



Fundação Universidade Federal do Rio Grande

Departamento de Oceanografia

Laboratório de Ecologia de Invertebrados Bentônicos



**Programa de Recursos Humanos nº27 ANP/MME/MCT Estudos
Ambientais nas Áreas de Atuação da Indústria do Petróleo**



**Análise Experimental dos Efeitos do Petróleo sobre os
Macroinvertebrados Bentônicos de uma Marisma do
Estuário da Lagoa dos Patos - RS**

Hebert Arruda Broedel

Orientador: Prof. Dr. Carlos Emílio Bemvenuti

Rio Grande, RS

Abril de 2004

*Aos eternos e amados
tio Elso e Dudu.*

Agradecimentos

Fazer Oceanologia foi uma experiência única, de decisões, amadurecimento, de dificuldades e felicidades. E só foi possível porque minha família e amigos me apoiaram. São muitas as pessoas a agradecer, portanto, aos que não forem citados não quer dizer que não são lembrados.

Primeiro gostaria de agradecer minha família: Pai, Mãe, Maninha, Vô, Vó, tia Sô, tio Mi, tio Elso, tia Márcia, tio Mário, Dudu. E segundo as minhas segundas famílias e amigos: Miguel, Jô, Janise, Victor (Guruça ou Lemão), André, Tunico, Marlene, Luciano, Flaviano e a moçada de Vitória e do vôlei.

Ao Benvenuti pela orientação e confiança, e ao pessoal do laboratório pela força (Fred, Feijão, Washington, Michel, Lú e o Niltão).

Ao Bira, Rogério, Rafael e o Horácio que durante o curso, no meio de curvas, retas e bebedeiras se tornaram amigos do peito cujas brincadeiras e broncas deram força pra continuar nesse lugar inóspito onde o xixi solta fumaça, quando não congela, e a chuva cai na horizontal.

Ao André e o Flaviano, pela amizade de sempre, os verões, os mergulhos, as conversas e os telefonemas que eu recebia sem esperar. Ah, pode deixar que eu vou ligar.

Pai, Mãe, pelo amor e confiança presentes em todos os momentos da minha vida e nesse em especial. Maninha, valeu pela força e parabéns por você ter se tornado essa pessoa maravilhosa e me desculpe por não estar presente numa importante fase da sua vida. Eu amo muito vocês.

À Carol, pessoa especial, amiga, companheira, namorada e amante, que tem me apoiado e me ensinado muito durante esses 3 anos juntos. Eu te amo Minha Linda.

Ao Pilenguinho e a Lindinha (Lorão), pelos galhos quebrados, pelas jantas e churrascos, pelas conversas e por serem meus segundos pais aqui em Rio Grande.

Ao tio Elso, tio do coração, das conversas, dos encontros, pessoa maravilhosa que será sempre um exemplo de vida. E ao Dudu, amigão e companheiro dos mergulhos, dos rocks em Nova Viçosa, das preocupações do vestibular, do vôlei nas ruas de terra do Canivete. Pessoas que Deus quis que se juntassem a Ele um tanto quanto cedo, mas que hoje são anjos olhando por nós.....

..... Obrigado e me desculpem.

E à Deus, pela presença constante, mesmo quando me faltava fé, e por tornar tudo isso possível.

ÍNDICE

RESUMO	5
1 - INTRODUÇÃO	6
1.1 - O PETRÓLEO	6
1.2 - AS MARISMAS	7
1.3 - O EXPERIMENTO	9
1.4 - OBJETIVOS.....	11
1.5 - ÁREA DE ESTUDO	12
2 – MATERIAIS E MÉTODOS.....	15
2.1 - EXPERIMENTO DE CAMPO	15
2.1.1 - <i>Tipo de Óleo</i>	15
2.1.2 – <i>Desenho Amostral</i>	16
2.1.3 - <i>Obtenção da Amostras Biológicas</i>	17
2.1.4 - <i>Obtenção de amostras sedimentares</i>	18
2.1.5 - <i>Obtenção de testemunhos para análise UV</i>	18
2.1.6 - <i>Obtenção dos Dados Ambientais</i>	18
2.1.7 – <i>Análise dos Dados</i>	18
2.2 - EXPERIMENTO DE LABORATÓRIO	19
2.2.1 – <i>Desenho Amostral</i>	19
2.2.2 - <i>Obtenção da Amostras Biológicas</i>	21
2.2.3 - <i>Obtenção de testemunhos para análise UV e Dados Abióticos</i>	21
2.2.4 - <i>Análise dos Dados</i>	21
3 – RESULTADOS	22
3.1 - EXPERIMENTO DE CAMPO	22
3.1.1 – Parâmetros Abióticos	22
3.1.1.1 – <i>Temperatura e Salinidade</i>	22
3.1.1.2 – <i>Granulometria</i>	22
3.1.1.3 – <i>Penetração do petróleo</i>	23
3.1.2 – Parâmetros Biológicos	23
3.1.2.1 – <i>Composição</i>	23
3.1.2.2 – <i>Densidade total, Número de Espécies, Diversidade e Equitatividade</i>	24

3.1.2.3 – Análise Estatística	25
3.2 - EXPERIMENTO DE LABORATÓRIO	28
3.2.1 – Parâmetros Abióticos	28
3.2.1.1 – Salinidade e Granulometria	28
3.2.1.2 – Temperatura e Fotoperíodo	28
3.2.1.3 – Penetração do petróleo	29
3.2.2 – Parâmetros Biológicos	29
3.2.2.1 – Análise estatística	29
4 – DISCUSSÃO	31
4.1 - EXPERIMENTO DE CAMPO	31
4.1.1 – Parâmetros Abióticos	31
4.1.2 – Parâmetros Bióticos	33
4.2 - EXPERIMENTO DE LABORATÓRIO	37
4.2.1 – Parâmetros Abióticos	37
4.2.2 – Parâmetros Bióticos	37
5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
5.1 - EXPERIMENTO DE CAMPO	39
5.2 - EXPERIMENTO DE LABORATÓRIO	40
6 – SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	41
7 - BIBLIOGRAFIA	42
8 – ANEXOS	48
ANEXO IA	48
ANEXO IB	49
ANEXO IC	50
ANEXO II	51

RESUMO

A cidade de Rio Grande situa-se na região estuarina da Lagoa dos Patos e possui o maior porto do Estado do Rio Grande do Sul cuja matriz industrial retroportuária possui algumas empresas específicas do setor petroquímico, que operam com refino, armazenagem e transporte de petróleo e seus derivados (Refinaria Ipiranga SA e a Transpetro - Petrobrás). Desta forma, todo o ecossistema estuarino se encontra susceptível aos mesmos impactos ambientais encontrados em outros portos do mundo, que podem ser extremamente lesivos para o meio ambiente. O presente trabalho teve por objetivo realizar um estudo baseado na simulação experimental de um derrame de petróleo em campo, em uma marisma do estuário da Lagoa dos Patos – RS, e em laboratório, avaliando seus efeitos sobre os macroinvertebrados bentônicos. Esses organismos desempenham um importante papel no estuário representando uma ligação entre o meio bentônico e pelágico e sendo importantes para a estruturação e formação de reserva nutricional de predadores de alto valor econômico e ecológico para a região, como peixes e camarões. Foi utilizado o petróleo Hidra (API 49,3) fornecido pela Refinaria Ipiranga SA., o mesmo utilizado pela refinaria em suas operações de refino. Foram definidos 3 tratamentos para o experimento de campo (Controle, Artefato e Impacto) com amostragens em 6h, 1 dia e 11 dias. Para o experimento de laboratório definiram-se 2 tratamentos (Controle e Impacto) com amostragens em 6h, 12h, 1 dia, 3 dias, 7 dias e 11 dias. Em ambos experimentos, cada tratamento teve 6 réplicas. Ficou claro que o petróleo exerceu um efeito negativo sobre os organismos analisados, em ambos experimentos. No experimento de campo o efeito mais nítido foi uma grande diminuição da densidade dos organismos devido à mortalidade em 11 dias de exposição. Enquanto que o experimento de laboratório mostrou que nas primeiras 6h os organismos já sofreram efeitos sub-letais, e a partir de 12h a mortalidade tornou-se crescente com seu máximo em 7 dias quando foi registrada uma mortalidade de cerca de 70% dos organismos.

1 - INTRODUÇÃO

1.1 - O Petróleo

O grande crescimento que o consumo mundial de petróleo e seus derivados apresentam desde as últimas décadas têm sido acompanhado por um aumento da produção marinha de óleo, do transporte marítimo destes produtos e da transferência e estocagem em zonas costeiras. Conseqüentemente, os níveis de contaminação dos ambientes marinhos costeiros também se elevaram, resultado da contaminação crônica junto aos grandes centros urbanos e industriais somada à contaminação acidental, especialmente os derrames de óleo decorrentes de acidentes e manuseio com navios petroleiros, o que coloca em risco a preservação dos recursos vivos marinhos e a utilização sócio-econômica destas áreas (Rocha, 2001).

O termo petróleo refere-se aos derivados de matéria orgânica de origem biológica, principalmente marinha transicional, que foram produzidos através da combinação de processos biológicos e geológicos resultando na produção e acumulação de milhares de diferentes tipos de moléculas orgânicas em sedimentos antigos. O óleo cru e o gás natural juntos são denominados de petróleo (UNEP, 1991).

O petróleo é uma substância viscosa, mais leve que a água, composta predominantemente de hidrocarbonetos, ou seja, compostos de carbono e hidrogênio em várias combinações moleculares (USEPA, 2001), que compreendem mais de 75% do peso do óleo (Kennish, 1992). Os hidrocarbonetos são compostos químicos apolares (hidrófobos), o que limita sua solubilidade na água do mar. Deste modo, eles apresentam uma tendência de associação às fases sólidas, como as partículas em suspensão, os tecidos biológicos e os sedimentos, ou de transferência para a atmosfera na fase gasosa. O petróleo ainda contém outras substâncias orgânicas e inorgânicas inclusive compostos contendo enxofre, nitrogênio e oxigênio, como também pequenas concentrações de metais como níquel, vanádio e ferro (USEPA, 2001).

Os componentes do óleo cru e seus produtos refinados incluem uma série de compostos que são tóxicos para um grande espectro de animais e plantas marinhas. E na maioria das vezes, os seus efeitos em ambientes marinhos tendem a ser mais dramáticos e perceptíveis do que aqueles decorrentes da eutrofização por esgotos ou outras formas de poluição marinha (Clark, 1992).

Benzeno, Tolueno, Xileno e outros compostos aromáticos de baixo peso molecular podem ser muito tóxicos. Ácidos como o carboxílico, fenóis, e compostos sulfurados também são tóxicos. Hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (HAPs) como o benzo(a)pireno podem ser tóxicos a um grande número de organismos aquáticos, uma vez que os de baixo peso molecular (com 2 ou 3 anéis benzênicos) são mais tóxicos que os de alto peso molecular (com 4 a 7 anéis) que tendem a ser carcinogênicos, mutagênicos e teratogênicos (Kennish, 1997).

1.2 - As Marismas

As regiões estuarinas são particularmente vulneráveis à contaminação por petróleo e seus derivados por seu caráter semifechado e por freqüentemente abrigarem instalações portuárias (Kennish, 1996; Gundlach & Hayes, 1978). Estuários de clima temperado são, como ambiente costeiro, ecótonos (ambientes de transição) entre corpos de água salgada e ambientes terrestres e são caracterizados pela presença das marismas. Sua fauna é constituída por animais terrestres e aquáticos que vivem distribuídos na grande diversidade de habitats biológicos resultantes de fatores seletivos (e. g., variações de concentrações iônicas, condições hipóxicas no solo, submersão periódica, correntes de maré) aliados à variada fisiografia existente, tais como planos de lama, planos intermareais, canais de maré. As áreas inferiores das marismas, freqüentemente alagadas, e suas intrincadas redes de canais e pequenos lagos

associados, constituem áreas de abrigo contra predadores, de alimentação, crescimento e reprodução de importantes recursos pesqueiros (Costa, 1998a).

Além da presença física das plantas de marisma oferecer hábitat para inúmeros organismos, a vegetação atua como uma barreira contra os avanços do mar. Durante períodos de aporte sedimentar e crescimento das plantas, a densa cobertura vegetal cria áreas de retenção de sedimento em suspensão e quando do evento de tempestades, folhas, hastes e as compactas redes de raízes superficiais reduzem a ação erosiva do mar sobre a costa (Clark, 1992).

Ambientes de baixa energia, como as marismas da Lagoa dos Patos, são habitats altamente sensíveis à poluição (Kennish, 1996; Gundlach & Hayes, 1978). Os sedimentos finos desses habitats absorvem hidrocarbonetos e outros componentes do óleo, podendo disponibilizar estes compostos por muitos anos (especialmente durante tempestades e outros eventos), o que interrompe o desenvolvimento das comunidades bentônicas (Kennish, 1997). Tais comunidades bentônicas, nos sistemas estuarinos, geralmente sofrem dizimação total ou parcial imediatamente após grandes derrames de petróleo. Apesar de começarem a se recuperar algumas semanas após o evento, elas geralmente não atingem os níveis antes do derrame num período de até três anos (Laws, 1993).

Enquanto a presença física da poluição por óleo nos habitats mais sensíveis cria condições inóspitas para o sucesso do assentamento de muitas populações bentônicas, o decréscimo do pH e de níveis de oxigênio resultantes da decomposição microbiana e outros processos aumentam a mortalidade e diminuem a quantidade de alimento disponível para os sobreviventes, amplificando os efeitos físicos de deterioração ambiental (Kennish, 1997). Para o mesmo autor, a taxa de recuperação de um habitat marinho intertidal ou sub-tidal raso é controlada pelo número de eventos de derrames e pela profundidade de penetração de óleo no substrato, sendo que derrames múltiplos são muito mais destrutivos do que um único evento. Quando o óleo penetra abaixo do nível

das raízes e rizomas de plantas vasculares, pode haver degradação substancial do ambiente (Kennish, 1997).

Efeitos letais e sub-letais da contaminação por óleo são manifestados tanto na resposta aguda quanto crônica da biota. Organismos presos e sufocados pelo derrame, por exemplo, sofrem essencialmente efeitos letais imediatos, e os que sobrevivem ao impacto físico do óleo podem perder suas funções fisiológicas ou comportamentais normais através da interferência nos processos celulares destes indivíduos após o derrame, predispondo-os a um grande risco de morte a longo prazo (Kennish, 1996).

