



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE BIOCÊNCIAS
DEPARTAMENTO DE OCEANOGRAFIA E LIMNOLOGIA
CURSO DE ECOLOGIA**

AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE ÁGUAS DO ESTUÁRIO POTENGI/JUNDIAÍ (RN/BRASIL).

Gabriella Larissa Carvalho de Oliveira

2015
Natal/RN
Brasil

Gabriella Larissa Carvalho de Oliveira

**AVALIAÇÃO ECOTOXICOLÓGICA DE ÁGUAS DO ESTUÁRIO
POTENGI/JUNDIAÍ (RN/BRASIL).**

Monografia apresentada ao
Departamento de Oceanografia e
Limnologia do Centro de Biociências da
Universidade Federal do Rio Grande do
Norte como requisito parcial à obtenção
do título de Bacharel em Ecologia.

Orientador: **Professor Dr. Guilherme Fulgêncio de Medeiros**

2015
Natal/RN
Brasil

GABRIELLA LARISSA CARVALHO DE OLIVEIRA

Monografia apresentada ao Departamento de Oceanografia e Limnologia do Centro de Biociências da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Ecologia.

Aprovada em:

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Orientador Guilherme Fulgêncio de Medeiros
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (DOL/CB)

M^e Thiago Farias Nóbrega
Universidade Federal do Rio Grande do Norte (DOL/CB)

M^a Jaísa Marília dos Santos Mendonça
Instituto Federal do Rio Grande do Norte (DIAC/CNAT/IFRN)

*Se não puder voar, corra.
Se não puder correr, ande. Se não
puder andar, rasteje, mas continue em
frente.*

Martin Luther King.

AGRADECIMENTOS

A Deus por me guiar e me dar forças para sempre lutar;

Ao meu orientador Prof. Dr. Guilherme Fulgêncio pela dedicação,
ensinamento e paciência na elaboração desta pesquisa;

À minha família por sempre me incentivar;

Ao Airton pela paciência, amor e apoio;

À minha turma de graduação pelos momentos de alegria e conquistas,
especialmente a Jeanne Franco, Edwesley Moura, Rayssa Barreto e
Gabriela Farias;

Aos queridos do EcotoxLab: Alexsandra, Aline, Thiago e Lucas pelo apoio.

RESUMO

Ao longo dos anos a qualidade dos recursos hídricos vem sofrendo impactos negativos decorrentes de atividades antrópicas. No Rio Grande do Norte, importantes atividades produtivas fazem parte do cenário local e afetam o ambiente como a carcinicultura e o despejo de efluentes industriais e domésticos em torno do Rio Potengi, em Natal/ RN. Os ensaios ecotoxicológicos utilizando *Mysidopsis sp.* são uma alternativa importante na avaliação do estado tóxico da água. Esta pesquisa teve como objetivo avaliar a toxicidade de três estações de amostragem no complexo estuarino Potengi/Jundiá/RN (P1, P2 e P3) através de testes ecotoxicológicos com *Mysidopsis juniae*. Foram feitas quatro campanhas de coletas de águas superficiais de 2014 a 2015 em cada estação. As amostras apresentaram variação em sua toxicidade, a estação P1 – localizada próximo ao litoral Clube de Natal não apresentou toxicidade nas campanhas realizadas, a P2 apresentou toxicidade nas campanhas I e II e a estação P3, – próxima a Imunizadora Riograndense – apresentou toxicidade nas campanhas III e IV. Diante disto conclui-se que o Rio Potengi apresenta toxicidade variável ao longo de sua extensão e os locais que apresentaram toxicidade são impactados por efluentes.

Palavras-chave: Ecotoxicidade, *Mysidopsis juniae*, contaminação aquática.

