



**Fundação Universidade Federal de Rio Grande**  
**Departamento de Oceanografia**  
**Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton**  
**Programa de Recursos Humanos PRH-027 ANP/MME/MCT**

***SIDIPLA***  
***SISTEMA DIAGNÓSTICO DO PLÂNCTON***

**Luiz Henrique Capotorto Barbosa**

Monografia apresentada como  
parte integrante dos requisitos  
parciais à conclusão do Curso  
de Oceanologia.

**Orientador : Pof. Dr. José Henrique Muelbet**

**Rio Grande, RS**  
**Março 2003**

## AGRADECIMENTOS:

Agradeço acima de tudo a Deus, aos meus pais e irmãos que acreditaram em mim e sempre estarão ao meu lado. Agradeço também aos amigos “lavróides” (Wellington, Youssef, Juninho e Thiago), valeu pela força.

Obrigado aos MÓFILAS (Beto Almeida, Mau Lammardo e o rei Marcelo Okamoto) Flavinha, Carol, Rod Ágata, Fernando Sorriso, Fran, Bi, Luciano Hermanns, Mateus Barbosa, Scoobi, Mareska, Iara, João Pedro, Luiz Felipe Gusmão, Ana Luiza, Helen, Karina ...enfim a todos dos anos de 96/97 e 98.

A todos aqueles que me orientaram, transmitindo não só conhecimentos mas suas experiências de vida: Vooren, Beto Tagliani, Felipe Nienchesk, Gilberto Fillmann e “Zeca” Muelbert.

Nestes dois últimos anos no Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton me trouxe além de experiências únicas, grandes amizades. Agradeço os responsáveis por isso: Marcelo Bruno, Eduardo “chabí”, Marcela, Cris, Luiz, Daiane, Bárbara, Dona Lúcia e em especial, principalmente pelas contribuições neste trabalho ao Cristiano Albuquerque e Luiz Laurino (grande responsável pelo funcionamento do SIDIPLA). Acima de tudo pela orientação, amizade e paciência do meu orientador José Henrique Muelbert, que conduz como ninguém esta orquestra denominada LEI, muito obrigado e desculpa pela teimosia.

Agradeço também a ANP (Agência Nacional do Petróleo) não só pelo financiamento deste trabalho, mas pela oportunidade de participar do Programa de Recursos Humanos PRH-027, que me trouxe oportunidades únicas e um grande aprendizado na área de meio ambiente e petróleo.

Agradeço em especial ao Prof. Gilberto Griep tanto pelas sugestões no trabalho como pela condução do PRH-027 na FURG assim como o Dr. Guilherme Bersano pelas sugestões e atenção dedicada a este trabalho.

*“Life is not tried, it is merely survived  
If you're standing outside the fire.”*

**Garth Brooks**

<b>1 – Lista de figuras e tabelas.....</b>	<b>6</b>
<b>2 – Resumo.....</b>	<b>7</b>
<b>3- Introdução.....</b>	<b>8</b>
<b>3.1 – Caracterização Geral.....</b>	<b>8</b>
<b>3.2 – O ambiente estuarino.....</b>	<b>9</b>
<b>3.3 – Vulnerabilidade ao óleo.....</b>	<b>10</b>
<b>3.4 – Comportamento do óleo no mar.....</b>	<b>12</b>
<b>3.5 - Efeitos do óleo nos organismos.....</b>	<b>14</b>
<b>4 – Local de estudo.....</b>	<b>16</b>
<b>4.1 – Caracterização geral.....</b>	<b>16</b>
<b>4.2 – Hidrodinâmica local.....</b>	<b>17</b>
<b>4.3 – Caracterização ictioplanctônica.....</b>	<b>19</b>
<b>4.4 – Estratégias de distribuição.....</b>	<b>21</b>
<b>5 – Antecedentes.....</b>	<b>22</b>
<b>6 – Justificativa.....</b>	<b>25</b>
<b>7 – Objetivos.....</b>	<b>28</b>
<b>8 - Material e Métodos.....</b>	<b>29</b>
<b>8.1 – Origem dos Dados.....</b>	<b>29</b>
<b>8.2 – Seleção da área.....</b>	<b>31</b>
<b>8.3 – Variáveis ambientais usadas.....</b>	<b>33</b>
<b>8.4 – Montagem do sistema.....</b>	<b>34</b>
<b>9 – Resultados e Discussão.....</b>	<b>35</b>
<b>9.1 – Funcionamento do sistema.....</b>	<b>35</b>
<b>9.2 – Simulações do SIDIPLA.....</b>	<b>36</b>

<b>10 – Conclusão.....</b>	<b>45</b>
<b>11 – Sugestões futuras.....</b>	<b>46</b>
<b>12 – Referências Bibliográficas.....</b>	<b>47</b>

## **1 – LISTA DE TABELAS E FIGURAS:**

<b>Tabela 1</b> – Vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros ao óleo.....	<b>11</b>
<b>Tabela 2</b> – Listagem de espécies ictioplanctônicas encontradas no Estuário da Lagoa dos Patos.....	<b>20</b>
<b>Tabela 3</b> – Projetos relacionados ao ictioplâncton no Estuário da Lagoa dos Patos.....	<b>29</b>
<b>Figura 1</b> – Degradação do óleo no mar.....	<b>12</b>
<b>Figura 2</b> – Estuário da Lagoa dos Patos.....	<b>17</b>
<b>Figura 3</b> – Localização das estações de coleta.....	<b>23</b>
<b>Figura 4</b> – Modelo causa/efeito de um derrame em ambiente oceânico.....	<b>27</b>
<b>Figura 5</b> – Áreas demarcadas para seleção e avaliação do ictioplâncton no SIDIPLA.....	<b>32</b>
<b>Figura 6</b> – Localiazação dos pontos com maior probabilidade de ocorrência de derrames.....	<b>38</b>
<b>Figura 7</b> – Abundância de ovos na simulação I.....	<b>39</b>
<b>Figura 8</b> – Abundância de larvas na simulação I.....	<b>40</b>
<b>Figura 9</b> – Abundância de ovos na simulação II.....	<b>41</b>
<b>Figura 10</b> – Abundância de larvas na simulação II.....	<b>41</b>
<b>Figura 11</b> – Abundância de larvas na simulação III.....	<b>42</b>
<b>Figura 12</b> – Abundância de larvas na simulação IV.....	<b>43</b>

## 2-Resumo:

Este trabalho está inserido dentro do programa da ANP (PRH-027), e teve como principal objetivo iniciar a montagem de um sistema computacional que possa servir como ferramenta na análise dos possíveis impactos causados pela ocorrência de derrames de petróleo e derivados, ou mesmo simular os efeitos causados por estes, na abundância de organismos ictioplanctônicos dentro do Estuário da Lagoa dos Patos.

Desta forma foi elaborado o Sistema de Diagnóstico do Plâncton, que utiliza um banco de dados pretéritos e fornece informações sobre a abundância das principais espécies de ovos e larvas de peixes em determinadas áreas do estuário, baseando-se em condições ambientais semelhantes às aquelas apresentadas no passado.

O sistema foi montado em plataforma Linux, e pode ser acessado por qualquer computador conectado à Internet no portal **<http://www.lei.furg.br/sidipla>**. De forma instantânea, a partir do conhecimento de certas variáveis ambientais, o usuário pode determinar a abundância ictioplantônica de determinada região de interesse.

Simulações realizadas com o SIDIPLA demonstraram que o sistema é rápido e estável, permitindo ao usuário uma estimativa imediata dos ovos e larvas de peixes possivelmente presentes em determinado local e suscetível a derrames de óleo. Sugestões são apresentadas para a inclusão de outros organismos planctônicos no sistema.

### **3-Introdução:**

#### **3.1- Caracterização Geral:**

Desde 1887, quando se teve o início da “era da propulsão mecânica” e posteriormente com o surgimento da indústria petroquímica em 1930, o petróleo tem tido importante função na sociedade, como fonte combustível e fornecendo matéria sintética para diversos produtos (CETESB, 2002).

Tanto o óleo cru como seus derivados estão entre os contaminantes mais comumente lançados no ambiente costeiro e estuarino. Seja por causas intencionais ou acidentais, estes lançamentos vêm contribuindo para comprometer a qualidade das águas costeiras e oceânicas bem como o equilíbrio dos ecossistemas marinhos (Kennish, 1997).

Derrames de petróleo, de natureza acidental ou crônica, constituem um sério problema ambiental o que torna necessário o desenvolvimento de programas de monitoramento globais e regionais nos ambientes marinhos (GESAMP, 1993).

Grandes derrames não constituem as maiores fontes de lançamento de óleo nos ambientes estuarinos e marinhos, pois cerca de 45% do óleo nestes ambientes entra por rios poluídos, águas residuais das cidades, indústrias não petrolíferas e fontes aéreas. No entanto, este tipo de acidente, principalmente em larga escala, causa grandes danos a biota local. Estes danos podem ser acentuados dependendo das características locais, podendo o óleo permanecer por longos períodos após o derrame (Kennish, 1997).

No Brasil, as atividades relacionadas ao petróleo tiveram um grande impulso depois da quebra do monopólio estatal. Dentro deste novo contexto, que visa tornar o país auto-sustentável, tem se dada grande importância às questões ambientais. Com o crescimento deste mercado, a Agência Nacional do Petróleo (ANP), associada ao Ministério das Minas e



Energia (MME) e o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), criou o Programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo PRH-ANP/MME/MCT (ANP) para o setor Petróleo e Gás, visando a formação de mão de obra qualificada para atuar neste segmento. O presente trabalho está inserido neste programa, através de um convênio denominado “Estudos Ambientais em Áreas de Atuação da Indústria do Petróleo”, estabelecido na Fundação Universidade Federal do Rio Grande (FURG), uma das poucas universidades brasileiras com filosofia e política voltada para o Ecossistema Costeiro. O objetivo deste trabalho é produzir um sistema computacional que permita estimar rapidamente a presença de ovos e larvas de peixes no Estuário da Lagoa dos Patos em caso de derrame de óleo. Foram utilizados inicialmente organismos ictioplanctônicos, entretanto a ampliação para outros grupos forneceria uma visão mais adequada do impacto causado por este contaminante.

### **3.2-O Ambiente Estuarino:**

De acordo com Perillo (1995) “estuários são corpos de água semi-fechados com uma ou mais conexões livres com o oceano onde a intrusão de água salina pode efetivamente se estender até o limite da influência de maré e que pode ser diluída pela água doce de drenagem continental sustentando com unidades eurihalinas em pelo menos algum estágio da vida”. O valor associado a tais ambientes em termos de pesca, transporte, aquacultura e áreas de recreação, justifica os diversos estudos realizados nestes (Kennish, 1997).

Estuários são considerados um dos mais importantes ambientes das regiões costeiras, sendo o fluxo de água doce e a ação mecânica das marés os principais fatores que favorecem a alta produtividade local, criando gradientes de temperatura e salinidade, além de transportarem uma grande quantidade de nutrientes e matéria orgânica (Ibáñez, 1997). Estes desempenham importante função no ciclo de vida de muitos organismos marinhos, de água doce ou caracteristicamente estuarinos. Sua elevada produção primária do Estuário da Lagoa

dos Patos fornece riqueza e abundância de alimento, além de proteção contra predadores para os estágios larvais e juvenis de peixes e crustáceos apresentando-se como uma zona de berçário e assim permitindo uma elevada taxa de crescimento e baixa mortalidade (Ibagy, 1997). Apesar de caracterizar-se como sendo de baixa diversidade, reflexo da alta instabilidade ambiental, um grande número de espécies depende pelo menos durante seu ciclo de vida deste ambiente (Day *et al.*, 1989).

Apesar da destacada importância, ambientes estuarinos têm sido usados durante décadas como depósitos de resíduos de origem antropogênica, sendo que sua qualidade ambiental e respectiva biota têm sido comprometidas gradualmente. Do óleo que chega até o mar, através de atividades antropogênicas, a maior parte (65,2%) é originária de despejos municipais e industriais, descarga de rios e urbanas, extração do oceano e descargas atmosféricas. Em adição, 26,2 % deste óleo deriva de atividades relacionadas ao transporte marítimo. Somente 8,5% dos aportes antropogênicos são atribuídos às instalações fixas. Estima-se que 33% da totalidade do óleo que entra na hidrosfera marinha passe por estuários (Kennish, 1997).