1.3 - O Experimento

Os efeitos de impactos por óleo têm sido muito estudados em invertebrados bentônicos, tanto em campo como em laboratório, uma vez que estes organismos possuem diversas vantagens para o monitoramento de qualidade ambiental como: mobilidade restrita, o que não permite a fuga de condições adversas, sendo então bastante úteis para estudar os efeitos locais de poluição; a maioria das espécies completa todo ou maior parte do seu ciclo de vida dentro dos sedimentos, servindo como monitores contínuos da qualidade do sedimento; facilidade de coletas quantitativas; variados tipos de respostas ao estresse ambiental, dado que estes organismos apresentam variada tolerância fisiológica, modos de alimentação e interações tróficas; sua taxonomia é relativamente simples; os resultados dos estudos das populações locais não impactadas e impactadas são, na maioria das vezes, facilmente interpretáveis de forma biológica, como mortalidade e diminuição da densidade (UNESCO 1980, Canfield *et al.* 1994, Clarke & Warwick 1994, Weisberg *et al.* 1997).

Estudos realizados por diversos autores mostraram que o óleo bruto e seus derivados refinados podem causar diversos efeitos, como mortalidade por asfixia (Thomas, 1973, 1977 em SCPMEU, 1985) e alterações nas taxas de alimentação e taxas

metabólicas (Anderson *et al.*, 1974; Avolizi & Nuwayhild, 1974; Stainken, 1978 em SCPMEU, 1985). Entretanto, Faraco (2000) em um experimento sobre impacto de um derrame de óleo diesel em um manguezal não observou diferenças significativas entre as regiões controle e impactada, e autores como Gesteira & Dauvin (2000) e Gandra (2002), mostraram que algumas espécies, como os poliquetas, podem ser resistentes ao óleo.

Em resumo, a magnitude dos impactos de óleo em organismos estuarinos e marinhos depende de muitos fatores como: a quantidade e composição do óleo; forma em que se encontra (i.e., cru, espalhado, ou emulsificado); forma do óleo (i.e., em solução, suspensão, dispersão ou adsorvido no material particulado); duração da exposição; existência de plâncton, nécton e bentos; existência de formas juvenis e adultas; histórico de exposição da biota aos poluentes; estação do ano; estresse ambiental natural associado às flutuações na temperatura; salinidade e tipo de hábitat afetado (Clark, 1992).

Muitas análises dos impactos de óleo sobre o macrobentos ou sobre outras associações animais ou vegetais foram realizadas após derrames acidentais, consistindo basicamente na descrição dos padrões biológicos observados após as perturbações e sua eventual comparação com áreas não impactadas (Sanders *et al.*, 1980). Entretanto, estes episódios são tipicamente imprevisíveis, fato que dificulta o controle experimental da situação como um todo. Nestas situações, raramente o background biológico pré-perturbação é adequadamente conhecido. A impossibilidade de estabelecer formas de controle confiáveis dificulta o teste de hipóteses e o estabelecimento conclusivo de relações entre a presença do óleo e quaisquer respostas biológicas. Uma alternativa é a simulação experimental em campo ou laboratório, de pequena ou meso-escala. Iniciativas desta natureza têm sido desenvolvidas com sucesso em diversos ambientes marinhos (Dutrieux, 1989; Martin *et al.*, 1990) e mesmo recomendadas por alguns dos textos mais influentes nesta área de pesquisa (SCPMEU, 1985).

Dentro deste contexto, realizou-se um estudo baseado na simulação de um derrame de óleo em campo, de pequena escala espacial, devidamente controlado, em uma marisma da região estuarina da Lagoa dos Patos e em laboratório, avaliando seus efeitos sobre a comunidade macrobentônica (> 0,5mm). Este trabalho está inserido no programa de Formação de Recursos Humanos da Agência Nacional do Petróleo (ANP) para o Setor Petróleo e Gás – PRH-ANP/MME/MCT, intitulado “Estudos Ambientais em Áreas de Atuação da Indústria do Petróleo” (PRH – 27), implementado pela FURG através de um convênio com a ANP a partir de 2000.

1.4 - Objetivos

Geral:

Avaliar o efeito do derrame experimental de petróleo sobre a associação de macroinvertebrados bentônicos de uma marisma da região estuarina da Lagoa dos Patos.

Específicos:

- Os efeitos iniciais do óleo sobre a fauna, como mortalidade;
- Determinação da composição, riqueza e densidade das espécies;
- Reconhecimento das espécies sensíveis ou tolerantes ao impacto;
- A profundidade atingida do petróleo nos extratos de sedimento observado através da exposição à radiação ultravioleta;

1.5 - Área de Estudo

A Lagoa dos Patos constitui a maior laguna do Hemisfério Sul, com cerca de 10000km², conectando-se com o oceano através de um estuário de 700m de largura na porção inferior (abertura dos molhes), em cuja margem oeste está localizada o município de Rio Grande. Sua região estuarina corresponde cerca de 10% da área total da laguna e está compreendida entre a desembocadura e uma linha imaginária ligando Ponta da Feitoria à Ponta dos Lençóis (Asmus, 1998) (Figura_01).

O tamanho e heterogeneidade fisiográfica deste estuário provêm habitats, como marismas e planícies lamosas de águas rasas (<1,5 m), os quais sustentam uma grande diversidade de plantas e animais (Costa, 1998; Bemvenuti, 1998). Além de possuir uma alta produtividade, sustenta uma intensa atividade pesqueira de importância dentro do contexto sócio-econômico do estado e principalmente de Rio Grande, com cerca de 3500 pescadores artesanais (Reis e D'Incao, 2000) e 3000 pescadores industriais que estão permanentemente ou temporariamente envolvidos em atividades pesqueiras nesta região (Haimovici *et al.* 1996). As espécies dominantes de sua flora são *Spartina alterniflora*, *Scirpus olneyi*, *Scirpus maritimus*, *Spartina densiflora* e *Juncus maritimus* em que, áreas que possuem mais de 50% de cobertura dessas espécies estão relacionadas com o alagamento anual dessas áreas (64,0% - 37,4%, 25,5%, 20,1% e 3,1%, respectivamente) (Costa, 1998b). O epibentos móvel das enseadas estuarinas, são dominados por crustáceos decápodes como o caranguejo cavador *Chasmagnathus granulata* e em menor abundância, *Armases rubripes* (Capítoli *et al.* 1978; Bemvenuti 1987). Sua infauna é dominada por poliquetas (*Laenonereis acuta*, *Nephtys fluviatilis*, *Heteromastus similis*), pelo tanaidáceo *Kalliapseudes schubartii*, e pelo pelecípode *Erodona mactroides* (Bemvenuti, 1998), que são os organismos melhor adaptados para viver em habitats sob rigorosas características físicas (Reise, 1985). Os organismos da infauna formam uma ligação entre o meio bentônico e pelágico, sendo importantes para a estruturação e

formação de reserva nutricional de predadores (Van Bernem, 1982; Peso-Aguiar *et al*, 2000; Vitaliano *et al*, 2002; Schtatzberger *et al*, 2003) de alto valor econômico e ecológico para a região como peixes e camarões.

A existência de atividades portuárias e industriais importantes nas margens do estuário vêm gerando distúrbios no nível básico natural do ambiente estuarino, como o aporte sedimentar oriundo de áreas agrícolas, lançamentos de esgotos urbanos não tratados, rejeitos orgânicos e inorgânicos industriais, emissões atmosféricas, aterros de banhados marginais, alterações no fluxo hídrico (Barbosa e Tagliani, 1999). O Porto de Rio Grande, embora não se caracterize por um grande volume de operações neste seguimento, possui dentre os componentes de sua matriz industrial retroportuária, algumas empresas específicas do setor petroquímico, que operam com refino, armazenagem e transporte de petróleo e seus derivados (Transpetro, situada no Super Porto e a Refinaria Ipiranga SA) (Figura_02 e 03). A estes agentes, devemos somar os riscos naturais oriundos do trabalho de abastecimento dos navios atracados. Portanto, o Porto do Rio Grande, embora em escala menor, também se encontra susceptível aos mesmos impactos ambientais encontrados em outros portos do mundo e estes impactos podem ser extremamente lesivos para o sistema estuarino como um todo.

Segundo Griep *et al.*, (2001), são importados e exportados diversos produtos pelo Terminal de Rio Grande como Óleo Diesel, Petróleo, Estireno, Ácido Fosfórico, Ácido Sulfúrico, Metanol, Hexano, Propano, Amônia; além da implantação de futuras atividades de abastecimento que prevê uma atividade de 55 navios/mês na região. Outro dado interessante fornecido pelos mesmos autores é o volume total desses produtos transportados que, no ano de 1998, alcançou a cifra de 1.531.725,520 toneladas.

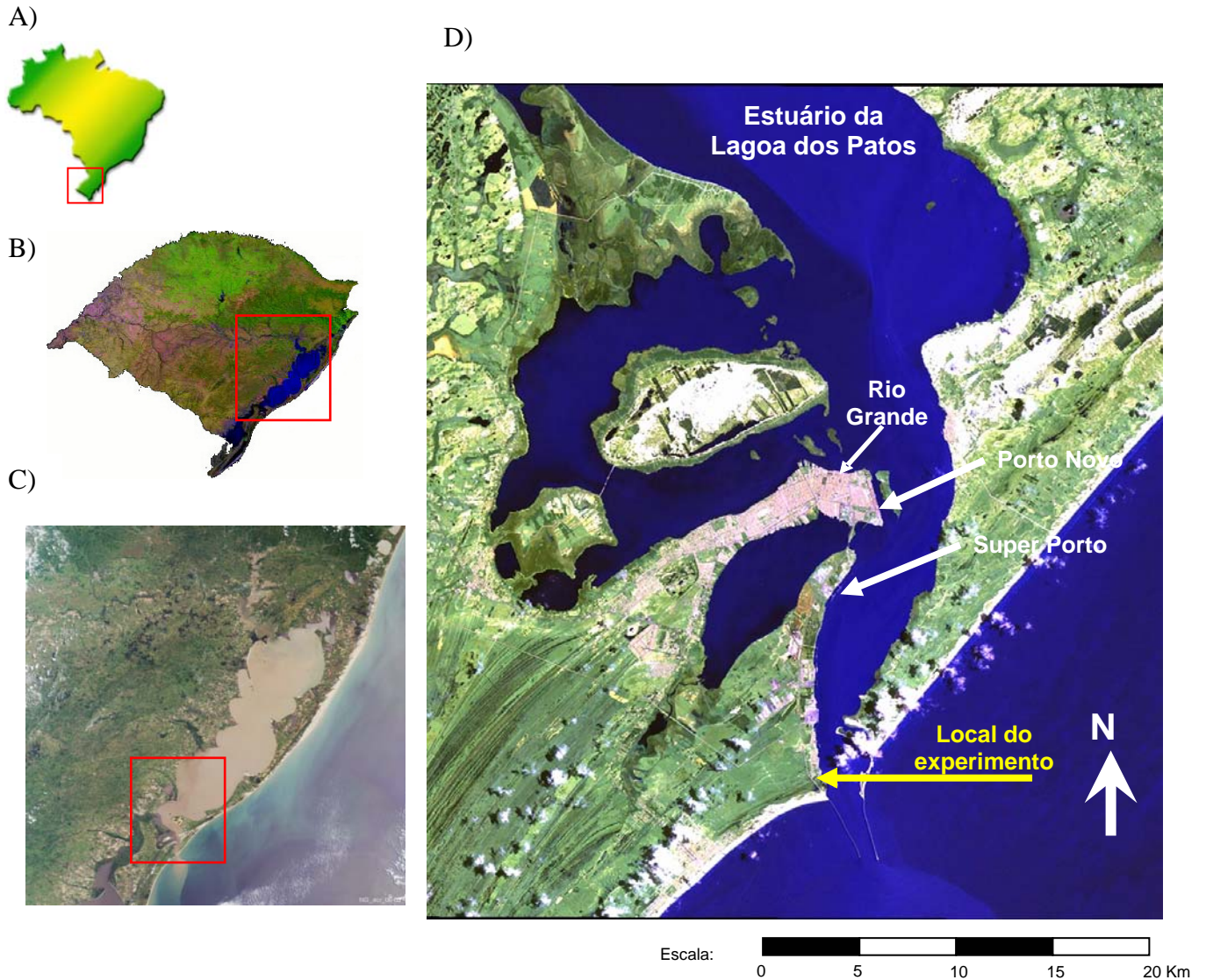
Figura_01 – Localização da área de estudo.

A) Brasil – Estado do Rio Grande do Sul (destacado em vermelho) Fonte: Embrapa.

B) Estado do Rio grande do Sul - Lagoa dos Patos (destacado em vermelho) Fonte: Embrapa.

C) Lagoa dos Patos – Região estuarina (destacado em vermelho) Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica.

D) Porção sul da região estuarina – Zona portuária e urbana Fonte: Laboratório de Oceanografia Geológica.



Figura_02: Foto do Super Porto



Figura_03: Foto da Refinaria Ipiranga SA.



2 – MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Experimento de campo

O experimento de campo consistiu na simulação de um derrame de petróleo, de pequena escala espacial e devidamente controlado, numa marisma do estuário da Lagoa dos Patos. A contenção do petróleo foi realizada através de “artefatos de contenção” que consistiram em cilindros com 50cm de diâmetro e 50 cm de altura, construídos a partir chapas de ferro galvanizado de 2mm de espessura (Figura_04). A área escolhida foi uma planície de maré de uma marisma próxima à zona de canal e à zona portuária (Figura_01), onde os artefatos foram distribuídos aleatoriamente paralelos à linha de margem. O experimento foi desenvolvido nos meses de julho e agosto de 2003 com amostragens em intervalos de tempos pré-determinados.



