



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ICB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DIVERSIDADE BIOLÓGICA – PPG-MDB**

**EFEITO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR PETRÓLEO
SOBRE A FAUNA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS
ASSOCIADA À *Salvinia auriculata* AUBLET (SALVINEACEAE)
E SEU USO COMO BIOINDICADORA DE POLUIÇÃO
AMBIENTAL**



ILTON SOARES OLIVEIRA

Manaus – Amazonas
2008



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS-UFAM
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS – ICB
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
DIVERSIDADE BIOLÓGICA – PPG-MDB**

**EFEITO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR PETRÓLEO
SOBRE A FAUNA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS
ASSOCIADA À *Salvinia auriculata* AUBLET (SALVINEACEAE)
E SEU USO COMO BIOINDICADORA DE POLUIÇÃO
AMBIENTAL**

ILTON SOARES OLIVEIRA

Orientador: Dr. Thierry R. Gasnier

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Diversidade Biológica da Universidade Federal do Amazonas, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Mestre em Diversidade Biológica

Manaus – Amazonas
2008

Financiamento – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM)

Ficha Catalográfica

O48e	<p>Oliveira, Ilton Soares</p> <p>Efeito da contaminação da água por petróleo sobre a fauna de invertebrados aquáticos associada à <i>Salvinia auriculata</i> Aublet (Salvineaceae) e seu uso como bioindicadora de poluição ambiental / Ilton Soares Oliveira. - Manaus: UFAM, 2008.</p> <p>vii, 57 f.; il.</p> <p>Dissertação (Mestrado em Diversidade Biológica) — Universidade Federal do Amazonas, 2008.</p> <p>Orientador: Prof. Dr. Thierry R. Gasnier</p> <p>1. Água – Contaminação por petróleo 2. Impacto ambiental 3. Invertebrados aquáticos I. Gasnier, Thierry R. II. Universidade Federal do Amazonas III. Título</p>
	CDU 592(043.3)
	<p>Sinopse:</p> <p>Estudou-se a exposição da comunidade de invertebrados aquáticos associados à <i>Salvinia auriculata</i> Aublet (Salvineaceae) ao petróleo, no Município de Manaus, Amazonas, Brasil, entre os meses de Março e Novembro de 2007.</p> <p>Palavras-chave:</p> <p>Petróleo, Impacto ambiental, Bioindicadores, Invertebrados aquáticos, Amazônia.</p>

Sinopse

**Dedico esta dissertação à minha família,
Aos que nasceram família e aos que se
tornaram família,
Aos que estão sempre comigo,
e aos que toleram a minha chatura,
Aos meus pais, Ilton Oliveira e Mary Soares,
por todo o apoio nos momentos difíceis e a
minha esposa, Cislén Souza por todo o amor
e dedicação.**

AGRADECIMENTOS

Ao Dr. Thierry R. Gasnier, pela sua dedicação, apoio e companheirismo, pela paciência e disponibilidade, pelos incomensuráveis ensinamentos e pelo incentivo à pesquisa.

À Dra. Maria José do N. Lopes do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, pelos preciosos ensinamentos sobre triagem e identificação de invertebrados aquáticos.

À Dra. Andrea Viviane Waichmann, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, pelas sugestões e bibliografias disponibilizadas.

Ao Dr. Eduardo Martins Venticinque, da Wildlife Conservation Society (WCS), pelas sugestões de delineamento e preparação das amostragens.

À Dra. Maria Anete Leite Rubin, da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, pelas sugestões e bibliografias disponibilizadas.

À Refinaria de Petróleo de Manaus REMAN/PETROBRÁS, pelo fornecimento de amostras de petróleo e pelo descarte dos resíduos oriundos dos experimentos.

Aos pesquisadores do laboratório de zooplâncton do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, pelo apoio no aprendizado destinado a identificação de microcrustáceos.

A Bruno Machado, pelo auxílio durante as coletas de material.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão inicial de bolsa de Mestrado.

À Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado do Amazonas (FAPEAM), pela concessão final de bolsa de Mestrado.

À Universidade Federal do Amazonas (UFAM), pela oportunidade concedida e apoio logístico.

RESUMO

Foram analisados os efeitos da exposição de invertebrados aquáticos de um lago de água branca da bacia amazônica a concentrações de 0,05; 0,5; 5,0 ml de petróleo ao longo de seis períodos de exposição (10 min, 60min, 6hs, 24hs, 3 dias e 10dias). As coletas ocorreram entre os meses de março e novembro de 2007 contemplando o ciclo hidrológico regional, de forma que variações sazonais nas populações dos invertebrados pudessem ser detectadas. As análises de dados mostraram que ocorreu uma redução de 39% na riqueza taxonômica na maior concentração de petróleo, mas este efeito não foi detectado em concentrações baixas. Os taxa que mostraram maior sensibilidade ao petróleo foram Diptera, Acari, Ostracoda e Cladocera do gênero *Simocephalus* e da família Chydoridae. Em contraste, os grupos Anelida (Oligochaeta), Cladocera do gênero *Diaphanosoma* e Copepoda da sub-ordem Cyclopoida foram bem amostrados mas não apresentaram reduções significativas quando na presença do petróleo, indicando que são grupos tolerantes ou relativamente tolerantes a este poluente. Tanto a riqueza quanto a densidade populacional de cada taxa sofreu fortes variações sazonais, devido a esta característica e a resistência de alguns grupos, o efeito do petróleo sobre as comunidades aquáticas deve ser estabelecido com cautela para que estudos com bioindicadores apresentem maior exatidão.

Palavras-chave: petróleo, impacto ambiental, bioindicadores, invertebrados aquáticos, Amazônia.

ABSTRACT

The effect of the exposition of aquatic invertebrates of a white water lake of the Amazonian basin to petroleum was analyzed on different concentrations (control, 0.05, 0.5, 5 ml/l) and on six times of exposition (10 min, 60min, 6hs, 24hs, 3 days and 10dias). The collections occurred between the months of March and November of 2007 having contemplated the regional hydrologic cycle, to allow the detection of seasonal variations in the populations of the invertebrates. The analyses of data had shown a reduction of 39% in richness of taxa in the highest concentration of oil, but this effect was not detected in lower concentrations. The taxa that showed greater sensitivity to the oil were Diptera, Acari, Ostracoda and Cladocera of the *Simocephalus* genus and of the Chydoridae family. In contrast, the groups Anelida (Oligochaeta), Cladocera of the genus *Diaphanosoma* and Copepoda of the sub-order Cyclopoida were well represented but had not presented significant reductions in the presence of oil, indicating that they are tolerant or relatively tolerant groups to this pollutant. Both, the richness of taxa and the population density of each tax had strong seasonal variations. Due to this variation and the resistance of some groups, the effect of the oil on the aquatic communities must be established with caution so that studies with bioindicators present greater exactness.

Key words: petroleum, environmental impact, bioindicators, aquatic invertebrates, Amazon region.

SUMÁRIO

O48e.....	3
1. INTRODUÇÃO.....	8
2.1 Objetivo geral:.....	14
2.2 Objetivos específicos:.....	14
Introdução.....	17
Material e métodos.....	20
Resultados.....	25
Discussão.....	27
Referências.....	30

1. INTRODUÇÃO

A avaliação da qualidade da água é de fundamental importância para o manejo de recursos hídricos, uma vez que os ecossistemas aquáticos vêm sofrendo uma série de

impactos antropogênicos que alteram o seu funcionamento (PETER e WILLIAM, 1997; BARRY *et al.*, 1998). Landim (1997) considera que a água é um dos casos, talvez o mais típico, de recurso natural renovável que pode se tornar exaurível. No que concerne aos rios, estes como coletores naturais das paisagens, refletem o uso e ocupação do solo de sua respectiva bacia de drenagem. Os principais processos degradadores observados em função das atividades humanas nas bacias de drenagem são o assoreamento e homogeneização do leito dos rios, córregos e lagos, diminuição da diversidade de habitats e micro-habitats e eutrofização artificial (TOMMASI, 1994).

Além da avaliação físico-química da qualidade da água, mais tradicional para a avaliação de ecossistemas aquáticos, o monitoramento biológico constitui outro modo de determinar esta qualidade (e.g. JOSEPH *et al.*, 2002; SILVEIRA, 2004), que geralmente é medida pelas alterações estruturais e funcionais das comunidades nos sistemas ecológicos, através de sua diversidade e abundância. Este tipo de avaliação envolve o uso sistemático de organismos vivos e/ou suas respostas na comunidade biológica em função dos impactos ocorridos no meio ambiente. O papel do biomonitoramento é avaliar a extensão e a direção das respostas da comunidade biológica em função dos impactos ocorridos (ARMITAGE, 1996).

Na prática, o princípio básico do biomonitoramento é a comparação entre uma área controle não impactada – o chamado “ponto-referência” - contra um local onde se quer testar a condição ambiental. Uma das vantagens desta técnica de detecção da poluição dos rios e lagos é seu baixo custo, além de requerer pouco aparato técnico (THORNE e WILLIAMS, 1997). Além disso, a avaliação biológica apresenta algumas vantagens sobre a físico-química, uma vez que os organismos integram condições ambientais por um longo período de tempo, enquanto que os dados químicos são medidos instantaneamente na natureza e, portanto,

necessitam de um grande número de medições para que se obtenha uma maior acuidade de resultados (DE PAUW e VANHOOREN, 1983).

A toxicidade de agentes químicos no meio aquático é avaliada por meio de ensaios ecotoxicológicos com organismos representativos da coluna d'água ou dos sedimentos de ambientes de água doce, estuarina ou marinha. No que concerne à realização dos ensaios de toxicidade, estes podem ser realizados em campo ou em condições controladas de laboratório (KNIE e LOPES, 2004).

Os estudos de campo utilizam normalmente várias espécies e são mais realísticos do que aqueles que utilizam uma única espécie, pois avaliam também as interações entre os organismos das espécies em estudo. Cabe aqui destacar, que os testes que utilizam várias espécies podem ser conduzidos em laboratório como, por exemplo, “microcosmos em laboratório”, que são constituídos de recipientes de vidro ou plástico contendo amostras do ecossistema natural (água, sedimentos, plantas, invertebrados, peixes) em pequena escala. A principal razão para conduzir estudos em campo é conhecer o efeito real de um novo produto no ambiente natural; em contra partida, o efeito da maioria das substâncias químicas é menor em condições de campo, devido à redução na persistência e biodisponibilidade das mesmas (ZAGATTO e BERTOLETTI, 2006).

Ao buscar espécies ou grupos taxonômicos para utilização em testes de toxicidade é necessário que estes organismos apresentem algumas características importantes para sua utilização como bioindicadores: possuam boa disponibilidade (espécies presentes em épocas restritas e em pequeno número devem ser descartadas), sejam sensíveis e autóctones ou representativos do ecossistema em estudo (ZAGATTO e BERTOLETTI, 2006).