### **3.3-Vulnerabilidade ao óleo:**

A vulnerabilidade destes ambientes ao óleo é de difícil determinação, envolvendo amplos conceitos de sensibilidade das populações atingidas, tempo de permanência do óleo no ambiente, susceptibilidade do ambiente ao derrame de óleo, capacidade e tempo de recuperação e ainda formas possíveis de limpeza (CETESB, 2002). A escala de vulnerabilidade ao petróleo se modifica de acordo com características ambientais específicas do local. Apesar disso, estes índices têm fundamental importância no estabelecimento de diretrizes que visem à proteção de áreas de maior sensibilidade e o estabelecimento de regiões

de sacrifício (zonas de menor importância ecológica usadas no direcionamento de manchas), no caso da ocorrência de um derrame.

Podemos observar que regiões estuarinas, juntamente com mangues estão entre as zonas de maior sensibilidade a derrames apresentando-se com os maiores valores (Gundlach & Hayes, 1978., CETESB, 2002). Esta sensibilidade determina o grau de proteção que deve ser dado para estes ambientes (Tabela 1). O fato de estuários servirem como áreas de berçário e abrigo para diversas espécies além de serem usadas como locais de recreação, traduz esta característica.

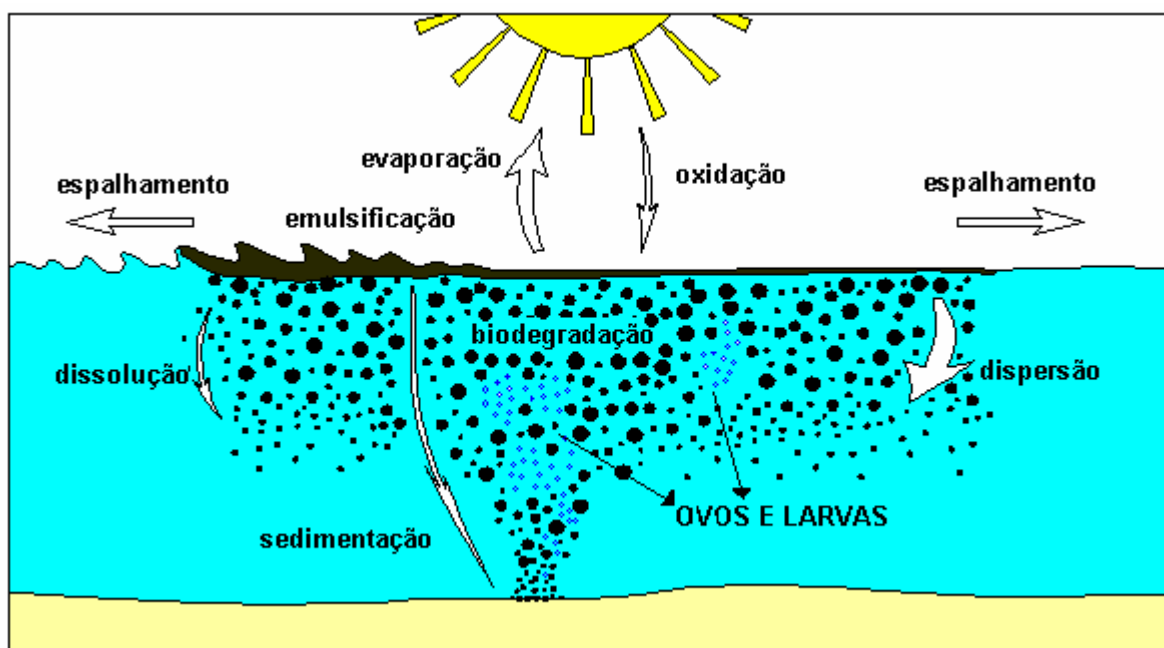
**Tabela 1 - Vulnerabilidade dos ecossistemas costeiros de acordo com CETESB (2002) e Gundlach & Hayes (1978): Índices maiores determinam maior sensibilidade.**

Vulnerabilidade de ecossistemas costeiros Gundlach & Hayes (1978)		Vulnerabilidade de ecossistemas costeiros CETESB (2002)
Índice	Ambiente	Ambiente
1	Águas abertas	Costões rochosos expostos
2	Costões expostos	Plataformas rochosas expostas
3	Praias de cascalho	Praias de areia fina
4	Praias de areia grossa	Praias de areia grossa
5	Praias de areia fina	Planícies de maré expostas
6	Praias lodosas	Praias de areia mista
7	Planícies de maré	Praias de cascalho
8	Águas estuarinas /abrigadas	Costões rochosos abrigados
9	Costões abrigados	Planícies de maré abrigadas
10	Recifes de coral	Manguesais e marismas
11	Marismas	
12	Manguesais	

De acordo com Kennish (1997), a sensibilidade dos ambientes estuarinos ao óleo é bem conhecida, as mudanças na estrutura das comunidades ali residentes juntamente com o efeito causado pelo óleo podem persistir de dias a anos.

### 3.4 - Comportamento do óleo no mar:

O óleo derramado no mar passa por diversos processos (Figura 1) como o espalhamento, deriva, evaporação, dissolução, dispersão, oxidação fotoquímica, emulsificação, absorção por materiais particulados suspensos, biodegradação, afundamento e sedimentação (Ferreira, 1995).



**Figura 1 - Degradação do óleo no mar (Extraído de CETESB, 2001).**

A evaporação é determinada principalmente pela volatilidade do óleo que é influenciada por diversos fatores como área da mancha e temperatura da água (Mackay *et al.*, 1983). Outro processo que ocorre com o óleo no mar é a sedimentação que basicamente depende da adsorção do óleo ao material em suspensão na água (Thuer & Stumm, 1977). O

processo de biodegradação é considerado lento, mas efetivo principalmente na coluna d'água. Este processo é limitado por diversos fatores: disponibilidade de nutrientes (nitrogênio e fósforo), salinidade, temperatura, concentração de oxigênio dissolvido, distribuição e natureza do óleo derramado, composição e abundância das comunidades microbianas (Wheeler, 1978; Concauwe, 1983). Fatores como a dissolução e sedimentação proporcionam a difusão do óleo por diferentes camadas até o fundo impactando comunidades em toda a coluna d'água.

De acordo com CETESB (2002) as características mais relevantes em um derrame são:

1. Tipo e quantidade de petróleo, sendo os mais tóxicos os óleos leves devido á presença de uma quantidade maior de compostos aromáticos;
2. Amplitude de maré, podendo esta agravar o efeito do derrame ou mesmo contribuir para processo de limpeza;
3. Época do ano, por causar consideráveis variações na estrutura e composição das comunidades biológicas costeiras;
4. Grau de hidrodinamismo, determinado pela quantidade, intensidade e força das ondas e correntes locais;
5. Ciclo construtivo/destrutivo do ambiente: determinado pelo grau de erosão e deposição das praias;
6. Tipo de substrato;
7. Tipo de comunidade;
8. Exposição prévia a outros impactos;
9. Formas de limpeza aplicadas ao derrame.

Portanto a elaboração de sistemas de ação emergencial para contenção de manchas de óleo devem levar em conta as características do ambiente, sua dinâmica e propriedades físico/químicas do óleo.

### **3.5 – Efeitos do óleo nos organismos:**

Os efeitos apresentados na biota atingida por derrames estão relacionadas à resistência destes organismos ao contaminante, estágio de vida, exposição prévia, mobilidade, modo de contato e tipo de óleo. Os efeitos podem apresentar-se na forma de: morte direta por recobrimento e asfixia impedindo respiração, excreção, alimentação fotossíntese etc., morte direta por intoxicação, principalmente causada por compostos aromáticos; perturbação nos recursos alimentares dos grupos tróficos superiores reduzindo seu alimento; incorporação e bioacumulação formando concentrações nos tecidos superiores àquelas encontradas no meio, incorporação de substâncias carcinogênicas; efeitos indiretos subletais, como alterações na percepção motora, química, respiratória e reprodução que podem progredir para a morte (CETESB, 2002).

Especificamente em organismos planctônicos, a contaminação pode vir de diferentes formas: através da fração solúvel, do contato direto com a mancha ou mesmo pela ingestão de alimentos contaminados por petróleo. De acordo com Kennish (1997), ovos, larvas e estágios juvenis são mais sensíveis ao óleo. O contato do ictioplâncton com a superfície do óleo pode ser fatal. Além do efeito letal, do óleo em embriões e larvas, efeitos subletais nestes primeiros estágios de vida podem incluir desenvolvimento anormal, redução no crescimento demora na eclosão dos ovos e anomalias celulares.

Carls *et al.* (1997) testou a sensibilidade de ovos de salmão rosa e arenque, a baixas concentrações de exposição de frações persistentes do óleo. Foram observadas, em experimentos de longa duração, utilizando ovos destas espécies, deformidades nas larvas após

sua eclosão, mesmo quando estes eram expostos a concentrações a níveis de ppb dos HPAs (hidrocarbonetos poliaromáticos).

Gallego *et al.* (1995) analisou possíveis efeitos do derrame causado pelo navio Braer (1993) nas microestruturas dos otólitos de arenques *Clupea arenagus* (larvas) coletados logo após o derrame, não encontrando alterações significativas no crescimento das larvas, mesmo sendo as concentrações locais superiores aquelas anteriormente testadas em laboratório e que apresentaram efeitos letais às larvas. Esta ausência do efeito imediato na taxa de crescimento não implica necessariamente que o óleo não cause efeitos deletérios na zona afetada. McGurk *et al.* (1990), analisando otólitos, encontraram evidências de redução no crescimento de larvas de arenque na região do derrame do Exxon Valdez além do aumento na mortalidade, anomalias morfológicas e defeitos citogenéticos e sugerem que devido às baixas concentrações de óleo na água, estes efeitos estejam relacionados ao contato direto com partículas de óleo.

O uso de dispersantes pode levar a efeitos ainda mais deletérios, como no caso apresentado por Lockhart *et al.* (1996), onde a utilização destes causou, em estudos laboratoriais de 55 dias, uma mortalidade mais acentuada quando associado o óleo ao dispersante. Em sua maioria, os testes são realizados com 96 horas de duração, entretanto neste experimento foi detectado um efeito realmente significativo com mortalidade de 100%, caracterizando um efeito crônico. Também foi verificado o aumento da quantidade de água dentro do corpo dos peixes, o que não ocorreu utilizando dispersantes, podendo ser esta uma possível adaptação destes organismos.

Peixes em estágios mais avançados apresentam como efeitos subletais típicos, alterações nos batimentos cardíacos, respiração, hiperplasia das branquias, aumento do fígado, redução do crescimento, erosão das nadadeiras, enfraquecimento do sistema endócrino, alterações

comportamentais, assim como alterações na alimentação, migração, reprodução, natação, aprendizado e no comportamento cavador.

Os hidrocarbonetos clorados, e especialmente os utilizados como biocidas, são totalmente insolúveis em água, muito solúveis em lipídeos e em produtos petrolíferos. Estes, mesmo em doses mínimas, são extremamente tóxicos para o plâncton, principalmente em relação a ovos e larvas de inúmeras espécies de valor comercial podendo, inclusive, comprometer as atividades pesqueiras locais e regionais. Sua acumulação nos organismos resulta numa concentração ao longo da cadeia trófica, com conseqüências deletérias bem conhecidas em predadores de último nível, como aves marinhas (Cunha & Guerra, 1999).

#### **4- LOCAL DO ESTUDO:**

##### **4.1 - Caracterização geral:**

A Lagoa dos Patos situa-se na planície costeira do Rio Grande do Sul, tendo sua bacia hidrográfica uma área de 10.360km<sup>2</sup>. A região estuarina localiza-se ao sul desta lagoa entre as coordenadas de latitude 31°41'N; 32°12'S e longitudes de 51°49'E; 52°15'W. Desta forma representa cerca da décima parte da área lagunar (Figura 2). Nas margens do estuário, formam-se várias enseadas rasas, com profundidade média de 1 metro, denominadas sacos. Estes possuem alta produtividade e funcionam como criadouros naturais de peixes e crustáceos e locais de trânsito, alimentação e abrigo para muitas espécies estuarinas de importância comercial (Castello, 1985).





**Figura 2- Estuário da Lagoa dos Patos (Fonte: Nasa).**

#### **4.2 - Hidrodinâmica local:**

A forma afunilada da desembocadura do Estuário da Lagoa dos Patos proporciona um fluxo de entrada e saída de água que acarretam a formação de um ambiente dinâmico.