ABSTRACT

Over the years the quality of water resources has suffered negative impacts from anthropogenic activities. In Rio Grande do Norte, important productive activities are part of the local scene and affect the environment as shrimp farming and the dumping of industrial and domestic effluents around the Rio Potengi in Natal / RN. Ecotoxicological assays using *Mysidopsis sp.* they are an important alternative in the evaluation of toxic status of water. This research aimed to evaluate the toxicity of three sampling stations in the estuarine complex Potengi/Jundiai/RN (P1, P2 and P3) through ecotoxicological tests with *Mysidopsis juniae*. They were made four surface water sampling campaigns 2014-2015 in every season. Samples showed variations in their toxicity, P1 station - located near the late Clube de Natal showed no toxicity in the campaigns, P2 showed toxicity in campaigns I and II P3 station, - next the immunizing Riograndense - showed toxicity in campaigns III and IV. In view of this it is concluded that the Rio Potengi features variable toxicity along its length and locations that showed toxicity are impacted by effluent.

Key-words: Ecotoxicity, *Mysidopsis juniae*, water contamination.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Localização geográfica das estações de coleta P1, P2 e P3.	17
Figura 2: Fêmea de <i>M. juniae</i> com ovos no oviduto e fêmea não ovada.	20
Figura 5: Sobrevivência de <i>Mysidopsis juniae</i> entre os anos.	23
Figura 7: Maturação de <i>Mysidopsis juniae</i> entre os anos 2014 e 2015.	25

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resumo das condições do teste.....	19
Tabela 2: Sobrevivência de <i>Mysidopsis juniae</i> em 2014	22
Tabela 3: Sobrevivência de <i>Mysidopsis juniae</i> em 2015.	23
Tabela 4: Análise de Variância para sobrevivência nas estações e no tempo.	23
Tabela 5: Proporção de maturação de <i>M. juniae</i>	25
Tabela 6: Análise de Variância One-way para maturação nas estações e no tempo..	26
Tabela 7: Classificação das amostras quanto à toxicidade crônica para cada efeito..	26
Tabela 8: Resultado das análises físico-químicas.	28

SUMÁRIO

1. Introdução.....	10
1.1. Testes Ecotoxicológicos.....	10
1.2. Organismo-teste.....	12
1.3. Programa Água Azul.....	13
1.4. Estuário Potengi.....	13
2. Objetivos.....	16
2.1. Geral.....	16
2.2. Específicos.....	16
3. Metodologia.....	17
3.1. Área de estudo.....	17
3.2. Amostragem.....	17
3.3. Cultivo estoque de misidáceo.....	17
3.4. Experimentos.....	18
3.5. Estimativa de sobrevivência.....	19
3.6. Estimativa de maturação.....	20
3.7. Análise dos dados.....	20
3.8. Análise físico-química.....	21
4. Resultados e Discussão.....	22
5. Conclusão.....	30
6. Referências.....	31

1. Introdução

Na década de 1930 a qualidade do meio ambiente aquático começou a ser discutida e iniciou-se a realização de testes de toxicidade aguda com organismos aquáticos. A partir da década de 1940 foi recomendado o uso de espécies de peixe na avaliação da toxicidade de substâncias químicas que eventualmente são despejadas em corpos hídricos. À medida que novas pesquisas foram realizadas, percebeu-se que algumas espécies de peixes utilizados nesses testes possuíam resistência a substâncias tóxicas, desta forma foi necessário a adaptação das técnicas usadas até então, para se obter mais confiança nos resultados dos testes ecotoxicológicos (Bertoletti, 2006).

A Ecotoxicologia compreende as interações entre os efeitos físico-químicos e os organismos de um ambiente (Betoletti & Zagatto, 2006). Os ensaios ecotoxicológicos são largamente utilizados na avaliação da qualidade ambiental em todo o mundo. Podem ser utilizados em diversos segmentos, tais como, indústria farmacêutica, produtos químicos em geral e efluentes industriais e domésticos (Bertoletti & Zagatto, 2006).

Um ambiente natural pode ser afetado por algum poluente de forma rápida e forte ou, de uma maneira fraca, tendo um aumento gradual na concentração desse poluente atingindo parte ou todo o ciclo de vida dos organismos ali presentes (Rand & Petrocelli, 1985).