O subprojeto de fauna de raízes de macrófitas do projeto PIATAM (Potenciais Impactos do Transporte de Petróleo no Amazonas), objetivou o desenvolvimento de bioindicadores para avaliação de eventuais impactos de petróleo em lagos de várzea. Neste

subprojeto, chegou-se à conclusão que *Salvinia auriculata* é a planta aquática mais apropriada para a padronização da técnica de coleta destes organismos, pois pode ser encontrada em quase todos os lagos, tem uma fauna rica associada às suas raízes e pode ser manipulada de forma mais padronizada que outras plantas aquáticas (GONÇALVES, 2002; MAIA *et al.*, 2003).

As macrófitas aquáticas são plantas herbáceas que habitam desde solos saturados ou cobertos com água, até ambientes verdadeiramente aquáticos; constituindo um dos principais componentes dos ecossistemas alagáveis e servindo como fonte de alimento, abrigo e oxigênio para os invertebrados que a elas se associam (ROOKE, 1984 *apud* SANTOS *et al.*, 1998). *Salvinia auriculata* é uma Pteridófita da família Salviniaceae, incluída por ESTEVES (1998) no grupo ecológico das macrófitas aquáticas flutuantes, que se caracterizam por flutuar livremente na superfície da água. Estão presentes nos lagos de várzea ao longo de todo o ano.

Anatomicamente, a espécie *S. auriculata* é caracterizada por apresentar um caule flutuante, irregularmente ramificado, sem raízes verdadeiras. Folhas dispostas em verticilos ternários, sendo duas flutuantes e uma submersa; folhas flutuantes fotossintetizantes, inteiras, com pêlos impermeáveis à água na superfície adaxial e pêlos permeáveis na superfície abaxial; folhas submersas não fotossintetizantes, finalmente divididas em segmentos lineares semelhantes a raízes (COOK, 1974). Devido à semelhança anatômica e funcional com raízes verdadeiras, será utilizado neste texto o termo “raiz” quando em referência a estas folhas modificadas.

A fauna de invertebrados associada às plantas aquáticas, conhecida como “perizoon” (JUNK e ROBERTSON, 1997), é a mais diversa dentre os diferentes habitats da várzea. A maioria dos grupos de animais aquáticos tem representantes neste habitat. Os grupos numericamente mais abundantes são: Copepoda, Ostracoda, Cladocera e Diptera. Outros

grupos abundantes são Conchostraca, Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata, moluscos do gênero Biomphalaria e Hydracarina (ácaros aquáticos) (GASNIER, 2003).

O interesse na utilização de invertebrados aquáticos para o monitoramento biológico de qualidade ambiental em ecossistemas aquáticos deve-se a vários fatores, entre eles o fato das comunidades de invertebrados estarem intimamente ligadas aos habitats aquáticos (ROSENBERG e RESH, 1993), desempenharem um importante papel em grande parte dos processos ecológicos e ecotoxicológicos que ocorrem nos lagos e nos rios (MCCALL e SOSTER, 1990; DOWNING, 1991; GRIFFITHS, 1991), e geralmente integrarem e refletirem alterações ambientais, variações nas características físicas, químicas e ecológicas do seu habitat ao longo do espaço e do tempo (COOK, 1976; MILBRINCK, 1983). Para as espécies de invertebrados que se deslocam na coluna d'água, entre elas os grupos de "perizoon" associados às raízes de macrófitas aquáticas, o óleo pode ter vários efeitos crônicos. Estes efeitos incluem problemas relacionados ao sistema nervoso, anomalias de comportamento e desenvolvimento e fertilidade reduzida (GREEN e TRETT, 1989). O óleo derramado na superfície da água pode também limitar a troca do oxigênio, revestindo as brânquias dos organismos aquáticos e causando lesões patológicas nas superfícies respiratórias. Os efeitos do óleo em organismos bênticos e "perizoon" de água doce podem resultar do fato de que este se acumula no sedimento. Isto pode impedir a colonização ou resultar em vários efeitos letais e subletais aos invertebrados (HOEHN *et al.*, 1974).

Considerando-se que a comunidade zooplancônica é fortemente influenciada pelo despejo de petróleo na água (LYTLE e PECKARSKY, 2001; ANSARI e INGOLE, 2002; BHATTACHARYYA *et al.*, 2003; COUCEIRO *et al.*, 2006) e que existem poucos estudos relacionados a ambientes dulcícolas, pretendeu-se com este trabalho analisar a influência da concentração e do tempo de exposição da comunidade de invertebrados aquáticos com ênfase em microcrustáceos a esse poluente.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral:

- Avaliar o efeito do petróleo sobre a fauna de invertebrados aquáticos associada à macrófita aquática *Salvinia auriculata* em um lago de água branca da Amazônia Central.

2.2 Objetivos específicos:

- Verificar a existência de relação entre a concentração de petróleo e a abundância e riqueza dos taxa da fauna de invertebrados aquáticos associada às raízes de *S. auriculata*;
- Verificar a existência de relação entre o tempo de exposição ao petróleo e a abundância e riqueza dos taxa da fauna de invertebrados aquáticos associada às raízes de *S. auriculata*;

3. ARTIGO

EFEITO DA CONTAMINAÇÃO DA ÁGUA POR PETRÓLEO SOBRE A FAUNA DE INVERTEBRADOS AQUÁTICOS ASSOCIADA À *Salvinia auriculata* AUBLET (SALVINEACEAE) E SEU USO COMO BIOINDICADORA DE POLUIÇÃO AMBIENTAL

EFFECT OF WATER CONTAMINATION WITH PETROLEUM ON THE FAUNA OF AQUATIC INVERTEBRATES ASSOCIATED WITH *Salvinia auriculata* AUBLET (SALVINEACEAE) AND ITS USE AS BIOINDICATOR OF AMBIENTAL POLLUTION

Oliveira-Soares, Ilton*

Gasnier, Thierry*

* Universidade Federal do Amazonas - UFAM

Autor correspondente: Dr. Thierry Ray Gasnier

Departamento de Biologia/ICB

Fundação Universidade do Amazonas

Av. Gal. R. O. J. Ramos 3000

CEP 69067-000, Manaus, AM Brasil

Fone: (92) 3644- 2548 (casa)

Email: thierry@internext.com.br / tgasnier@ufam.edu.br

RESUMO

Foram analisados os efeitos da exposição de invertebrados aquáticos de um lago de água branca da bacia amazônica a concentrações de 0,05; 0,5; 5,0 ml de petróleo ao longo de seis períodos de exposição (10 min, 60min, 6hs, 24hs, 3 dias e 10dias). As coletas ocorreram entre os meses de março e novembro de 2007 contemplando o ciclo hidrológico regional, de forma que variações sazonais nas populações dos invertebrados pudessem ser detectadas. As análises de dados mostraram que ocorreu uma redução de 39% na riqueza taxonômica na maior concentração de petróleo, mas este efeito não foi detectado em concentrações baixas. Os taxa que mostraram maior sensibilidade ao petróleo foram Diptera, Acari, Ostracoda e Cladocera do gênero *Simocephalus* e da família Chydoridae. Em contraste, os grupos Anelida (Oligochaeta), Cladocera do gênero *Diaphanosoma* e Copepoda da sub-ordem Cyclopoida foram bem amostrados mas não apresentaram reduções significativas quando na presença do petróleo, indicando que são grupos tolerantes ou relativamente tolerantes a este poluente. Tanto a riqueza quanto a densidade populacional de cada taxa sofreu fortes variações sazonais, devido a esta característica e a resistência de alguns grupos, o efeito do petróleo sobre as comunidades aquáticas deve ser estabelecido com cautela para que estudos com bioindicadores apresentem maior exatidão.

Palavras-chave: petróleo, impacto ambiental, bioindicadores, invertebrados aquáticos, Amazônia.

ABSTRACT

The effect of the exposition of aquatic invertebrates of a white water lake of the Amazonian basin to petroleum was analyzed on different concentrations (control, 0.05, 0.5, 5 ml/l) and on six times of exposition (10 min, 60min, 6hs, 24hs, 3 days and 10dias). The collections occurred between the months of March and November of 2007 having contemplated the regional hydrologic cycle, to allow the detection of seasonal variations in the populations of the invertebrates. The analyses of data had shown a reduction of 39% in richness of taxa in the highest concentration of oil, but this effect was not detected in lower concentrations. The taxa that showed greater sensitivity to the oil were Diptera, Acari, Ostracoda and Cladocera of the *Simocephalus* genus and of the Chydoridae family. In contrast, the groups Anelida (Oligochaeta), Cladocera of the genus *Diaphanosoma* and Copepoda of the sub-order Cyclopoida were well represented but had not presented significant reductions in the presence of oil, indicating that they are tolerant or relatively tolerant groups to this pollutant. Both, the richness of taxa and the population density of each tax had strong seasonal variations. Due to this variation and the resistance of some groups, the effect of the oil on the aquatic communities must be established with caution so that studies with bioindicators present greater exactness.

Key words: petroleum, environmental impact, bioindicators, aquatic invertebrates, Amazon region.

Introdução

A maioria das pesquisas relacionadas ao efeito da poluição dos ambientes aquáticos por petróleo e seus derivados foram realizadas em sistemas marinhos. Como a maior parte dos grandes derramamentos de petróleo ocorreu nestes ambientes, o interesse por estudos em ambientes dulcícolas não se desenvolveu da mesma maneira (BHATTACHARYYA *et al.*, 2003). Entretanto, derramamentos de petróleo e seus derivados também ocorrem nos ambientes de água doce, em consequência de atividades relacionadas ao transporte e processamento deste produto (GREEN e TRETT, 1989). Desta maneira, tornam-se importantes os estudos sobre os impactos ambientais e as opções para o monitoramento da recuperação de ambientes dulcícolas lênticos impactados, haja vista, que o óleo é retido por muito mais tempo nestes ambientes (BACA *et al.*, 1985).

Na Amazônia, o risco de acidentes com petróleo e seus derivados aumentou consideravelmente devido ao aumento das atividades de transporte destas substâncias, principalmente entre a Bacia do Rio Urucu, município de Coari e Manaus (Amazonas - Brasil), pela Petrobrás, empresa estatal responsável pela extração de combustíveis fósseis no Brasil, o que resultou em um sistema de transporte fluvial de gás natural e petróleo através dos rios Solimões, Amazonas e Negro, transpassando também ambientes lênticos, como lagos de água branca, com os inerentes riscos potenciais para o ambiente (FREITAS e RIVAS, 2003). Estes compostos são produzidos na bacia de Urucu e transportados por dutos ao longo de 270 km até a margem do rio Solimões. Neste local o petróleo é transferido para navios petroleiros e levado para a refinaria de Manaus (REMAN/PETROBRÁS), a dois mil quilômetros de Coari. Estes processos aumentaram não só os riscos de possíveis derramamentos de óleo cru sobre as comunidades aquáticas, mas

também o efeito cumulativo de pequenos derramamentos oriundos destas ações ao longo do tempo.