Baseado nas observações de temperatura e salinidade, Kantin (1983) determinou diferentes estruturas hidrológicas apresentadas por este estuário:

- Homogênea e com salinidade nula em épocas de vazante;
- Homogênea e salgada em regime de estiagem;
- Estratificada verticalmente, quando as águas continentais vazam pela superfície e uma contra-corrente oceânica se estabelece em profundidade, formando uma cunha salina.

A penetração da cunha salina no estuário é condicionada pelas características hidrológicas e meteorológicas na bacia de drenagem da Lagoa dos Patos. Variações podem ocorrer fazendo com que o estuário passe de homogêneo a estratificado e vice-versa em um mesmo dia (Baptista, 1984). Os ventos do setor norte, dependendo de sua intensidade e direção, causam transporte das águas da superfície da Lagoa para o oceano. Quando estes se apresentam do setor sul, as águas são transportadas no sentido contrário, em direção à Lagoa. Os ventos e as chuvas podem agir de uma maneira sincronizada aumentando ou diminuindo o efeito da descarga das águas continentais (Niencheski & Baungarten, 1998).

Segundo Moller *et al.* (1991) as oscilações de maré, embora de pequena amplitude (média de 0,47m), possuem um importante papel na hidrodinâmica do Canal de Rio Grande agindo na localização da cunha salina, em particular na zona mais estreita deste. Entretanto, ventos do setor norte, associados a um elevado índice pluviométrico sobre a bacia de drenagem, anulam o efeito da maré e provocam um lançamento de água continental para o oceano, podendo esta se espalhar por uma dezena de quilômetros sobre a plataforma continental (Kantin, 1983).

De uma maneira geral, o aumento do índice pluviométrico que ocorre no inverno faz com que o sentido predominante de deslocamento da massa d'água seja do continente para o oceano. Durante o verão, com a diminuição das chuvas e ocorrência de ventos do setor sudeste, as águas oceânicas costeiras entram no interior da Lagoa dos Patos pelo Canal de Rio Grande podendo penetrar até 150km (Vilas Boas, 1990). Quando o fluxo de água continental é fraco, o estuário pode se apresentar estratificado lateralmente, ocorrendo à saída das águas lagunares pela margem leste e a entrada das águas marinhas pela margem oeste (Kantin, 1983).

### 4.3 - Caracterização Ictioplânctonica:

A ictiofauna apresentada no Estuário da Lagoa dos Patos e sua área costeira adjacente são compostas por aproximadamente 110 espécies, porém poucas delas apresentam-se abundantes ou freqüentes (Chao *et al.* 1982).

Vieira & Castello (1997), classificaram em sete categorias as espécies de peixes presentes no estuário:

- estuarino residentes;
- estuarino dependentes;
- estuarino oportunistas;
- estuarinos ocasionais;
- espécies anádromas;
- estuarino oportunistas de água doce;
- estuarino visitantes ocasionais.

Esta classificação, baseada no grau de utilização deste ambiente pelas diferentes espécies, reflete a presença e abundância dos estágios iniciais de desenvolvimento.

Larvas e ovos de peixes estuarinos, marinhos ou mesmo característicos de água doce são encontrados dentro dos limites do estuário. De acordo com Muelbert & Sinque (1998) são encontradas 29 espécies de ovos e larvas no estuário e sua área costeira adjacente. Espécies como *Brevoortia pectinata*, *Lycengraulis grosidens* e *Micropogonias furnieri* apresentam ovos e larvas no estuário, representando 88% das larvas e 66% dos ovos enquanto espécies oportunistas como *Macrodon ancylodon*, *Paralichthys sp.*, *Symphurus jenynsi*, *Menticirrhus sp.* e *Paralonchurus brasiliensis* são encontradas apenas nos estágios larvais, indicando sua utilização oportunisticamente como local de criação. Da mesma forma, espécies caracteristicamente marinhas como *Anchoa marini*, *Ophycetus*

*gomesi*, *Uruphycis brasiliensis*, *Porichthys porosissimus*, *Epinephelus* sp, *Prionotus punctatus*, *Cynoscion* sp., *Umbrina canosai* e *Peprilus paru*, são geralmente encontradas quando o estuário sofre penetração de água marinha (Sinque & Muelbert, 1998).

Desta forma, poucas são espécies apresentam-se como sendo estuarino-dependentes sendo a maioria migratória facultativa ou oportunista (Vieira & Castelo, 1997).

De acordo com Ibagy, (1997) 16 famílias de peixes tem representatividade em larvas ou ovos durante todo o ano. Estas apresentam sua maior densidade durante o verão, associados a altas temperaturas e coincidindo com o período reprodutivo da maioria das espécies marinhas costeiras (Tabela 2).

**Tabela 2 - Listagem das espécies encontradas no ELP segundo Ibagy (1997).**

Ordem	Família	Gênero /espécie	Estágio	Nome Comum
Clupeiformes	Clupeidae	<i>Brevoorti pectinata</i>	Ovos e Larvas	Savelha
	Engraulidae	<i>Lycengraulis grossidens</i>	Ovos e Larvas	Manjuba
Siluriformes	Pimelodidae	<i>Parapimelodus nigribarbis</i>	Larvas	Mandi
Batrachoidiformes	Batrachoididae	<i>Porichthys porosissimus</i>	Larvas	Manga liso
Atheriniformes	Atherinopsidae		Larvas	Peixe Rei
Syngnathiformes	Syngnathidae	<i>Syngnathus folleti</i>	Larvas	Peixe cachimbo
Perciformes	Carangidae		Larvas	Não identificados
	Sciaenidae	<i>Micropogonias furnieri</i>	Larvas	Corvina
		<i>Paralonchurus brasiliensis</i>	Larvas	Maria Luíza
		<i>Macrodon ancylodon</i>	Larvas	Pescada foguete
		<i>Menticirrhus spp.</i>	Larvas	Maria Luíza
		<i>Cynoscion spp.</i>	Larvas	Pescada
		<i>Umbrina canosai</i>	Larvas	Castanha
		<i>Pogonias cromis</i>	Larvas	Miraguaia
		<i>Bairdiella chysoura</i>	Larvas	Roncador
	Mugilidae	<i>Mugil platanus</i>	Larvas	Tainha
	Bleniidae		Larvas	Maria da toca
	Gobiidae		Larvas	Maria da Toca
	Trichiuridae	<i>Thichiurus leptorus</i>	Ovos e larvas	Peixe espada
	Stromateidae	<i>Peprilus paru</i>	Larvas	Gordinho
Pleuronectiformes	Bothidae		Larvas	Linguado
	Cynoglossidae	<i>Symphurus jenynsi</i>	Larvas	Linguado
		<i>Achirus garmani</i>	Ovos e Larvas	Linguado

#### **4.4 - Estratégias de distribuição:**

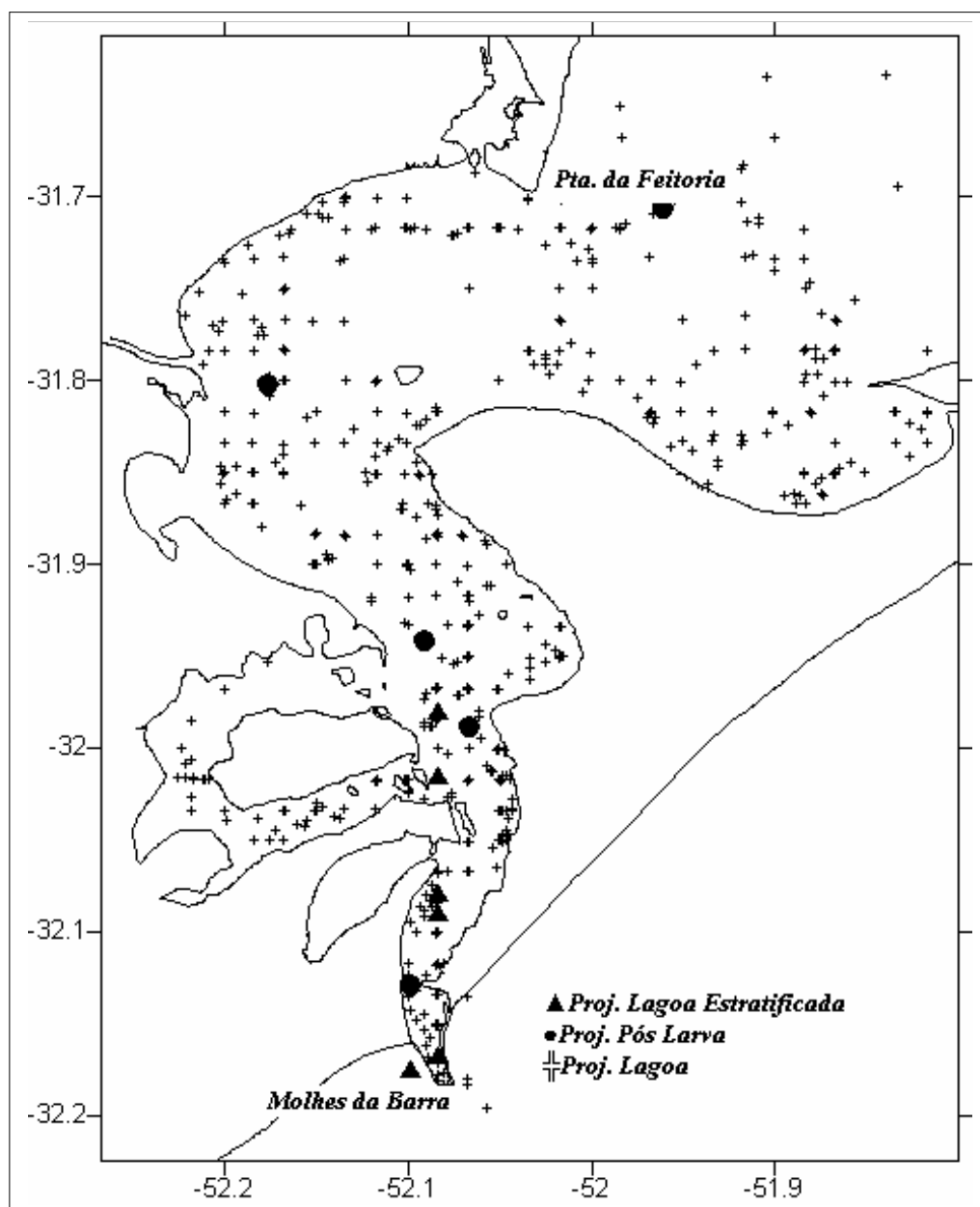
As estratégias de transporte empregadas por peixes durante seu estágio larval para ambientes estuarinos de alta produtividade, funcionam como uma adaptação fornecendo alimento adequado durante esta fase de maior vulnerabilidade Fortier & Leggett (1983). Padrões como o de migração vertical são usualmente observados no ictioplâncton, sendo o mais freqüente o diário (nictemeral), no qual as larvas movem-se em direção á superfície ao amanhecer permanecendo nas camadas superiores durante a luz do dia e descendo às camadas mais profundas ao anoitecer Fortier & Leggett (1983). No Estuário da Lagoa dos Patos, tal comportamento foi evidenciado por Weiss (1981) em larvas na região de canal de acesso ao estuário, através do qual as larvas vencem a resistência do meio (fluxo de entrada/saída de água) para realizar esta migração.

Diversos fatores ambientais estão relacionados à dispersão e abundância de ovos e larvas no Estuário da Lagoa dos Patos. Weiss (1981) demonstrou que salinidade e temperatura são os principais fatores. A distribuição e abundância dos ovos, na área do canal do estuário da Lagoa dos Patos, é determinada pela salinidade, enquanto que a temperatura influencia a abundância de larvas, sendo os ovos predominantes no verão associados a intrusões de água salgada e as larvas ocorrendo o ano todo, com uma maior abundância e variedade de espécies nos meses de primavera e verão. Entretanto outras variáveis como turbidez, iluminação e poluição provocada por dejetos urbanos e industriais, são apontadas por Muelbert (1986) podendo apresentar-se como fatores importantes nesta distribuição.

## 5 - ANTECEDENTES:

Diversos estudos relacionados ao Ictioplâncton foram feitos na região do estuário da Lagoa dos Patos, relacionando variáveis ambientais e características como distribuição, estrutura da comunidade etc.