Figura_04: Artefatos de contenção. a) Sem petróleo; b) Com petróleo

2.1.1 - Tipo de Óleo

O óleo utilizado foi o Petróleo Hidra, fornecido pela Refinaria Ipiranga SA, utilizado pela mesma em suas operações de refino para suprir o mercado consumidor, e apresenta as seguintes características físico-químicas (Tabela_01):

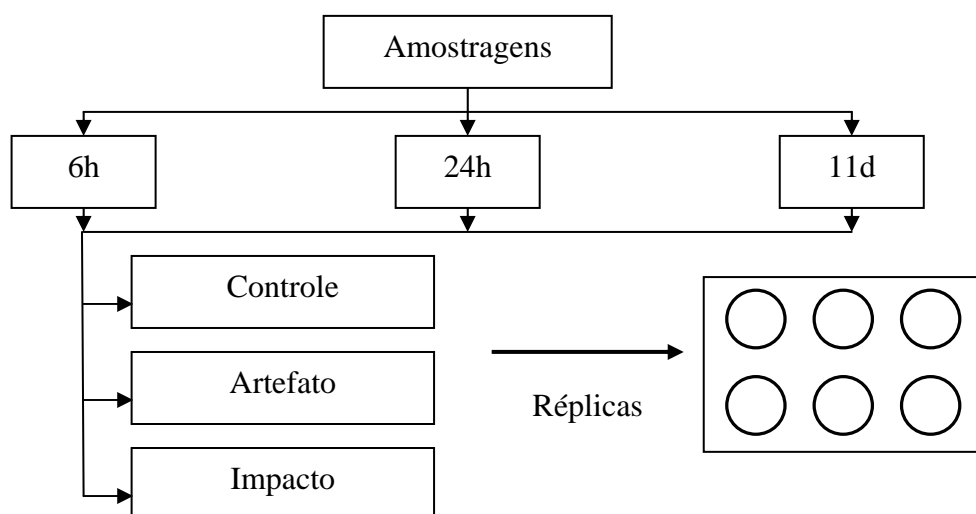
Tabela_01: Características físico-químicas do petróleo utilizado.

Parâmetros	Métodos	Resultados
Densidade à 20/4°C	ASTM D1298	0,778
API	ASTM D	49,3
Viscosidade a 37,8°C (ssu)	MB-326	33,184
Ponto de Fluidez (°C)	ASTM D97	Inf 0
Enxofre (%)	ASTM D1552	0,045
Cloretos (mg/l)	MB-298	5
Ferro (ppm)	Absorção Atômica	1,46
Vanádio (ppm)	Absorção Atômica	0,31
Cobre (ppm)	Absorção Atômica	0
Níquel (ppm)	Absorção Atômica	0
Sódio (ppm)	Absorção Atômica	8,37
Benzeno/Tolueno (ppm)	Cromatografia	0,050/0,197

2.1.2 – Desenho Amostral

Foram definidos 3 tratamentos: Controle (C), que corresponde ao ambiente natural; Artefato (A), corresponde ao controle com o artefato de contenção com o objetivo de averiguar a existência de alguma influência do mesmo no ambiente; e o Impacto (I), correspondendo ao artefato onde se introduziu o petróleo. Cada tratamento teve 6 réplicas, distribuídas paralelamente à linha de margem, nas quais foram feitas amostragens em 6 horas (6h), 24 horas (24h) e 11 dias (11d) após a adição do petróleo (Figura_05). Foram construídos 36 artefatos de contenção, de tal forma que houvesse um artefato para cada réplica dos tratamentos Artefato e Impacto. Desta forma, extraiu-se uma única amostra de cada artefato durante o experimento.

Com o intuito de simular ao máximo um derramamento real, 1l de petróleo foi colocado em recipientes individuais para cada réplica do tratamento **Impacto** que continham 5l de água do local, durante um período de 2h, procedimento este, que visou reproduzir o tempo de permanência do óleo no mar em eventos reais (2h – 24h) até chegar à costa (Milanelli, 1994). Com isso o óleo sofreu uma intemperização prévia. Após o período de 2h, todo o conteúdo dos recipientes foi introduzido nos artefatos do tratamento impacto.



Figura_05: Organograma das amostragens do experimento de campo

2.1.3 - Obtenção da Amostras Biológicas

Foram coletadas no total, 54 amostras biológicas, sendo 18 por período de amostragem (6h, 24h, 11d). Utilizou-se um tubo extrator de PVC com 10cm de diâmetro enterrado até a profundidade de 25cm para a obtenção das amostras, as quais foram lavadas em campo com peneiras de 0,5mm de malha, e levadas imediatamente ao laboratório para triagem, sem serem fixadas, permitindo a estimativa da sobrevivência dos organismos face à exposição ao óleo.

Os organismos foram triados com o auxílio de lupas, quantificados e identificados até o menor táxon possível, sendo definidos três condições físicas dos organismos: Vivos, que possuíam movimentação e natação ativa de todos os membros do corpo, além de responderem imediatamente a estímulos externos como incidência de luz e ao toque; Debilitados, que não possuíam movimentação e natação ativas de todos ou de alguns membros do corpo e não respondiam a estímulos externos; Mortos, que não possuíam nenhuma movimentação e não respondiam a estímulos externos.

2.1.4 - Obtenção de amostras sedimentares

Foram coletadas 6 amostras sedimentares (3 referentes as amostragens 6h e 24h, e 3 referentes a amostragem 11d) para análise granulométrica e de Matéria Orgânica (MO) com um tubo extrator de PVC com 10 cm de diâmetro. Os teores de areia, silte e argila foram determinados por peneiramento segundo método proposto por Suguio (1973).

2.1.5 - Obtenção de testemunhos para análise UV

Extraiu-se 9 testemunhos (3 por amostragem) de 5cm de diâmetro, nos tratamentos de Impacto, para analisar a penetração do óleo no sedimento através da incidência de luz Ultra-Violeta (UV). O método baseia-se na propriedade de fluorescência dos Hidrocarbonetos Aromáticos presentes no petróleo, que ao se incidir luz ultravioleta sobre os HPAs, estes emitem luz fluorescente, visível a olho nu quando em uma câmara escura.

2.1.6 - Obtenção dos Dados Ambientais.

Paralelamente às amostragens obtiveram-se dados de salinidade da água do canal e da marisma através de um refratômetro manual, e a temperatura do ar e da água, com um termômetro graduado na escala Celsius.

2.1.7 – Análise dos Dados

Para a interpretação dos dados biológicos foram determinados os seguintes atributos da estrutura das associações de macroinvertebrados bentônicos: densidade (ind./m²), composição específica, diversidade, riqueza de espécies e equitatividade. Utilizou-se o programa PRIMER para determinar os seguintes índices: índice de diversidade de Shannon-Wiener (H'), que integra o número de espécies e a abundância

das mesmas na associação; índice de equitatividade J de Pielou, que varia entre 0 e 1, informando uma medida de uniformidade relativa das espécies, em número de indivíduos, numa amostra.

Para identificar a existência de diferenças significativas entre os tratamentos, os dados foram submetidos a testes de Análise de Variância (ANOVA) uni e bifatorial (3 tratamentos X 3 amostragens) através do programa Statistica®, utilizando o “LSD test or planned comparison” com índice de significância de 5% ($p < 0,05$). A escolha do teste deve-se ao fato do mesmo ser menos rigoroso que os demais, minimizando o erro de estar rejeitando uma variação significativa quando se tratando de poluição.

2.2 - Experimento de laboratório

O experimento de laboratório consistiu na simulação de um derrame de petróleo em laboratório com a utilização de aquários. Os aquários consistiram em garrafas pet (2l) sem o quarto superior preenchidos com uma camada de sedimento de 10cm e de água também com 10cm de altura onde foi mantida uma aeração constante. Utilizou-se o mesmo tipo de petróleo do experimento de campo, na mesma proporção óleo/água (1/5), e com o mesmo tempo de intemperização. O experimento foi desenvolvido nos meses de novembro e dezembro de 2003 com amostragens em intervalos de tempos pré-determinados. Baseado no experimento de campo, o de laboratório foi desenvolvido com a utilização de uma única espécie, o crustáceo *Kalliapseudes schubartii* que representou em média 93,20% do total dos organismos presentes nas amostras.

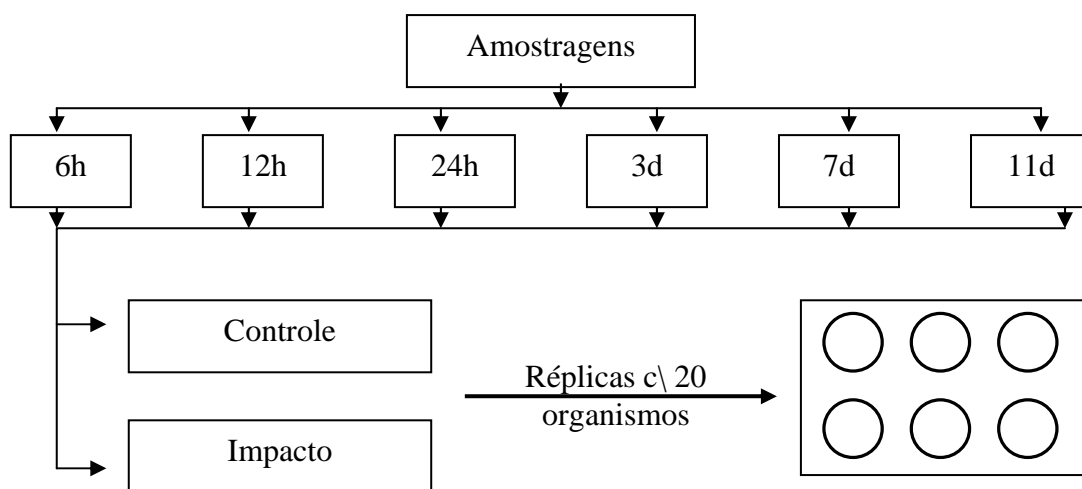
2.2.1 – Desenho Amostral

Definiram-se 2 tratamentos: Controle (C), que corresponde aos aquários sem a presença do petróleo; e o Impacto (I), que corresponde aos aquários com o petróleo. Cada tratamento teve 6 réplicas, totalizando 12 aquários para cada período de

amostragem: 6 horas (6h), 12 horas (12h), 1 dia (1d), 3 dias (3d), 7 dias (7d) e 11 dias (11d) após a inserção do petróleo (Figura_06). Foram utilizados 20 organismos por réplica, somando 240 por amostragem e totalizando 1440 organismos para todo o experimento.

O experimento foi dividido em 3 partes de forma a minimizar o esforço para a montagem do mesmo. A primeira parte foi a montagem dos aquários para a realização das amostragens de 6h, 12h e 1d para as quais realizou-se uma única coleta de água, sedimento e organismos. A segunda parte foi a montagem dos aquários para a realização das amostragens 3d e 7d para as quais realizou-se nova coleta de água, sedimento e organismos. E a terceira parte foi a montagem dos aquários para a amostragem 11d sendo feita uma outra coleta de água, sedimento e organismos. As coletas de água, sedimento, organismos, foram realizadas na mesma marisma em que se realizou o experimento de campo.

Após a montagem dos aquários, estes passaram por um período de estabilização de 24h antes dos *Kalliapseudes* serem introduzidos, e a introdução do petróleo nos aquários do tratamento Impacto deu-se 2h depois da inserção dos organismos nos aquários.



Figura_06: Organograma das amostragens do experimento de laboratório.

2.2.2 - Obtenção da Amostras Biológicas

Obteve-se, no total, 72 amostras biológicas, sendo 12 por período de amostragem. As amostras foram obtidas lavando todo o conteúdo dos aquários em uma peneira com malha de 0,5mm. Depois, as amostras foram triadas com o auxílio de lupa sem serem fixadas, permitindo, assim, estimar a sobrevivência dos organismos diante da exposição ao óleo. Os organismos foram quantificados sendo definidos três condições físicas para os organismos: Vivos; Debilitados e Mortos, conforme descritos no item **2.1.3**.

2.2.3 - Obtenção de testemunhos para análise UV e Dados Abióticos

Para a análise de penetração do óleo utilizando luz ultravioleta, montou-se 18 aquários (3 réplicas por período de amostragem), nas mesmas condições daqueles montados para as amostras biológicas, no entanto o sedimento estava defaunado, dos quais retirou-se um testemunho de cada utilizando um tubo de PVC com 5cm de diâmetro, totalizando 18 testemunhos. Foram obtidas ainda, a salinidade e amostras sedimentares de cada uma das coletas em campo utilizadas para o experimento.

2.2.4 - Análise dos Dados

Para testar se existiam diferenças significativas entre os tratamentos, os dados foram submetidos a testes de Análise de Variância (ANOVA) uni e bifatorial (2 tratamentos X 6 amostragens) através do programa Statistica®, utilizando o “LSD test or planned comparison” com índice de significância de 5% ($p < 0,05$). A escolha do teste deve-se ao fato do mesmo ser menos rigoroso que os outros, minimizando o erro de estar rejeitando uma variação significativa quando se tratando de poluição.

3 – RESULTADOS

3.1 - Experimento de campo

3.1.1 – Parâmetros Abióticos

3.1.1.1 – Temperatura e Salinidade

Durante o experimento a salinidade e a temperatura não variaram muito, estando a primeira entre 2,5 e 2 e a segunda entre 15°C e 17°C. Enquanto a temperatura do canal permaneceu constante, a temperatura da marisma variou de acordo com a do ar. Esta mesma variação foi observada entre a salinidade do canal e da marisma. (Tabela_02).

Tabela_02: Tabela com os valores das variáveis ambientais (temperatura - °C) e salinidade obtidos durante o experimento de campo.

Tratamento	Temperatura			Salinidade	
	Ar	Canal	Marisma	Canal	Marisma
6h	15°C	15°C	15°C	2,5	2,5
24h	15°C	15°C	15°C	2,5	2,5
11d	17°C	15°C	17°C	2,0	2,0

3.1.1.2 – Granulometria

De forma geral não houve uma grande variação na granulometria entre os dias amostrados, predominando areia fina (39,5% a 63,1%) e muito fina (23,1% a 33,5%). No entanto, observou-se uma variação significativa nos teores de silte e argila na amostragem de 11 dias, na qual as amostras do artefato (11d_A) e do impacto (11d_I) apresentaram teores cerca de 3 vezes superiores ao do controle (11d_C) em silte, e de 2 a 4 vezes em argila. (Figura_09). Os teores de matéria orgânica apresentaram uma variação crescente em relação aos tratamentos na seguinte ordem: C < A < I. Desta forma, o tratamento impacto, em todas as amostragens, apresentou um maior teor de matéria orgânica, provavelmente pela presença do petróleo (Tabela_03).

