNK,  $p=0,0013$ ). Não havendo diferença significativa em relação a fase Operacional 1 (Teste SNK,  $p>0,05$ ).



**Figura 4**– Box-plot da Salinidade, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.

#### 4.2.3 Diagrama T-S

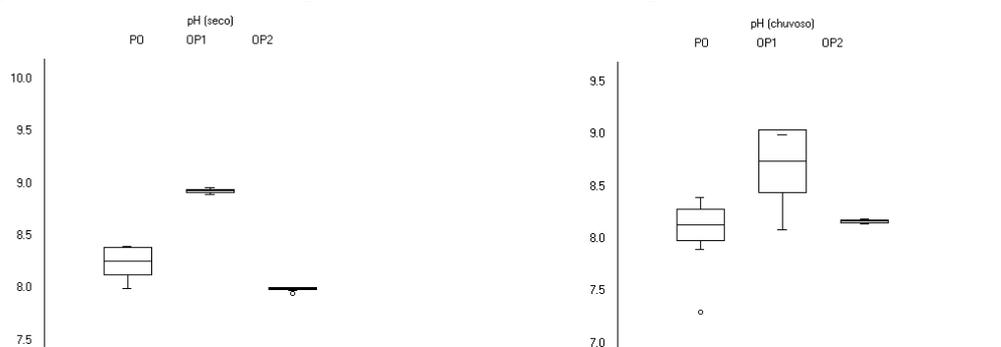
As massas de água presentes na área de influência do emissário submarino da CETREL, litoral norte da Bahia, podem ser visualizadas através do diagrama T-S (Figura 5). A massa de Água de Mistura, com salinidade inferior a 36, foi formada apenas durante uma fase do período chuvoso, em função da maior pluviosidade e conseqüente aumento da vazão riverina. Nas outras fases do período chuvoso e durante o período seco, 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.



**Figura 5** – Diagrama T-S para as estações de amostragem na área de influência do emissário submarino da CETREL no litoral norte da Bahia.

#### 4.2.4 pH

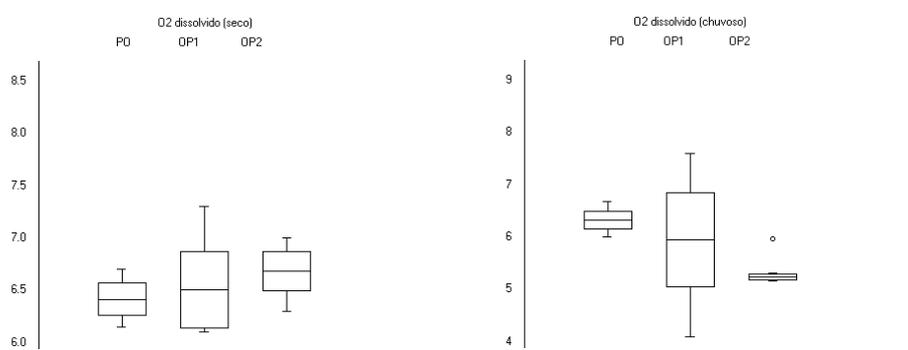
Durante o período seco foi encontrada diferença significativa (Tabela 6) entre todas as fases analisadas (Teste KW,  $p=0$ ), com os mesmos valores significantes (Figura 6) entre as fases Pré-Operacional (PO) e Operacional 1 (Teste SNK,  $p=0,0111$ ), e Pré-Operacional (PO) e Operacional 2 (Teste SNK,  $p=0,0111$ ). Durante o período chuvoso também foi encontrada diferença significativa (Tabela 7) entre as fases (Teste KW,  $p=0,001$ ), embora os valores significativamente mais elevados (Figura 6) ocorreram entre as fases Pré-Operacional (PO) e Operacional 1 (Teste SNK,  $p=0,0003$ ), enquanto que, em relação à fase Operacional 2 (Teste SNK,  $p>0,05$ ), não foi encontrada diferença.



**Figura 6** – Box-plot do pH, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.

#### 4.2.5 Oxigênio Dissolvido

No período seco houve diferença significativa (Tabela 6) entre as fases (Teste KW,  $p=0,027$ ). Os valores significativamente mais elevados (Figura 7) foram registrados na fase Pré-Operacional (PO), em relação à fase Operacional 2 (Teste SNK,  $p=0,0099$ ), não tendo diferença em relação a fase Operacional 1 (Teste SNK,  $p>0,05$ ). De maneira semelhante ao período seco, no período chuvoso ocorreu diferença significativa (Tabela 7) entre as fases consideradas (Teste KW,  $p=0,0003$ ). Com os valores significativamente mais elevados (Figura 7) sendo registrados na fase Pré-Operacional (PO), em relação à fase Operacional 2 (Teste SNK,  $p=0,0001$ ), enquanto que entre as fases Pré-Operacional (PO) e Operacional 1 não houve diferença (Teste SNK,  $p>0,05$ ).



**Figura 7** – Box-plot do Oxigênio Dissolvido, durante o período seco e chuvoso (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2), respectivamente, no litoral norte da Bahia.

#### 4.2.6 Nutrientes

Nos dois períodos de estudo (seco e chuvoso) as concentrações de nutrientes nitrogenados (nitrato, nitrito e N-amoniaco), fósforo e metais traço (Bário, Manganês e Vanádio), apresentaram valores constantes impedindo a aplicação de um teste estatístico e também a sua inclusão na análise estatística multivariada.

Com relação aos nutrientes nitrogenados (nitrato, nitrito e N-amoniaco), as estações apresentaram concentrações inferiores aos limites de detecção dos respectivos métodos (i.e. 0,05 mg/L para nitrato; 0,01 mg/L para nitrito; 0,2 mg/L para N-amoniaco), portanto abaixo dos limites preconizados pela Resolução CONAMA n.º. 357 de 2005, que fixa os seguintes valores máximos: 0,4 mg/L; 0,07 mg/L e 0,4 mg/L, respectivamente. O nutriente fósforo apresentou concentrações inferiores ao limite de detecção do método (i.e. 0,002 mg/L) e conseqüentemente abaixo do limite estabelecido pela Resolução CONAMA n.º. 357 de 2005 (0,062 mg/L P).

#### 4.2.7 Metais pesados

A Resolução CONAMA n.º 357/2005, classe 1, para águas salinas, preconiza valores máximos para o Bário Total (1 mg/L) e para o Manganês Total (0,1 mg/L), e ambos apresentaram concentrações na água mais baixas, tanto no período chuvoso, em Agosto de 2010 (Tabela 8), como no período seco, em Fevereiro de 2011 (Tabela 9). O Vanádio Total não é legislado pela Resolução CONAMA.

**Tabela 8.** Concentrações de Ba, Mn e V na água de superfície (Su), na profundidade do disco Secchi (Se) e na água de fundo (Fu) da grade amostral da CETREL, para a campanha de Agosto de 2010 (período chuvoso).

CONAMA (357/2005)	Ba total (mg/L)			Mn total (mg/L)			V total (mg/L)		
	1,0			0,1			NL		
	Su	Se	Fu	Su	Se	Fu	Su	Se	Fu
#A4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1
#C5	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1
#D4	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1
#E3	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,1	< 0,1	< 0,1

**Tabela 9.** Concentrações de Ba, Mn e V na água de superfície (Su), na profundidade do disco Secchi (Se) e na água de fundo (Fu) da grade amostral da CETREL, para a campanha de Fevereiro de 2011 (período seco).

CONAMA (357/2005)	Ba total (mg/L)			Mn total (mg/L)			V total (mg/L)		
	1,0			0,1			NL*		
	Su	Se	Fu	Su	Se	Fu	Su	Se	Fu
#A4	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,1	* *	< 0,1
#C5	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,1	* *	< 0,1
#D4	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,1	* *	< 0,1
#E3	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,05	* *	< 0,05	< 0,1	* *	< 0,1

\* não registrado

## 4.3 COMPOSIÇÃO DO MACROZOOPLÂNCTON

### 4.3.1 Abundância relativa

A abundância relativa forneceu o critério empregado para determinação dos táxons característicos da assembléia zooplanctônica (Figura 8). Assim, foram determinados os táxons zooplanctônicos cuja abundância relativa foi maior que  $100/S$ , onde S se refere ao número total de táxons encontrados na amostra, da seguinte forma: no período seco, os grupos taxonômicos característicos da PO e da OP2 tiveram abundância relativa maior ou igual a 5,0% ( $100/21$  táxons). Já na OP1 esse valor foi de 4,3% ( $100/23$ ). No período chuvoso, os grupos taxonômicos característicos da PO apresentaram abundância relativa igual ao período seco, maior ou igual a ou igual a 5,0% ( $100/20$ ), enquanto as fases OP1 e OP2 tiveram valor maior ou igual a 4,5% ( $100/22$ ).