Dentre estes trabalhos podemos destacar Weiss (1981) com o **Projeto Lagoa**, realizando 26 cruzeiros durante os anos de 1975 a 1978 em diversas estações cobrindo grande parte do estuário; Muelbert (1986) com o **Projeto Lagoa Estratificada**, realizado no período de 06/04/1981 a 28/02/1983 através de 32 cruzeiros em 5 estações fixas e Ibagy (1997) no **Projeto Pós-Larva**, realizado no período de julho/1994 até julho/1995 estudando a distribuição sazonal e nictemeral do ictioplâncton, totalizando 18 cruzeiros em 8 estações (Figura 3).



**Figura 3 – Localização das estações de coleta.**

Com relação à contaminação por óleo, os primeiros estudos foram realizados por Kantin (1981) determinando concentrações de óleos e fenóis nas águas do estuário.

Baumgarten *et al.* (1998) estudaram a qualidade da área portuária da cidade de Rio Grande, onde verificaram altas concentrações de óleos e graxas principalmente no Porto Velho, Porto Novo e Superporto. Montú (1998) verificou a presença de organismos zooplanctônicos anormais, especialmente a espécie *Acartia tonsa*, com alterações morfológicas e elevado grau de parasitismo por fungos e colônias de flagelados, associando estes a efeitos crônicos de poluição por metais pesados, hidrocarbonetos, compostos fenólicos e poluição orgânica. Zamboni (2000) publicou dados sobre concentrações de hidrocarbonetos alifáticos e aromáticos, derivados do petróleo, nos sedimentos marginais do estuário. Os valores de hidrocarbonetos alifáticos totais variaram de 1,045µg/g (ponto controle) a um máximo de 129,584µg/g (emissário de esgotos). Já os hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) variaram de 0,04µg/g (ponto controle) a um máximo de 11,8µg/g (distribuidora de combustíveis). Baisch *et al.* (2000) compararam os dados de HAPs encontrados por Zamboni (2000) com dados encontrados no canal de acesso do estuário. Os sedimentos apresentaram valores de HAPs totais acima do nível de referência adotado, sendo os valores das áreas marginais bem maiores que os encontrados nos canais do estuário atribuindo esta diferença à menor distância da fonte impactante nas áreas marginais, a hidrodinâmica que é bem maior nas áreas profundas e aos processos de dragagem que são efetuados na área dos canais. Já Baisch (2000) caracterizou os sedimentos da área de dragagem do Porto de Rio Grande quanto a hidrocarbonetos aromáticos policíclicos encontrando nestes sinais de contaminação por tais compostos.



Recentemente com a implantação do Programa de Recursos Humanos da ANP (PRH-027) na FURG, foram direcionados diversos trabalhos enfocando a contaminação por hidrocarbonetos e efeitos desta em organismos do Estuário da Lagoa dos Patos. Rocha (2001) descreveu o comportamento geoquímico através de uma simulação de um derrame na região estuarina; Demore (2001) estudou os aspectos sedimentares e comportamento do petróleo penetrando no sedimento; Martins (2002) elaborou um banco de dados contendo todas as características hidroquímicas do estuário para a implantação de um Mapa de Sensibilidade a Derrames a ser elaborado para o estuário.

## **6- JUSTIFICATIVA:**

O estuário da Lagoa dos Patos apresenta-se como uma área de potencial risco ambiental, principalmente na zona mais próxima à sua desembocadura, onde se localizam diversas indústrias, áreas urbanas e o Porto de Rio Grande que vem passando por um intenso processo de aumento na sua capacidade de movimentação de cargas.

Pelo terminal de Rio Grande são importados e exportados diversos produtos como óleo Diesel, Petróleo, Estireno, M.E.K., Ácido Fosfórico, Ácido Sulfúrico, Metanol, Hexano, Propano (GLP), Propano, Amônia. O volume total no ano de 1998 alcançou 1.531.725,520 toneladas. Ocorrerá ainda um aumento das atividades com a implementação de um sistema de abastecimento fora da zona costeira, que prevê uma atividade de 55 navios/mês na região (Griep, *et al* 2001).

Embora não se caracterize por um grande volume de operações no segmento petrolífero, o Porto de Rio Grande possui entre seus componentes, algumas empresas específicas deste setor (Ipiranga e Petrobrás), que operam com refino, armazenagem e

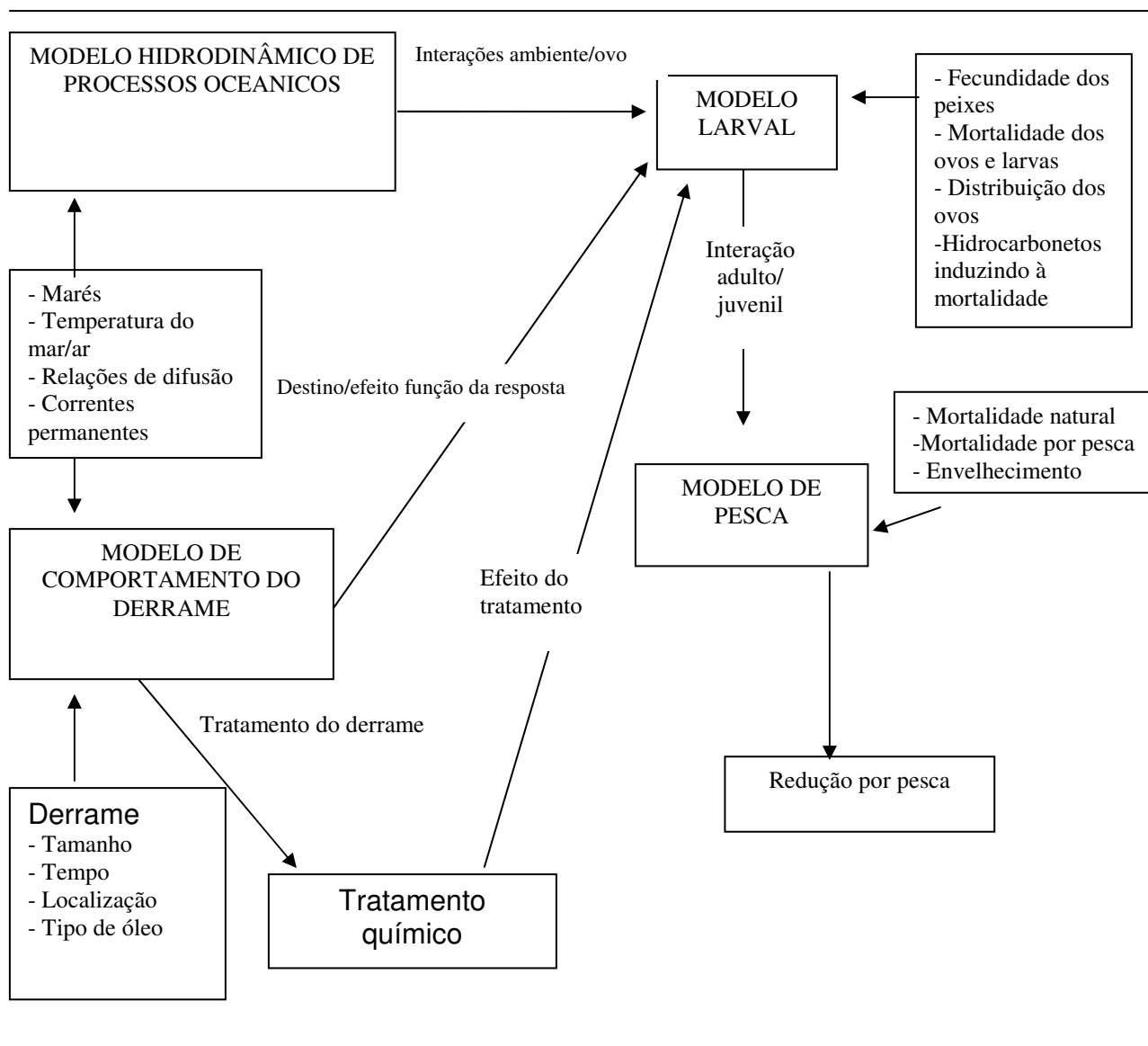
transporte destes produtos. Estes, agentes apresentam riscos naturais oriundos do trabalho de abastecimento de navios atracados (Demore *et al.*, 2001).

Desta forma, a movimentação de petróleo cru ou de derivados é uma presença marcante em todo ambiente estuarino. Espécies ali residentes ou que passem parte do seu ciclo de vida neste, estão entre aquelas que sofrem maior risco. Adicionado a este risco está a baixa mobilidade apresentada entre outros grupos por larvas e ovos de peixes, tornando-os um grupo ainda mais vulnerável.

A poluição por óleo em áreas costeiras representa um sério perigo para espécies de peixes, tanto recreacionais como comerciais. Em áreas de mar aberto os peixes têm a capacidade de evitar as manchas de óleo, entretanto, em regiões como estuários e baías, os derrames podem confinar populações de peixes causando grande mortalidade (Kennish, 1997). Além de causar mortalidade direta, derrames podem alterar o comportamento de diversas espécies afetando a sua desova e conseqüentemente reduzindo os estoques pescáveis (Figura 4).

Cerca de 6000 pescadores artesanais e 3000 industriais estão envolvidos temporariamente ou permanentemente em atividades pesqueiras no sul do Brasil (Reis, 1992) apresentando esta atividade como de fundamental importância para a economia da região, principalmente na área compreendida pelo estuário. Reis (1992) define um padrão sazonal claro para a atividade: a miragaia *Pogonias cromis* e a corvina *Micropogonias furnieri* que se alimentam ativamente em águas salobras, e o bagre *Netuna barba*, que utiliza o estuário para sua reprodução são pescados na primavera já o camarão rosa *Penaeus paulensis* é capturado no verão e no outono; a pesca da tainha *Mugil platanus* dá-se no outono; e a anchova *Pomatomus saltatrix*, a castanha *Umbrina canosai* e a pescada olhuda ou goete *Cynoscion guatucupa* são pescadas no inverno. O impacto nestas

assembléias de peixes afetam a economia local tanto de forma direta, pela mortalidade, como indiretos pela contaminação local persistente. Ressalta-se que muitas destas espécies têm período reprodutivo inicial, etapa de maior sensibilidade, dentro do estuário.



**Figura 4 - Modelo causa/efeito de um derrame em ambiente oceânico (Traduzido de Kennish, 1997).**

Apesar da evidente fragilidade de organismos ictioplanctônicos ao petróleo e derivados, de sua importância na cadeia trófica e na formação dos estoques pesqueiros, do evidente aumento de atividades de risco com este contaminante no estuário, ainda não havia sido elaborada uma forma de análise que permitisse diagnosticar as espécies destes organismos presentes na água em caso de acidente a partir do conhecimento das variáveis ambientais responsáveis pela diversidade e abundância ictioplanctônicas. Desta forma, o Sistema de Diagnóstico do Plâncton (**SIDIPLA**) vem suprir esta necessidade, fornecendo uma ferramenta que fornece informações sobre as espécies ictioplanctônicas possivelmente encontradas na região afetada por um derrame.

## **7-OBJETIVOS:**

Diante das características ambientais, importantes na formação e manutenção de estoques pesqueiros e de reconhecida sensibilidade ambiental, associada ao crescente aumento da atividade de transporte e armazenamento de derivados de petróleo na região da cidade de Rio Grande, este projeto tem como objetivos:

1. Montar de um banco de dados que contemple toda a informação relevante a ovos e larvas de peixes na região do Estuário da Lagoa dos Patos.
2. Implementar uma ferramenta que possibilite funcionar como instrumento auxiliar no gerenciamento, transporte, armazenamento e avaliação do possível impacto na região estuarina, a partir da estimativa e quantificação das espécies ictioplanctônicas presentes em determinados locais através de sua relação com variáveis ambientais.
3. Disponibilização deste sistema através da criação de um portal na internet utilizando ferramentas de livre acesso tornando a informação de fácil consulta.

## 8-MATERIAL E MÉTODOS:

### 8.1 – Origem dos dados:

O SIDIPLA foi montado a partir de dados obtidos por cruzeiros realizados pelo Laboratório de Ecologia do Ictioplâncton/LEI do Departamento de Oceanografia da Fundação Universidade Federal do Rio Grande. Nos últimos 25 anos, o LEI através de diferentes projetos tem coletado dados relativos à abundância ictioplanctônica e variáveis ambientais em todo estuário da Lagoa dos Patos (Tabela 3).