Tabela_03: Tabela com os valores de granulometria e matéria orgânica obtidos durante o experimento de campo. Dados em porcentagem (%).

Amostragens	Tamanho do Grão					Materia Orgânica
	Finos		Areia			
	Silte	Argila	Média	Fina	Muito Fina	
6h\24h_C	5,1	3,8	6,1	60,3	24,7	0,13
6h\24h_A	7,6	3,5	5,9	57,9	25,0	0,50
6h\24h_I	4,1	4,0	5,6	57,4	28,8	0,80
11d_C	5,2	2,5	6,0	63,1	23,1	0,50
11d_A	15,1	4,7	3,8	42,9	33,5	0,54
11d_I	14,3	9,5	5,0	39,5	31,7	0,94

3.1.1.3 – Penetração do petróleo

A penetração do petróleo não ultrapassou a superfície na amostragem de 6h e penetrou no máximo 2mm na amostragem de 24h e 5mm na amostragem de 11 dias (Tabela_04).

Tabela -04: Tabela com os dados de penetração do óleo nas amostragens do experimento de campo.

Amostragens	Testemunho 01	Testemunho 02	Testemunho 03
6h	Superfície	Superfície	Superfície
24h	0,1mm	0,2mm	0,1mm
11d	0,4mm	0,3mm	0,5mm

3.1.2 – Parâmetros Biológicos

3.1.2.1 – Composição

Foram encontradas 6 espécies, sendo 3 da Classe Polychaeta (*Laeonereis acuta*, *Nephtys fluviatilis*, *Heteromastus similis*) e 3 da Classe Crustácea (*Kalliapseudes schubartii*, *Sinelobus stanfordi*, *Kupelonura sp*), somando um total de 6909 organismos em todas as amostragens. O crustáceo *Kalliapseudes schubartii* dominou todas as amostras tendo uma representatividade média de 93,2%, seguido pelos poliquetas *Laeonereis acuta* (3,49%), *Nephtys fluviatilis* (2,26%) e pelo crustáceo *Sinelobus stanfordi* (0,80%). Estas 4 espécies representam em média 99,75% do total de organismos e foram encontradas em todas as amostras, com exceção do *Sinelobus stanfordi* que não foi encontrado no tratamento Impacto na amostragem de 11 dias. As demais espécies

apareceram esporadicamente entre as amostras (Tabela_05). Os dados brutos se encontram nos anexos IA, IB e IC.

Tabela_05: Tabela com o número total de organismos encontrados, vivos, mortos e debilitados (somatório das réplicas) nos tratamentos controle (C), Artefato (A) e Impacto (I) no experimento de campo.

	6H			24H			11D			Somatório	Percentual
	C	A	I	C	A	I	C	A	I		
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	946,00	853,00	609,00	647,00	707,00	774,00	678,00	927,00	298,00	6439,00	93,20
<i>Laeonereis acuta</i>	35,00	15,00	35,00	38,00	34,00	31,00	16,00	18,00	19,00	241,00	3,49
<i>Nephtys fluviatilis</i>	19,00	28,00	13,00	10,00	12,00	14,00	30,00	23,00	7,00	156,00	2,26
<i>Heteromastus similis</i>	0,00	3,00	4,00	0,00	4,00	0,00	0,00	1,00	0,00	12,00	0,17
<i>Sinelobus stanfordi</i>	4,00	4,00	14,00	1,00	2,00	6,00	15,00	9,00	0,00	55,00	0,80
<i>Kupelonura sp</i>	0,00	0,00	5,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	1,00	6,00	0,09
Total									6909,00	100,00	

3.1.2.2 – Densidade total, Número de Espécies, Diversidade e Equitatividade

Os dados de densidade total, número de espécies, diversidade, e equitatividade estão representados na tabela_06. Do total de 6 espécies, foi encontrado um mínimo de 4 espécies nos tratamentos de todas as amostragens e um máximo de seis.

De uma forma geral a densidade total (organismos vivos, mortos e debilitados) foi maior nos controles e artefatos do que no tratamento impacto, com exceção da amostragem de 24h. Esse padrão foi evidenciado no tratamento impacto da amostragem de 11 dias, que teve uma densidade cerca de 3 vezes menor que seus respectivos controle e artefatos.

A equitatividade apresentou valores baixos e com pouca variação, estando os índices entre 0,27 e 0,37, com exceção da amostra 6h_I cujo índice foi de 0,47. Nesta amostra foram encontradas todas as espécies e também densidades relativamente mais altas das espécies menos comuns (Tabela_07).

A diversidade também teve uma pequena variação e índices baixos variando entre 0,16 e 0,27. Na amostra 11d_C que obteve o maior valor (0,27), o *Sinelobus stanfordi* apresentou uma maior densidade.

Tabela_06: Tabela com as médias dos índices S (número de espécies), N (densidade total), H' (diversidade) e J' (equitatividade).

	S	N	H'(loge)	J'
6h_C	4	21305,50	0,19	0,27
6h_A	5	19162,30	0,17	0,27
6h_I	6	14430,10	0,26	0,47
24h-C	4	14769,50	0,21	0,30
24h_A	5	16106,40	0,20	0,31
24h_I	4	17507,00	0,21	0,29
11d_C	4	15682,00	0,27	0,37
11d_A	5	20753,80	0,16	0,26
11d_I	4	6896,60	0,25	0,35

Tabela -07: Tabela com as densidades médias (ind/m²) dos organismos nos tratamentos Controle (C), Artefato (A) e Impacto (I).

	6H			24H			11D		
	C	A	I	C	A	I	C	A	I
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	20074,70	18101,18	12923,35	13729,73	15002,97	16424,75	14387,57	19671,50	6323,74
<i>Laeonereis acuta</i>	742,72	318,31	742,72	806,38	721,50	657,84	339,53	381,97	403,19
<i>Nephtys fluviatilis</i>	403,19	594,18	275,87	212,21	254,65	297,09	636,62	488,07	148,54
<i>Heteromastus similis</i>	0,00	63,66	84,88	0,00	84,88	0,00	0,00	21,22	0,00
<i>Sinelobus stanfordi</i>	84,88	84,88	297,09	21,22	42,44	127,32	318,31	190,99	0,00
<i>Kupelonura sp</i>	0,00	0,00	106,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	21,22

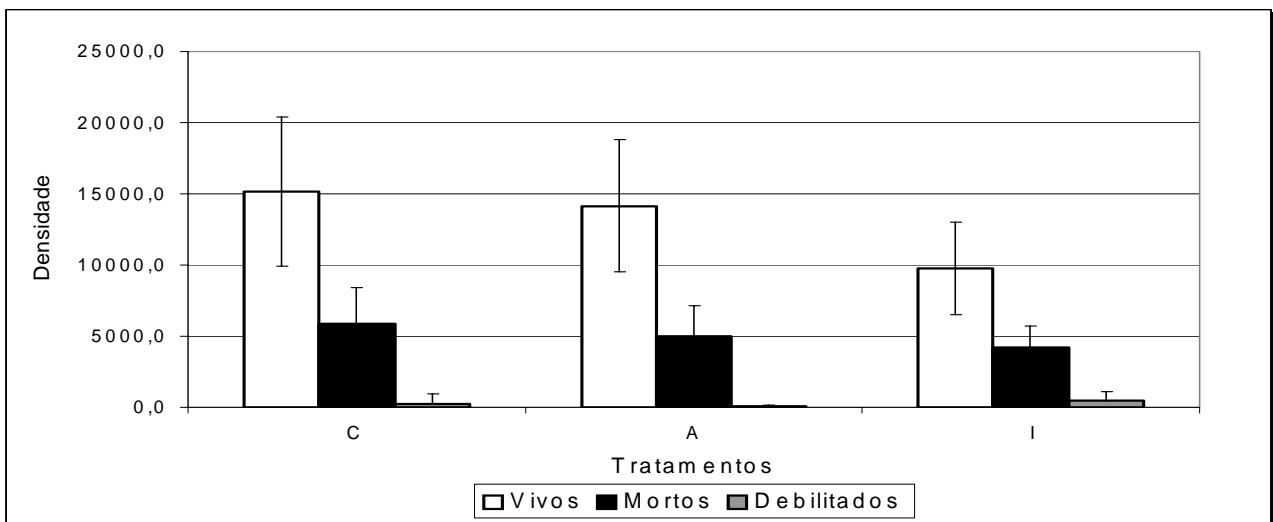
3.1.2.3 – Análise Estatística

Não foram encontradas diferenças significativas, durante o experimento, entre os tratamentos Controle e Artefato nas densidades dos organismos vivos, mortos e debilitados nas 3 amostragens (Figuras_07, 08 e 09). Significativamente só foram encontradas diferenças na densidade de organismos vivos na amostragem 6h entre o tratamento Impacto e Controle, e na amostragem 11d, na qual o tratamento Impacto foi diferente de todos tratamentos das outras amostragens (Figura_10).

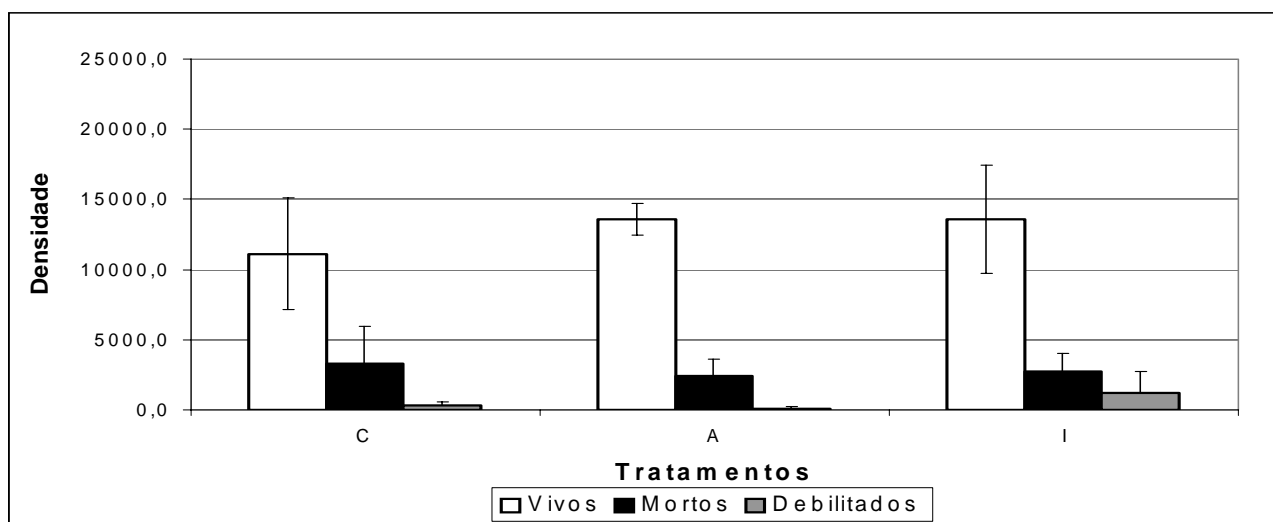
A densidade de organismos mortos apresentou os menores valores no tratamento Impacto do que seus respectivos controle e artefato, com exceção do tratamento artefato da amostragem 24h e de forma geral diminuiu no decorrer das amostragens. Estatisticamente, na amostragem 6h o tratamento Impacto foi diferente de seu Controle e

Artefato, na amostragem 24h não houve diferenças e na amostragem 11d, todos os tratamentos foram diferentes entre si. Apesar da diminuição da densidade de organismos mortos dentro do tratamento Impacto, só houve diferenças significativas entre as amostragens 11d e 6h. (Figura_11).

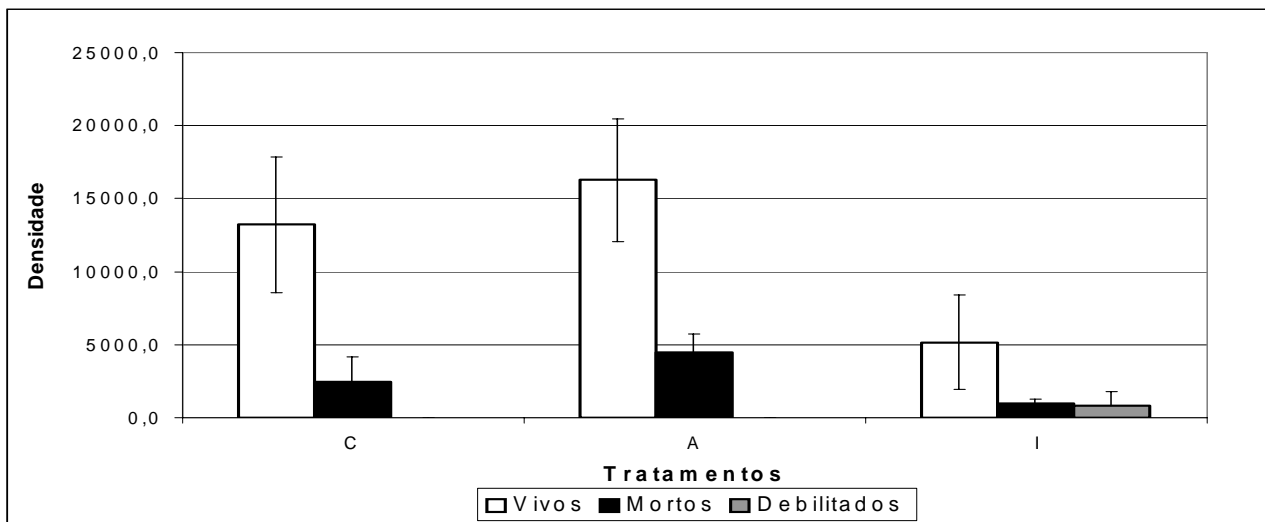
As densidades dos organismos debilitados, não apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos controle e artefato, enquanto que o tratamento impacto das amostragens 24h e 11d apresentaram diferenças significativas entre seus respectivos controles e artefatos (Figura_12).