Estudos recentes (LYTLE e PECKARSKY, 2001; BHATTACHARYYA *et al.*, 2003) mostraram que a densidade e a riqueza de grupos de invertebrados marinhos em ambientes que sofreram impacto por petróleo e ou seus derivados pode declinar em até 90% em relação a ambientes não impactados. Estes autores observaram também que os resíduos do derramamento podem ficar em suspensão na coluna d'água ou na região superficial por vários anos. Outros estudos indicam que a resposta a esses poluentes pode ser muito variada, incluindo uma rápida recuperação (GUINEY *et al.*, 1987; COUCEIRO *et al.*, 2006), efeitos mínimos (MASNIK *et al.*, 1976; ANSARI e INGOLE, 2002) , e recuperação a longo prazo (POULTON *et al.*, 1998). Portanto, a utilização de invertebrados aquáticos para a avaliação e monitoramento de ambientes impactados depende de estudos sobre a sensibilidade desta fauna ao petróleo. Partindo deste pressuposto, estudou-se neste trabalho a influência da concentração e do tempo de exposição da comunidade de invertebrados aquáticos ao petróleo.

Considerando-se que a comunidade zooplanctônica é fortemente influenciada pelo despejo de petróleo na água (LYTLE e PECKARSKY, 2001; ANSARI e INGOLE, 2002; BHATTACHARYYA *et al.*, 2003; COUCEIRO *et al.*, 2006) e que existem poucos estudos relacionados a ambientes dulcícolas, pretendeu-se com este trabalho analisar a influência da concentração e do tempo de exposição da comunidade de invertebrados aquáticos com ênfase em microcrustáceos a esse poluente.

Material e métodos

Área de estudo

As excursões e coletas de material foram realizadas no lago do Xiborena, este lago está localizado a aproximadamente 5 km da cidade de Manaus (3° 10' 03" S; 59° 55' 29" O) na região da várzea do rio Solimões, próximo a sua confluência com o rio negro (Figura 1). Essa região corresponde a uma zona de terras baixas, com uma série de lagos interconectados (Vale, 2003).

A área de estudo apresenta topografia uniforme e plana resultante da acumulação fluvial, está localizada na planície de inundação da Amazônia Central sendo submetida a inundações periódicas (Junk, 1980).

O clima da região é definido como Equatorial Quente e Úmido, enquadrado no tipo **Afi** de acordo com a classificação de Köppen. Segundo esta classificação, a zona climática **A** corresponde a Clima Tropical com temperatura média para o mês mais frio sempre superior a 18 °C, e precipitação anual maior que a evapotranspiração anual. O tipo climático **f** indica clima tropical chuvoso de floresta, constantemente úmido, com a ocorrência de chuvas durante o ano e, portanto, sem estação seca bem definida, onde o mínimo de precipitação é superior a 60mm por mês. A variedade climática **i** (de isoterminia) indica que não há grande diferenciação entre verão e inverno, com variações anuais de temperatura média que não atingem 5°C.

A precipitação pluviométrica anual é cerca de 2.500mm, e a densidade pluviométrica varia a cada seis meses caracterizando a ocorrência de duas estações: chuvosa (inverno) e seca (verão). O período de maior precipitação vai de

fevereiro a abril, enquanto que o período mais seco corresponde aos meses de julho a setembro.

Em relação às variáveis físico-químicas, a área estudada apresenta águas turbidas com valor médio de transparência em torno de 0,76 metros; quanto à penetração de luz, a zona eufótica atinge, em média, 2,1 metros. A temperatura apresenta valor médio de aproximadamente 29,3° enquanto que, de um modo geral, o nível de oxigênio dissolvido pode ser considerado baixo, com valor médio de 2,06 mg/L correspondente a 27,0% de saturação de oxigênio. A condutividade elétrica apresenta uma média global em torno de 68,6 μ S/cm e os valores de pH da água indicam um caráter ácido a levemente alcalino com média de 6,68 (Brito, 2006).

Montagem do experimento

As coletas no lago do Xiborena foram realizadas em quatro excursões nos meses de março, junho, agosto e novembro de 2007; estas coletas contemplaram os quatro diferentes períodos do ciclo hidrológico da região (enchente, cheia, vazante e seca). Nestas excursões foram coletadas plantas da espécie *Salvinia auriculata*, juntamente com a fauna que vive em suas raízes.

Nestas quatro coletas, foi recolhido material para cinco séries experimentais, pois na quarta excursão foi possível coletar material para duas séries de experimentos. As plantas foram recolhidas com recipientes plásticos de 500ml que foram submergidos abaixo das raízes e emergidos lentamente de forma a retirá-las juntamente com a fauna associada as suas raízes (Figura 2). Após a coleta, os recipientes foram fechados e acondicionados em caixas com isolamento térmico para o transporte até o Campus da Universidade Federal do Amazonas (UFAM),

onde foram imediatamente colocados nos recipientes em que ocorreram os experimentos. O Petróleo utilizado para a montagem dos experimentos foi fornecido pela Refinaria de Petróleo de Manaus REMAN/PETROBRÁS, nesta, foi descartado também o resíduo de petróleo ao final do experimento.

Os experimentos foram realizados em recipientes plásticos de 1530ml de capacidade (16x16x6cm), contendo 1000ml (16x16x3,9cm) de água. Este volume foi obtido com a água da amostra mais água proveniente do próprio local de coleta das plantas, após filtragem com rede de plâncton de 55 μ , esta filtragem foi necessária para que animais externos às raízes das plantas não fossem introduzidos nos experimentos. Cada série experimental foi composta de 24 recipientes (Figura 3), nos quais foram utilizadas as seguintes quantidades de petróleo: 0ml (controle); 0,05ml; 0,5ml e 5,0 ml; estas concentrações foram utilizadas para que os organismos fossem expostos a um gradiente de concentração de petróleo, variando de pequena a grande concentração. Os rametes de *S. auriculata*, e a fauna associada às suas raízes juntamente com a água, foram transferidos diretamente do recipiente de acondicionamento para transporte para os recipientes em que ocorreu o experimento. Estes por sua vez, foram cobertos com telas para evitar a contaminação por organismos externos e acondicionados em local protegido da chuva e de luz direta, mas com entrada de luz suficiente para permitir a sobrevivência das plantas. O nível de água foi controlado diariamente para evitar o ressecamento e a mudança na concentração do petróleo.

Nos períodos de exposição equivalentes a 10 minutos, 60 minutos, 6 horas, 24 horas, 3 dias e 10 dias, um recipiente (unidade amostral) foi retirado de cada concentração de petróleo e do grupo controle. Os rametes de *S. auriculata* e aproximadamente um terço da água de cada recipiente foram transferidos para um

recipiente de 500 ml e agitados por 30 segundos, de forma a remover a fauna aderida às suas raízes. Os rametes (plantas) foram descartados, e a água (juntamente com a fauna, partículas de folhas, solo etc.) foi filtrada em rede de plâncton 55 μ , o material retido e concentrado na rede foi transferido para uma placa de Petri, que foi colocada novamente no recipiente de 500 ml. Em seguida adicionou-se água até aproximadamente um terço do recipiente de modo que os organismos vivos pudessem nadar para fora da placa de Petri (Figura 4), após exatamente 30 minutos a placa com os detritos foi cuidadosamente retirada. A água restante (com os organismos que nadaram) foi novamente filtrada e os organismos foram transferidos para um frasco contendo álcool 70%. Todo esse procedimento foi necessário para que se pudessem separar os animais vivos dos mortos (que ficaram retidos junto com o material filtrado). Terminada a série, foi feita a triagem e identificação da fauna de invertebrados aquáticos no nível de grupos taxonômicos operacionais (MERRITT e CUMMINS, 1996) com o auxílio de lupa e microscópio estereoscópico.

Análise de Dados

Foram utilizados dois índices para a avaliação do efeito do petróleo sobre a fauna: a riqueza de taxa (número de grupos taxonômicos operacionais por amostra) e a abundância de indivíduos por grupo taxonômico operacional (nos grupos com mais de 50 indivíduos coletados). Os grupos taxonômicos foram definidos em função da abundância e da facilidade para a identificação, prevendo a possibilidade de tornar este método um padrão de fácil triagem para utilização posterior. Maior detalhamento nas triagens foi dado aos microcrustáceos, pois é um grupo muito

abundante, de identificação relativamente simples e que recebeu maior atenção em estudos semelhantes (PETRUCCI *et al.*, 1995; MARANHÃO *et al.*, 2001; MEZQUITA *et al.*, 2001; SCHULZ, 2003). Para a identificação dos organismos foi seguida a classificação de Barnes (2005).

Nas avaliações da sensibilidade ao petróleo, utilizaram-se apenas os dados dos experimentos com exposição prolongada ao petróleo (igual ou maior que 24hs), para reduzir a chance da não obtenção de respostas em relação a tempos muito curtos de exposição. Antes dos testes, observou-se que na maioria dos casos as premissas dos testes paramétricos não se aplicavam pois os dados não apresentaram normalidade na sua distribuição, de forma que optou-se por utilizar apenas testes não paramétricos. Na primeira avaliação de sensibilidade, foi utilizado o teste de correlação de Spearman com todas as concentrações para avaliar se houve uma correlação entre o efeito do petróleo em relação ao aumento de sua concentração. Na segunda avaliação, utilizou-se Mann-Whitney para comparar apenas o controle com a maior concentração de petróleo. Esta segunda análise tem mais poder estatístico se o efeito só ocorrer nas concentrações mais altas e possibilita uma medida simples da dimensão do efeito do petróleo: a “porcentagem de variação das médias”.

O programa utilizado para a realização das análises foi o SYSTAT 12 (Wilkinson, 1998). O α adotado foi de 0,05 e a correção para testes múltiplos foi feita conforme Rice 1989.

Resultados

Foram encontrados 11.076 invertebrados, dos quais 68% foram microcrustáceos, 23,7% insetos, 4,9% aracnídeos (ácaros aquáticos), 3,2% anelídeos oligoquetos e 0,35% moluscos gastrópodes. Os 17 taxa encontrados durante a triagem e que foram incluídos nas análises foram: insetos das ordens Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Odonata, Hemiptera, Lepidoptera e Trichoptera; aracnídeos do grupo Acari; crustáceos dos grupos Ostracoda, Conchostraca, Cyclopoida, Calanoida, *Diaphanosoma*, *Simocephalus* e Chydoridae; Anelídeos da classe Oligochaeta, e moluscos da classe Gastropoda.

A riqueza de taxa sofreu uma redução média de 39% na concentração de 5,0 ml em relação ao controle (Tabela 01). Os efeitos sobre alguns dos grupos taxonômicos mais amostrados foram significativos na comparação com todas as concentrações de petróleo em períodos longos (teste de correlação de Spearman; n=60 **Falta o valor do teste**) e na comparação entre controle e a maior concentração em períodos longos (teste de Mann-Whitney; n=30 **Falta o valor do teste**). Dentre os grupos analisados, os taxa que mostraram maior sensibilidade ao petróleo foram Diptera, Acari, Ostracoda e Cladocera do gênero *Simocephalus* e da família Chydoridae. Por este motivo, estes taxa foram selecionados para as análises seguintes de efeito temporal do petróleo e da variação temporal de suas abundâncias ao longo do ciclo hidrológico anual. Os grupos Anelida (Oligochaeta), Cladocera do gênero *Diaphanosoma* e Copepoda da sub-ordem Cyclopoida foram bem amostrados e não apresentaram reduções significativas na presença do petróleo, indicando que são grupos tolerantes ou relativamente tolerantes a este poluente (Tabela 01).