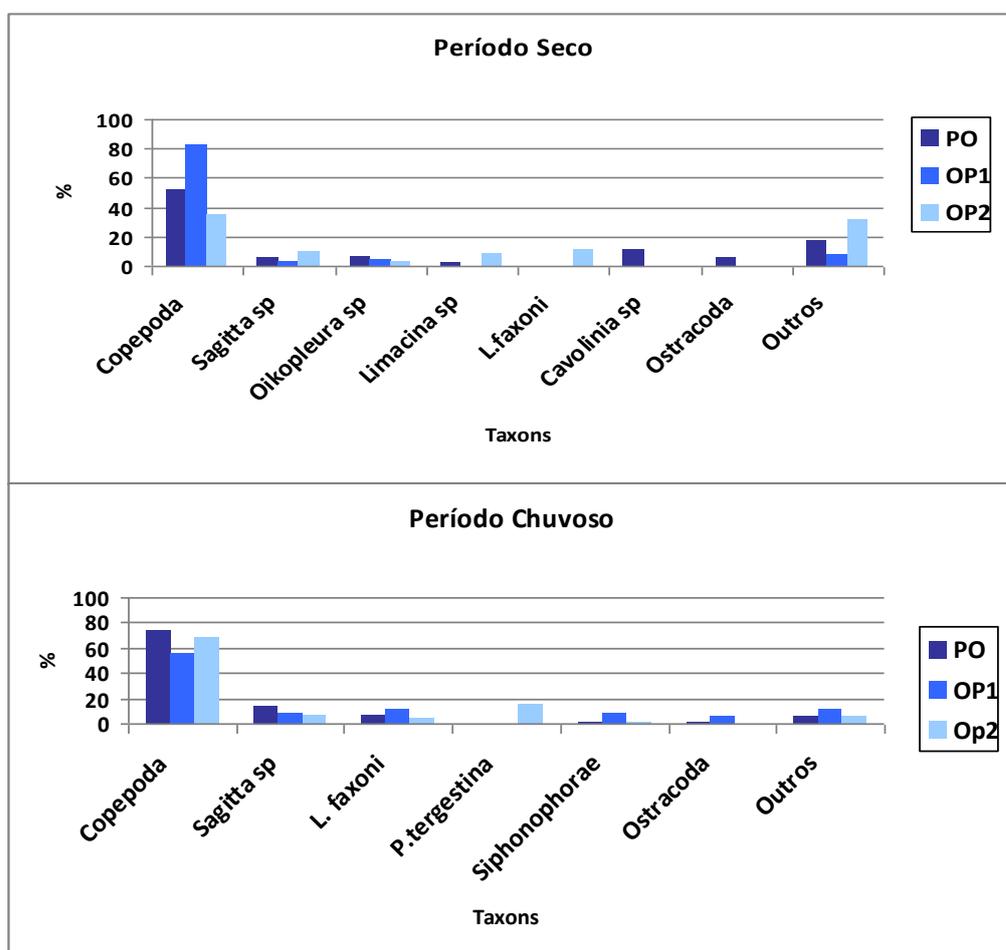


Figura 8 - Abundancia relativa (%) dos táxons zooplanctônicos característicos durante o período seco e o período chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).

Durante período seco, Copepoda foi o táxon mais abundante, nas três fases do estudo, chegando a mais de 80% na OP1. *Oikopleura* sp e *Sagitta* sp também foram abundantes nas três fases desse período, enquanto que *Cavolinia*, *Limacina*, *Lucifer faxoni* e Ostracoda tiveram abundâncias elevadas em fases distintas (Figura 8). No período chuvoso, Copepoda também foi o táxon mais abundante em todas as fases, atingindo valores maiores que 70 % na PO. *Sagitta* sp e *Lucifer faxoni* também tiveram uma elevada abundância relativa nas três fases. Entre os táxons característicos do período chuvoso, Ostracoda, *Pseudoevadne tergestina* e Siphonophorae apresentaram menor abundância, sendo representativa apenas para uma fase (Figura 8).

#### 4.3.2 Densidade

O gênero *Sagitta* sp foi um táxon característico de ambos os períodos estudados (Figura 9). No período seco, sua densidade variou entre 0 e 620 org/m<sup>3</sup> (Tabela 6), enquanto que no período chuvoso, a densidade foi de 3 a 1120 org/m<sup>3</sup> (Tabela 7). Os valores mais elevados, no período seco, ocorreram na fase OP1. Já no período chuvoso, foi a fase OP 2 que apresentou maiores valores de densidade.

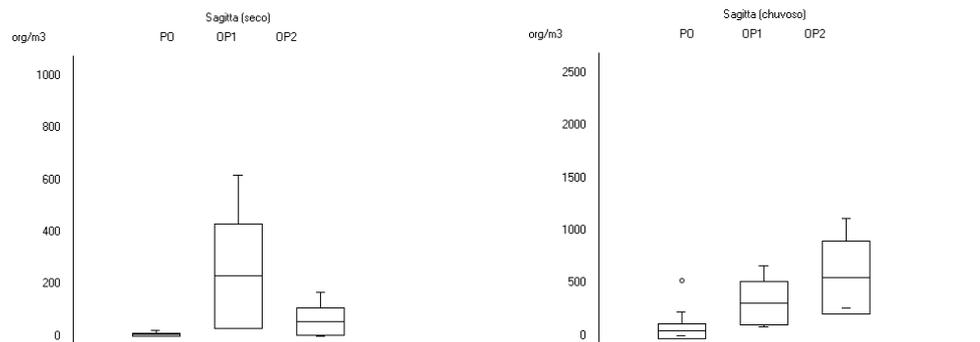


Figura 9 – Box-plot para *Sagitta* sp durante o período seco e chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).

A espécie *Lucifer faxoni* também foi um táxon característico dos dois períodos (Figura 10), com sua densidade variando entre 0 e 130 org/m<sup>3</sup> no período seco (Tabela 6), e entre 5 e 1130 org/m<sup>3</sup> no chuvoso (Tabela 7). Em ambos os períodos, a fase OP2 possuiu os maiores valores de *L.faxoni*, embora a maior média do período chuvoso tenha ocorrido na OP1.

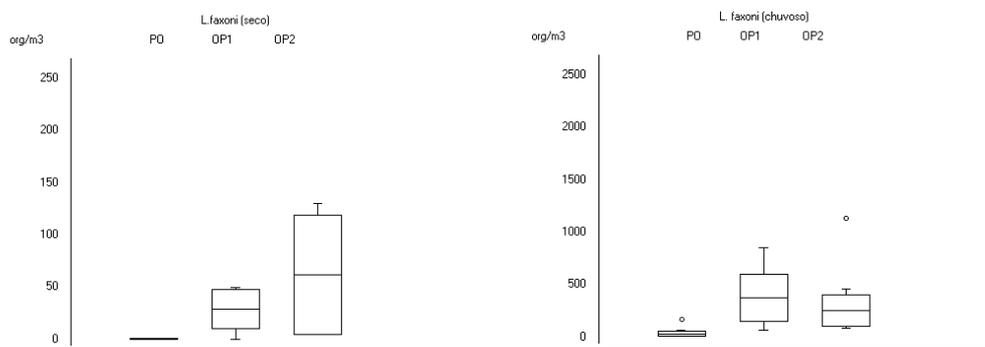


Figura 10 – Box-plot para *Lucifer faxoni* durante o período seco e chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).

O táxon Ostracoda também foi característico de ambos os períodos (Figura 11). Sua densidade variou entre 0 e 70 org/m<sup>3</sup> no período seco (Tabela 6), e entre 0 e 750 org/m<sup>3</sup> no chuvoso (Tabela 7). Tanto as maiores médias, quanto os maiores valores, ocorreram na fase OP1.

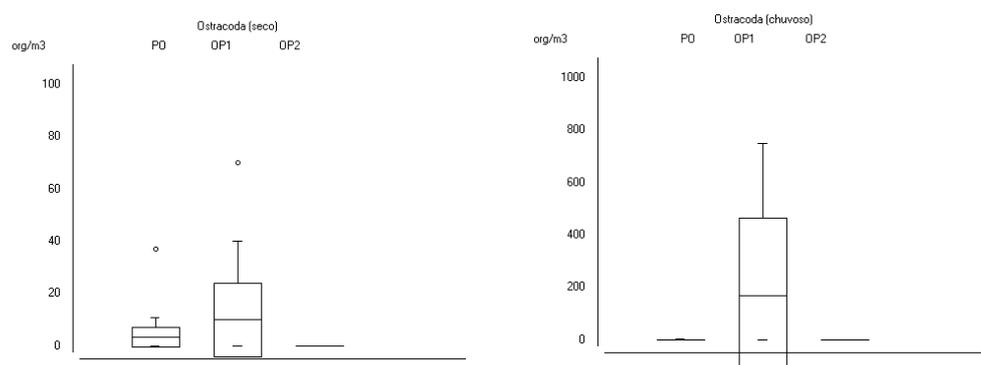


Figura 11 – Box-plot para Ostracoda durante o período seco e chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).

A densidade de *Cavolinia* sp oscilou ente 0 e 84 org/m<sup>3</sup> (Tabela 6), sendo encontrado apenas na fase PO (Figura 12) do período seco. Outro táxon característico do período seco foi a *Limacina* sp, que apresentou densidade variando entre 0 e 510 org/m<sup>3</sup> (Tabela 6), com valores mais elevados sendo registrados no OP1 (Figura 12).