1.1. Testes Ecotoxicológicos

Os testes ecotoxicológicos são fundamentais na determinação da toxicidade do meio hídrico (Magalhães, 2008). Estes testes consistem na exposição de organismos por um período de tempo a uma alíquota de amostra – de água ou sedimento, por exemplo - que se pretende analisar, na qual se podem avaliar as variáveis biológicas: sobrevivência, reprodução e crescimento para determinar a toxicidade (Rand, 1995).

Os ensaios podem ser classificados quanto ao tempo de duração em agudo ou crônico, e quanto ao método de adição das soluções-teste em estático, semiestático e dinâmico.

Os ensaios de toxicidade agudos permitem avaliar os efeitos de elementos tóxicos ao organismo-teste durante um curto período de tempo em relação ao ciclo de vida desse organismo. Os efeitos analisados durante o teste agudo são mortalidade e/ou imobilidade, pois são de fácil detecção e apresentam significado ecológico (Zagatto & Bertolletti, 2006).

Os testes de toxicidade crônica são realizados em um período de tempo considerado longo, uma vez que abrange parte ou todo o ciclo de vida do organismo-teste. Os organismos-teste ficam expostos a concentrações de agentes tóxicos durante um período de tempo e ao final deste são medidas, além da sobrevivência, alguns efeitos subletais como maturação e crescimento (Costa *et al.* 2008).

Teste estático consiste na exposição dos organismos à mesma solução durante todo o ensaio, indicado para testes que duram em torno de 48 horas. No teste semiestático os organismos são transferidos para nova solução-teste ou há troca parcial desta solução. Geralmente este método é utilizado em testes crônicos ou quando se trabalha com organismos pequenos como misidáceos. O sistema de fluxo contínuo é outro método para realização de ensaio toxicológico no qual a solução-teste flui continuamente por onde estão os organismos-teste de forma que a concentração da substância teste e a de oxigênio dissolvido mantenham-se constantes. Esse modelo de teste é indicado quando se faz uso de substâncias voláteis e/ou biodegradáveis em curto período de tempo (Bertolletti, 2006).

No Brasil, existem normatizações para avaliação de ecotoxicidade aguda e crônica com espécies de água doce, como exemplo teste de toxicidade aguda utilizando *Daphnia magna* e crônicos com *Ceriodaphnia dubia* (Costa

et al. 2008). Porém não existe norma regulamentadora para desenvolvimento de ensaios de toxicidade crônica utilizando misidáceos (Vaz, 2012).

Ensaio de ecotoxicidade também podem ser realizados utilizando sedimentos, Diversos organismos bentônicos e larvas de plâncton habitam a superfície do sedimento. A interface sedimento-água apresenta um ambiente semiconfinado no qual o tempo de residência da matéria particulada é longo (Prósperi, 2002) Copépodos são largamente utilizados como organismos-teste, a exemplo tem-se o *Nitokra sp.* que sobrevive a diferentes valores de salinidade e são utilizados em ensaios de sedimentos de ambientes marinhos e estuarinos.

Um método para avaliação da toxicidade crônica utilizando o *Mysidopsis bahia* foi desenvolvido pela USEPA (*United States Environmental Protection Agency*, 2002). Assim, uma metodologia adaptada ao *M. juniae*, que pertence ao mesmo gênero do *M. bahia*, é realizada no Brasil.

1.2. Organismo-teste

Os misidáceos (Ordem: Mysidacea) são crustáceos marinhos, a maioria é filtradora (Odum e Heald, 1972). São amplamente cultivados devido a sua possibilidade de utilização em ensaios toxicológicos e como alimento vivo na aquarioria marinha (Igarashi, 2010).

Em ambiente natural, os *Mysidopsis juniae* (Silva, 1979) são onívoros; podendo preda outros crustáceos e filtrar diatomáceas. A reprodução é sexuada, os ovos ficam armazenados em uma bolsa incubadora de onde emergem os indivíduos jovens. Em laboratório esses organismos são alimentados com náuplios de *Artêmia sp.* que têm alta qualidade nutricional (Sorgeloos e Léger, 1992; Stottrup e McEvoy, 2003).