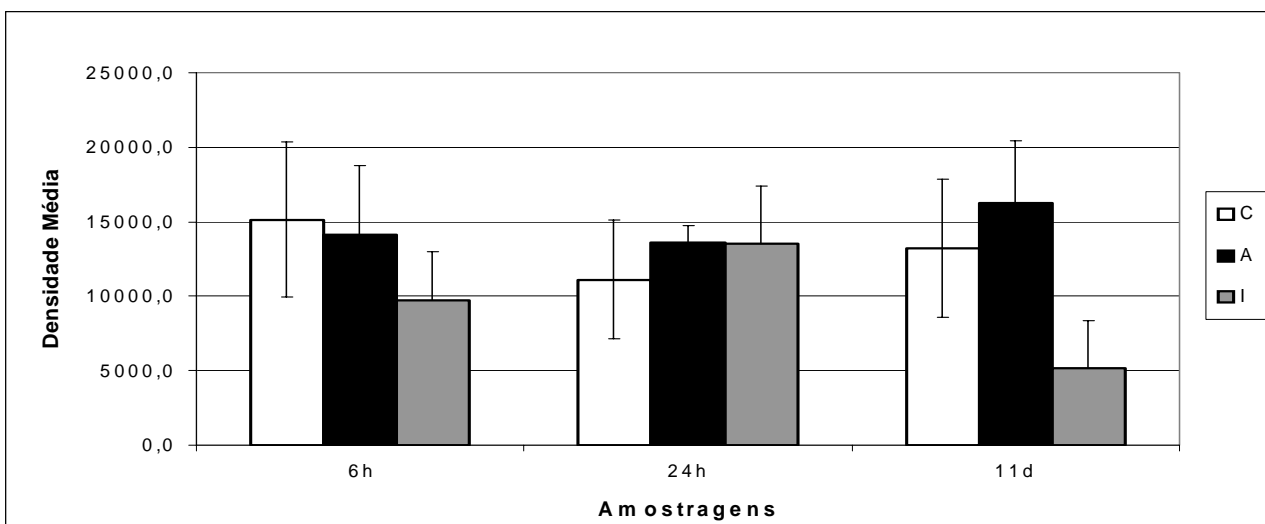
Figura_07: Densidade média (± desvio padrão) dos organismos na amostragem 6h. C – Controle, A – Artefato, I – Impacto,



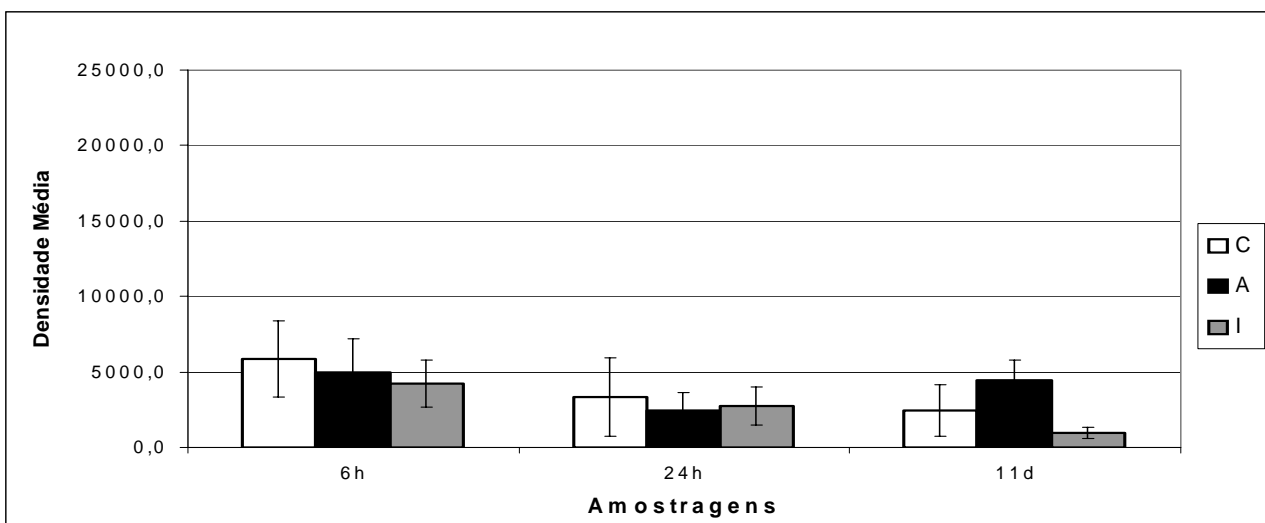
Figura_08: Densidade média (± desvio padrão) dos organismos na amostragem 24h. C – Controle, A – Artefato, I – Impacto,



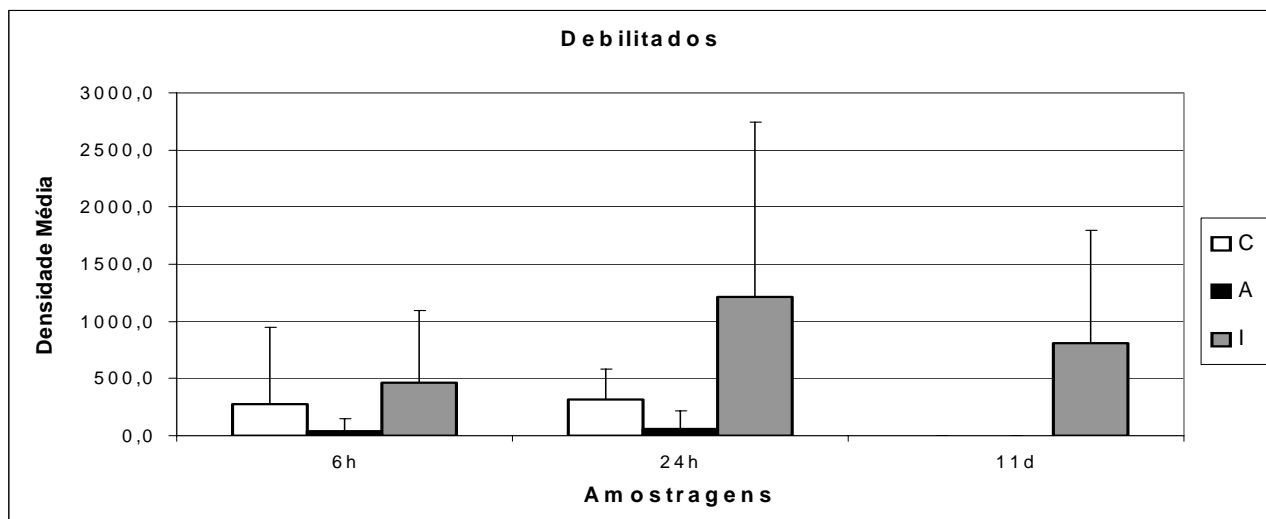
Figura_09: Densidade média (\pm desvio padrão) dos organismos na amostragem 11d. C – Controle, A - Artefato , I – Impacto,



Figura_10: Densidade média (\pm desvio padrão) de organismos vivos. C – Controle,A – Artefato, I – Impacto.



Figura_11: Densidade média (\pm desvio padrão) de organismos mortos. C – Controle, A – Artefato, I – Impacto.



Figura_12: Densidade média (\pm desvio padrão) de organismos debilitados. C – Controle, A – Artefato, I – Impacto.

3.2 - Experimento de laboratório

3.2.1 – Parâmetros Abióticos

3.2.1.1 – Salinidade e Granulometria

Tanto a salinidade quanto a granulometria apresentaram pequenas variações entre as coletas. Sendo que na granulometria predominou areia fina (61,34% a 63,37%) seguida de areia muito fina (27,51% a 29,02%). A salinidade variou entre 10 e 16 (Tabela_08).

Tabela_08: Tabela com os valores de granulometria, matéria orgânica e salinidade, obtidos durante o experimento de laboratório. Dados em porcentagem (%).

Amostragens	Tamanho do Grão					Mat. Org.	Salinidade
	Finos		Areia				
	Silte	Argila	Média	Fina	Muito Fina		
6h\12h\1d	1,90	5,30	2,44	61,34	29,02	0,11	1000
3d\7d	1,70	4,20	2,16	63,37	28,57	0,10	16,00
11d	1,86	4,75	3,15	62,73	27,51	0,15	13,00

3.2.1.2 – Temperatura e Fotoperíodo

O experimento ocorreu em uma sala sem climatização, ficando a temperatura e o fotoperíodo variando de acordo com o ambiente externo.

3.2.1.3 – Penetração do petróleo

Em todos os testemunhos, o petróleo permaneceu somente na superfície do sedimento formando uma fina película (Tabela_09).

Tabela_09: Tabela com os dados de penetração do óleo nas amostragens do experimento de laboratório.

Amostragens	Testemunho 01	Testemunho 02	Testemunho 03
6h	Superfície	Superfície	Superfície
12h	Superfície	Superfície	Superfície
24h	Superfície	Superfície	Superfície
3d	Superfície	Superfície	Superfície
7d	Superfície	Superfície	Superfície
11d	Superfície	Superfície	Superfície

3.2.2 – Parâmetros Biológicos

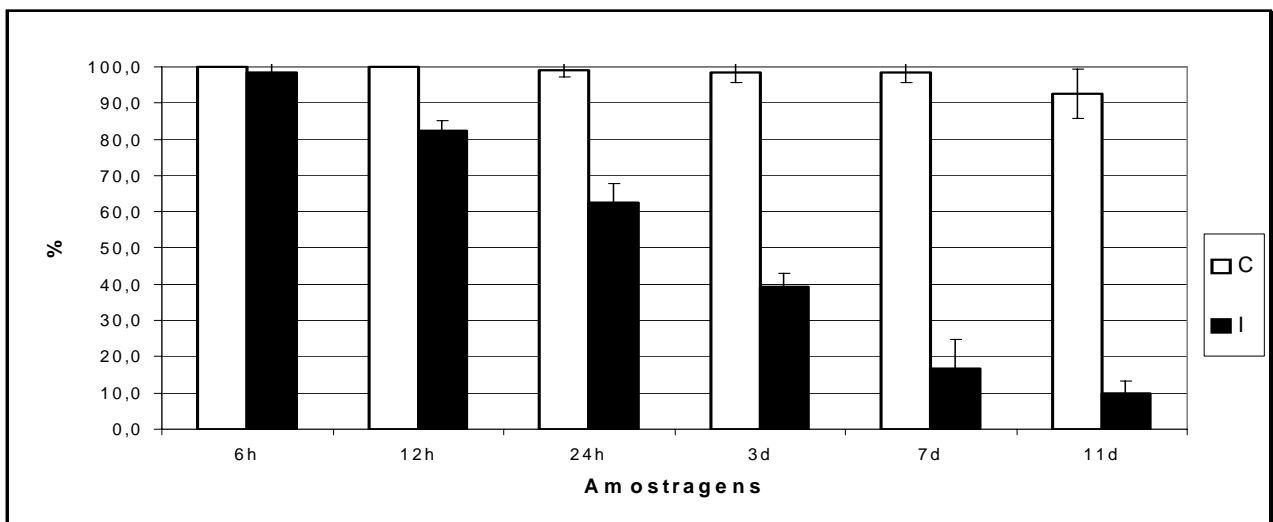
3.2.2.1 – Análise estatística

Observou-se uma diminuição na porcentagem de *Kalliapseudes schubartii* vivos no tratamento Impacto durante as amostragens, enquanto que a porcentagem de organismos vivos no tratamento Controle permaneceu praticamente constante, com exceção do Controle da amostragem 11d que apresentou uma mortalidade ligeiramente superior aos demais (Figura_13). Os testes estatísticos mostraram uma diferença significativa na densidade de organismos vivos entre os tratamentos Controle e Impacto de todas as amostragens, com exceção da amostragem 6h.

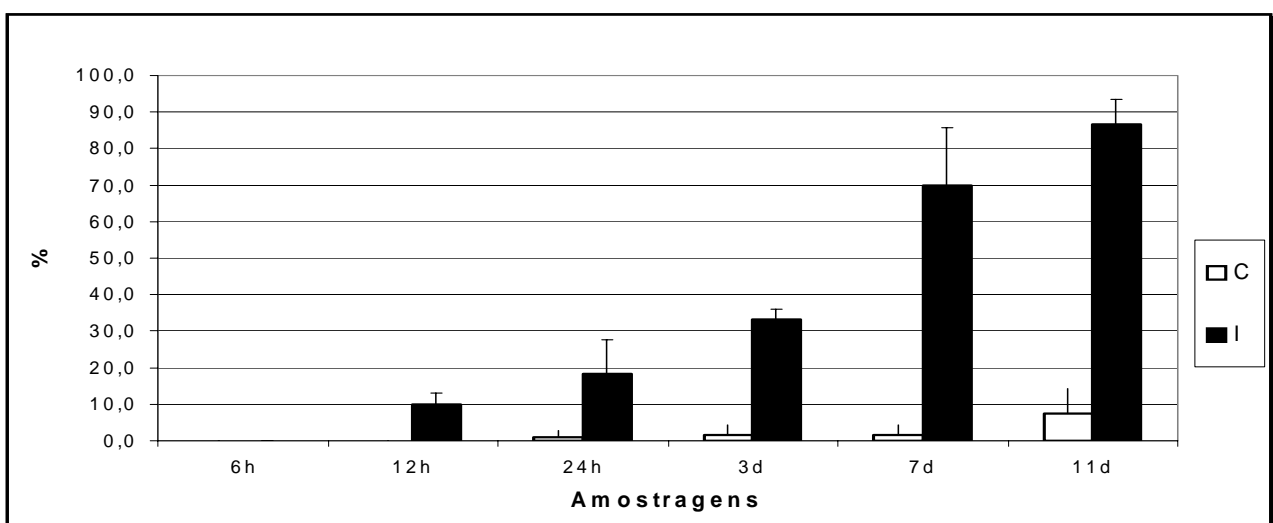
A mortalidade esteve baixa em todo os tratamentos Controle, não existindo nas amostragens 6h e 12h. A única diferença estatística encontrada foi na amostragem 11d em relação à 6h e 12h, quando não houve mortalidade (Figura_14). No tratamento Impacto, a mortalidade iniciou na amostragem 12h, sendo crescente a partir deste ponto e apresentando diferenças estatísticas entre todas as amostragens e seus respectivos controles.

O tratamento Controle não apresentou organismos debilitados, enquanto que o tratamento Impacto apresentou em todas as amostragens. Observou-se um contínuo aumento no número de organismos debilitados até a amostragem 3d a partir da qual houve um decréscimo (Figura_15). Com exceção das amostragens 6h e 11d, o tratamento Impacto das demais amostragens apresentaram diferenças significativas entre elas mesmas.