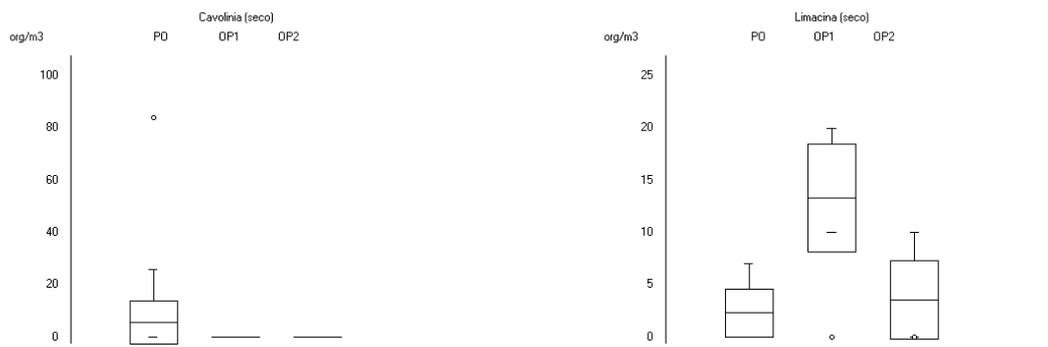


Figura 12– Box-plot para *Cavolinia* sp e *Limacina* sp durante o período seco, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).

O gênero *Oikopleura* sp característico apenas do período seco, apresentou densidade oscilando entre 0 e 630 org/m<sup>3</sup> (Tabela 6). Os valores mais elevados foram encontrados na fase OP1 (Figura 13).

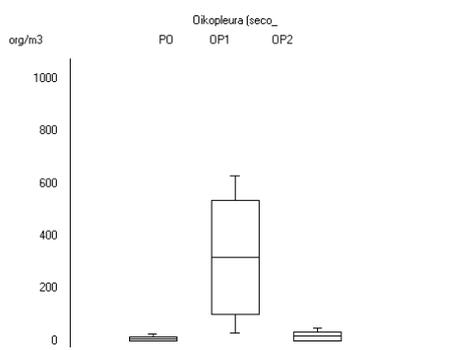


Figura 13 – Box-plot para *Oikopleura* sp durante o período seco, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).

Um táxon característico apenas do período chuvoso foi Siphonophorae, que apresentou densidade variando entre 0 e 1930 org/m<sup>3</sup> (Tabela 7). Os maiores valores foram encontrados na fase OP1 (Figura 14). O cladócero *Pseudoevadne tergestina* também foi outro táxon característico apenas do período chuvoso. Sua densidade oscilou entre 0 e 7750 org/m<sup>3</sup> (Tabela 7), com sua ocorrência limitada apenas à fase OP2 (Figura 14).

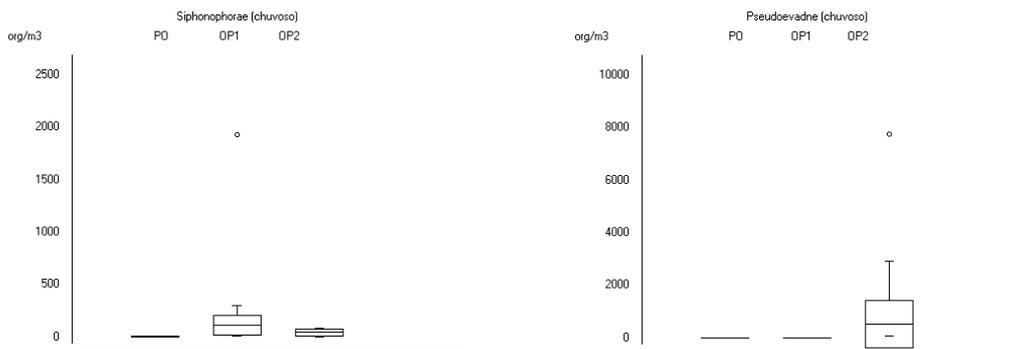


Figura 14 – Box-plot para Siphonophorae e *Pseudoevadne tergestina* durante o período chuvoso, no litoral norte da Bahia (PO, Pré-operacional; OP1, Operacional 1; OP2, Operacional 2).

#### 4.4 VARIABILIDADE TEMPORAL DA ASSEMBLÉIA MACROZOOPLANCTÔNICA

##### 4.4.1 Análise de Classificação

A análise de cluster dos táxons característicos foi realizada para os períodos seco (Figuras 15 e 16) e chuvoso (Figuras 17 e 18), empregando o Método de Ward e a distância Euclidiana.

No período seco (Figura 15), o agrupamento das estações de amostragem envolveu uma nítida separação entre as fases Pré-operacional (PO) e Operacional 1 (OP1) e 2 (OP2). Durante o PO os táxons característicos (Figura 16) foram Ostracoda, *Cavolinia* sp e *Limacina* sp, enquanto que no OP1 foram *Sagitta* sp e *Oikopleura* sp. Já o OP2 foi caracterizado por *Lucifer faxoni*.

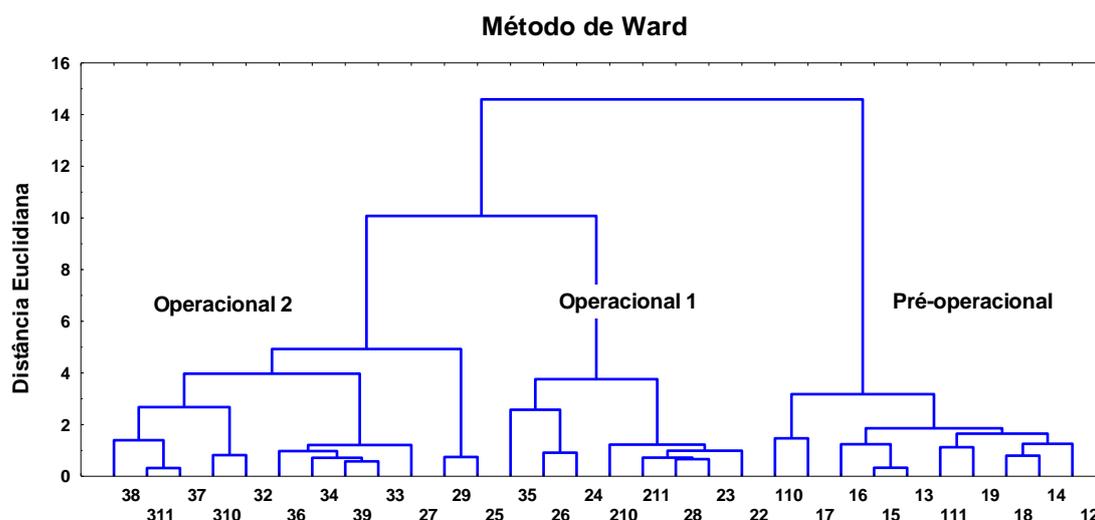
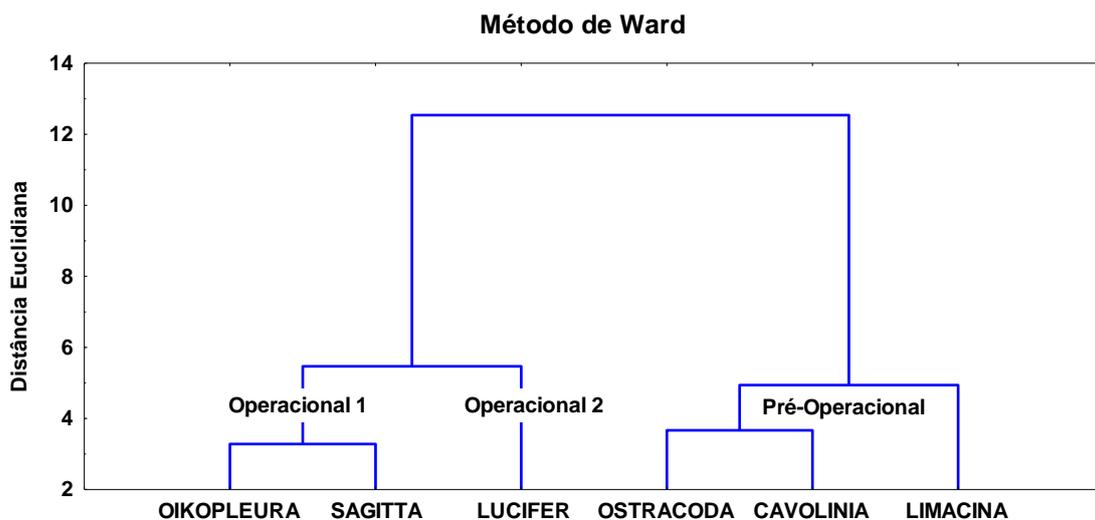
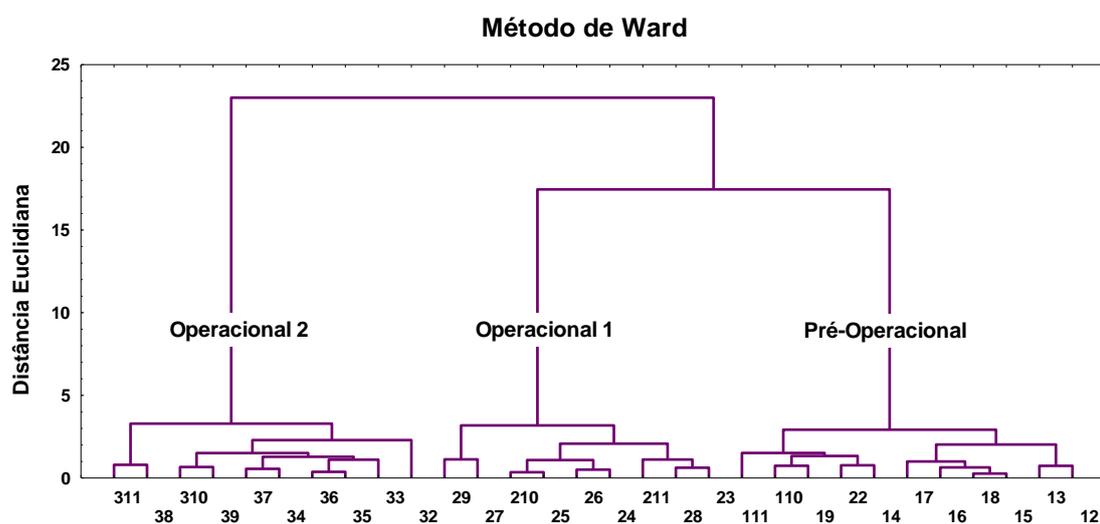


Figura 15 – Dendrograma das estações de amostragem, durante o período seco, no litoral norte da Bahia.