D A riqueza média de taxa não sofreu uma forte redução até três dias de experimento no tratamento de 5,0 ml de petróleo (Figura 5); nas outras concentrações, não houve uma clara redução da riqueza mesmo após 10 dias de experimento. Devido ao menor efeito do petróleo em concentrações menores, e para simplificar a análise, o efeito deste sobre os grupos taxonômicos selecionados restringiu-se ao tratamento de 5,0 ml. A abundância variou muito em função da data da coleta de cada série experimental (especialmente na 5ª coleta), de forma que as tendências em relação ao tempo de exposição não permitem uma percepção detalhada de quanto tempo o petróleo leva para afetar a mortalidade nestes grupos (Figura 6), em geral, a abundância tendeu a se reduzir gradualmente ao longo do tempo (escala logarítmica). Os grupos que não apresentaram uma redução gradual foram Odonata e *Simocephalus*, mas o primeiro teve um único dado extremo que fugiu ao padrão de redução gradual e o segundo teve poucos indivíduos nas amostras de 5,0 ml. A densidade de Ostracoda declinou muito da 1ª para a 6ª hora de exposição, indicando um curto período de resistência, entretanto, esta tendência necessitará ser corroborada, pois se baseia em dados de apenas uma série de coleta.

A abundância de todos os grupos selecionados variou significativamente entre as datas de coleta (Kruskal-Wallis para $P < 0,05$ **Falta o valor do teste**), sendo esta tendência mais pronunciada em Diptera, Trichoptera, Acari, Ostracoda, *Simocephalus* e Chydoridae (Figura 7). A riqueza de taxa também teve uma forte variação temporal ((Kruskal-Wallis para $P < 0,001$). Em geral os maiores valores aconteceram na 4ª coleta (novembro), apenas os Acari foram mais abundantes na 3ª excursão (agosto).

Discussão

Tanto a fauna em geral, medida pela riqueza de taxa, quanto os grupos Diptera, Acari, Ostracoda e Cladocera do gênero *Simocephalus* e da família Chydoridae mostraram alguma sensibilidade ao petróleo quando expostos a altas concentrações. A redução na riqueza de taxa de invertebrados aquáticos após a exposição ao petróleo tem sido verificada por vários autores (PONTASCH e BRUSVEN, 1988; LYTLE e PECKARSKY, 2001; ANSARI e INGOLE, 2002; YAMAMOTO *et al.*, 2003), o que mostra a importância deste índice na avaliação de alterações ambientais. A densidade populacional sofreu variações de acordo com o taxa considerado, refletindo os diferentes níveis de tolerância de cada grupo ao petróleo. Alguns dos taxa classificados como sensíveis nesse estudo, também foram diagnosticados como sensíveis ao petróleo por BHATTACHARYYA *et al.* (2003), KNIE e LOPES (2004) e ZAGATTO e BERTOLLETI (2006), especialmente os microcrustáceos, corroborando a importância deste grupo como bioindicadores.

No presente estudo não foram observados efeitos significativos de redução na densidade dos organismos em baixas concentrações de petróleo. Isto não implica que o efeito não exista, pois houve uma alta variação natural nos números de indivíduos entre amostras de uma coleta e entre excursões de coleta. Nesta abordagem, priorizou-se avaliar o efeito do petróleo com o mínimo de interferência na comunidade. Para uma melhor caracterização do efeito do petróleo sobre a mortalidade destes grupos, será necessária uma abordagem complementar padronizando a composição da fauna, isto é, misturando as amostras antes dos testes, ainda que isso altere a composição natural e cause uma maior perturbação para a fauna. Outras formas de avaliação, como estudo de alterações na mobilidade,

no desenvolvimento, crescimento, reprodução e comportamento (VANLEEuwEN, 1988b) também podem contribuir para se compreender melhor efeitos sutis do petróleo.

Não foi detectado um efeito imediato do petróleo sobre a mortalidade, isso pode ter ocorrido devido à exposição dos organismos a efeitos subletais deste poluente, o que pode não levar a morte em curto intervalo de tempo, mas pode causar distúrbios fisiológicos que possivelmente levariam o indivíduo à morte em longo prazo. Segundo vanLeeuwen (1988b), estudos complementares de avaliação do efeito do petróleo em longo prazo, conhecidos como estudos de toxicidade crônica são necessários para que se compreenda também os efeitos deste poluente sobre o ciclo de vida e para analisar seu efeito sobre as atividades fisiológicas dos organismos.

Uma importante premissa para utilização de bioindicadores é a facilidade para obtenção de indivíduos em número suficiente para as análises (KNIE e LOPES, 2004; ZAGATTO e BERTOLLETI, 2006). Neste sentido, a amostragem de invertebrados aquáticos através da coleta de *Salvinia* mostrou-se uma forma promissora de amostragem para estudos de bioindicação de qualidade de água em lagos da Amazônia. O método de retirada da fauna das raízes com filtragem e pela atividade dos organismos vivos permitiu a obtenção de amostras limpas e reduziu muito o tempo de triagem. Desta forma, obteve-se ao mesmo tempo uma amostra limpa e com uma fauna diversa e abundante, especialmente de microcrustáceos.

O método apresentou limitações e vantagens em relação a abordagens mais padronizadas. O maior problema desta forma de amostragem foi a variação natural entre as amostras e entre as épocas de coleta. Provavelmente a análise de amostras de fauna de *Salvinia* diretamente da natureza necessita de futuros ajustes

para que os efeitos das variações nas densidades populacionais dos organismos ao longo do ciclo hidrológico não influenciem no diagnóstico de qualidade ambiental. Entretanto, esta fauna tem excelente potencial para bioensaios de laboratório, especialmente devido ao método de filtragem e utilização da atividade dos organismos vivos e pela utilização de organismos autóctones. O uso de organismos autóctones para o estudo de qualidade de água é importante pelo fato de que organismos de locais diferentes possuem respostas diferentes à poluição, o que pode fornecer falsos resultados quando do uso de espécies exóticas para avaliações ambientais locais. Prósperi (1993) verificou que o microcrustáceo marinho nativo *Mysidopsis junie* foi o organismo mais sensível quando comparado aos organismos amplamente utilizados em testes de bioindicação, *Artemia sp.* e *Vibrio fisheri*, para quais várias das amostras não apresentaram efeito de toxicidade, neste caso, a avaliação do impacto do efluente no corpo receptor seria pouco eficiente levando a subestimação da toxicidade dos poluentes .

O efeito do petróleo sobre as comunidades aquáticas deve ser estabelecido com cautela, uma vez que estas estão sujeitas a fortes variações sazonais também encontradas por SAUNDERS e LEWIS, (1988; 1989); COUCEIRO *et al.*, (2006) e muitos organismos mostrarem resistência ou resiliência (PINEL-ALLOUL *et al.*, 1996; PESO-AGUIAR *et al.*, 2000) a esta substância. Além disso, o efeito pode depender da quantidade e características físico-químicas do óleo derramado, do período do ciclo hidrológico e das condições da bacia que recebeu o poluente. Entretanto, estudos do efeito de uma substância potencialmente tóxica sobre a fauna em condições bem próximas ao natural, podem ser importantes antes de se iniciar uma abordagem mais precisa, mas menos semelhante com a natureza.

Referências

Ansari ZA, Ingole B. Effect of an oil spill from M V Sea Transporter on intertidal meiofauna at Goa, India. **Marine Pollution Bulletin**, 2002, 44: pp. 396-402.

Baca BJ, Getter CD, Lindstedt-Siva J. **Freshwater oil spill considerations: protection and cleanup**. In: Proceedings 1985 Oil Spill Conference (Prevention, Behavior, Control, Cleanup), February 25–28, Los Angeles. American Petroleum Institute, Washington, 1985, pp. 385–390.

Brito JG. Estudo sazonal de variáveis limnológicas de um lago de várzea da Amazônia Central, lago Catalão. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, AM. 106p. 2006.

Bhattacharyya S, Klerks PL, Nyman JA. Toxicity to freshwater organisms from oils and oil spill chemical treatments in laboratory microcosms. **Environmental Pollution**, 2003, 122: pp. 205-215.

Couceiro SRM, Forsberg BR, Hamada N, Ferreira RLM. Effects of an oil spill and discharge of domestic sewage on the insect fauna of cururu stream, Manaus, AM, Brazil. **Braz. J. Biol.**, 2006, 66(1A): pp. 35-44.

Freitas CEC, Rivas AAF. Data collection to risk assessment of the fluvial transportation of oil and natural gas in the Amazon Basin - Piatam project. In: **River Basin Management II**, ed. Southhampton: WIT Press, 2003, pp. 271-278.

Green J, Trett MW. The Fate and Effects of Oil in Freshwater. **Elsevier Applied Science**, London. 1989.

Guiney PD, Sykora JL, Keleti G. Environmental impact of an aviation kerosene spill on stream water quality in Cambria County, Pennsylvania. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 1987, 6: pp. 977-988.

Junk WJ. Áreas inundáveis: um desafio para a limnologia. **Acta Amazônica**, 1980. 10 (4): PP. 775-795.

Knie JLW, Lopes EWB. **Testes ecotoxicológicos**: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: FATMA/GTZ. 2004. 288 p.

Köppen W. **Climatologia**. Ed. Fondo Cultura Economia, Mexico City. 1948.

Lytle DA, Peckarsky BL. Spatial and temporal impacts of a diesel fuel spill on stream invertebrates. **Freshwater Biology**, 2001, 46: pp. 693-704.

Maranhão P, Bengala N, Pardal M, Marques JC. The influence of environmental factors on the population dynamics, reproductive biology and productivity of *Echinogammarus marinus* Leach (Amphipoda, Gammaridae) in the Mondego estuary (Portugal). **Acta Oecologica**, 2001, 22: pp. 139-152.

Masnik MT, Stauffer JR, Hocutt CH, Wilson JH. The effects of an oil spill on the macroinvertebrates and fish in a small southwestern Virginia creek. **Journal of Environmental Science and Health**, 1976, 4-5: pp. 281-296.

Merritt RW, Cummins KW. **An Introduction to the aquatic insects of North America**. 3. ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company: 1996. 862p.

Mezquita F, Griffiths H I, Dominguez M I, Lozano-Quilis M A. Ostracoda (Crustacea) as ecological indicators: a case study from Iberian Mediterranean brooks. **Archiv für Hydrobiologie**, 2001, 150 (4): pp. 545-560.

Peso-Aguiar MC, *et al.* 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**, 2000, 3: pp. 459-470.