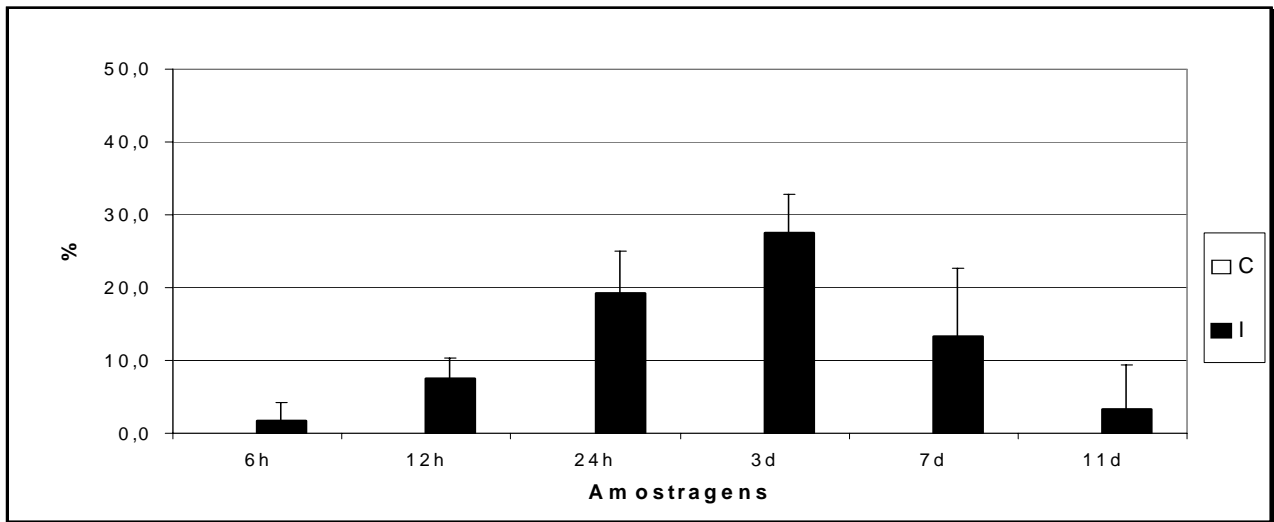
Os dados originais encontram-se no anexo II



Figura_13: Porcentagem de *Kalliapseudes schubartii* vivos (\pm desvio padrão). C – Controle, I – Impacto.



Figura_14: Porcentagem de *Kalliapseudes schubartii* mortos (\pm desvio padrão). C – Controle, I – Impacto.



Figura_15: Porcentagem de *Kalliapseudes schubartii* debilitados (\pm desvio padrão). C – Controle, I – Impacto.

4 – DISCUSSÃO

4.1 - Experimento de campo

4.1.1 – Parâmetros Abióticos

Rio Grande, por estar situada próxima a um ponto anfidrômico (maré astronômica nula), possui uma baixa variação de maré astronômica (cerca de 40cm), sendo então dominada por maré meteorológica. A elevação da maré meteorológica é caracterizada pela entrada de ventos do quadrante sul, principalmente pela entrada de frentes frias, que promovem um empilhamento de água na costa. Este empilhamento estrangula o fluxo de descarga do estuário, gerando também uma elevação do nível do estuário pelo acúmulo de água doce oriundo da bacia hidrográfica (Möller *et al*, 1996 e Möller *et al*, 2001).

Por ter sido realizado nos meses de julho e agosto, o tempo estava regido por características da estação de inverno, com constante entrada de frentes frias, baixas temperaturas e alta pluviosidade. Desta forma, durante o experimento de campo, a temperatura esteve entre 15°C e 17°C, a salinidade baixa, e o nível do estuário elevado. A

constante presença da coluna de água durante o experimento não permitiu que o petróleo entrasse em contato direto com o sedimento.

A granulometria apresentou uma pequena variação, entre os dias amostrados, sendo o sedimento predominantemente constituído de areia fina e muito fina. Estes dados são característicos do estuário, sendo semelhantes aos encontrados por Peppes (2000). As maiores variações foram encontradas nos teores de silte e argila na amostragem 11d, entre os tratamentos em que se utilizaram os artefatos de contenção (Artefato e o Impacto) e no qual não foi utilizado o artefato (Controle). O Controle apresentou valores de 3 a 4 vezes menores que os outros tratamentos, o que provavelmente deve-se a lavagem da camada superior do sedimento através da constante chuva e correntes de maré, que retirou as porções mais leves (finos) da amostra, uma vez que as amostras não possuíam a proteção do artefato. Os teores de Matéria Orgânica encontrados no tratamento Impacto estavam acima de 60% maiores que os demais tratamentos, e desta forma estavam associados à presença do petróleo.

O petróleo teve uma baixa penetração no sedimento chegando a uma profundidade máxima de 5mm após 11 dias. A baixa penetração deve-se à fina granulometria do mesmo e ao fato do óleo não estar em contato direto com o sedimento, fazendo com que apenas os compostos do petróleo dissolvidos e adsorvidos a partículas orgânicas e inorgânicas entrassem em contato com o sedimento (Gundlach *et al.*, 1983). Michel (1991), afirma que em sedimentos dessa natureza, o óleo não penetra profundamente, alcançando uma profundidade inferior à 5cm na maioria dos casos e não penetra quando o sedimento está saturado de água. A baixa penetração também foi observada por Farke *et al* (1985) em que só foram encontradas concentrações significativas de hidrocarbonetos em profundidades até 1cm.

4.1.2 – Parâmetros Bióticos

A comunidade macrobentônica da região na qual se realizou o experimento esteve representada por 6 espécies, os poliquetas *Laeonereis acuta*, *Nephtys fluviatilis*, *Heteromastus similis* e os crustáceos *Kalliapseudes schubartii*, *Sinelobus stanfordi*, *Kupelonura* sp). São espécies tipicamente estuarinas e destacam-se pela frequência e dominância, desempenhando um papel importante na trama trófica estuarina (Bemvenuti, 1998).

A alta representatividade do crustáceo *Kalliapseudes schubartii* nas amostras (em média 93,20%), associada com a baixa frequência das espécies *Heteromastus similis*, *Sinelobus stanfordi*, *Kupelonura* sp contribuíram para os baixos índices de diversidade e equitatividade encontrados. Desta forma, as análises estatísticas refletiram basicamente o comportamento do *Kalliapseudes schubartii*.

Tem sido registrado que a presença do petróleo e o enriquecimento orgânico resultam em um aumento no número de espécies oportunistas e um decréscimo no número de espécies sensíveis. Esse padrão é observado por diversos autores como Pearson e Rosenberg (1978), Blanchard *et al* (2002), Blanchard *et al* (2003) e se assemelha ao observado durante o experimento, no qual observou-se um decréscimo na densidade do crustáceo *Kalliapseudes schubartii*, enquanto que as espécies de poliquetas se mantiveram praticamente inalteradas, ou seja, maior resistência, apesar da baixa densidade. As espécies de crustáceos, principalmente os peracáridos (anfípodes, tanaidáceos, isópodes), são as mais sensíveis à contaminação por petróleo (Gómez Gesteira e Dauvin, 2000; Peso-Aguiar *et al*, 2000), enquanto que os poliquetas se mostram mais resistentes (Van Bernem, 1982; Rozas *et al*, 2000), aparecendo como espécies preferenciais em condições ambientais impostas pela presença de petróleo (Peso-Aguiar *et al*, 2000).

Poliquetas e outros invertebrados infaunais podem desenvolver um importante papel na biodegradação do petróleo no sedimento como o *Arenicola*, que foi testado em laboratório com sedimentos contaminados do derrame *Arrow* ocorrido em Nova Escócia em 1970. A remobilização do sedimento pelo poliqueta reduziu substancialmente a quantidade de hidrocarbonetos no sedimento, provavelmente por mecanismos de aeração do sedimento e gerando condições ambientais para o desenvolvimento de bactérias em seus tubos. No entanto, o poliqueta não sobrevive em concentrações superiores a 600µg/g (ppm) de hidrocarbonetos (Gordon *et al.* 1978 em Hayes *et al.*,1991).

Durante o experimento, não foram encontrados diferenças significativas entre os tratamentos Controle e Artefato nas densidades dos organismos vivos, mortos e debilitados, o que indica que o artefato de contenção não causou influência durante o experimento sobre a comunidade macrobentônica no meio natural, sendo as variações mais relevantes encontradas no tratamento Impacto.

A densidade de organismos debilitados na amostragem 6h não apresentou diferenças significativas entre seus tratamentos, sugerindo que não houve efeito subletal do petróleo nas primeiras horas de exposição. Já as amostragens 24h e 11d, apresentaram diferenças significativas no tratamento Impacto em relação aos seus respectivos Controle e Artefato. A densidade de organismos debilitados no tratamento Impacto, da amostragem 24h, apresentou um aumento significativo em relação ao mesmo tratamento da amostragem 6h, seguido de um decréscimo na amostragem 11d (Figura_12). O aumento da densidade de organismos debilitados, seguido de uma diminuição, apresentou-se de forma semelhante ao da registrada no experimento de laboratório, na qual houve um acréscimo da densidade dos organismos até os primeiros 3 dias, seguido de um decréscimo até o último dia amostrado (Figura_15), que estava associado ao aumento da mortalidade dos organismos entre as amostragens 3d e 7d (Figura_14). Assim como os organismos debilitados representam um efeito subletal da

presença do petróleo, em uma simulação de derrame de petróleo, em um plano de lama, Farke *et al* (1985) também observou um efeito subletal nos primeiros dias da adição do poluente, representado por um decréscimo da atividade de alimentação dos organismos.

A amostragem 6h apresentou uma diminuição significativa da densidade dos organismos vivos no tratamento impacto o que poderia sugerir um possível efeito do petróleo, no entanto, essa tendência não foi observada no tratamento Impacto da amostragem 24h, que teoricamente apresentaria um efeito ainda maior, no qual não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Cabe salientar que as réplicas das amostras registraram grandes variações nas densidades dos organismos, desta forma, as diferenças encontradas entre as amostragens 6h e 24h na densidade de organismos vivos, podem ser justificadas pela variabilidade espacial que os macroinvertebrados bentônicos possuem como característica (Morrisey *et al*, 1992), e pela própria distribuição espacial desses organismos, como *Kalliapseudes schubartii*, que possui uma distribuição agregada (Bemvenuti, 1987).

O tratamento Impacto na amostragem 11d apresentou um número significativamente menor, de organismos vivos e contraditoriamente de mortos também, em comparação com o registrado no Controle e no Artefato. Enquanto que a diminuição da densidade de organismos vivos representaria um efeito negativo do petróleo, a diminuição de organismos mortos poderia dar a impressão de um eventual efeito positivo da adição de petróleo. Portanto, a diminuição da mortalidade do macrozoobentos no interior dos artefatos com adição de petróleo, após 11 dias, não é compatível com a diminuição da densidade de organismos vivos registrada neste tratamento. Neste contexto sugere-se que poderia ter ocorrido uma subestimação dos organismos mortos durante a amostragem. Este fato foi confirmado após observações realizadas durante o experimento em laboratório, quando se verificou que o tanaidáceo *Kalliapseudes schubartii* respondia ao efeito do petróleo saindo do sedimento e permanecendo na

coluna d'água como uma tentativa de fuga. Este comportamento também foi observado por Bemvenuti (1992) que menciona o deslocamento do tanaidáceo, com sua saída do sedimento, durante condições de estresse, como o ressecamento do substrato.

Em laboratório, verificou-se que, na coluna d'água, os exemplares debilitados ficavam associados à película de petróleo na superfície da água, quando morriam, além de sofrerem decomposição completa em aproximadamente 2 dias. Houve ainda, uma tendência de que os organismos mortos ficassem próximos à parede do aquário (efeito de borda). Desta forma, provavelmente, as amostras no campo subestimaram a densidade dos organismos mortos devido ao efeito de borda e a rápida decomposição do *Kalliapseudes schubartii* observada em laboratório. Sendo assim, a diminuição da densidade de organismos vivos observada no tratamento Impacto da amostragem 11d é um reflexo da mortalidade do *Kalliapseudes schubartii* que dominava as amostras.

A mortalidade em crustáceos peracáridos também foi observada por Dauvin e Gentil (1990), que estudaram diversas espécies de anfípodes em diferentes ambientes após o derrame de *Amoco Cadiz* em 1979, e observaram que logo após o derrame ocorreram grandes mortalidades, sendo este o grande impacto agudo em áreas com sedimentos finos. Em um experimento de campo, conduzido por Bonsdorff *et al* (1990), em fundos de sedimentos finos na Noruega usando baixos níveis de exposição ao óleo, observou-se um decréscimo significativo na colonização por anfípodes nos tratamentos com óleo, provavelmente devido à mortalidade de juvenis, ou fuga de anfípodes adultos. No entanto, existem grupos de crustáceos como os copépodos que parecem ser menos sensíveis ao petróleo. Feder *et al* (1990) em um experimento em campo usando petróleo cru, em um plano de lama (Valdez, Alasca), não observou impactos na população de 3 espécies de copépodos durante um monitoramento de 30 dias.

4.2 - Experimento de laboratório

4.2.1 – Parâmetros Abióticos

As 3 coletas realizadas para a montagem do experimento foram feitas no mesmo local, justificando a pequena variação na granulometria e matéria orgânica. Em todas as coletas, a planície de lama da marisma estava exposta, sendo a água coletada nos canais de maré, o que explica a variação encontrada na salinidade, uma vez que os canais são de baixa profundidade e são formados pela água da região superior da planície de lama que flui sobre o sedimento sofrendo alta taxa de evaporação.