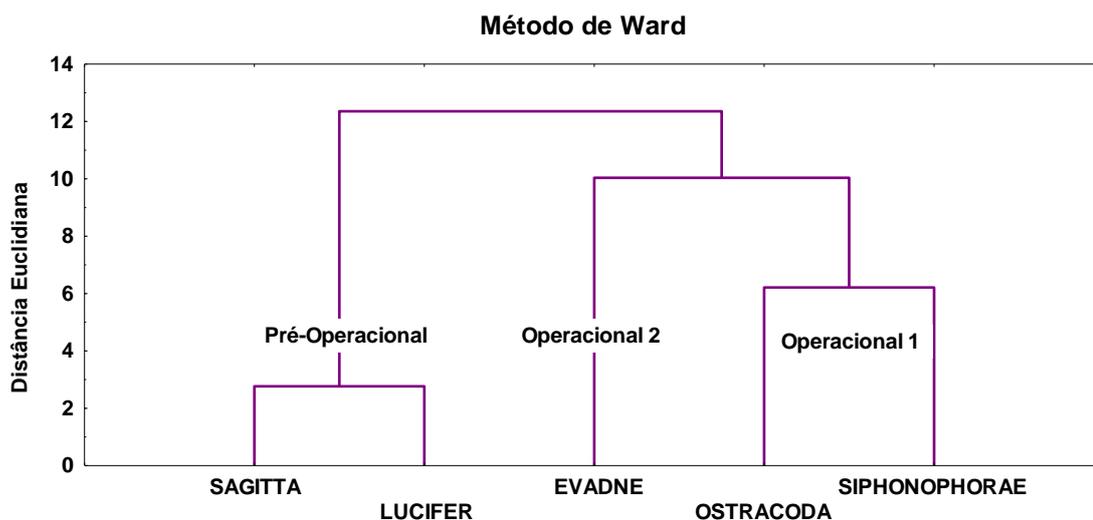


**Figura 16** – Dendrograma dos táxons zooplancônicos, durante o período seco, no litoral norte da Bahia

No período chuvoso (Figura 17), o dendrograma das estações de amostragem também envolveu uma clara separação entre as fases Pré-operacional (PO) e Operacional 1 (OP1) e 2 (OP2). Durante a fase PO os táxons característicos (Figura 18) foram *Sagitta* sp e *Lucifer faxoni*. A fase OP1 foi caracterizada por Ostracoda e Siphonophorae, enquanto que a fase OP2 foi dominada por *Pseudoevadne tergestina*.



**Figura 17** – Dendrograma das estações de amostragem, durante o período chuvoso, no litoral norte da Bahia.



**Figura 18** – Dendrograma dos táxons zooplanctônicos, durante o período chuvoso, no litoral norte da Bahia.

#### 4.4.2 Análise inferencial MRPP

A formação de três grupos na Análise de Cluster para a comunidade macrozooplanctônica foi corroborada pela análise estatística MRPP (Multi-Response Permutation Procedures), que apresentou diferença significativa na composição da assembléia entre as diferentes fases operacionais, tanto no período seco (Teste MRPP,  $p=0,0001$ ), como no período chuvoso (Teste MRPP,  $p=0,0001$ ).

#### 4.4.3 Análise de Ordenação

##### 4.4.3.1 Período Seco

Através da Análise de Redundância, encontramos os coeficientes de regressão múltipla entre as variáveis oceanográficas ( $<0,7$ ), que nos revelam a inexistência de covariáveis, no período seco (Tabela 10).

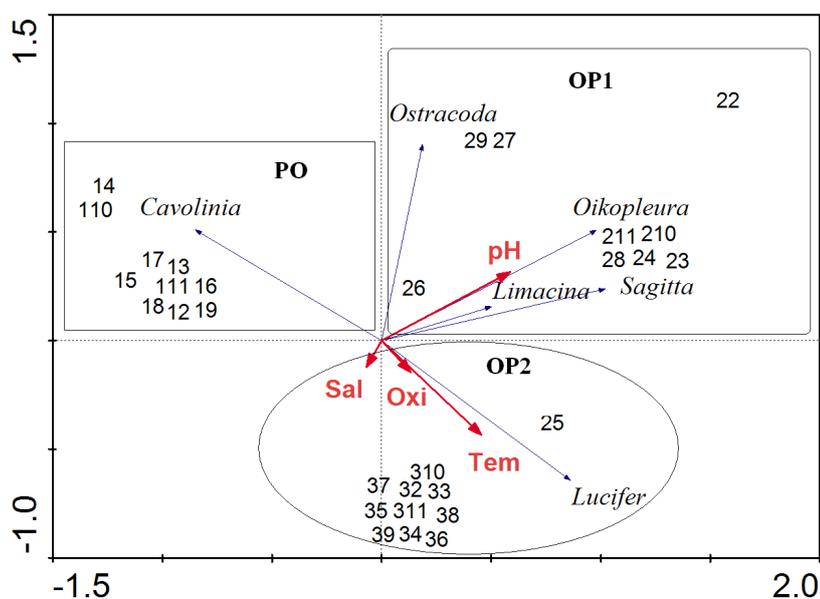
Visto que 92,8% da variação percentual acumulada da relação entre o zooplâncton e a hidrologia foi explicada através dos dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) (Tabela 10), o diagrama de ordenação (Figura 19) foi gerado apenas com esses dois eixos.

No período seco o diagrama de ordenação da Análise de Redundância (Figura 19) apontou uma separação temporal entre as diferentes fases de amostragem, em função das características oceanográficas e da composição do zooplâncton. Nas fases Pré-operacional e Operacional 2 foi observada uma menor riqueza e abundância de zooplâncton quando comparados a fase Operacional 1, que foi marcada pela ocorrência de *Limacina* sp, *Oikopleura* sp, Ostracoda e *Sagitta* sp. O fase Pré-

operacional foi caracterizado pela ocorrência de *Cavolinia* sp, enquanto que a fase Operacional 2 se distinguiu pela ocorrência de *Lucifer faxoni*.

**Tabela 10** – Estatísticas da Análise de Redundância realizada para período seco no litoral norte da Bahia.

	Eixos			
	1	2	3	4
Autovalores	0.392	0.093	0.029	0.009
Correlações espécie-ambiente	0.904	0.665	0.488	0.337
Variância Percentual Acumulada				
nos dados de espécies	39.2	48.6	51.5	52.3
na relação espécie-ambiente	75.0	92.8	98.3	100.0
Soma de todos os Autovalores	1			
Soma dos autovalores Canônicos	0.523			
Correlação das variáveis com os eixos				
Canônicos	Eixos			
	1	2	3	4
Temperatura	0.574	-0.786	-0.209	-0.093
Salinidade	-0.088	-0.221	0.958	0.161
Oxigênio	0.166	-0.262	-0.004	-0.951
Ph	0.742	0.570	0.353	0.021
Coeficientes de regressão múltipla para as variáveis ambientais				
Temperatura (TEM)	1			
Salinidade (SAL)	-0.091	1		
Oxigênio (OXI)	0.391	-0.113	1	
pH	-0.097	0.150	-0.047	1
	TEM	SAL	OXI	pH



**Figura 19** - Projecção dos dois primeiros eixos canônicos na Análise de Redundância, baseado no macrozooplâncton e nas variáveis oceanográficas de superfície (OXI, oxigênio dissolvido; SAL, salinidade; TEM, temperatura) e nas estações de amostragem dos períodos secos de Dezembro de 1993 (PO), Outubro de 2008 (OP1) e Fevereiro de 2011 (OP2).

A fase Operacional 2 foi marcado por valores mais elevados de oxigênio, salinidade e temperatura, enquanto que, a fase Operacional 1 foi relacionado a valores mais elevados de pH. As águas da fase Pré-Operacional apresentaram os menores índices nas quatro variáveis oceanográficas analisadas (Figura 19).

A soma dos autovalores canônicos representou 52% da inércia total, quando o ideal é maior que 20% (Tabela 10). Isso significa que o padrão de variação temporal verificado na densidade do zooplâncton pode ser explicado em função das características oceanográficas.

Os resultados do teste de Monte-Carlo para a significância do primeiro eixo canônico ( $p=0,002$ ) e para a soma de todos os eixos canônicos ( $p=0,002$ ) apontam uma elevada significância estatística para a RDA realizada.