Petrucci F, Caimi S, Mura G, Caroli S. *Artemia* as a bioindicator of environmental contamination by trace elements. **Microchemical Journal**, 1995, 51: pp. 181-186.

Pinel-Alloul B, Méthot G, Lapierre L, Willsie A. Macroinvertebrate community as a biological indicator of ecological and toxicological factors in Lake Saint-François (Québec). **Environmental Pollution**, 1996, 91: pp. 65-87.

Pontasch KW, Brusven MA. Macroinvertebrate response to a gasoline spill in Wolf Lodge Creek, Idaho, USA. **Archiv für Hydrobiologie**, 1988, 113: pp 41-60.

Poulton BC, Callahan EV, Hurtubise RD, Mueller BG. Effects of an oil spill on leafpack-inhabiting macroinvertebrates in the Chariton River, Missouri. **Environmental Pollution**, 1998, 99: pp. 115-122.

Prósperi VA. Aplicação de testes de toxicidade com organismos marinhos para a análise de efluentes industriais lançados em áreas estuarinas. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, SP. 120p. 1993.

Rice WR. Analysing tables as statistical tests. **Evolution**, 1989, 43: pp. 223-225.

Ruppert EE, Fox RS, Barnes RD. **Zoologia dos Invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. Trad. MARQUES, C. 7ª Edição São Paulo. Editora Roca. 11143p. 2005.

Saunders JF, Lewis WM. Composition and seasonality of the community of Lake Valencia, Venezuela. **Journal of Plankton Research**, 1988, 10: pp. 957-985.

Saunders JF, Lewis WM. Zooplankton abundance in the lower Orinoco River, Venezuela. **Limnol. Oceanogr**, 1989, 34: pp. 397-409.

Schulz R. Using a freshwater amphipod in situ bioassay as a sensitive tool to detect pesticide effects in the field. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 2003, 22 (5): pp. 1172-1176.

Van Leeuwen CJ. Long-term toxicity testing and GLP. In: KRUIJF H A M, ZWART D, VISWANATHAN P N, RAY P K. (Eds.). **Manual on Aquatic Ecotoxicology**, 1988b. 332p.

Zagatto PA, Bertoletti E. **Ecotoxicologia aquática: Princípios e Aplicações**. São Carlos: RIMA. 2006. 478p.

Wilkinson L. **SYSTAT – The System for Statistics**. Evanston, IL: SYSTAT, Inc., 1998.

Yamamoto T, Nakaoka M, Komatsu T, Kawai H. Impacts by heavy-oil spill from the Russian tanker Nakhodka on intertidal ecosystems: recovery of animal community. **Marine Pollution Bulletin**, 2003, 47: pp. 91-98.

Figuras:

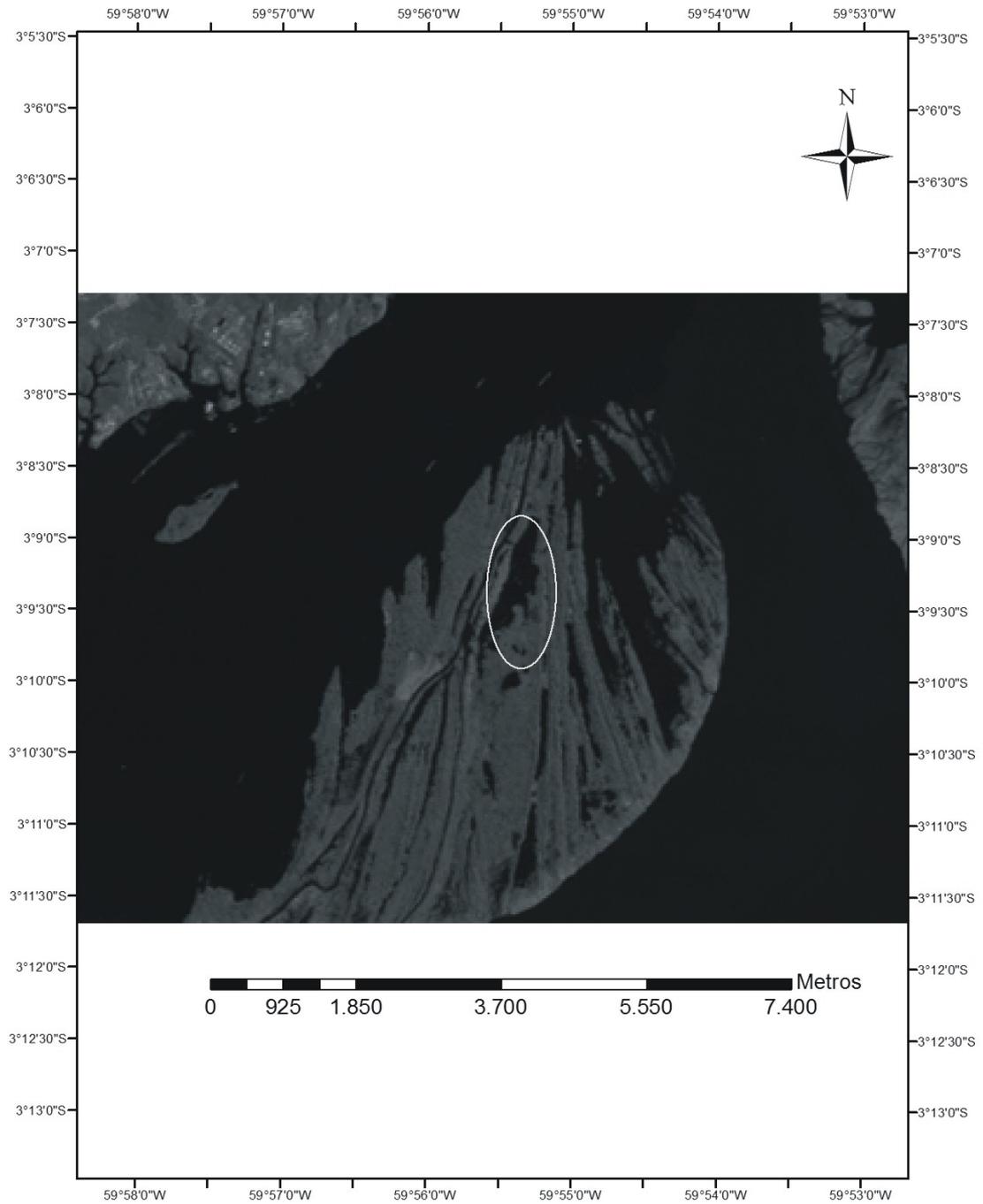


Figura 1. Local onde foram realizadas as coletas de *Salvinia auriculata*. Lago do Xiborena, localizado a aproximadamente 5 km da cidade de Manaus. Fonte: INPE, 2008



Figura 2. Coleta de *S. auriculata* juntamente com a fauna associada as suas raízes, lago do Xiborena.



Figura. 4- Metodologia utilizada para separar os animais vivos dos mortos.

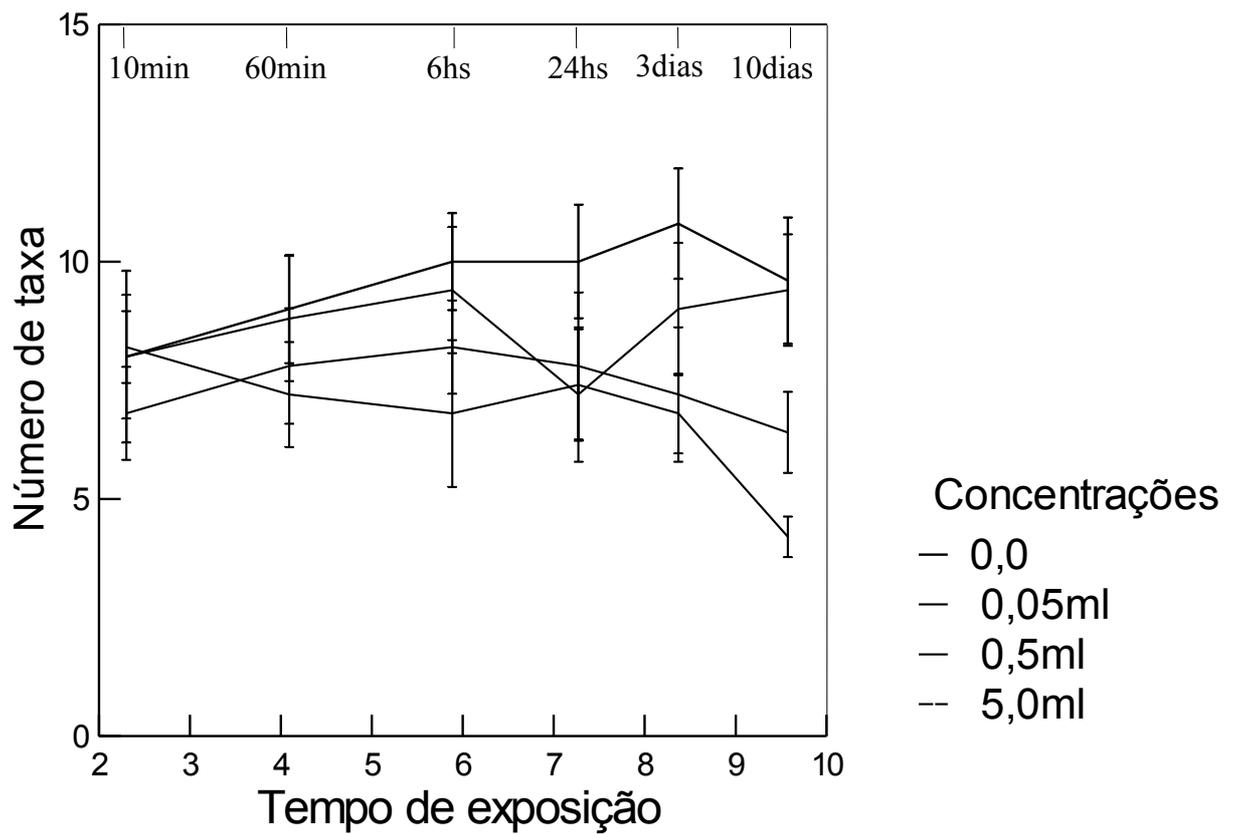


Figura 5. Variação da riqueza de taxa em função do tempo de exposição (log. minutos) para cada concentração de petróleo.