Os dados utilizados no trabalho foram coletados desde 1973, durante o Projeto Lagoa (Weiss, 1981) até 1995 (Ibagy, 1996) de forma não contínua. Todos os cruzeiros realizados durante este período obtiveram dados relativos à abundância, salinidade, temperatura, estação do ano e localização geográfica; sendo que as salinidades e temperaturas das águas de fundo não constam em algumas estações de coleta. Todas as variáveis foram uniformizadas antes de serem inseridas no banco de dados do sistema. As coordenadas geográficas estão todas em graus e décimos de graus, as temperaturas em graus centígrados, e as abundâncias em números de organismos por 100m<sup>3</sup>.

**Tabela 3 – Projetos relacionados ao Ictioplâncton no Estuário da Lagoa dos Patos**

<b>Projeto</b>	<b>Período</b>	<b>Amostrador</b>	<b>Cobertura Espacial</b>	<b>Periodicidade</b>	<b>Nº amostras</b>
Projeto Lagoa (Weiss1981)	12/1975-11/1978	Rede cônica malha 500µm.	Zonas rasas e canal do ELP.	Quinzenal a mensal.	671
Projeto Lagoa Estratificada (Muelbert, 1986)	04/1981-02/1983	Rede cônica malha 500µm.	Zonas de canal ELP.	Quinzenal.	416
Projeto Pós Larva (Ibagy,1997)	07/1994-07/1995	Redes cônicas 300µm (fora da barra) e 500µm (interior do estuário).	Zonas de canal ELP.	Quinzenal, mensal e diária.	107

Durante a realização dos projetos, grande parte da área pertencente ao ELP foi amostrada. Foram feitas coletas do limite superior do estuário, marcado pela Ponta da Feitoria, até o limite inferior, marcado pelos Molhes da Barra de Rio Grande (Figura 3). Grande parte desta malha foi principalmente amostrada pelo Projeto Lagoa (Weiss, 1981) através de arrastos de superfície com redes cônicas de abertura 500 $\mu$ m com 5 minutos de duração a velocidades máximas de 2 nós.

Os estudos passaram então a se concentrar nas zonas de canal (Muelbert, 1986 e Ibagy, 1997). As amostragens realizadas por Muelbert (1986), se concentraram na região do canal por esta apresentar maior influência marinha, amostrando em 3 profundidades diferentes (superfície, meia água e fundo) sendo em 3 estações amostradas apenas superfície e fundo. Foi utilizada uma rede cônica com 60 cm de diâmetro de boca e 1,35 m de comprimento tendo malha de 500 $\mu$ m arrastada no sentido contra corrente com velocidade 2 nós e duração de 3 minutos. Para as variáveis ambientais utilizou-se termo-salinômetro de indução posteriormente substituído por um termômetro de cubeta e um refratômetro. A identificação das larvas e ovos seguiu a mesma metodologia de Weiss (1981).

Os dados relativos aos projetos foram agrupados em tabelas contendo:

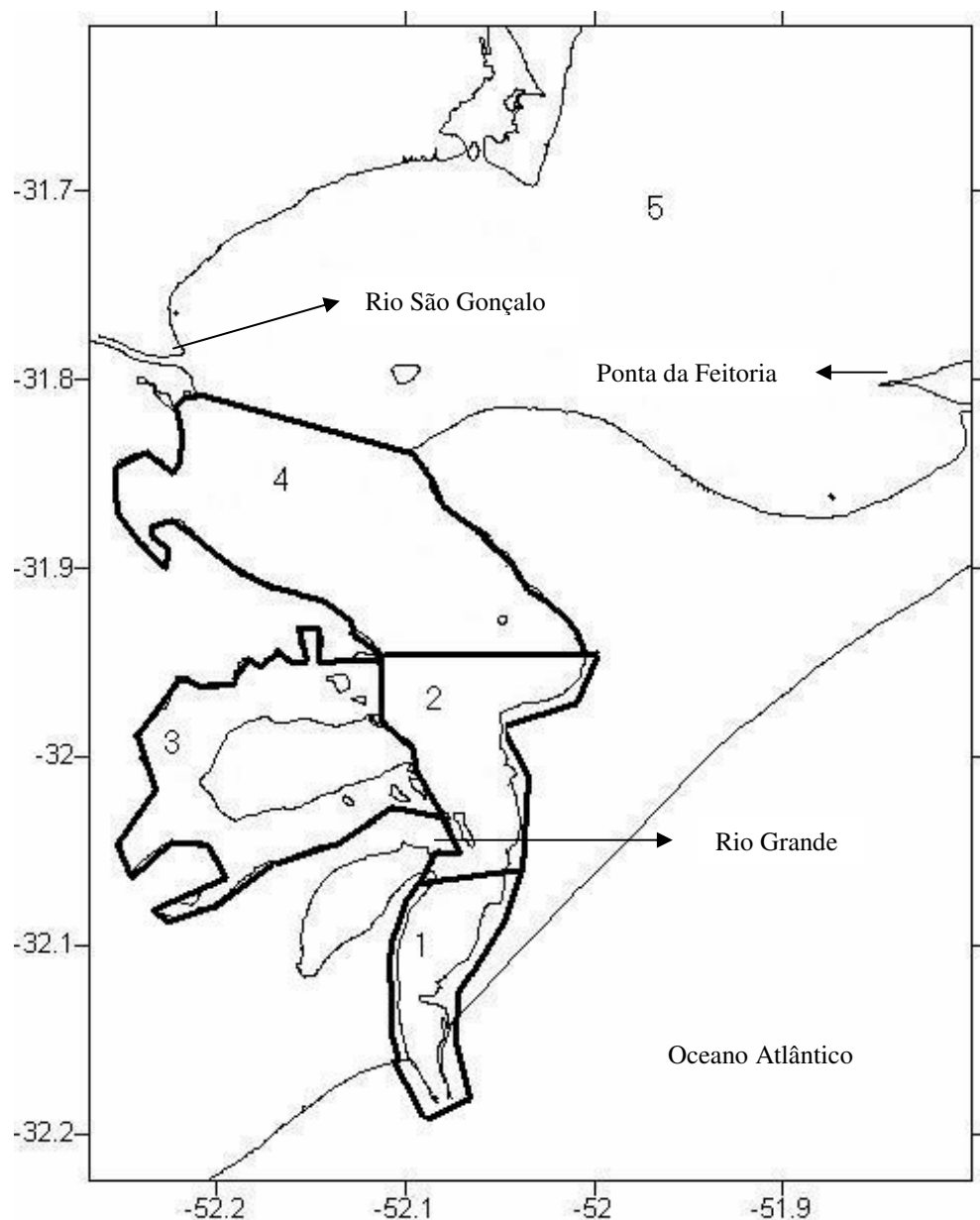
- a localização geográfica, obtidas através da padronização das latitudes e longitudes em graus e décimos de graus,
- salinidades na superfície e no fundo das estações;
- temperaturas na superfície e no fundo das estações
- estação do ano;
- abundância de ovos e larvas, identificadas ao menor nível taxonômico possível e padronizados em número de indivíduos/100 m<sup>3</sup> (N/100 m<sup>3</sup>).

As tabelas foram posteriormente transformadas em arquivos ASCII para alimentar o banco de dados.

## **8.2 – Seleção da área:**

Através da localização geográfica de cada estação, foi elaborado um mapa de distribuição de pontos de coleta de todos os cruzeiros (Figura 5). A partir deste mapa foram selecionadas grandes áreas do estuário baseando-se em características específicas do local, como dinâmica, profundidade e risco de ocorrência de acidentes.

- 1- Zona de Canal - caracteristicamente de maior dinâmica, a região mais próxima da mar recebe grande influência da cunha salina, funcionando ainda como corredor para a entrada de navios para o super porto.
- 2- Zona marginal à cidade de Rio Grande - área de maior influência antropogênica, e conseqüente descarga crônica de hidrocarbonetos provenientes de efluentes, apresentando ainda um considerável tráfego de pequenas e médias embarcações.
- 3- Áreas rasas do estuário – regiões geralmente usadas por diversas espécies como berçário
- 4- Médio estuário – apresenta-se como área de baixa influência da entrada de água salina e maior influência do deságue do Rio São Gonçalo, apresentando espécies caracteristicamente dulcículas.
- 5- Alto estuário – contempla características semelhantes a área anterior mas recebendo a menor influência da penetração salina dentro do estuário.



**Figura 5 – Áreas demarcadas para seleção e avaliação do ictioplâncton no SIDIPLA.**

Outro importante fator relacionado à elaboração do sistema baseando-se em grandes áreas é a de organismos planctônicos distribuírem-se na forma de manchas (patches). Esta característica impede o estabelecimento de estações pontuais fixas para consulta, uma vez



que os organismos estão distribuídos em áreas maiores e dependentes das variações ambientais.

### **8.3 – Variáveis ambientais utilizadas:**

O ELP apresenta-se como um ambiente de extrema dinâmica. Os principais fatores relacionados a esta dinâmica são a ação de ventos, atuando na penetração de água salgada do oceano em direção a terra, e a descarga de água doce proveniente da bacia de drenagem da Lagoa dos Patos. Estes fatores proporcionam mudanças na salinidade na escala de horas a semanas no interior do estuário (Niencheski & Barmgarten, 1998). A predominância de ventos de SE/SW em direção à praia nos períodos de inverno e outono, promovem a penetração de água salgada para o canal, podendo esta atingir até 150 Km estuário adentro. Já em períodos de primavera e verão, existe a predominância de ventos de NE que associados a altas descargas dos rios promovem um decréscimo na salinidade dentro do estuário (Garcia, 1997). Desta forma, temperatura e salinidade da água no ELP, com valores elevados durante o verão, estão relacionadas com os ciclos sazonais de temperatura do ar, padrões de vento e precipitação pluviométrica na região (Vilas Boas, 1990). As constantes mudanças nas características de temperatura e salinidade podem ser observadas no banco de dados que alimenta o SIDIPLA. Foram feitas distribuições de frequência determinando os intervalos de ocorrência destas variáveis baseando na ocorrência das diferentes espécies. O usuário ao selecionar as temperaturas da camada de água superficial e de fundo, encontrará intervalos de 2,5°C, com exceção do primeiro intervalo (0-12,5°C) estabelecido em função da pequena quantidade de dados de abundância de espécies em tais temperaturas. Ao selecionar as salinidades da camada de águas superficial e de fundo, o usuário encontrará intervalos de 10 em 10 partes, estabelecidos por apresentarem bons resultados na abundância e presença de espécies.

O usuário deve ter em mente que a dinâmica local estuarina pode fazer variar, em curtos intervalos de tempo, valores de temperatura e salinidade.

#### **8.4 – Montagem do sistema:**

O sistema SIDIPLA foi montado em ambiente aberto com plataforma rodando o Sistema Operacional **Linux**, disponibilizado via internet, permitindo o acesso remoto das informações. O SIDIPLA utiliza como interface formulários na linguagem Hypertext Markup Language (**HTML**), linguagem usada na elaboração de Home-Pages. Como linguagem de processamento de dados usa o Hypertext Preprocessor (**PHP**), uma linguagem script amplamente usada em desenvolvimento Web que pode gerar saída **HTML**.

Dados sobre abundância específica, posicionamento geográfico, estação do ano, temperatura e salinidade foram armazenadas em arquivos **ASCII**. O conteúdo destes arquivos foi convertido no formato do sistema gerenciador de banco de dados chamado **PostgreSQL**. Através de uma página **HTML** os dados de um formulário são lidos pelo servidor Apache usando o protocolo **HTTP** (HyperText Transfer Protocol). O **PHP** que roda dentro do Apache é acionado recebendo e tratando estes dados. Recebendo estas informações, o **PHP** submete consultas ao banco de dados no **PostgreSQL** usando funções específicas de acesso. Posteriormente o **PHP** pega os resultados gerados pelo **PostgreSQL** e os submete a função gráfica **JP Graph**. Por fim uma página **HTML** é gerada contendo os gráficos de abundância das espécies.

## **9-Resultados e Discussão:**

Estuários têm fundamental importância na formação de estoques pesqueiros. Estes ambientes atuam fornecendo proteção contra predadores, abrigo e alimento para diversas espécies de peixes durante estágios de larvais e juvenis. Um grande número de espécies depende de forma direta ou indireta dos recursos fornecidos por este ambiente (Weiss, 1981). O comprometimento na qualidade das águas, através do lançamento de contaminantes de origem antropogênica, afeta tanto espécies estuarinas como outras que dependem, mesmo que em parte do seu ciclo de vida, deste ambiente.