#### 4.4.3.2 Período Chuvoso

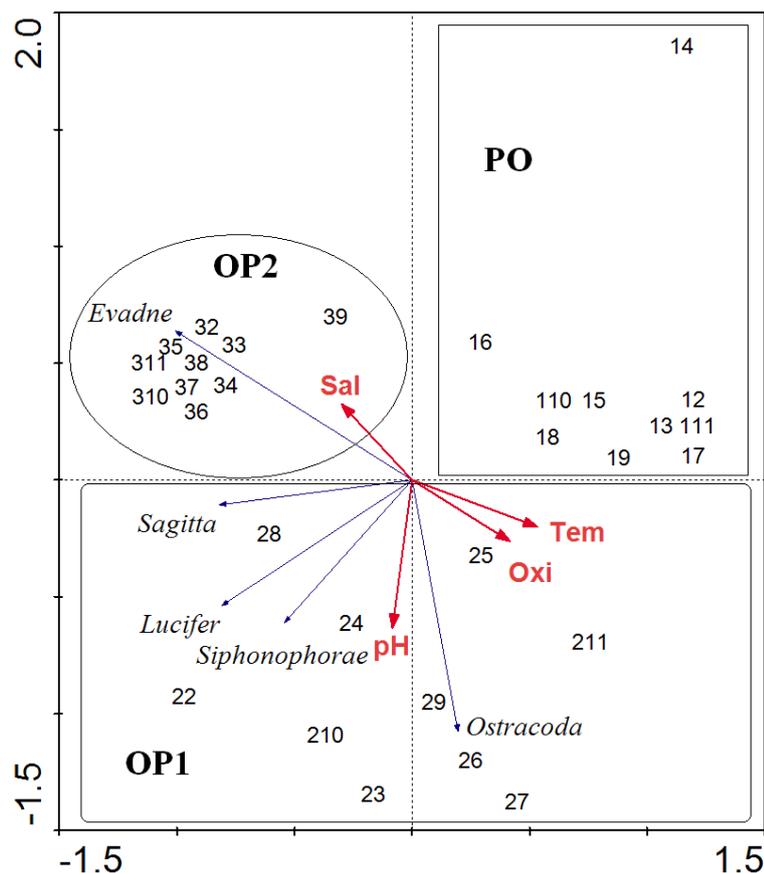
Os coeficientes de regressão múltipla entre as variáveis oceanográficas ( $<0,7$ ) obtidas durante a Análise de Redundância, para o período chuvoso, indicam a ausência de covariáveis, ou seja, de variáveis altamente correlacionadas (Tabela 11).

**Tabela 11**– Estatísticas da Análise de Redundância realizada para período chuvoso no litoral norte da Bahia.

	Eixos			
	1	2	3	4
Autovalores	0.287	0.201	0.010	0.003
Correlações espécie-ambiente	0.803	0.752	0.326	0.260
Variância Percentual Acumulada				
Nos dados de espécies	28.7	48.9	49.8	50.2
na relação espécie-ambiente	57.3	97.4	99.4	100.0
Soma de todos os Autovalores	1			
Soma dos autovalores Canônicos	0.502			
Correlação das variáveis com os eixos Canônicos	Eixos			
	1	2	3	4
Temperatura	0.728	-0.300	0.233	-0.571
Salinidade	-0.410	0.485	0.658	-0.406
Oxigênio	0.570	-0.390	0.308	0.655
pH	-0.113	-0.946	0.286	0.100
Coeficientes de regressão múltipla para as variáveis ambientais				
Temperatura (TEM)	1			
Salinidade (SAL)	-0.059	1		
Oxigênio (OXI)	0.230	-0.485	1	
pH	0.210	-0.266	0.459	1
	TEM	SAL	OXI	pH

O diagrama de ordenação (Figura 20) foi elaborado com os dois primeiros eixos canônicos da Análise de Redundância (AR) porque eles explicaram 97,4% da variação percentual acumulada da relação entre o zooplâncton e a hidrologia (Tabela 11).

De modo semelhante ao período seco, durante o período chuvoso, o diagrama de ordenação da Análise de Redundância (Figura 20), verificou-se uma separação temporal entre as diferentes fases de amostragem, em função das características oceanográficas e da composição do zooplâncton. Assim, na fase Pré-operacional foi observada a menor riqueza e abundância de zooplâncton enquanto que, na fase Operacional 1 foi encontrada a maior riqueza e abundância, sendo caracterizado pela ocorrência de *Lucifer faxoni*, Ostracoda, *Sagitta* sp e Siphonophorae. A fase Operacional 2 apresentou riqueza e abundância intermediária em relação aos outros dois períodos, sendo caracterizado pela ocorrência de *Pseudoevadne tergestina*.



**Figura 20** - Projeção dos dois primeiros eixos canônicos na Análise de Redundância, baseado no macrozooplâncton, nas variáveis oceanográficas de superfície (OXI, oxigênio dissolvido; SAL, salinidade; TEM, temperatura) e nas estações de amostragem dos períodos chuvosos de Maio de 1993 (PO), Julho de 2009 (OP1) e Agosto de 2010 (OP2).

Assim, Operacional 1 foi caracterizada por valores mais elevados de oxigênio, pH e temperatura, enquanto que, Operacional 2 foi associado a valores mais elevados de salinidade. A fase Pré-Operacional esteve associada a águas com menor temperatura, concentração de oxigênio, salinidade e pH, da mesma maneira que ocorreu no período chuvoso (Figura 20).

A soma dos autovalores canônicos representou 50% da inércia total, quando o ideal é maior que 20% (Tabela 11). Ou seja, nesta AR, o padrão de variação temporal verificado na densidade do zooplâncton pode ser explicado em função das características oceanográficas.

Os resultados do teste de Monte-Carlo para a significância do primeiro eixo canônico ( $p=0,004$ ) e para a soma de todos os eixos canônicos ( $p=0,002$ ) indicam que a RDA realizada foi muito significativa estatisticamente.

## **5. DISCUSSÃO**

### **5.1 COMPOSIÇÃO DO EFLUENTE INDUSTRIAL ORGÂNICO**

Desde que implantou o Sistema de Disposição Oceânica, em 1992, a CETREL (Central de Tratamento dos Efluentes do Pólo Petroquímico de Camaçari), monitora sistematicamente a qualidade ambiental da área de influência do seu emissário submarino, através de duas campanhas anuais de monitoramento oceanográfico, realizadas uma no período seco (Fevereiro) e outra no período chuvoso (Agosto). O projeto é realizado pela CETREL em parceria com os Institutos de Biologia e Geociências da Universidade Federal da Bahia. As campanhas de monitoramento oceanográfico avaliam aspectos químicos, físico-químicos, sedimentológicos, biológicos e de oceanografia física (correntes marítimas e ventos). Ao longo dos quase 20 anos de monitoramento, não foram detectados impactos ambientais significativos decorrentes do lançamento dos efluentes tratados no ecossistema marinho da área de influência do emissário submarino (CETREL, 2002).

As análises das amostras características do efluente foram realizadas apenas no período seco e chuvoso da última fase (OP 2), sendo que estas amostras foram coletadas durante o bombeamento na estação do rio Capivara em Camaçari, Bahia, antes de atingir o oceano, com o intuito de avaliar a possível influência dos efluentes sob a massa de água, no litoral norte da Bahia. Os parâmetros analisados foram: variáveis físico-químicas (turbidez e pH); nutrientes (nitrogênio amoniacal, nitrito, nitrato e fósforo total); compostos orgânicos (como o benzeno, etilbenzeno, clorobenzeno, tolueno e triclorobenzeno); e metais pesados (bário total, manganês total e vanádio total). Todos esses parâmetros encontraram-se abaixo ou dentro do que é estabelecido pela portaria IMA n.º 12064/2009, anexo IV, que preconizam valores de lançamento final do efluente da CETREL no

corpo receptor marinho, e pela Resolução CONAMA n.º 397/08. Apenas os níveis de nitrogênio amoniacal encontrados mostraram-se acima do estabelecido no artigo 34, § 5º, Tabela X da Resolução CONAMA n.º 357/2005.

Mayer-Pinto & Junqueira (2003) afirmaram que os efeitos “negativos” do lançamento de efluentes são mais intensos em ambientes de baixa circulação. Como a área estudada é aberta e com uma elevada dinâmica (CETREL 2002), os componentes do efluente, que já chegam ao oceano em concentrações previstas pela legislação brasileira, são transportados por correntes e, conseqüentemente, não se acumulam no local. Porém, mesmo em locais fechados, não há um consenso para os efeitos de um acúmulo de poluentes e/ou nutrientes sobre a assembléia zooplânctônica. Turner *et. al.* (2010) encontraram uma redução na abundância do zooplâncton sob a ação de compostos poluentes, na Baía de Massachusetts, mas propuseram que essa menor abundancia pode ter sido causada pela variabilidade hidrográfica natural. Entretanto, Chang *et. al.* (2009) encontraram um aumento da abundância do zooplâncton, na Baía de Manila, que possui águas eutrofizadas. No norte da Baía de Todos os Santos foi comprovado o efeito desfavorável de efluentes petroquímicos sobre a comunidade ictioplânctônica, onde as variáveis ambientais (temperatura, amônia, hidrocarbonetos e clorofila a) explicaram 94.7% da variabilidade espaço-temporal da associação de larvas de peixes (Mafalda Jr. *et al.*, 2008).

## **5.2 ASPECTOS OCEANOGRÁFICOS, NUTRICIONAIS E METAIS PESADOS**

O regime pluviométrico do litoral norte da Bahia apresentou dois períodos distintos: um período chuvoso, abrangendo os meses de março a agosto, e um período seco, entre setembro e fevereiro. Este é o comportamento geral das chuvas na região nordeste, onde a época de maior pluviometria situa-se no outono e a época menos chuvosa em torno da primavera e verão (Tubelis, 1984).