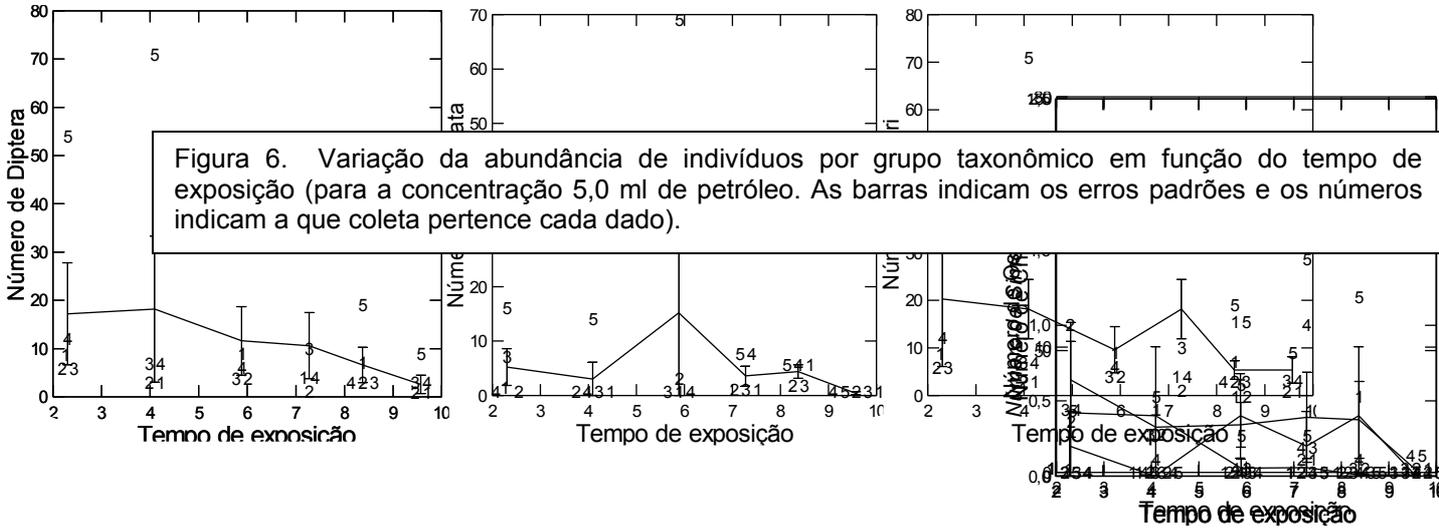


Figura 6. Variação da abundância de indivíduos por grupo taxonômico em função do tempo de exposição (para a concentração 5,0 ml de petróleo. As barras indicam os erros padrões e os números indicam a que coleta pertence cada dado).

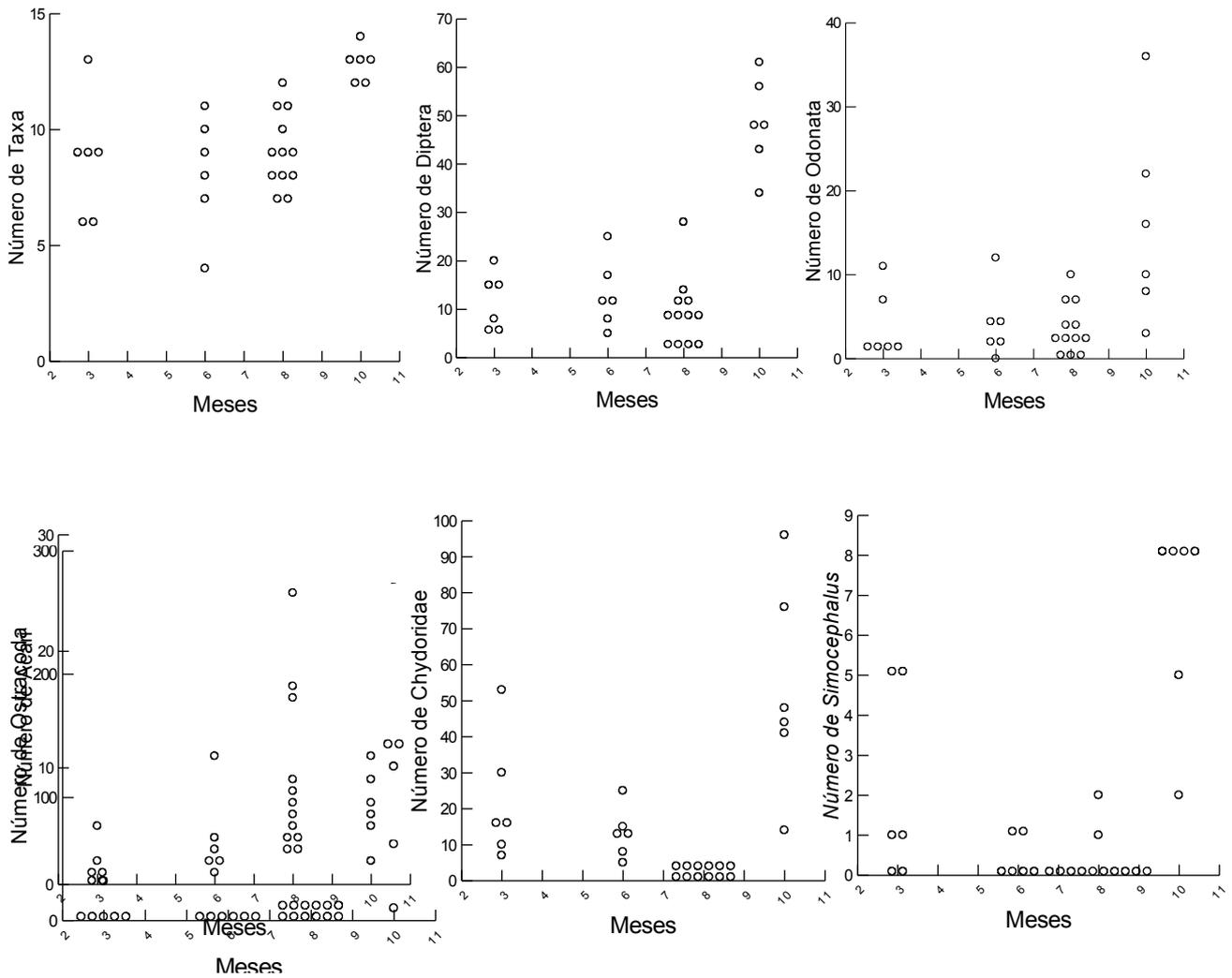


Figura 7. Flutuações das populações de invertebrados aquáticos ao longo do ciclo hidrológico regional durante as coletas dos meses de março (3), Junho (6), agosto (8) e novembro (10).

Tabelas:

Tabela 01. Efeito do petróleo sobre o número de taxa e sobre a abundância de grupos de invertebrados aquáticos com mais que 50 indivíduos coletados. Abreviações: N= Número total de indivíduos; X_0 = média dos valores para grupo controle; Ep_0 = erro padrão de X_0 ; X_5 = média dos valores para concentração 5,0ml, Ep_5 = erro padrão de X_5 ; $\Delta\%$ = variação das médias em porcentagem, P1= Probabilidade através do teste de Mann-Whitney, P1corr= Significância de P1 após correção para testes múltiplos; P2= Probabilidade através do teste de Correlação de Spearman, P2corr= Significância de P2 após correção para testes múltiplos (S= significativo e NS= não significativo).

Grupo	N	X_0	Ep_0	X_5	Ep_5	$\Delta\%$	P1	P1corr	P2	P2corr
N.Taxa	970	10,10	0,60	6,13	0,55	-39	<0,001	S	<0,0001	S
Coleoptera	60	1,10	0,40	0,13	0,09	-88	0,015	NS	0,0025	S
Diptera	1792	19,20	4,80	6,60	2,34	-65	0,006	S	0,0009	S
Ephemer.	88	1,30	0,56	0,27	0,27	-79	0,085	NS	0,0148	NS
Odonata	537	6,70	1,33	2,80	0,76	-58	0,007	S	0,0444	NS
Trichopt.	100	2,60	1,37	0,00	0,00	-100	0,017	NS	0,0015	S
Acari	545	5,80	1,20	1,80	0,47	-69	0,004	S	0,0001	S
Ostracoda	1809	37,60	19,40	1,53	1,10	-96	<0,001	S	<0,0001	S
Conchost.	300	2,27	0,99	0,40	0,21	-82	0,244	NS	0,0304	NS
Cyclopoida	3876	30,10	6,21	25,77	4,91	-14	0,633	NS	0,5123	NS
Diaphanos.	131	1,00	0,50	0,51	0,32	-49	0,231	NS	0,6261	NS
Simocep.	181	1,90	0,72	0,20	0,15	-89	0,009	S	0,0037	S
Chydoridae	1255	20,90	6,14	2,93	1,40	-86	0,003	S	0,0008	S
Anelidae	355	3,10	1,25	1,40	0,46	-55	0,504	NS	0,6162	NS

4. REFERÊNCIAS

ANSARI, Z. A.; INGOLE, B. Effect of an oil spill from M V Sea Transporter on intertidal meiofauna at Goa, India. **Marine Pollution Bulletin**, v 44: pp. 396-402. 2002.

ARMITAGE, P. D. Prediction of biological responses. In: PETTS, G. E.; CALLOW, P. (Ed.). **River biota: diversity and dynamics**. London: Blackwell Science, pp. 231-252. 1996.

BACA, B. J.; GETTER, C. D.; LINDSTEDT-SIVA, J. **Freshwater oil spill considerations: protection and cleanup**. In: Proceedings 1985 Oil Spill Conference (Prevention, Behavior, Control, Cleanup), February 25–28, Los Angeles. American Petroleum Institute, Washington, pp. 385–390. 1985.

BHATTACHARYYA, S.; KLERKS, P. L.; NYMAN, J. A. Toxicity to freshwater organisms from oils and oil spill chemical treatments in laboratory microcosms. **Environmental Pollution**, v. 122: pp. 205-215. 2003.

BRITO J. G. Estudo sazonal de variáveis limnológicas de um lago de várzea da Amazônia Central, lago Catalão. Dissertação de Mestrado apresentada ao Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, AM. 106p. 2006.

BROWN JR, K. S. Insetos aquáticos e sensíveis indicadores de uso sustentável de recursos naturais. In: MARTOS, H. L.; MAIA, N. B. (Coord) **Indicadores Ambientais**. Sorocaba, 266 p, pp. 143 – 155. 1997.

COOK, C. D. K. *et. al.* **Water Plants of the World**. Dr. W. Junk b. v., Publ. The Hague. 1974.

COOK, S. E. Quest for an index of community structure sensitive to water pollution. **Environmental Pollution**, v. 11: pp. 268-87. 1976.

COUCEIRO, S. R. M.; FORSBERG, B. R.; HAMADA, N.; FERREIRA, R. L. M. Effects of an oil spill and discharge of domestic sewage on the insect fauna of cururu stream, Manaus, AM, Brazil. **Braz. J. Biol.**, v. 66(1A): pp. 35-44, 2006.

DE PAUW, N.; VANHOOREN, G. Method for biological quality assessment of watercourses in Belgium. **Hydrobiologia**, v. 100: pp. 153-68. 1983.

DOWNING, J. A. The effect of habitat structure on the spatial distribution of freshwater invertebrate populations. In: **Habitat Structure**. S. S. Bell, E. D. McCoy & H. R. Mushinsky (Eds.). Chapman and Hall, London, pp. 87-106. 1991.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos de Limnologia**. 2º edição. Rio de Janeiro (Brasil): Interciência: 602p. 1998.