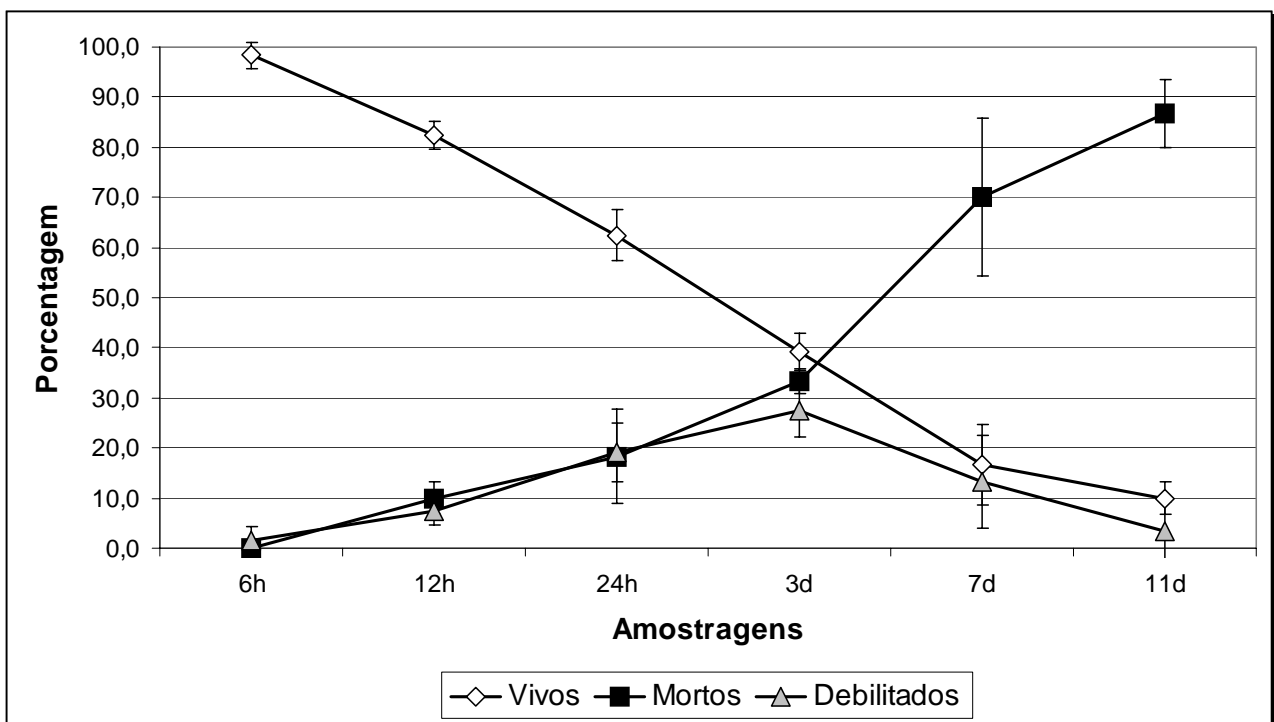
A não penetração do petróleo no sedimento, formando apenas uma fina película superficial, pode ter sido influenciada pela compactação do sedimento devido à sua manipulação para a montagem dos aquários. A baixa penetração também foi observada por Farke *et al* (1985) em um plano de lama e citada por Michel (1991) em sedimentos dessa natureza. Outros fatores como, o sedimento ser defaunado excluindo o efeito da bioturbação e o não contato direto do petróleo com o substrato, contribuíram para uma menor penetração.

4.2.2 – Parâmetros Bióticos

O experimento de laboratório deixou claro o efeito do petróleo sobre *Kalliapseudes schubartii*. A sobrevivência do tanaidáceo no tratamento controle manteve-se praticamente constante entre as amostragens, sendo então uma boa base para a análise do efeito do petróleo. Apesar de não ter sido encontrado diferenças significativas no tratamento Impacto da amostragem 6h, esta apresentou organismos debilitados sugerindo que o efeito do petróleo pode se iniciar nas primeiras horas. Farke *et al* (1985) observou um efeito subletal já nas primeiras 24h da adição do poluente (petróleo) representado por um decréscimo da atividade de alimentação dos organismos.

A partir da amostragem 12h, os efeitos negativos do petróleo foram mais significativos, apresentando uma diminuição dos organismos vivos quase que linear, e um aumento da mortalidade. A diminuição dos organismos vivos esteve regulada pelo balanço entre as variações da porcentagem de organismos debilitados e da mortalidade.

A mortalidade e os organismos debilitados mantiveram valores semelhantes de porcentagem até a amostragem 3d. No entanto, na amostragem 7d foi registrada a maior mortalidade, relativa às outras amostragens, cerca de 40% (acumulada de 70%). Essa alta mortalidade foi acompanhada pela maior variação (diminuição) na porcentagem de organismos debilitados. Desta forma, o período entre as amostragens 3d e 7d, foi no qual se observou o maior efeito negativo do petróleo, com uma mortalidade de 70% dos organismos em 7 dias.



Figura_16: Porcentagem dos organismos do tratamento impacto (\pm desvio padrão).

Durante o experimento, observou-se que a maior parte dos organismos debilitados saía do sedimento, permanecendo na coluna d'água, como uma tentativa de fuga, onde acabavam por entrar em contato com a película de petróleo e nela ficavam aderidos. Essa

estratégia de fuga já foi descrita por Sanders *et al.* (1980), que comentam que os efeitos agudos do óleo combustível ou hidrocarbonetos em geral, sobre o macrobentos, podem ser expressos na forma de mortalidade ou fuga da área impactada. Bemvenuti (1992) também observou um comportamento semelhante em que em situações de estresse como o ressecamento do sedimento, o crustáceo *Kalliapseudes schubartii* pode se deslocar pelo epistrato em busca de regiões mais úmidas. O contato físico com o petróleo acelerou o processo da mortalidade, uma vez que os efeitos físicos do petróleo se somaram aos químicos. Van Bernen (1982) encontrou um efeito semelhante, onde os organismos que entravam em contato com a camada de petróleo sofriam um efeito letal, e não sobreviviam mais que 6 horas quando colocados em aquários aerados sem o petróleo. Kennish (1996) comenta que os organismos presos e sufocados pelo derrame sofrem essencialmente efeitos letais imediatos.

Notou-se também que os organismos mortos, além de ficarem presos na camada de petróleo, sofriam uma rápida decomposição e em aproximadamente 2 dias todo o organismo já estava decomposto. Esse processo de decomposição pode ter sido acelerado pela própria decomposição microbiana do petróleo.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

5.1 - Experimento de campo

Não foi encontrada influência do artefato na comunidade macrobentônica no meio ambiente, no entanto ele influenciou na manutenção de teores de silte e argila, mais elevados, nas amostras retiradas de dentro dos artefatos (tratamentos Artefato e Impacto), uma vez que funcionou como uma barreira a hidrodinâmica local.

O fato do nível da água da marisma manter-se elevado durante todo o experimento, não permitiu que o petróleo entrasse em contato direto com o sedimento o

que pode ter contribuído para a minimização de seus efeitos. Desta forma, os efeitos iniciais do petróleo ficaram por conta das frações dissolvidas e adsorvidas em partículas, que foram as formas mais disponíveis para os organismos.

As amostragens 6h e 24h apresentaram variações relativamente altas em suas densidades, sendo atribuídas à variabilidade espacial dos invertebrados bentônicos, e à distribuição agregada dos próprios organismos (Morrisey *et al*, 1992; Bemvenuti, 1987).

Foi detectada uma subestimação dos organismos mortos nas amostras do tratamento impacto, principalmente na amostragem 11d, devido à rápida decomposição do *Kalliapseudes schubartii*, e a um efeito de borda que concentrou os organismos nas laterais dos artefatos.

O petróleo apresentou um efeito negativo na comunidade macrobentônica na amostragem 11d, observado na densidade de organismos vivos que diminuiu consideravelmente.

5.2 - Experimento de laboratório

Os organismos debilitados não permaneciam enterrados no sedimento, entrando em contato com a camada de petróleo, observando-se um efeito letal e uma rápida decomposição dos organismos.

Da mesma forma que no experimento de campo, a coluna d'água nos aquários pode ter minimizado o efeito do petróleo no *Kalliapseudes*.

Apesar de não haver diferenças significativas na mortalidade da amostragem 6h, a presença de organismos debilitados somente no tratamento impacto evidencia que o efeito negativo do petróleo teve início nas primeiras horas após de exposição.

Os efeitos começaram a se tornar mais significativos a partir da amostragem 12h apresentando índices significativos de mortalidade e de organismos debilitados. O maior

efeito negativo foi observado entre os dias 3 e 7 quando houve um acréscimo de cerca de 40% na mortalidade.

6 – Sugestões para trabalhos futuros

Realização de experimentos em campo com um número maior de amostragens em intervalos de tempo menores.

Realização de testes de toxicidade com as espécies mais sensíveis ao petróleo

Realização de experimentos em campo e em laboratório simulando ambientes diferentes e utilizando diferentes tipos de óleo.

Acompanhamento dos experimentos com análises químicas da água e sedimento para conhecer quais compostos estão gerando um efeito tóxico bem como sua degradação.

7 - BIBLIOGRAFIA

- BARBOSA, L.H.C.; TAGLIANI, P.R.A. 1999. Manejo integrado do estuário da Lagoa dos Patos com ênfase no Saco da Mangueira, visando a revitalização da atividade pesqueira. Relatório FAPERGS. Rio Grande, RS.
- BEMVENUTI, C.E. 1987. Predation effects on a benthic community in estuarine soft sediments. *Atlântica*, Rio Grande, 9 (1): 5-32.
- BEMVENUTI, C.E. 1992. Interações Biológicas da Macrofauna Bentônica numa Enseada Estuarina da Lagoa dos Patos – RS, Brasil. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- BEMVENUTI, C.E. 1997. Benthic Invertebrates. In: Seelinger, U.; Odebrecht, C. & Castelo, J.P. ed. *Subtropical Convergence Marine Ecosystem. The coast and the sea in the warm temperate southwestern atlantic*. Springer Verlag. Heidelberg. Chap. 5.2: 70-73.
- BEMVENUTI, C.E. 1998. Invertebrados Bentônicos. In: Seelinger, U.; Odebrecht, C. & Castelo, J.P. ed. *Os Ecossistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil*. Editora Ecoscientia. 46-51.
- BLANCHARD, A.L., Feder, H.M., Shaw, D.G., 2002. Long-term investigation of benthic fauna and the influence of treated ballast water disposal in Port Valdez, Alaska. *Marine Pollution Bulletin* 44, 367– 382.
- BLANCHARD A.L.; Feder H.M.; Shaw D.G. 2003. Variations in benthic fauna underneath an effluent mixing zone at a marine oil terminal in Port Valdez, Alaska, *Marine Pollution Bulletin*, Volume 46, Issue 12, December 2003, Pages 1583-1589
- BONSDORFF, E., Bakke, T., and A. Pedersen. 1990. Colonization of amphipods and polychaetes to sediments experimentally exposed to oil hydrocarbons. *Mar. Pol. Bull.*, Vol. 21:355-358.

- CAPITOLI, R.R.; BEMVENUTI, C.E. & GIANUCA, N.M. 1978. Estudos de ecologia bentônica na região estuarial da Lagoa dos Patos. I- As comunidades bentônicas. *Atlântica*, Rio Grande, 3: 5-22.
- CANFIEED, T.J. ; N.E. kemble; W.G. Brumnaugh; F.J. Dwyer; C.G. Ingersoll & J.F. Fairchild. 1994. Use of benthic invertebrates community structure and the Sediment quality triad to evaluate metal-contaminated sediment in the upper Clark Fork River, Montana. *Environmental Toxicology and Chemistry* 13 (12): 1999-2012
- CLARK, R.B. 1992. Marine pollution. 3rd ed., Claredon Press, Oxford. 197p.
- CLARK, R.B. 1996. Marine pollution. 4rd ed., The Bath Press, New York. 161p.
- CLARKE, K.R. & R.M. WARWICK. 1994. *Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth, Natural Enviromental Research Council, 234 pp.
- COSTA, C. S. B., 1998a. Marismas Irregularmente Alagados. In: Os Ecosistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil, U. Seeliger; C. Odebrecht & J. P. Castello (Eds). Editora Ecoscientia. 5.3: 82-87.
- COSTA, C. S. B., 1998b. Plantas de Marismas e Terras Alagáveis. In: Os Ecosistemas Costeiro e Marinho do Extremo Sul do Brasil, U. Seeliger; C. Odebrecht & J. P. Castello (Eds). Editora Ecoscientia. 4.4: 25-29.
- DAUVIN, J., and F. Gentil. 1990. Conditions of the peracarid populations of subtidal communities in northern Brittany ten years after the Amoco Cadiz oil spill. *Mar. Poll. Bull.*, Vol. 21: 123-130
- DUTRIEUX, E. 1989. Approche Descritive et Experimentale de l'impact des Hydrocarbures sur la Mangrove: le cas du Delta de la Mahakam (Borneo, Indonesie). These de Doctorat, Universite des Sciences et Techniques du Languedoc. 276 pp

- FARACO, L. F. D. 2000. Efeitos do derrame experimental de óleo diesel sobre o macrobentos do manguezal do Rio Maciel (Baía de Paranaguá, Paraná). Monografia de bacharelado, Centro de Estudos do Mar, Universidade Federal do Paraná, 40p.
- FARKE, H.; Wonnberger, K.; Gunkel, W.; Dahlmann, G. 1985. Effects of oil and a dispersant on intertidal organisms in field experiments with a Mesocosm, the Bremerhaven Caisson, Marine Environmental Research, Volume 15, Issue 2, 1985, Pages 97-114
- FEDER, H. M.; Naidu A. S.; e Paul, A. J. 1990. Trace element and biotic changes following a simulated oil spill on a mudflat in Port Valdez, Alaska. Marine Pollution Bulletin, Volume 21, Issue 3, March 1990, Pages 131-137
- GRIEP, G.H.; Calliari, L.J. & Krug, L.C. 2001. Programa de Recursos Humanos da ANP para o Setor de Óleo e Gás PRH – ANP/MME/MCT na FURG. Anais da XIV Semana Nacional de Oceanografia. CD-ROM
- GANDRA, S. G. 2002. Estudo Experimental do Óleo a suas Conseqüências sobre a Macrofauna Bentônica no Estuário da Lagoa dos Patos, RS – Brasil. Monografia de graduação. Universidade Federal do Rio Grande. 56p
- GESTEIRA, J. L. G. & DAUVIN, J. C. 2000. Amphipods are Good Bioindicators of the Impact of Oil Spills on Soft-Bottom Macrobenthic Communities, Marine Pollution Bulletin, Volume 40, Issue 11, November 2000, Pages 1017-1027 .
- GRIEP, G.H.; Calliari, L.J. & Krug, L.C. 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.
- GUNDLACH, E. R. E HAYES, M. O. 1978. Vulnerability of coastal environments to oil spill impacts. Marine Technology Society. v. 12, nº 4, p. 18-27.