Tanto no período seco, como no período chuvoso, verificou-se a predominância da massa de Água Tropical, cuja temperatura gira em torno dos 26 °C e a salinidade entre 36 e 38 (Garfield,1990; Mafalda Jr.,2000). Em função da estreita plataforma continental, com cerca de 10km de extensão (Brandini *et al.*, 1997), a Água Tropical avança em direção ao litoral norte da Bahia. Contudo, durante a fase Operacional 1, do período chuvoso, a elevada pluviosidade aumentou a descarga dos rios levando a formação de uma massa de Água de Mistura, com salinidade menor que 36. Segundo Thomsen (1962), a água costeira que cobre a plataforma continental é essencialmente água oceânica com mistura de água dos rios, cuja conseqüência é o aumento da salinidade da costa em direção ao talude continental. No norte da Baía de Todos os

Santos, a massa de água Tropical predominante é Água Costeira, verificando-se uma maior influência de aportes fluviais (Mafalda Jr. *et al.*, 2003). Contudo, em áreas da plataforma, distantes dos efeitos da drenagem continental, a temperatura flutua entre 25 e 28°C e a salinidade entre 36 e 37, mantendo condições hidrográficas homogêneas ao longo do ano (Castro Filho and Miranda, 1998).

De uma maneira geral, a circulação do litoral da Bahia é definida pela Corrente do Brasil, transportando Água Tropical, que possui características oligotróficas devido ao escasso teor em nutrientes inorgânicos (Paredes, 1991), na direção sul, ao largo da quebra da plataforma continental (Brandini *et al.*, 1997). No litoral norte, isso é intensificado devido à limitada vazão dos estuários (Paredes & Freitas, 1980; Paredes *et al.*, 1993) e a estreita plataforma continental (Summerhayes *et al.*, 1975).

Segundo Margalef (1989), o pH da água do mar varia em um curto intervalo, entre 8,0 e 8,3. Os valores médios encontrados foram sempre alcalinos e variaram de 8,1 a 8,9, sendo que esse leve aumento pode ter sido gerado pela ação do efluente. Como era esperado, devido ao contato com a atmosfera, as águas superficiais sempre estiveram bem oxigenadas, com valores médios entre 5,3 e 6,5 mg/L e com maiores valores durante o período seco, como descrito por Marques *et al.* (2006).

Quando foram comparadas as médias das variáveis físico-químicas de cada fase (PO, OP1, OP2) nos dois períodos analisados (Seco e Chuvoso), verificou-se a existência de diferenças significativas para todas as variáveis analisadas, exceto a salinidade no período seco. A estrutura oceanográfica da massa de água foi caracterizada por águas menos quentes e mais salinas no período seco. Porém, em ambos os períodos, a massa de água esteve com qualidade normal, por estarem bem oxigenadas e com pH elevado.

Um estudo sobre a hidrografia e a biomassa de fitoplâncton e zooplâncton realizado no litoral norte da Bahia (Mafalda Jr., 2004b), na área de influência de emissários submarinos industriais, concluiu que a separação espacial das estações de amostragem foi consequência da variação temporal das condições oceanográficas. As estações de amostragem dos meses do período chuvoso foram relacionadas com águas de maior temperatura, enquanto que, as estações do período seco, estiveram sob influência de águas de maior salinidade e saturação de oxigênio, o que coincide com nossos resultados.

### 5.3 COMPOSIÇÃO DO MACROZOOPLÂNCTON

Na área de influência do emissário submarino da CETREL, no litoral norte da Bahia, as amostras coletadas mostraram que a composição do zooplâncton foi característica de ambientes costeiros tropicais, com influência oceânica, que são caracterizados pela presença de organismos do holoplâncton, como copépodos, cladóceros (*Penilia avirostris* e *Pseudoevadne tergestina*), sifonóforos, larváceas (*Oikopleura* sp), quetognatos (*Sagitta* sp) e camarões planctônicos (*Lucifer faxoni*), além de organismos do meroplâncton como larvas de Decapoda.

Segundo Boltovskoy (1981), áreas oceânicas tropicais são consideradas oligotróficas devido à baixa densidade, contudo apresentam elevada diversidade. Neste estudo, tanto no período seco como no chuvoso, apenas a fase PO apresentou baixos valores de densidade, em relação as fase Operacionais 1 e 2. Este aumento de densidade entre a fase PO e as fases OP1 e OP2, foi observada em ambos os períodos, para a grande maioria dos táxons característicos, com exceção de *Cavolinia* sp, que apresentou redução pois não foi encontrada nas fases operacionais.

Como a massa de Água Tropical é oligotrófica, esperaríamos uma baixa densidade nas três fases dos períodos seco e chuvoso, mas isto só ocorreu na fase Pré-Operacional. É possível que a presença crônica do efluente ao longo dos anos, esteja promovendo algum aumento localizado não detectável da concentração de nutrientes na água o que poderia estar estimulando o maior desenvolvimento da assembléia fitoplanctônica e conseqüentemente também do zooplâncton. Porém, como se trata de uma região aberta de elevada hidrodinâmica, onde os componentes do efluente são diluídos rapidamente na massa de água, é mais provável que este aumento de densidade zooplanctônica esteja ocorrendo por conta da variabilidade temporal do sistema.

No presente estudo a abundância relativa esteve concentrada no grupo dos Copepoda que foi considerado dominante (AR > 50 %), nas três fases de cada período. A dominância de copépodos é típica em assembléias zooplanctônicas costeiras (Vega-Pérez, 1993; Neumann-Leitão *et al.*, 1996; Schwamborn *et al.*, 1999; Lawrence *et al.*, 2004; Mayal 2009; Santos, 2009).

Depois dos Copepoda, os táxons mais abundantes foram *Sagitta* sp, em ambos os períodos, e *Oikopleura* sp e *Lucifer faxoni*, no período seco e chuvoso, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com o encontrado por Brandini *et al.* (1997), onde os Copepoda são normalmente seguido por Luciferidae, Oikopleuridae, Hydromedusae e Chaetognatha.

#### 5.4 VARIABILIDADE TEMPORAL DA ASSEMBLÉIA MACROZOOPLANCTÔNICA

As análises multivariadas de classificação e ordenação da assembléia macrozooplanctônica na área de influência do emissário submarino da CETREL, no litoral norte da Bahia, revelaram três agrupamentos no ambiente marinho pelágico relacionados com as fases Pré-Operacional (OP), Operacional 1 (OP 1) e Operacional 2 (OP2), nos períodos seco e chuvoso.

Na Análise de Cluster, durante o período seco, o “Agrupamento Pré-Operacional” foi constituído por Ostracoda, *Cavolinia* sp e *Limacina* sp. O “Agrupamento Operacional 1” foi formado principalmente por *Sagitta* sp e *Oikopleura* sp, enquanto que, o “Agrupamento Operacional 2” foi caracterizado por *Lucifer faxoni*.

No período chuvoso, a Análise de Cluster mostrou o “Agrupamento Pré-Operacional” sendo formado por *Sagitta* sp e *Lucifer faxoni*, enquanto que, o “Agrupamento Operacional 1” foi constituído por Ostracoda e Siphonophorae e o “Agrupamento Operacional 2” foi composto por *Pseudoevadne tergestina*.

Torres (2005) encontrou dois agrupamentos de zooplâncton na costa norte da Bahia, relacionados ao gradiente pluviométrico e oceanográfico, envolvendo um período chuvoso e um período seco, mas não procurou avaliar a influência do emissário submarino. Mafalda Jr. *et al* (2005), descreveu duas associações de larvas de peixes (Demersal e Pelágica), na mesma localidade, cuja composição também foi influenciada pela variação temporal da pluviosidade e das condições oceanográficas da massa d’água.

Diversos estudos sobre associações zooplanctônicas vêm sendo conduzidos no Brasil (Porto-Neto *et. al.*, 1999; Melo *et. al.*, 2002; Araújo, 2008; Neumann-Leitão *et. al.*, 2008; Santos *et. al.*, 2009). Em zonas costeiras do Nordeste brasileiro, foram encontrados agrupamentos sazonais e oceanográficos formados pelo zooplâncton (Porto-Neto, 1999; Melo *et. al.*, 2002; Torres, 2005; Araújo, 2008). Neumann-Leitão *et. al.* (2008) descreveram as associações zooplanctônicas na costa do Rio Grande do Norte, destacando as relações com parâmetros ambientais, obtendo três agrupamentos: Costeiro, de Transição e Externo. Melo *et. al* (2002), foram ainda mais longe e encontraram cinco agrupamentos para o zooplâncton nos recifes de Maracajaú, Rio Grande do Norte. Foram esses: Costeiro, de Transição, Externo, Recifal e Estuarino.

Os resultados da análise de ordenação demonstram que a composição e abundância das associações zooplanctônicas podem ser influenciadas por variáveis físicas, químicas e biológicas (Neves *et al.*, 2003). A temperatura pode promover mudanças na composição da comunidade e na densidade, porém outros fatores como salinidade e oxigênio dissolvido também podem afetar a ocorrência e distribuição dos organismos (Valentin e Marazzo, 2003; Marazzo e Valentin, 2004).

O diagrama de ordenação da Análise de Redundância, em ambos os períodos, apontou uma separação temporal entre as diferentes fases de amostragem, em função das características oceanográficas e da composição do zooplâncton. A fase PO foi marcada pelos menores valores de riqueza e abundância do zooplâncton e, também, por águas com os menores valores de temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido, quando comparados com a OP 1 e OP 2.