FREITAS, C. E. C.; RIVAS, A. A. F. Data collection to risk assessment of the fluvial transportation of oil and natural gas in the Amazon Basin - Piatam project. In: **River Basin Management II**, ed. Southhampton: WIT Press, pp. 271-278, 2003.

GASNIER, T. R. (org.) **Diagnóstico Ambiental de Fauna**: Invertebrados. Estudo de Impacto Ambiental para a implantação de um gasoduto entre Coari e Manaus. Relatório Técnico. 2003. (não publicado).

GONÇALVES, A. C. L. **Caracterização da fauna de invertebrados aquáticos associada a raízes de *Eichhornia crassipes* no baixo Solimões (Amazônia central) e a sua potencial utilização na avaliação do impacto ambiental de acidentes com petróleo**. Relatório Final de Estágio. Universidade do Porto. 2002.

GREEN, J.; TRETT, M. W. The Fate and Effects of Oil in Freshwater. **Elsevier Applied Science**, London. 1989.

GRIFFITHS, R. W. Environmental quality assessment of the St Clair River as reflected by the distribution of benthic macroinvertebrates in 1985. **Hydrobiologia**, v. 219: pp. 143-164. 1991.

GUINEY, P. D.; SYKORA, J. L.; KELETI, G. Environmental impact of an aviation kerosene spill on stream water quality in Cambria County, Pennsylvania. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 6: pp. 977-988. 1987

HOEHN R. C.; STAUFFER J. R.; MASNICK M. T.; HOCUTT C. H. Relationships between sediment oil concentrations and the macroinvertebrates present in a small stream following an oil spill. **Environmental Letters**, v. 7: pp. 345–352. 1974.

JOSEPH, J. V.; ROBERT N. R.; FRAME, A. B.; DAVID B. P.; LINDA, A.; JONH, N. S. 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**, v. 44: pp.1100-1108. 2002.

JUNK, W.; ROBERTSON, B. A. Aquatic Invertebrates. In: **The Central Amazon Floodplain: Ecology of a Pulsing System**. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag. 525p. 1997.

KNIE, J. L.W.; LOPES, E. W. B. **Testes ecotoxicológicos**: métodos, técnicas e aplicações. Florianópolis: FATMA/GTZ. 288 p. 2004.

Köppen W. **Climatologia**. Ed. Fondo Cultura Economia, Mexico City. 1948.

LANDIM, P. M. B. Recursos naturais não renováveis e desenvolvimento sustentável. In: MARTOS, H. L.; MAIA, N. B. (Coord.) **Indicadores Ambientais**. Sorocaba, 266p. 1997.

LYTLE, D. A.; PECKARSKY, B. L. Spatial and temporal impacts of a diesel fuel spill on stream invertebrates. **Freshwater Biology**, v. 46: pp. 693-704. 2001.

MAIA, F. A.; GASNIER, T. R.; Lopes, M. J. Qual o bioindicador mais adequado? Método para a avaliação de impacto por petróleo em lagos de várzea na Amazônia com invertebrados de macrófitas. **Anais do IV Encontro de Ecologia do Brasil**. Fortaleza. Novembro de 2003.

MARANHÃO, P.; BENGALA, N.; PARDAL, M.; MARQUES, J. C. The influence of environmental factors on the population dynamics, reproductive biology and productivity of *Echinogammarus marinus* Leach (Amphipoda, Gammaridae) in the Mondego estuary (Portugal). **Acta Oecologica**, v. 22: pp. 139-152. 2001.

MASNIK, M. T.; STAUFFER, J. R.; HOCUTT, C. H.; WILSON, J. H. The effects of an oil spill on the macroinvertebrates and fish in a small southwestern Virginia creek. **Journal of Environmental Science and Health**, v.4-5: pp. 281-296. 1976.

MCCALL, P. L.; SOSTER, F. M. Benthos response to disturbance in Western Lake Erie: Regional faunal surveys. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**. v. 47: pp. 1996-2009. 1990.

MERRITT, R. W.; CUMMINS, K. W. **An Introduction to the aquatic insects of North America**. 3. ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Company: 862p. 1996.

MEZQUITA, F.; GRIFFITHS, H. I.; DOMINGUEZ, M. I.; LOZANO-QUILIS, M. A. Ostracoda (Crustacea) as ecological indicators: a case study from Iberian Mediterranean brooks. **Archiv für Hydrobiologie**, v.150 (4): pp. 545-560. 2001.

MILBRINK, G. An improved environmental index based on the relative abundance of Oligochaete species. **Hydrobiologia**, v.102: pp. 89-97. 1983.

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.; CARROZZO, G.; RODRIGUES, C. V.; CARVALHO, G. C.; JESUS,

A. C. S. 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**, v. 3: pp. 459-470. 2000.

PETER A. V.; WILLIAM G. A. Spatial variation of copper and lead concentrations of water hyacinth plants in a wetland receiving urban run-off. **Aquatic Botany**, v. 59: pp. 33-44. 1997.

PETRUCCI, F.; CAIMI, S.; MURA, G.; CAROLI, S. *Artemia* as a bioindicator of environmental contamination by trace elements. **Microchemical Journal**, v.51: pp. 181-186. 1995.

PINEL-ALLOUL, B.; MÉTHOT, G.; LAPIERRE, L.; WILLSIE, A. Macroinvertebrate community as a biological indicator of ecological and toxicological factors in Lake Saint-François (Québec). **Environmental Pollution**, v. 91: pp. 65-87. 1996.

PONTASCH, K.W.; BRUSVEN M.A. Macroinvertebrate response to a gasoline spill in Wolf Lodge Creek, Idaho, USA. **Archiv für Hydrobiologie**, v. 113: pp 41-60. 1988.

POULTON, B. C.; CALLAHAN, E. V.; HURTUBISE, R. D.; MUELLER, B. G. Effects of an oil spill on leafpack-inhabiting macroinvertebrates in the Chariton River, Missouri. **Environmental Pollution**, v. 99: pp. 115-122. 1998.

PRÓSPERI, V. A. Aplicação de testes de toxicidade com organismos marinhos para a análise de efluentes industriais lançados em áreas estuarinas. Dissertação de Mestrado apresentada à Escola de Engenharia de São Carlos, SP. 120p. 1993.

RICE, W. R. Analysing tables as statistical tests. **Evolution**. v 43: pp. 223-225. 1989.

ROSENBERG, D. M.; RESH, V. H. **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman and Hall, 448 p. 1993.

RUPPERT, E.E.; FOX, R.S.; BARNES, R.D. **Zoologia dos Invertebrados: uma abordagem funcional-evolutiva**. Trad. MARQUES, C. 7ª Edição São Paulo. Editora Roca. 11143p. 2005.

SANTOS, M. P. B.; ROCHA, L. A.; MARQUES, M. M. G. S. M.; BARBOSA F. A. R. "Diversidade e abundância da fauna bentônica de cinco lagoas do karste do planalto de lagoa santa, Minas Gerais". **Ecologia de Insetos Aquáticos**. Série Ecologia brasiliensis. Nessimian, J. L. & Carvalho, A. L.; vol. V. Ed. Rio de Janeiro (Brasil): PPGE-UFRJ, pp. 77-89. 1998.

SAUNDERS, J. F.; LEWIS, W. M. Composition and seasonality of the community of Lake Valencia, Venezuela. **Journal of Plankton Research**, v. 10: pp. 957-985. 1988.

SAUNDERS, J. F.; LEWIS, W. M. Zooplankton abundance in the lower Orinoco River, Venezuela. **Limnol. Oceanogr**, v. 34: pp. 397-409. 1989.

SCHULZ, R. Using a freshwater amphipod in situ bioassay as a sensitive tool to detect pesticide effects in the field. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v. 22 (5): pp. 1172-1176. 2003.

SILVEIRA, M. P. **Aplicação do biomonitoramento para avaliação da qualidade da água em rios**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, (Embrapa Meio Ambiente. Documento, 36), 2004.

STEWART, P. M.; BUTCHER, J. T.; SWINFORD, T. O. Land use, habitat, and water quality effects on macroinvertebrate communities in three watersheds of Lake Michigan associated marsh system. **Aquatic Ecosystem Health and Management Society**, v. 3: pp. 179-189. 2000.

TOMMASI, L. R. **Estudo de Impacto Ambiental**. Ed. CETESB: Terragraph artes e Informática, 354p. 1994.

THORNE, R. S. J.; WILLIAMS W. P. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. **Freshwater Biology**, v. 37: pp. 671-686. 1997.

VANDERMEULEN, H. The development of marine indicators for coastal zone management. **Ocean & Coastal Management**, v. 39: pp. 63-71. 1998.

VAN LEEUWEN, C. J. Long-term toxicity testing and GLP. In: KRUIJF, H. A. M.; ZWART, D.; VISWANATHAN, P. N.; RAY, P. K. Eds. **Manual on Aquatic Ecotoxicology**. 332p. 1988b.

ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: Princípios e Aplicações**. São Carlos: RIMA. 478p. 2006.

WILKINSON, L., SYSTAT – **The System for Statistics**. Evanston, IL: SYSTAT, Inc., 1998.

YAMAMOTO, T.; NAKAOKA, M.; KOMATSU, T.; KAWAI, H. Impacts by heavy-oil spill from the Russian tanker Nakhodka on intertidal ecosystems: recovery of animal community. **Marine Pollution Bulletin**, v 47: pp. 91-98. 2003.

APÊNDICE A

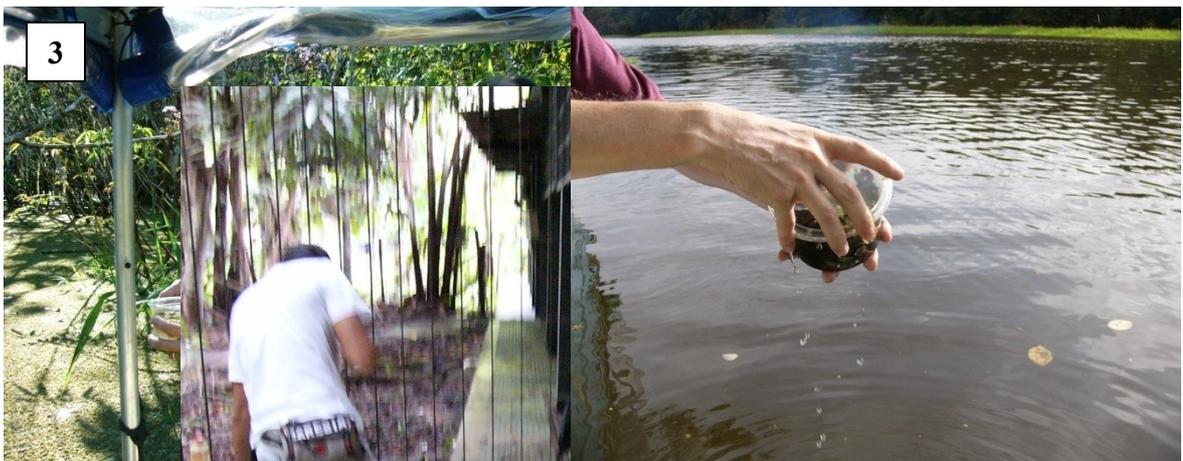


Apêndice A – 1) Lago onde foram realizadas as coletas.