O uso de ferramentas que possam auxiliar na previsão de impactos causados por poluentes é de grande importância para o gerenciamento de atividades de risco dentro de áreas como o Estuário da Lagoa dos Patos onde, nos últimos anos, tem se observado o aumento nas atividades relacionadas ao transporte e armazenamento de derivados de petróleo. Estas ferramentas, quando usadas na determinação ou previsão de impactos causados em organismos planctônicos por derrames de óleo, devem sempre considerar a mortalidade natural e as variações de recrutamento. Desta maneira, estimativas baseadas em curtos períodos de tempo podem mascarar o real efeito do óleo na avaliação da mortalidade natural neste grupo (Kennish, 1997).

### **9.1 - Funcionamento do sistema:**

O acesso ao SIDIPLA pode ser feito por qualquer computador conectado à Internet. O usuário quando entra no portal que abriga o sistema (<http://www.lei.furg.br/sidipla>), tem acesso a diversas informações relacionadas ao local de estudo, ictioplâncton, o banco de

dados e funcionamento do sistema. Durante a utilização do sistema, o usuário passa pelas seguintes etapas:

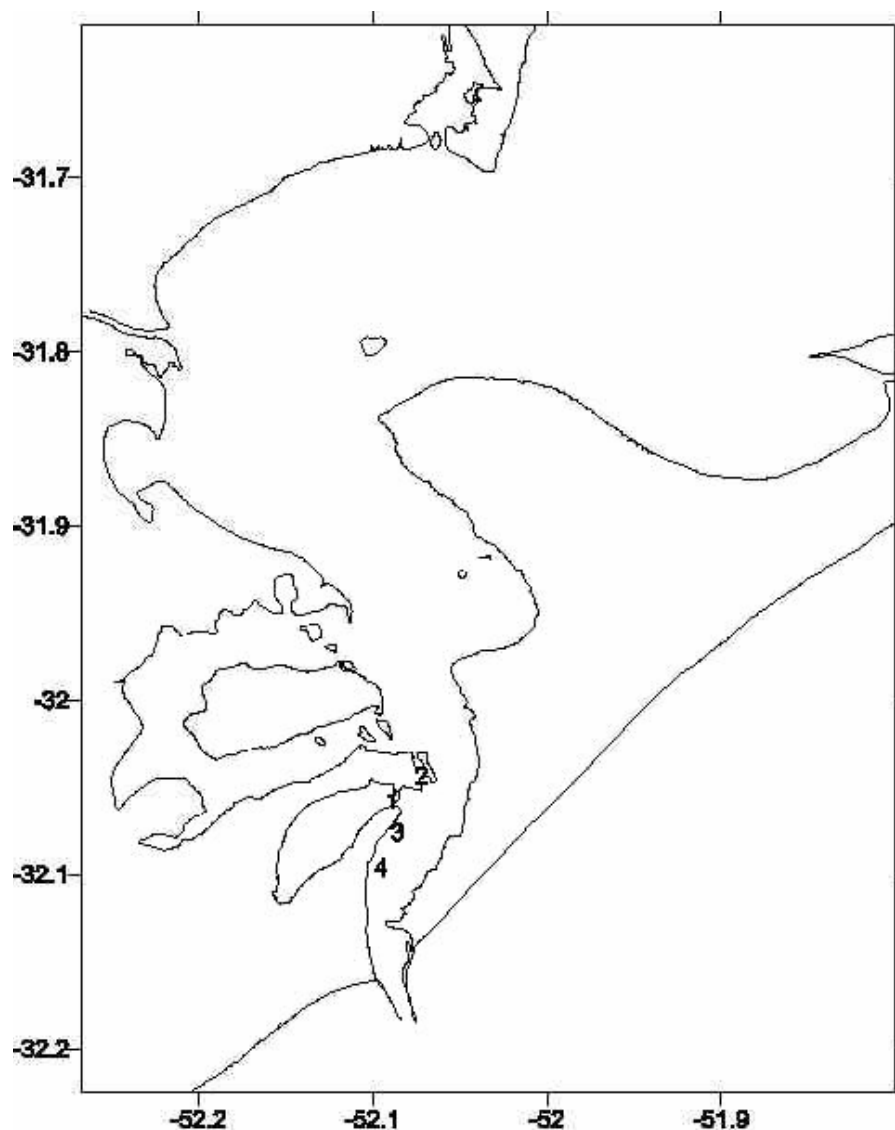
- A seleção de área de interesse: Através de um mapa contendo os limites estuarinos, o usuário seleciona a área de interesse. São apresentadas cinco regiões para consultas, sendo que cada uma delas apresenta diferentes características físico/ambientais que as distinguem das demais áreas como apresentado no item (8.2).
- A seleção das variáveis ambientais: Em uma segunda etapa, o usuário selecionará as variáveis ambientais mais relevantes para a distribuição ictioplânctônica, salinidade, temperatura e estação do ano. A escolha de valores para camadas de superfície e fundo permite simular a estratificação vertical da coluna d'água.
- Geração dos gráficos : Depois de selecionadas as variáveis ambientais, o sistema gera gráficos específicos de abundância utilizando os dados filtrados das etapas anteriores. Estes gráficos apresentam a média das abundâncias, por espécies (organismos/100m<sup>3</sup>), presentes na área escolhida pelo usuário. Através destes dados de abundância das espécies podemos ter uma estimativa de quais estariam presentes naquele local e naquelas condições ambientais fornecendo a base para determinar o impacto que um derrame poderia causar na comunidade ictioplânctônica do Estuário da Lagoa dos Patos.

## **9.2 – Simulações do SIDIPLA:**

Considerando os pontos de maior probabilidade de ocorrência de acidentes com derivados de petróleo no Estuário da Lagoa dos Patos, foram feitas simulações, analisando as condições ambientais que resultariam em maior impacto em organismos do ictioplâncton em uma determinada área.

Como primeiro passo foram determinadas as áreas consideradas de maior risco de derrames de petróleo e derivados:

1. Refinaria Ipiranga – Região apontada por Montú (1998) e Zamboni (2000) como uma das áreas mais contaminadas (por hidrocarbonetos) dentro do estuário.
2. Região do Porto Velho – Caracterizada também por Zamboni (2000) como sendo uma das áreas mais contaminadas do estuário.
3. Terminal da Petrobrás – Representa um risco eminente a grandes derrames pelo volume de derivados transportados por este terminal.
4. Super Porto – O movimento de grandes embarcações torna esta área uma das mais propícias para ocorrência de derrames acidentais.



**Figura 6 - Localização dos pontos com maior risco de ocorrência de derrames (1- Refinaria Ipiranga, 2-Porto Velho, 3-Terminal Petrobrás, 4-Super Porto).**

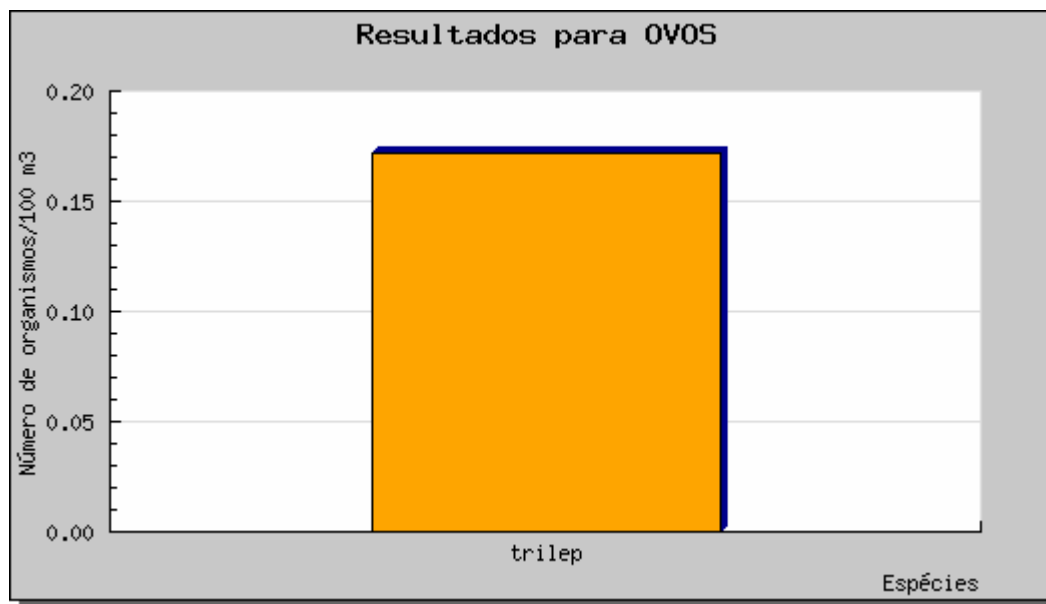
A partir daí foram simuladas condições ambientais comumente encontradas dentro do estuário:

**Simulação I:**

- Área selecionada – 1 (região do canal de acesso ao Porto de Rio Grande).
- Estação do ano – Verão.
- Salinidade da camada superior – 30-40.

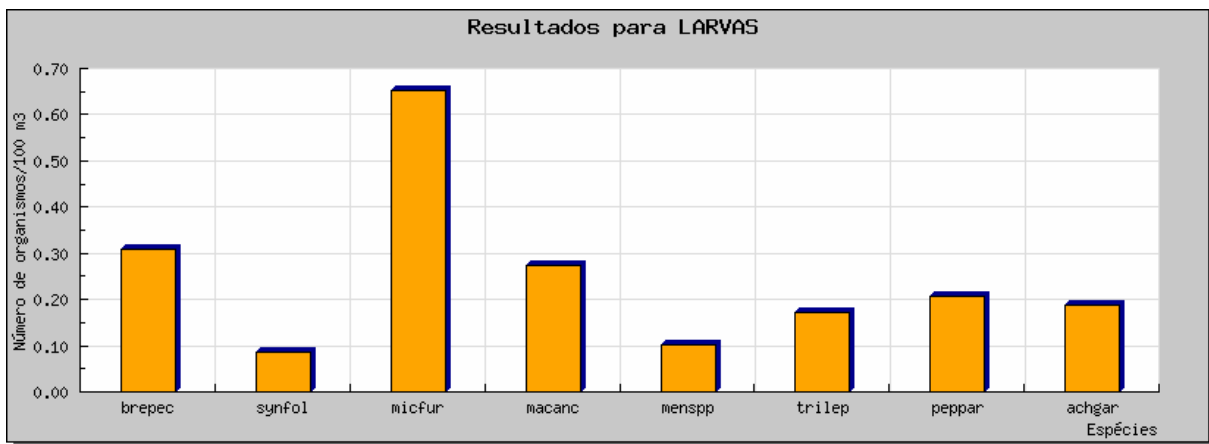
- Salinidade da camada inferior – 30-40.
- Temperatura da camada superior – 25-27,5°C.
- Temperatura da camada inferior – 22,5-25°C.

Estas características representam um ambiente com coluna d'água verticalmente homogênea e salgada, típico de uma intrusão de água costeira dentro do estuário.



**Figura 7 – Abundância de ovos na Simulação I.**

A salinidade é o principal fator associado à abundância de ovos na região do canal de acesso ao Porto de Rio Grande, contribuindo a temperatura e estação do ano de forma secundária. De acordo com Busoli & Muelbert (1999), a presença de ovos espécies *Trichiurus lepturus* (**trilep**) é característica dos meses de verão. Esta espécie apresentou-se única e com baixa abundância nas condições analisadas.