Dessa forma, os resultados encontrados não indicam uma influência negativa do efluente industrial orgânico sobre a assembléia macrozooplânctônica, uma vez que os compostos lançados pelo efluente da CETREL não parecem se acumular na região o que provavelmente causaria um processo de eutrofização na água acompanhado de uma redução nos valores do oxigênio dissolvido.

## 6. CONCLUSÕES

1. Os valores médios de pH, oxigênio dissolvido, amônia, nitrito, nitrato, ortofosfato e metais pesados (mangânês, bário e vanádio) do efluente industrial orgânico, encontraram-se abaixo dos limites estabelecidos pela resolução CONAMA 357/2005, indicando uma boa qualidade de água na área do lançamento do efluente pelo emissário submarino.
2. Em todas as fases, dos períodos seco e chuvoso, foi registrada a presença da massa de Água Tropical, enquanto que a Água de Mistura foi registrada apenas em uma fase do estudo.
3. Durante a fase Pré-Operacional (PO), tanto no período seco, como no chuvoso, as águas apresentaram menores valores de temperatura, salinidade, pH e oxigênio dissolvido.
4. Os táxons característicos da assembléia macrozooplânctônica foram: Copepoda, *Sagitta* sp, *Lucifer faxoni*, *Oikopleura* sp, Ostracoda, *Cavolinia* sp, *Limacina* sp, Siphonophorae e *Pseudoevadne tergestina*.
5. Foi verificada diferença significativa entre os menores valores de densidade zooplânctônica verificados na fase Pré-Operacional em relação aos maiores valores registrados nas fases Operacional 1 e Operacional 2.
6. Através de análise multivariada, nos dois períodos de estudo, verificou-se uma separação temporal entre as diferentes fases de amostragem, em função das características oceanográficas e da composição da assembléia do macrozooplâncton, confirmada pela análise estatística inferencial.

7. No litoral norte da Bahia os resultados não indicaram vulnerabilidade ou sensibilidade da assembléia macrozooplancônica a poluentes industriais orgânicos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, HMP., NASCIMENTO-VIEIRA, DA., NEUMANN-LEITÃO, S., SCHWAMBORN, R., LUCAS, APO. AND ALVES, JPH. 2008. Zooplankton community dynamics in relation to the seasonal cycle and nutrient inputs in an urban tropical estuary in Brazil. *Braz. J. Biol.*, 68(4): 751-762

BADOSA, A.; BOIX, D.; BRUCET, S.; LÓPEZ-FLORES, R.; GASCÓN, F.; QUINTANA, X. D. 2007. Zooplankton taxonomic and size diversity in Mediterranean coastal lagoons (NE Iberian Peninsula): Influence of hydrology, nutrient composition, food resource availability and predation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 71, 335-346.

BIANCALANA, F.; MENÉNDEZ, M.C.; BERASATEGUI, A.A.; FERNÁNDEZ-SEVERINI, M.D.; HOFFMEYER, M.S. 2011. Sewage pollution effects on mesozooplankton structure in a shallow temperate estuary. *Environ Monit Assess*, DOI 10.1007/s10661-011-2232-2.

BOLTOVSKOY, D. 1981. Atlas del Zooplacton del Atlantico Sudoccidental: y métodos de trabajo con el zooplankton marino. Argentina, 935pp.

BOLTOVSKOY, D. 2005. Zooplankton of the South Atlantic Ocean. CD-ROM.

BRANDINI, F. P.; LOPES, R. M.; GUTSEIT, K. S.; SPACH, H. L.; SASSI, R. 1997. Planctologia na Plataforma Continental do Brasil. Diagnose e revisão bibliográfica. Pontal do Sul: CEMAR/ MMA/ CIRM/ FEMAR, 1997. 196 p.

CASSIE, R.M. 1962. Frequency distribution models in the ecology of plankton and other organisms. *Journal of Animal Ecology*, 31(1):65-92.

CAPUZZO, J.M.; KESTER, D.R. 1987. Biological effects of waste disposal: Results and predictive assessments. In: *Oceanic Processes in Marine Pollution, Vol. 1, Biological Processes and Wastes in the Ocean* (J.M. Capuzzo & D.R. Kester, eds.). Robert E. Krieger, Malabar, Florida, p.3-15.

CASTRO, M. E. & HUBER, M. E. 2000. *Marine Biology*. Boston: McGraw Hill.

CASTRO FILHO, B. M.; MIRANDA, L. B. 1998. Physical Oceanography of the Western Atlantic Continental Shelf located between 4° N and 34° S. In: ROBINSON, R.; BRINK, K.H. (Ed.). *The Sea*. New York: John Wiley & Sons. p. 209 - 251.

CEPEMAR-CETREL. 1994. Monitoramento Ambiental na área de Influência dos Emissários Submarinos da Cetrel e Tibrás. Relatório Técnico Final – RTF 054/94, 209p.

CETREL. 2002. Monitoramento Ambiental Integrado na Área de Influência dos Emissários Submarinos da Cetrel e da Millennium. Ciclo 2002. Relatório Técnico Final. 135p.

CHANG, K. H.; AMANO, A.; MILLER, T. W.; ISOBE, T.; MANEJA, R.; SIRINGAN, F.P.; IMAI, H.; NAKANO, S.I. 2009. Pollution Study in Manila Bay: Eutrophication and Its Impact on Plankton Community. *Interdisciplinary Studies on Environmental Chemistry — Environmental Research in Asia*, Eds., Y. Obayashi, T. Isobe, A. Subramanian, S. Suzuki and S. Tanabe, pp. 261–267.

CURDS, C. 1982. Pelagic protists and pollution. A review of the past decade. *Annales de l'Institut océanographique*, 58 (S), 117–136.

- GARFIELD III, N. 1990. The Brazil current at subtropical latitudes. Kingston, 122p. Thesis (Doctor of Philosophy) , University of Rhode Island.
- GRAY, C. A. 1997. Field assessment of numerical impacts of coastal sewage disposal on fish larvae relative to natural variability. **Environmental Biology**, 50: 415-434.
- GREEN, J. 1968. The Biology of Estuarine Animals, 401 pp. London: Sigwick and Jackson.
- HYDROS – EMBASA. 2009. Monitoramento Ambiental na área de Influência dos Emissários Submarino do Rio Vermelho. Relatório Técnico Final
- LAWRENCE, D.; VALIELA, I.; TOMASKY, G. 2004. Estuarine calanoid copepod abundance in relation to season, salinity, and land-derived nitrogen loading, Waquoit Bay, MA. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61, 547-557
- LEVINTON, J.S. 1995. Marine Biology: function, biodiversity, ecology. Oxford University Press, Oxford, 420p
- LIMA, B. J. 2006. Caracterização oceanográfica da plataforma continental na região sob influência dos emissários submarinos da CETREL E MILLENNIUM. Trabalho Final de Graduação. Curso de Graduação em Oceanografia – Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- LOPES, R.M; do VALE, R; BRANDINI, F.P. 1998. Composição, abundância e distribuição espacial do zooplâncton no complexo estuarino de Paranaguá durante o inverno de 1993 e o verão de 1994. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 46(2):195-211.
- MAFALDA JR., P. 1995. Pesquisa de Índices Ecotoxicológicos nas Associações Planctônicas. In: PESO-AGUIAR, M. C. (Ed.) Programa de Monitoramento dos Ecossistemas ao norte da Baía de Todos os Santos, Salvador, Universidade Federal da Bahia, Relatório Técnico Final. 60pp.
- MAFALDA JR., P. 2000. Distribuição e abundância do ictioplâncton da costa norte da Bahia e suas relações com as condições oceanográficas. Rio Grande 135f. Tese (Doutorado) – Departamento de Oceanografia. Fundação Universidade Federal do Rio Grande.
- MAFALDA JR. P.; SOUZA, P. M. M.; SILVA, E M. 2003. Estrutura hidroquímica e biomassa planctônica no norte da baía de Todos os Santos, Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*, Recife, 30(1):31-51.
- MAFALDA JR., P; SINQUE, C.; BRITO, R.R.C.; SOUZA, C.S. 2004a. Distribuição e abundância do ictioplâncton na costa norte da Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*, Recife, 32(1):69-88.
- MAFALDA JR, P.O., SINQUE, C., BRITO, R.R.C. SANTOS, J.J. 2004b. Biomassa Planctônica, Hidrografia e Pluviosidade na Costa Norte da Bahia, Brasil. *Tropical Oceanography*. Recife, 32(2): 145-160
- MAFALDA JUNIOR, P. O., SOUZA, C.S., VELAME, M.P.B. 2008. Fish larvae assemblage of a coastal area under influence of petrochemical activities, in Todos os Santos bay, Bahia, Brazil. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, v. 11, p. 457-464.
- MARAZZO, A.; VALENTIN, J. L. 2004. Population dynamics of *Pseudevadne tergestina* (Branchiopoda: Onychopoda) in Guanabara Bay, Brazil. *Braz. arch. biol. technol.* vol.47 no.5.
- MARGALEF, R. 1989. Ecologia. Barcelona, Omega, 951p.