Apêndice A – 2) Banco de Macrófitas com predomínio de *Salvinia auriculata*.

APÊNDICE A



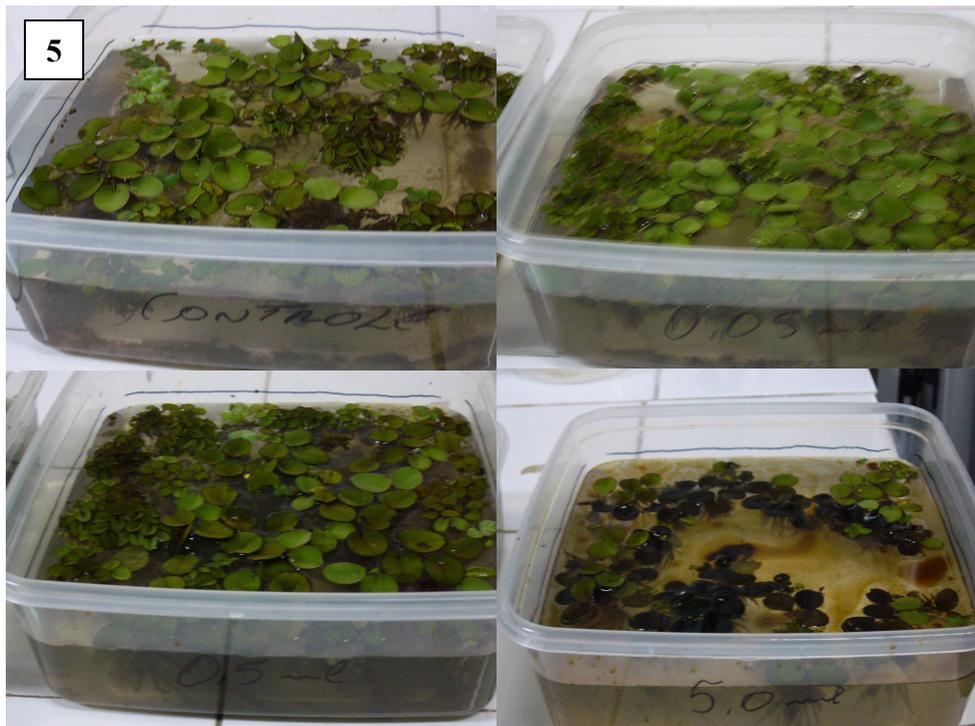
**Apêndice A
Salvínias.**

– 3) Coleta de



Apêndice A – 4) Área do experimento.

APÊNDICE A



Apêndice A – 5) Experimentos com as concentrações de petróleo.



Apêndice A – 6) Refinaria de Petróleo de Manaus REMAN/PETROBRÁS, onde ocorre o processamento do petróleo oriundo de Urucu.

APÊNDICE B

APÊNDICE B - Riqueza de taxa de invertebrados aquáticos encontrados nas raízes de *Salvinia auriculata* (GTF - Grupo Trófico Funcional, P = Predador, C = Coletor, F = Filtrador, R = Raspador).

Grupo taxonômico	GTF	Presença
Insecta		
Coleoptera		
Noteridae	P/C	X
Dytiscidae	P/C	X
Hydraenidae		
Dryopidae		
Hydrophilidae	P/C	X
Chrysomelidae		
Curculionidae	P/C	X
Diptera		
Chironomidae	C	X
Ceratopogonidae	C	X
Culicidae	C	X
Ephemeroptera	R	X
Hemiptera		
Corixidae	P	X
Notonectidae	P	X
Lepidoptera	F	X
Odonata		
Zygoptera	P	X
Anisoptera	P	X
Trichoptera	C/R	X
Aracnida		
Acarina	P	X
Crustacea		
OSTRACODA	C/F	X
CONCHOSTRACA	C/F	X
COPEPODA		
Cyclopoida	P	X
Calanoida	P	X
CLADOCERA		
Sididae		
<i>Diaphanosoma SP</i>	C/P	X
Daphnidae		
<i>Simocephalus SP</i>	C	X
Chydoridae	C/P	X
MOLUSCOS		
Gastropoda	C/R	X
ANELÍDEOS		
Oligoqueta	C	X

APÊNDICE C

APÊNDICE C –

Imagens dos principais taxa de invertebrados aquáticos encontrados em raízes de *Salvinia auriculata*.

- Microcrustáceos



Copepoda
Calanoidae



Cyclopidae

Ostracoda



Conchostracha





Cladocera

Daphinidae
Simocephalus sp

Sididae

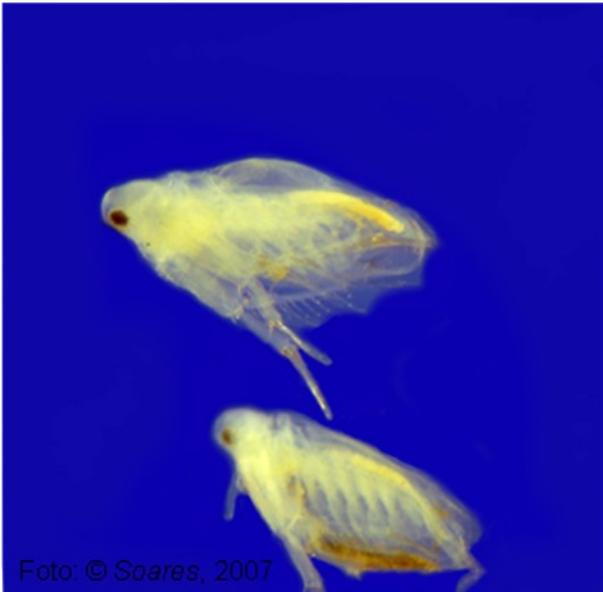


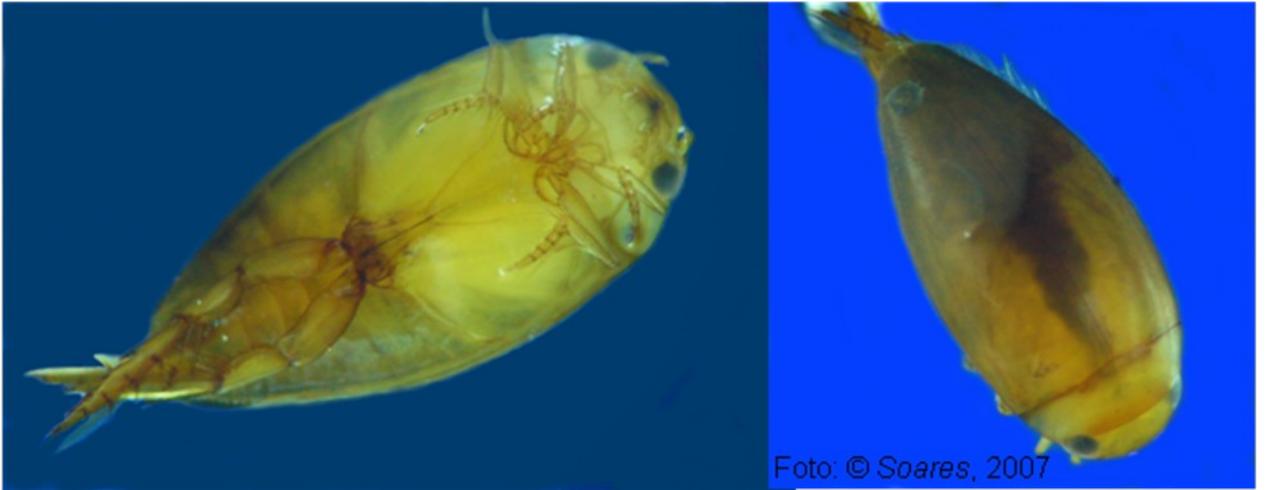
Foto © Soares, 2007
Diaphanosoma sp

Chydoridae



- Insetos

Ordem Coleoptera



Noteridae





Chrysomelidae

Curculionidae

Ordem Diptera





Culicidae

Ceratopogonidae



Chironomidae



Ordem
Ephemeroptera



Foto: © Soares, 2007

Baetidae



Foto: © Soares, 2007

Caenidae

Ordem Odonata

Zygoptera

Anisoptera

Ordem Trichoptera



Foto: © Soares, 2007

Ordem Hemiptera

Corixidae

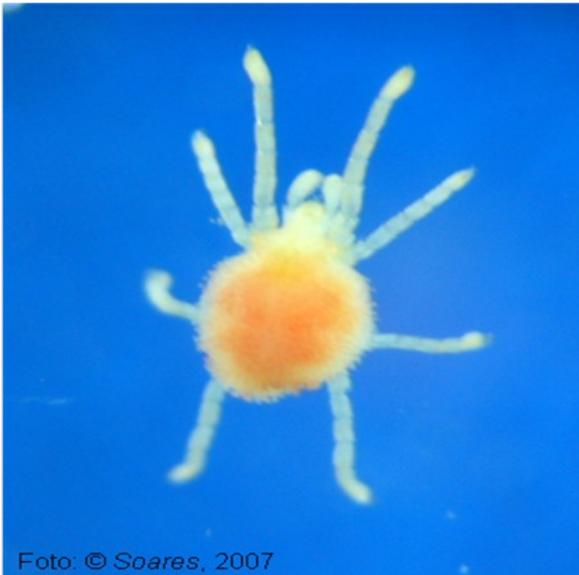
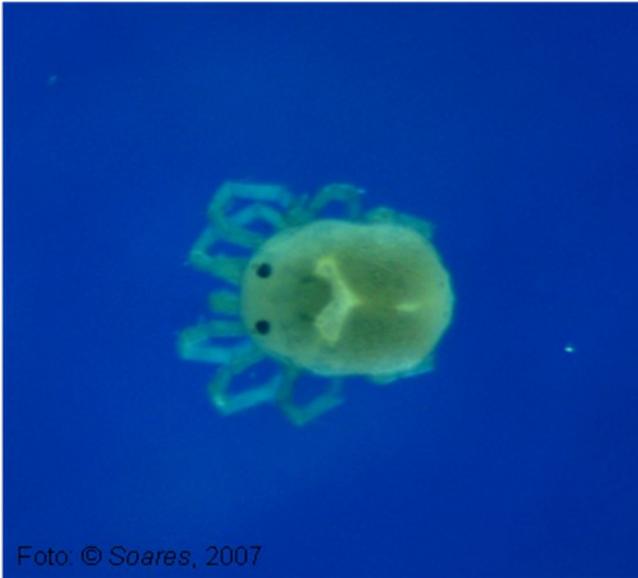


Foto: © Soares, 2007



- Aracnídeos

Acarina



- Anelídeos

Oligoquetos



- Moluscos

Gastrópodes