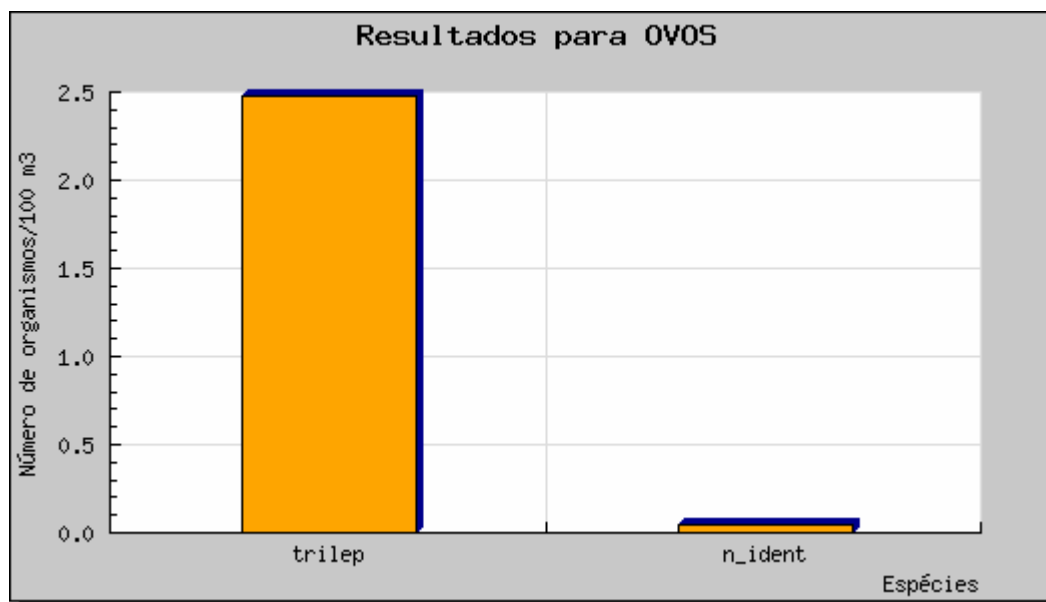
**Figura 8 – Abundância de larvas na Simulação I.**

O gráfico de larvas apresenta a espécie *Micropogonias furnieri* (**micfur**) como mais abundante. Esta espécie, juntamente com outras como *Brevoorti pectinata* (**brepec**) estão entre as mais abundantes tanto na zona praial (Busoli & Muelbert, 1999) como no estuário (Ibagy, 1997), podendo ser encontradas como ovos ou larvas nestas áreas.

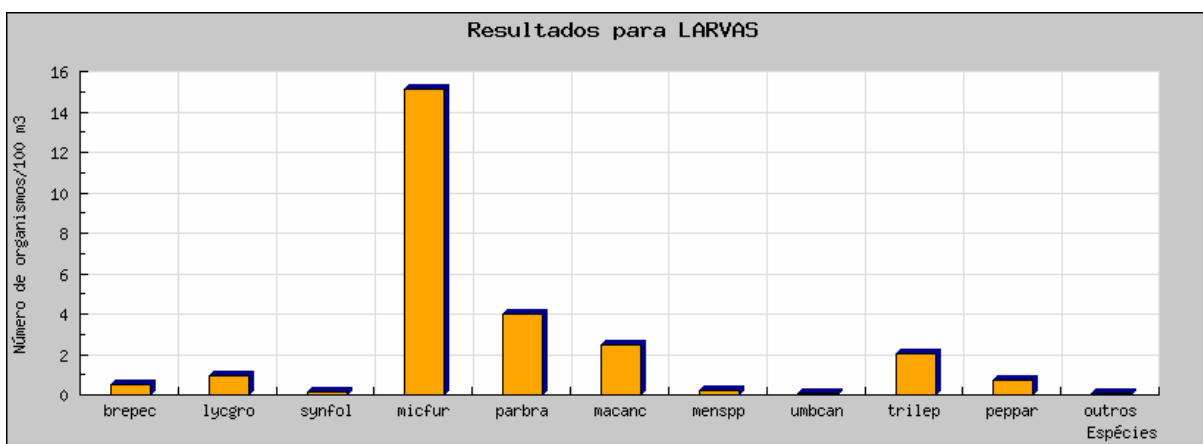
#### **Simulação II:**

- Área selecionada – 1 (região do canal de acesso ao Porto de Rio Grande).
- Estação do ano – Verão.
- Salinidade da camada superior – 0-10.
- Salinidade da camada inferior – 30-40.
- Temperatura da camada superior – 27,5- 30°C.
- Temperatura da camada inferior – 22,5-25°C.





**Figura 9 – Abundância de ovos na Simulação II.**



**Figura 10 - Abundância de larvas na Simulação II.**

Esta situação caracteriza-se pela entrada de água salina provocando uma estratificação vertical na coluna d'água. Observa-se uma abundância maior de ovos. Novamente os ovos da espécie *Trichiurus lepturus* (**trilep**) apresetaram-se como dominantes. Os resultados apresentados para larvas demonstram uma maior diversidade de espécies que aquela

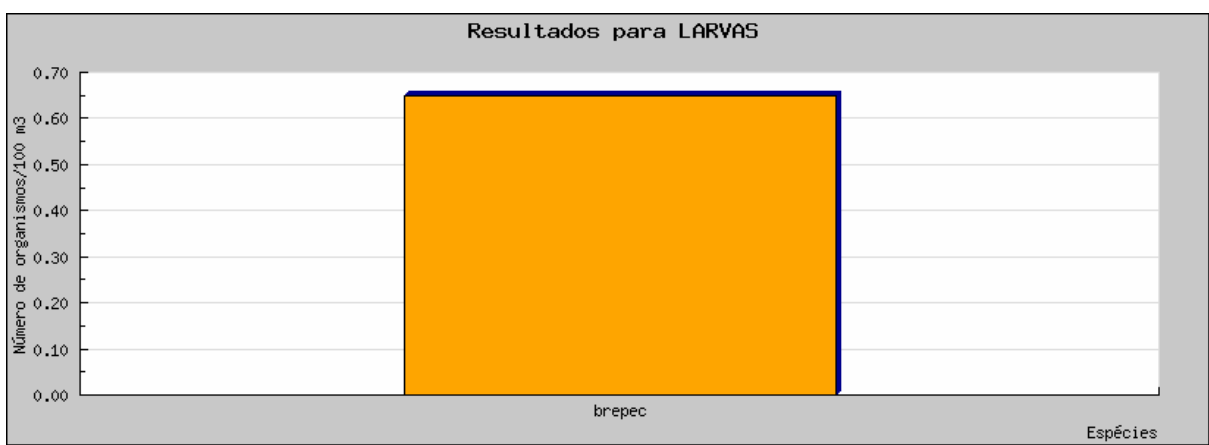
apresentada anteriormente, sendo a mais abundante *Micropogonias furnieri* (**micfur**) seguida por *Paralichthys brasiliensis* (**parbra**), espécie encontrada dentro do estuário apenas no estágio larval, indicando o uso deste ambiente oportunisticamente como área de criação (Muelbert, 1998).

### **Simulação III:**

- Área selecionada – 1 (região do canal de acesso ao Porto de Rio Grande).
- Estação do ano – Inverno.
- Salinidade da camada superior – 0-10.
- Salinidade da camada inferior – 0-10.
- Temperatura da camada superior – 17,5- 20°C.
- Temperatura da camada inferior – 17,5-20°C.

Esta situação caracteriza uma homogeneidade muito comum quando há predominância de saída de água doce pela desembocadura da Lagoa dos Patos.

Os resultados demonstram ausência de ovos nestas condições, o que já era esperado pela salinidade ambiental baixa.



**Figura 11 – Abundância de larvas na Simulação III.**

A abundância de larvas apresenta-se reduzida, sendo representada apenas pela espécie *Brevoortia pectinata* (**brepec**) que apesar de ser uma espécie marinha é encontrada na forma de ovos e larvas durante todo o ano no estuário (Muelbert, 1998).

#### Simulação IV:

- Área selecionada – 1 (região do canal de acesso ao Porto de Rio Grande).
- Estação do ano – Inverno.
- Salinidade da camada superior – 0-10.
- Salinidade da camada inferior – 30-40.
- Temperatura da camada superior – 12,5- 15°C.
- Temperatura da camada inferior – Indiferente.

Apresenta uma heterogeneidade na coluna característica de uma cunha salina. Da mesma forma que o caso anterior não indicou a presença de ovos.

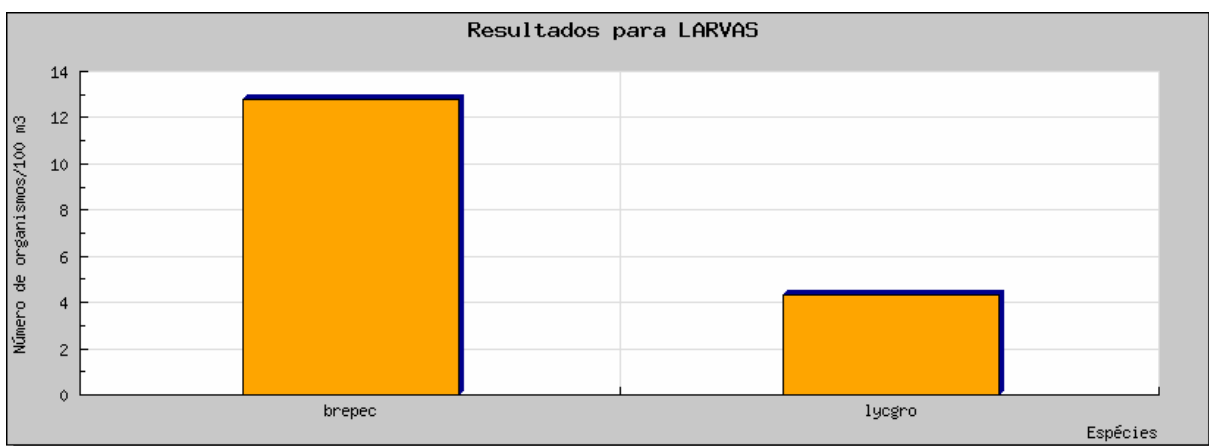


Figura 12 – Abundância de larvas na Simulação IV.

Verificado um aumento na abundância da espécie *Brevoortia pectinata* (**brepec**) com relação à condição anterior. Apresenta também a espécie *Lycengraulis grossidens* (**lycgro**).

Dentro dos quadros apresentados podemos verificar que durante a ocorrência de um derrame, na área 1 (Figura 5) apresentaria maior dano durante o período de Verão e com altas salinidades na camada mais profundas da coluna d'água (**Simulação II**).

De acordo com Weiss (1981) o máximo número de ovos está relacionado a salinidades entre 20-30. Embora larvas e ovos ocorram dentro dos limites do estuário durante todo ano, Ibagy (1997), Weiss (1981) e Muelbert (1986) observaram picos de abundância no final da primavera e início do verão, quando a temperatura atinge seu máximo. A atividade reprodutiva das espécies marinhas aumenta em direção à costa nestes períodos, coincidindo com a penetração máxima da água salgada no estuário (Abreu & Castelo, 1997). Estes processos garantem a penetração de ovos e larvas para dentro do estuário onde encontram alimento e proteção. Desta forma variações em fatores abióticos, principalmente na salinidade podem determinar alterações significativas na abundância de espécies estuarinas (Ibagy, 1997).

Outro importante fator é a distribuição vertical de larvas e ovos, pois a flutuabilidade específica de ovos deve ser considerada. Ibagy (1997) e Weiss (1981) descrevem o comportamento como sendo relacionado à estratificação da coluna d'água. Quando a água apresenta-se estratificada ocorreria um aumento na abundância de ovos. Este fato não sendo verificado quando a coluna d'água apresentou-se homogênea. Com relação à distribuição vertical de larvas, este comportamento não foi evidenciado (Weiss, 1981; Muelbert 1986; Ibagy, 1993).

Desta forma, quando encontramos um estuário estratificado, associado a altas temperaturas comumente encontradas no verão e primavera, existirá a maior probabilidade de encontrarmos a maior abundância de larvas e ovos de peixes. Portanto, um maior número de organismos seriam afetados pela ocorrência de um derrame. Apesar da variação de abundância, reduzida em direção ao interior do estuário, e o menor número de dados coletados nas áreas interiores, este padrão parece ser representativo para toda a extensão estuarina. Outros fatores como tipo de óleo, volume, ação de vento etc. (item 2.4) seriam fundamentais para a avaliação adequada dos impactos causados por este tipo de contaminante.

## **10 – CONCLUSÃO:**

O SIDIPLA apresentou-se em diversas ocasiões, simuladas no laboratório e comparadas à descrições de trabalhos já publicados, como sendo uma ferramenta adequada para a determinação da abundância e a diversidade de espécies presentes no Estuário da Lagoa dos Patos.

Dentro das condições testadas pelo sistema podemos determinar que durante as estações mais quentes do ano (primavera e verão) foram encontradas as maiores concentrações de larvas e ovos, principalmente nas zonas de maior influência da penetração de água salina (desembocadura do estuário). Durante estações mais frias (outono/inverno) também pode ocorrer entrada de água salina que transporta grandes quantidades de larvas e ovos para o interior do estuário, desta forma apresentando uma considerável riqueza e abundância de espécies.

Áreas mais distantes da desembocadura podem receber organismos ictioplanctônicos provenientes do oceano pela penetração da água salgada. Apesar da abundância destes locais

apresentar-se menor, estas zonas mostraram-se menos dinâmicas e diante de um derrame teriam, menor capacidade de dispersarem o óleo, este podendo permanecer por longos períodos.