- GUNDLACH, E.R., P.D. Boehm, M. Marchand, R.M. Atlas, D.M. Ward, and D.A. Wolfe. 1983. The fate of the Amoco Cadiz oil. *Science*, Vol. 221, pp. 122-127.
- HAIMOVICI, M.; Castello, J. P.; Vooren, C. M. Fisheries. In: Seeliger, U., Odebrecht, C. & Castello, J. P. (eds.). 1996. *Subtropical Convergence Environments, the Coast and Sea in the Southwestern Atlantic*. pp. 183-196.
- KENNISH, M. J. 1992. *Ecology of Estuaries: Anthropogenic Effects*. CRC Press, Inc. Florida.
- KENNISH, M.J. 1996. *Practical handbook of estuarine and marine pollution*. CRC Press, Inc. Boca Raton, FL. 524p.
- KENNISH, M.J. 1997. *Pollution impacts on marine biotic communities*. CRC Press LLC, Boca Raton, FL. 310p.
- LAWS, E.A. 1993. *Aquatic pollution: an introductory text*. 2nd ed. John Wiley & Sons, Inc., U.S.A. 611p.
- HAYES, M. O.; Hoff, R.; Michel J.; Scholz D. e Shigenaka, G. 1991. *An introduction to Coastal Habitats and Biological Resources for Oil Spill Response*. Hazardous Materials, Response and Assessment Division, National Oceanic and Atmospheric Administration. 7600 Sand Point Way NE, Seattle, Washington 98115
- MICHEL, J. 1991. *Arabian Gulf oil spill-Trip report*. Washington, D.C.: Office of the Chief Scientist, National Oceanic and Atmospheric Administration.
- MILANELLI, J. C. C.; 1994. *Efeitos do Petróleo e da Limpeza por Jateamento em um Costão Rochoso da Praia de Baraqueçaba, São Sebastião, S.P.* Tese de Mestrado, Instituto Oceanográfico, Universidade de São Paulo.
- MÖLLER, O. O.; Lorenzzenti, J. A.; Stech, J. L.; Mata, M. M. 1996. The Patos Lagoon summertime circulation and dynamics. *Continental Shelf Research*, 16(3):335-351.

- MÖLLER, O. O.; Casting, P.; Salomon, J.C.; Lazure, P.. The Influence of Local and Non-Local Forcing Effects on the Subtidal Circulation of Patos Lagoon, 2001. *Estuaries*, 24(2): 297-311.
- MORRISEY, D.L.; Howitt, L.; Underwood, A.J. & Stark, J.S. 1992. Spatial Variations in the soft-sediment benthos. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 81:197-204.
- PEARSON, T.H., Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16, 229–311.
- PEPPES, F.V. 2000. Caracterização Sedimentológica das Marismas do Estuário da Lagoa dos Patos (RS). Monografia de Graduação. 36p.
- PESO-AGUIAR, M.C.; Smith, D.H.; Assis, R.C.F.; Santa-Isabel, L;M; Peixinho, S.; Gouveia, E.P.; Almeida, T.C.A.; Andrade, W.S.; Carqueija, C.R.G.; Kelmo, F.; Carrozo, G.; Rodrigues, C.V., Carvalho, G.C.; Jesus, A.C.S. 2000. Effects of petroleum and its derivatives in benthic communities at Baía de Todos os Santos/Todos os Santos Bay, Bahia, Brazil. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 3:459-470.
- REIS, E. G.; D’Incao F. 2000. The present status of artisanal fisheries of extreme Southern Brazil: an effort towards community-based *management*. *Ocean & Coastal Management*. 43: 585-595.
- REISE K.; 1985. Tidal flat ecology. An experimental approach to species interactions. Springer Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- ROCHA, A. C. 2001. Estudos dos Hidrocarbonetos do Petróleo no Sedimento do Estuário da Lagoa dos Patos, Rio Grande, RS. Monografia de Graduação. Universidade Federal do Rio Grande.
- ROZAS, L. P.; Minello, T. J. e Henry, C. B. 2000. An Assessment of Potential Oil Spill Damage to Salt Marsh Habitats and Fishery Resources in Galveston Bay, Texas. *Marine Pollution Bulletin*, Vol 40, No12, pp. 1148 – 1160

- SANDERS, H. L. *et al.* 1980. Anatomy of an Oil Spill: Lon-Term Effects From the Grounding of the Barge Florida off West Falmouth, Massachusetts. *Journal of Marine Research* 38: 265-381.
- SCHTATZBERGER, M.; Daniel, F.; Wall, C.M.; Kilbride, R.; Macnaughton, S.J.; Boyd, S.E.; Rees, H. L.; Lee, K.; Swannell, R.P.J. 2003. Response of estuarine meio- and macrofauna to in situ bioremediation of oil-contaminated sediment. *Marine Pollution Bulletin* 46: 430 – 443
- SCHUBEL, J.R. & KENNEDY, V.S. 1983. The estuary as a filter: an introduction. In: KENNEDY, V.S. ed. *The estuary as a filter*. 7th ed. Estuarine Research Federation. Bienal Conference, Virginia Beach, VA. Academic Press, Inc. Cap. 1: 1—11p.
- SCPMEU. 1985. Steering Communitte for the Petroleum in the Marine Environment Update. *Oil in the Sea. Inputs, Fates, and Effects*. National Academy Press, 601 pp.
- UNEP (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME). 1991. Determinations of petroleum hydrocarbons in sediments. Reference methods for marine pollution studies. N^o20. 97p.
- UNESCO. 1980. Monitoring biological variables related to marine pollution. Reports on studies 12. 22p
- USEPA (U.S. Environmental Protection Agency). 2001. EPA Oil Spill Program Overview. Disponível em <http://www.epa.gov/oilspill/overview.htm>
- VAN BERNEM, K. H. 1982. Effects of Experimental Crude Oil Contamination on Abundances, Mortality and Resettlement of Representative Mud Flat Organisms in the Mesohaline Area of the Elbe Estuary. *Netherlands Journal of Sea Research*. 16: 538 – 546
- VITALIANO, J.J.; Reid, R.N.; Frame, A. B.; Packer, D.B.; Arlen, L.; Sacco, J.N. 2002. Comparison of benthic invertebrate assemblages at *Spartina alterniflora* marshes

reestablished after an oil spill and existing marshes in the Arthur Kill (NY\NJ).
Marine Pollution Bulletin

WEISBERG, S. B. ; J.A. Ranasingue; D.M. Dauer; L.C. Schaffner; R.J. Diaz & J.B. Frithsen. 1997. An estuarine benthic index of biologic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay. *Estuaries* 20 (1): 149-158.

WILSON, J. G. ; D. W. Jeffrey. 1994. Benthic biological pollution indices in estuaries. In: Kramer, K.J.M (Ed.) *Biomonitoring of coastal waters and estuaries*. Boca Raton. CRC Press. Pp. 311-327.

8 – ANEXOS

Anexo IA

Anexo IA: Dados brutos da amostragem de 6h do experimento de campo. V - vivos; M - mortos; D - Debilitados.

Controle	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	86	63	0	182	40	0	64	17	0	98	33	0	107	69	0	122	52	13
<i>Laeonereis acuta</i>	3	0	0	4	0	0	6	0	0	7	1	0	4	1	0	9	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	2	1	0	4	0	0	4	0	0	3	0	0	1	0	0	4	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Artefato	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	71	32	2	160	64	0	128	49	0	80	22	0	98	45	0	81	21	0
<i>Laeonereis acuta</i>	3	0	0	3	0	0	3	2	0	1	0	0	1	0	0	2	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	3	0	0	5	0	0	4	0	0	2	0	0	9	0	0	5	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Impacto	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	58	29	2	106	28	0	62	38	12	64	14	0	75	34	0	29	51	7
<i>Laeonereis acuta</i>	2	0	1	5	2	0	2	0	0	9	0	0	5	0	0	9	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	1	0	0	2	0	0	2	1	0	3	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0

Anexo IB

Anexo IB: Dados brutos da amostragem de 24h do experimento de campo. V - vivos; M - mortos; D - Debilitados.

Controle	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	89	31	3	128	53	0	78	2	6	88	40	2	62	12	0	42	8	3
<i>Laeonereis acuta</i>	4	1	0	8	3	0	2	1	0	8	0	0	6	2	1	2	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	2	1	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Artefato	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	92	9	0	98	34	0	86	24	3	106	19	0	106	19	0	101	10	0
<i>Laeonereis acuta</i>	4	0	0	6	0	0	10	0	0	5	0	0	5	0	0	4	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	0	0	0	5	0	0	1	0	0	2	0	0	2	0	0	2	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Impacto	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	60	7	18	71	21	9	118	24	0	127	18	0	131	15	0	88	39	28
<i>Laeonereis acuta</i>	7	2	0	4	0	0	6	0	0	3	0	0	4	1	0	4	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	1	0	2	4	0	0	3	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	2	0	0	0	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Anexo IC

Anexo IC: Dados brutos da amostragem de 11d do experimento de campo. V - vivos; M - mortos; D - Debilitados.

Controle	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	38	10	0	80	12	0	112	25	0	85	43	0	146	8	0	103	16	0
<i>Laeonereis acuta</i>	2	0	0	3	0	0	2	0	0	4	0	0	5	0	0	0	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	5	0	0	9	0	0	2	0	0	1	1	0	5	1	0	6	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	1	0	0	9	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Artefato	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	78	47	0	171	39	0	141	34	0	111	33	0	117	17	0	105	34	0
<i>Laeonereis acuta</i>	0	0	0	2	0	0	2	0	0	4	1	0	4	2	0	3	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	3	2	0	4	0	0	7	0	0	0	1	0	4	0	0	2	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	5	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Impacto	Réplica - 1			Réplica - 2			Réplica - 3			Réplica - 4			Réplica - 5			Réplica - 6		
	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D	V	M	D
<i>Kalliapseudes schubartii</i>	23	7	6	26	3	0	66	10	9	66	9	19	13	3	2	26	10	0
<i>Laeonereis acuta</i>	0	0	0	0	2	0	5	0	1	3	0	1	0	0	0	7	0	0
<i>Nephtys fluviatilis</i>	1	0	0	0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0
<i>Heteromastus similis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sinelobus stanfordi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Kupelonura sp</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0

Anexo II

Anexo II: Dados brutos do experimento de laboratório. V - vivos; M - mortos; D - Debilitados.

Controle					Impacto				
	Amostragem	V	M	D		Amostragem	V	M	D
Réplica 1	6h	20,0	0,0	0,0	Réplica 1	6h	19,0	0,0	1,0
Réplica 2	6h	20,0	0,0	0,0	Réplica 2	6h	20,0	0,0	0,0
Réplica 3	6h	20,0	0,0	0,0	Réplica 3	6h	20,0	0,0	0,0
Réplica 4	6h	20,0	0,0	0,0	Réplica 4	6h	19,0	0,0	1,0
Réplica 5	6h	20,0	0,0	0,0	Réplica 5	6h	20,0	0,0	0,0
Réplica 6	6h	20,0	0,0	0,0	Réplica 6	6h	20,0	0,0	0,0
Réplica 1	12h	20,0	0,0	0,0	Réplica 1	12h	16,0	2,0	2,0
Réplica 2	12h	20,0	0,0	0,0	Réplica 2	12h	17,0	2,0	1,0
Réplica 3	12h	20,0	0,0	0,0	Réplica 3	12h	16,0	3,0	1,0
Réplica 4	12h	20,0	0,0	0,0	Réplica 4	12h	17,0	2,0	1,0
Réplica 5	12h	20,0	0,0	0,0	Réplica 5	12h	17,0	1,0	1,0
Réplica 6	12h	20,0	0,0	0,0	Réplica 6	12h	16,0	2,0	2,0
Réplica 1	24h	20,0	0,0	0,0	Réplica 1	24h	14,0	2,0	4,0
Réplica 2	24h	20,0	0,0	0,0	Réplica 2	24h	12,0	4,0	4,0
Réplica 3	24h	20,0	0,0	0,0	Réplica 3	24h	13,0	4,0	3,0
Réplica 4	24h	20,0	0,0	0,0	Réplica 4	24h	13,0	2,0	5,0
Réplica 5	24h	20,0	0,0	0,0	Réplica 5	24h	12,0	3,0	5,0
Réplica 6	24h	19,0	1,0	0,0	Réplica 6	24h	11,0	7,0	2,0
Réplica 1	3d	20,0	0,0	0,0	Réplica 1	3d	9,0	7,0	4,0
Réplica 2	3d	20,0	0,0	0,0	Réplica 2	3d	8,0	6,0	6,0
Réplica 3	3d	19,0	1,0	0,0	Réplica 3	3d	7,0	6,0	7,0
Réplica 4	3d	19,0	1,0	0,0	Réplica 4	3d	8,0	7,0	5,0
Réplica 5	3d	20,0	0,0	0,0	Réplica 5	3d	8,0	7,0	5,0
Réplica 6	3d	20,0	0,0	0,0	Réplica 6	3d	7,0	7,0	6,0
Réplica 1	7d	19,0	1,0	0,0	Réplica 1	7d	5,0	11,0	4,0
Réplica 2	7d	20,0	0,0	0,0	Réplica 2	7d	4,0	13,0	3,0
Réplica 3	7d	19,0	1,0	0,0	Réplica 3	7d	5,0	12,0	3,0
Réplica 4	7d	20,0	0,0	0,0	Réplica 4	7d	2,0	18,0	0,0
Réplica 5	7d	20,0	0,0	0,0	Réplica 5	7d	1,0	18,0	1,0
Réplica 6	7d	20,0	0,0	0,0	Réplica 6	7d	3,0	12,0	5,0
Réplica 1	11d	19,0	1,0	0,0	Réplica 1	11d	1,0	19,0	0,0
Réplica 2	11d	20,0	0,0	0,0	Réplica 2	11d	2,0	15,0	3,0
Réplica 3	11d	18,0	2,0	0,0	Réplica 3	11d	2,0	17,0	1,0
Réplica 4	11d	20,0	0,0	0,0	Réplica 4	11d	2,0	18,0	0,0
Réplica 5	11d	17,0	3,0	0,0	Réplica 5	11d	2,0	18,0	0,0
Réplica 6	11d	17,0	3,0	0,0	Réplica 6	11d	3,0	17,0	0,0