- MARQUES, S.C.; AZEITEIRO, U.M.; MARQUES, J.C.; NETO, J.M.; PARDAL, M.A. 2006. Zooplankton and ichthyoplankton communities in a temperate estuary: spatial and temporal patterns. *Journal of Plankton Research*, 28 – 3, 297–312
- MATSUMURA-TUNDISI, T.M. 1997. Estudo de diversidade de espécies de zooplâncton lacustre do Estado de São Paulo. Disponível em:  
<<http://www.biota.org.br/info/historico/workshop/revisoes/zooplancton.pdf>.>
- MAYAL, E.M.; NEUMANN-LEITÃO, S.; FEITOSA, F.A.N., SCHWAMBORN, R.; SILVA, T.A., SILVA-CUNHA, M.G.G. 2009. Hydrology, Plankton, and Corals of the Maracajaú Reefs (Northeastern Brazil) - an Ecosystem Under Severe Thermal Stress. *Brazilian Archives Of Biology And Technology*, Vol.52, n. 3: pp.665-678.
- MAYER-PINTO, M., & JUNQUEIRA, A. O. R. 2003. Effects of organic pollution on the initial development of fouling communities in a tropical Bay, Brazil. *Marine Pollution Bulletin*. doi:10.1016/S0025-326X(03)00249-2.
- MCCUNE, B. & GRACE, J. B. 2002. *Analysis of Ecological Communities*. Oregon: MjM Software Design.
- MELO, N. F. A. C., NEUMANN-LEITÃO, S.; SILVA, T. A.; SCHWAMBORN, R.; GUSMÃO, L. M. O. 2002. Zooplankton From The maracajaú Reefs, Northeastern Brazil. *Tropical Oceanography*, Recife: v. 30, n. 2, p. 133-145.
- MEYER-REIL, L. A., & KÖSTER, M. 2000. Eutrophication of marine waters: Effects of benthic microbial communities. *Marine Pollution Bulletin*. doi:10.1016/S0025-326X(00) 00114-4.
- 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-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; SILVA, T. A.; VIEIRA, D. A. N. 1996. Variação diurna e sazonal do microzooplâncton no estuário do rio Paripe - PE - Brasil. *Arquivos de Biologia e Tecnologia*, 39(2), 373-384
- NEUMANN-LEITÃO S.; SOUZA, M. R. M.; PORTO NETO, F. F.; MOURA, M. C. O.; SILVA, A. P.; GUSMÃO, L. M. O. 1999. Zooplâncton do estuário do rio São Francisco, Nordeste do Brasil. *Trabalhos Oceanográficos da Universidade Federal do Pernambuco*, 27(1), 33-54
- NEUMANN-LEITÃO, S.; SANT'ANNA, E. M. E.; GUSMÃO, L. M. O.; NASCIMENTO-VIEIRA, D. A.; PARANAGUÁ, M. N.; SCHWAMBORN, R. 2008. Diversity and distribution of the mesozooplankton in the tropical Southwestern Atlantic. *Journal of Plankton Research*, 30, 7, 795–805
- NEVES, I. F.; ROCHA, O.; ROCHE, K. F.; PINTO, A.A. 2003. Zooplankton Community Structure of Two Marginal Lakes of the River Cuiabá (Mato Grosso, Brazil) with Analysis of Rotifera and Cladocera Diversity. *Braz. J. Biol.*, 63(2): 329-343.
- NIBAKKEN, J.W. 1993. *Marine Biology: an ecological approach* (3<sup>rd</sup>. Edition). HarperColling College Publishers, New York. 462 p.
- PARANAGUÁ, M.N.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L.M.O. & NASCIMENTO, D.A. 1981. Estudos preliminares sobre metodologia de coleta de plâncton em viveiros estuarinos, Itamaracá – PE. Recife, Pernambuco. II Congresso Brasileiro de Engenharia de Pesca, p. 243-257.
- 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.

- PAREDES, J. F. 1991. Evaluation of the environmental effects of the industrial effluents from Tibrás – Titânio do Brasil in the area under influence of its underwater outfalls. International Specialized Conference on Marine Disposal System, Lisboa, p.105-125.
- PAREDES, J. F., FIGUEIREDO, G. & ROCHA, W. L. C. 1993. Hydrobiological studies of the drainage system of the bananeiras reservoir, the Rivers Paraguaçu and Jacuípe. Transport of Carbon and Nutrients in Lakes and Estuaries. SCOPE/UNEP Sonderband, Hamburg,. P.23-39.
- PARSONS, T.R.; TAKAHASHI, M. AND HARGRAVE, B. 1984. Biological oceanographic processes (3rd. Edition). Pergamon Press, Oxford. 332 p.
- PIELOU, E. C. 1984. The Interpretation of Ecological Data: a Primer on Classification and Ordination. Wiley, New York,. 263p.
- PORTO-NETO, F. F.; NEUMANN-LEITÃO, S.; GUSMÃO, L. M. O.; VIEIRA, D. A. N.; SILVA, A. P.; SILVA, T. A. 1999. Variação Sazonal E Nictemeral Do Zooplâncton No Canal De Santa Cruz, Itamaracá, Pe, Brasil. Trab. Oceanog. Univ. Fed. PE, Recife, 27(2): 43-58
- RAKOCINSKI, C. F.; LYCZKOWSKI, J. & RICHARDSON, S. L. 1996. Ichthyoplankton assemblage structure in Mississippi sound as revealed by Canonical Correspondence Analysis. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 43, 237-257.
- RÉ, P. 1999. Ictioplâncton estuarino da Península Ibérica, Guia de identificação de ovos e estados larvares planctônicos. Lisboa, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. 114 pp.
- RICHARDSON, S. L., LAROCHE, J. L. and RICHARDSON, M. D. 1980. Larval fish assemblages and associations in the north-east Pacific Ocean along the Oregon coast, winter-spring 1972-1975. Estuarine and Coastal Marine Science, 11: 671-699.
- 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, 45pp.
- SANTOS, T.G.; GUSMÃO, L.M.O; NEUMANN-LEITÃO, S; CUNHA, A.G. 2009. Zooplâncton como indicador biológico da qualidade ambiental nos estuários dos rios Carrapicho e Botafogo, Itamaracá – PE. Rev. Bras. Enga. Pesca 4(1).
- SCHWAMBORN, R., EKAU, W., VOSS, M. and SAINT-PAUL, U., 1999. Stable isotope composition of particulate organic matter and zooplankton in Northeast Brazilian shelf waters. *Arch. Fish. Mar. Res.*, vol. 47, no. 2-3, p. 201-210.
- SEI, Superintendência de Estudos Econômicos e Sociais da Bahia. 1999. Balanço Hídrico do Estado da Bahia. SEI, Salvador. 249p
- SIOKOU-FRANGOU, I.; PAPATHANASSIOU, E. 1991. Differentiation of zooplankton populations in a polluted area. *Marine Ecology Progress Series*, 76, 41-51.
- SMITH, R. I. 1982. A Guide to Marine Coastal Plankton and Marine Invertebrate Larvae. California, 161pp.
- SMITH, V. H., TILMAN, G. D., & NEKOLA, J. C. 1999. Eutrophication, impacts of excess nutrient inputs on freshwater, marine, and terrestrial ecosystems. *Environmental Pollution*. doi:10.1016/S0269-7491(99)00091-3.

- SUMMERHAYES, C. P., COUTINHO, P. N., FRANÇA, A. M. C. & ELLIS, J. P. 1975. The influence of upwelling on suspended matter and shelf sediments off Brazil. Part III - Salvador to Fortaleza, northeastern Brazil. *Contribution to Sedimentology*, 4:44-78.
- TER BRAAK, C. J. F. 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate gradient analysis. *Ecology*, 67 (5):1167-1179.
- TER BRAAK, C. J. F. & SMILAUER, P. 1998. CANOCO Reference Manual User's Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA. 352 pp.
- THOMSEN, H. 1962. Masas de agua características del Océano Atlántico. Parte sudoeste. SHN, Servicio de Hidrografía Naval, Buenos Aires. AR. 632, 22 p.
- TORRES, C.B.S. 2005. Distribuição e abundância do microzooplâncton da costa norte da Bahia, Brasil. Salvador, 78p. Monografia (Graduação) – Instituto de Biologia, Universidade Federal da Bahia.
- TUBELIS, A. 1984. Meteorologia Descritiva. Fundamentos e Aplicações Brasileiras. Rio de Janeiro: Nobel. 374 p.
- TURNER, J.T.;BORKMAN, D.G.; LIBBY, P.S. 2010. Zooplankton trends in Massachusetts Bay, USA: 1998–2008. *Journal of Plankton Research*, 33, 7, 1066–1080.
- URIARTE, I.; VILLATE, F. 2004. Effects of pollution on zooplankton abundance and distribution in two estuaries of the Basque Coast (Bay of Biscay). *Marine Pollution Bulletin*, 49, 220-228
- URIARTE, I.; VILLATE, F. 2005. Differences in the abundance and distribution of copepods in two estuaries of the Basque Coast (Bay of Biscay) in relation to pollution. *Journal of Plankton Research*, 27(9), 105-122
- VALENTIN, J. L.; MARAZZO, A. 2003. Modelling the population dynamics of *Penilia avirostris* (Branchiopoda, Ctenopoda) in a tropical bay. *Acta Oecologica*, 24, 1, S369–S376.
- VEGA-PÉREZ, L. A. 1993. Estudo do zooplâncton da região de Ubatuba, Estado de São Paulo. Publicação especial do Instituto Oceanográfico, São Paulo, 10, 65-84
- VIANNA, R. 1963. Mapa climatológico do estado da Bahia. XVIII Assembléia de Geógrafos Brasileiros.
- ZHOU, Q., ZHANG, J., FU, J., SHI, J., JIANG, G. 2008. Biomonitoring: An appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Analytica Chimica Acta* 606, 135–150.