Assim sendo, um derrame atingiria de forma mais danosa à comunidade ictioplancônica se ocorresse durante os períodos mais quentes do ano (verão e primavera), principalmente se associado à penetração de água salina vinda do oceano.

## **11 – SUGESTÕES FUTURAS**

As variações na abundância apresentadas por organismos planctônicos indicam a necessidade de uma análise detalhada e periódica dos elementos deste grupo. Desta maneira, sugere-se a aplicação de métodos estatísticos ou de modelagens numéricas nos dados antes da determinação da abundância dos organismos, o que tornariam mais concisos os resultados gerados.

Ovos e larvas de peixes são apenas um componente do ambiente planctônico. O SIDIPLA deve ser estendido a outros grupos do plâncton, caracterizando de forma mais adequada este ambiente.

A inserção de novos grupos ampliaria o sistema fornecendo uma base mais consistente para avaliação de derrames na região estuarina do Estuário da Lagoa dos Patos.

## 12 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- ABREU, P.C., & CASTELLO, J.P. (1997). Interações entre os ambientes costeiro e estuarino. *In* U. SEELIGER, C.ODEBRECHT & J.P. CASTELO (Eds.) Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil, Rio Grande. Ecoscientia, 199-204.
- BAISCH, P. 2000. Caracterização da Qualidade Dos Sedimentos Da Área De Dragagem Do Porto Da Cidade Do Rio Grande – Porto Novo, Canal de Acesso, Superporto e Molhes – Parte II - Estudo dos Hidrocarbonetos aromáticos Policíclicos - LOG/DEGEO/FURG.
- BAISCH, P.; A.J. ZAMBONI.; L.H. CORDEIRO & A.C. ROCHA. 2000. Níveis de hidrocarbonetos aromáticos policíclicos nos sedimentos do estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS. Anais da XIII Semana Nacional de Oceanografia, Itajaí-SC. 302-304p.
- BAPTISTA, J. R. 1984. Flutuações diárias e horárias em elementos dissolvidos, material em suspensão e características físicas da água na parte sul do estuário da Lagoa dos Patos e praia do Cassino. Tese de Mestrado, FURG-RS.
- BAUMGARTEN, M.G.Z.; L.F.H. NIENCHESKI, & R. TRÁPAGA, 1998. Avaliação da qualidade hidroquímica da área portuária da cidade do Rio Grande (RS). Resumos Expandidos. XI Semana Nacional de Oceanografia. Rio Grande- RS. 525-527.
- BUSOLI, R.O.& J.H. MUELBERT, 1999. Composição taxonômica e distribuição do ictioplâncton na zona de arrebentação da Praia do Cassino (32°10'S, 52° 20'W). Revista Atlântica, Rio Grande, RS 21:19-35.

- CARLS, M.G., S.W. JOHNSON, R.E. THOMAS, & S.D. RICE. 1997. Health and reproductive implication of exposure of Pacific herring (*Clupea pallasii*) adults and eggs to weathered crude oil, and reproductive condition of herring stock in Prince William Sound six years after the *Exxon Valdez* oil spill, *Exxon Valdez* Oil Spill. Restoration Project Final Report (Restoration Project 95074), National Oceanic and Atmospheric Administration, National Marine Fisheries Service, Auke Bay Laboratory, Juneau, Alaska. (NTIS N° PB98-108566).
- CASTELLO, J. P. 1985. The ecology of consumers from dos Patos Lagoon Estuary, Brasil. In: A. Yanez-Arancibia (Ed.) Fish Community Ecology in Estuaries and Coastal Lagoons. Towards an Ecosystem Integration. Cap. 17: 383-406.
- CETESB. 2002. Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. Apostila do Curso “Derrames de óleo e os Ecossistemas Costeiros”. São Paulo, 269p.
- CHAO, L.N.; L.E.PEREIRA.; J.P VIEIRA.; M.A BEMVENUTI & L.P.R. CUNHA. (1992) Relação preliminar dos peixes estuarinos e marinhos da Lagoa dos Patos e região costeiras adjacentes, Rio Grande do Sul, Brasil. *Atlântica* (Rio Grande) 5(1):67-75.
- CONCAWE. 1983 (Characteristics of petroleum and its behavior at sea). Concawe report n° 8/83. Den Haag. November. 47p.
- CUNHA, S. B. & A. J. T. GUERRA. 1999. Avaliação e Perícia ambiental. Bertrand Brasil. 261p.
- DAY, J.W.; C.A.S. HALL; W.M. KEMP; YÁÑES-ARANCIBIA & L.A. DEEGAN. (1989)- Nekton, the free-swimming consumers. In: *Estuarine Ecology*. Wiley-Interscience Pbl., 377-437.



- DEMORE, J.P. 2001. Aspectos sedimentares do Estuário da Lagoa dos Patos e sua interação com a poluição por petróleo: subsídios para um plano de contingência. Monografia de graduação do curso de oceanologia. 64p.
- FERREIRA, H. O. 1995. Aporte de hidrocarbonetos de petróleo para a Baía de Guanabara - RJ. Tese de Mestrado - Universidade Federal Fluminense.
- FORTIER, L. & W.C. LEGGETT 1983. Vertical migrations in transport of larval fish in partially mixed estuary. Canadian Journal of Fisheries Aquática Science 40:1543 1555.
- GALLEGO, A.L.H.; M.R.H. CARGILL, S.J. HEATH, T.HAY & KNUTSEN, (1995) An Assessment of the Immediate Effect of the Braer Oil-Spill on the Growth of Herring Larvae using Otolith Microstructure Analysis. Marine Pollution Bulletin, Vol.30, N°8, 536-542.
- GARCIA, C.A.E. 1997. Aspectos físicos *In*: U.SEELIGER, C.ODEBRECHT & J.P. CASTELLO (Eds.) Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil. Rio Grande-RS. Ed. Ecoscientia, 18-20.
- GESAMP (IMO/FAO/UNESCO/WMO/IAEA/UNEP JOINT GROUP OF EXPERTS ON THE SCIENTIFIC ASPECTS OF MARINE POLLUTION). 1993. Impact of oil and related chemicals and wastes on the marine environment. Rep. Stud. GESAMP 50: 180p.
- GRIEP, G.H., L.J. CALLIARI & L.C. KRUG. 2001. Programa de recursos humanos da ANP para o setor petróleo e gás PRH-ANP/MME/MCT na FURG. Anais da XIV Semana Nacional de Oceanografia, Rio Grande – RS. Ed. Centro Acadêmico Livre de Oceanologia, 2001. 1 CD-ROM.
- GUNDLCH, E.R.& M.O. HAYES. 1978. Vulnerability of coasts environments to oil spill impacts. Marine Technology Society Journal, 2(4): 18-27.

- IBAGY, A. S. 1997 Composição, Distribuição e Variação Nictimeral do Ictioplâncton do Estuário da Lagoa dos Patos, RS, Brasil, Fundação Universidade Federal de Rio Grande-RS, Dissertação de Mestrado, 127p.
- KANTIN, R. 1983. Hydrologie et qualité des eaux de la region sud de la lagune dos Patos (Bresil) et de la plataforme continentale adjacente. These de Doctorat - Université de Bordeaux. 185p.
- KANTIN, R., N.R. COSTA; J.R. BAPTISTA; A.L. PHILOMENA; S.M. GIESTA & L.F. NIENCHESKI. 1981. Contaminação das águas ao redor da cidade do Rio Grande: óleos e fenóis. *Ciência e Cultura*, 33(2): 239-246.
- KENNISH, M. J. 1997. Estuarine and Marine Polution, Ed.CRC Pess, Inc. 522p.
- LOCKHART W.L.; D.A. DUNCAN; B.N. BILLECK; R. N. DANELL & M.J. RYAN. 1996. Cronic Toxicity of the 'Water-soluble Fraction' of Norman Wells Crude Oil to Spill Science and Technology Bulletin Vol 3 n°4: 259-262.
- MACKAY, D.; W.E. STIVER & P. A. TEBEAU. 1983. Testing of crude oils and petroleum products for environmental purposes. Proceediding of 1983 Oli Spill Conference. 331-337.
- MARTINS, B. 2002. Levantamento de dados hidroquímicos pretéritos no Estuário da Lagoa dos Patos e áreas adjacentes: Região de atuação da indústria do petróleo. Fundação Universidade Federal de Rio Grande. Monografia de graduação do curso de oceanologia. 148p.
- MCGURK,M.D.; D.WARBURTON & V. KOMOI. 1989. Early lifehistory of Pacific herring; Prince Willian Sound Herring Larvae Survay. Final report NOAA-NOS. 234p.

- MÖLLER J.R.O.; P.S. PAIM. & I. SOARES. 1991. Facteurs et mecanismes de la circulation des eaux dans l'estuaire de Lagune dos Patos (RS, Bresil). Bulletin de l'Institute de Geologie du Bassin d'Aquitaine (Université de Bordeaux) 49:15-21.
- MONTÚ, M. 1998. Zooplâncton. *In*.TAGLIANI, P.R.A.; ASMUS, M.L. (Coord.) Estudo de Impacto Ambiental do Porto de Rio Grande FURG. Documento Técnico. 850p.
- MUELBERT, J.H. & C. SINQUE 1997. Ictioplâncton *In* U.SEELIGER, C.ODEBRECHT e J.P. CASTELO (Eds.) Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil.. Rio Grande. Ed. Ecoscientia: 56-61.
- MUELBERT, J.H. 1986 Estrutura e dinâmica do ictioplâncton da área de canal, no estuário da lagoa dos Patos, RS, no período outono/81 à verão/83, Tese de mestrado Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande-RS. 88p.
- MUELBERT, J.H.; WEISS, G. 1991. Larval fish and research in Americas: Procceding of the thirteen fish conference; 21-26 May 1989, Merida, Mexico Nooa Technical Report NMFS 95.
- NIENCHESKI, L.F.H. & M.G. BAUMGARTEN (1997). Química ambiental. *In*: U.SEELIGER, C.ODEBRECHT & J.P. CASTELO (Eds.) Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil.. Rio Grande :Ecoscientia,1998, 21-25.
- PERILLO, G.E. 1995. Definitions and Geomorphology Classifications of Estuarine. *In*:Gerardo Perillo (ed.). Geomorphology and Sedimentology of Estuaries. El Sevier Science B.V., USA: 17-46.
- REIS, E.G. (1992) An assessment of the explotation of the whitecroker *Micropogonias furnieri* (Pisces, Sciaenidae) by the artisanal and industrial fisheries in costal waters of southern Brazil. Tese de doutorado, Univ. East Anglia, Inglaterra.

- ROCHA, A.C. 2002. Caracterização dos hidrocarbonetos e estudo de um derrame de petróleo controlado no Estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS Monografia de graduação do curso de oceanologia. 63p.
- SEELIGER, U., ODEBRECHT C. & CASTELLO, J.P. (1998) Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil, Ed. Ecoscientia, 326p.
- TAGLIANI, P.R.A.& ASMUS, M.L. (Coord.) 1998 Estudo de Impacto Ambiental do Porto de Rio Grande FURG. Documento Técnico. 850p.
- THUER, M. E. & W. STUMM. 1977. Sedimentation of disperd oil in surface waters. Prog. Wat. Tech. v. 9: 183-194.
- VIEIRA, J.P. & J.P.CASTELLO (1997). Ictiofauna *In* U.SEELIGER, C.ODEBRECHT & J.P. CASTELLO (Eds.) Os ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil.. Rio Grande: Ecoscientia, 1998, 60-68.
- VILAS BOAS, D.F. 1990. Distribuição e comportamento dos sais nutrientes, elementos maiores e metais pesados na Lagoa dos Patos-RS. Tese de Mestrado. FURG. 122p.
- WEISS, G. 1981. Ictioplâncton Del estuário de Lagoa dos Patos, Brasil. Tese de Doutorado, Faculatad de Ciencias Naturales y Museo, Universidad Nacional de La Plata, 164pp.
- WHEELER, R. B. 1978. The fate of petroleum in the marine environment. Spec. Ret. Exxon Production Research Co. 32 p.
- ZAMBONI, A. J. 2000. Cracterização Ecotoxicológica do Estuário da Lagoa dos Patos no entorno de Rio Grande-RS Fundamentos e Técnicas, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos-SP. Tese de Doutorado, 185p.