As Artêmias têm considerável valor nutricional pois possuem cadeias com ácidos graxos insaturados (HUFA n-3) em seu vitelo, porém, após um

período médio de 8 horas a reserva vitelínica é totalmente consumida e o valor nutricional da Artêmia diminui. Para minimizar as possíveis diferenças entre lotes de cistos, geralmente utiliza-se a técnica de bioencapsulação ou enriquecimento (Léger *et al.*, 1986). O enriquecimento além de poder suprir a deficiência do ácido graxo (HUFA), pode incorporar aminoácidos, fosfolipídios e vitaminas (LÉGER *et al.*, 1986; SORGELOOS e LÉGER, 1992).

A Artêmia é frequentemente utilizada em cultivos devido ser facilmente encontrada no mercado especializado, além disso, os cistos inativos podem ser armazenados durante anos, estes por sua vez, quando mergulhados em solução de hipoclorito de sódio por período entre 24 e 48 horas, eclodem, dando origem a náuplios (Lavens e Sorgeloos, 1996).

1.3. Programa Água Azul

O Programa Água Azul faz avaliação periódica sobre os indicadores de qualidade da água dos principais corpos d'água do Estado, de águas subterrâneas, e verificação da balneabilidade das praias. É realizado por um conjunto de instituições – Instituto de Defesa do Meio Ambiente do Estado do Rio Grande do Norte (IDEMA), Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte (IGARN), Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio Grande do Norte (EMPARN), Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN), Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN) e Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia (IFRN).

1.4. Estuário Potengi/Jundiaí

Entre os corpos de água monitorados pelo Programa Água Azul, está o complexo estuarino Potengi/Jundiaí inserido na Bacia Hidrográfica Potengi (4.093 km²), fazem parte desta bacia os rios: Doce, Jundiaí e Potengi.

Ambientes estuarinos são formados através da mistura entre água marinha e dulcícola, possuem turbidez elevada devido ao alto nível de material

sedimentar disperso na coluna d'água proveniente principalmente do mar e do rio (McLusky, 1981). São considerados os ambientes mais produtivos que influenciam diversos ecossistemas (Costanza, 1997). Apesar disso, os estuários têm sido cada vez mais impactados negativamente devido ao aumento da densidade populacional e o desenvolvimento de atividades industriais sem planejamento adequado (Mathews and Fisher, 2008).

A avaliação dos possíveis efeitos da poluição em estuários não é uma tarefa fácil (Zonta, 2007). O ambiente estuarino está sujeito a diferentes gradientes físico-químicos, como salinidade e temperatura que tem amplitude de variação maior que outros ecossistemas (Sanz-Lázaro & Marín, 2009).

O Rio Potengi (176 km de extensão) banha a capital Natal e as regiões metropolitanas Macaíba e São Gonçalo do Amarante que juntas possuem em torno de 1 milhão de habitantes (IBGE, 2010). O desenvolvimento da capital do estado teve início nas áreas próximas ao rio, a construção do Forte do Reis Magos e posteriormente a instalação de uma base americana durante a Segunda Guerra favoreceu o crescimento da cidade. Com o passar dos anos, a pressão populacional e atividades produtivas que retiram mata ciliar e promovem o assoreamento do local ameaçam esse ambiente. O estuário recebe efluentes líquidos de indústrias, de residências adjacentes, de imunizadoras e de estações de tratamento de esgotos e isso pode estar causando contaminação ao estuário.

A Resolução CONAMA nº 357 de 2005 que dispõe sobre a classificação dos corpos hídricos e diretrizes para o enquadramento dessa água, em seu Art. 38, Parágrafo 2º diz:

“Nas bacias hidrográficas em que a condição de qualidade dos corpos de água esteja em desacordo com os usos preponderantes pretendidos, deverão ser estabelecidas metas obrigatórias, intermediárias e final, de melhoria

da qualidade da água para efetivação dos respectivos enquadramentos, excetuados nos parâmetros que excedam aos limites devido às condições naturais.”

Dessa forma, estudos relacionados à toxicidade ambiental de corpos aquáticos em área urbana se torna fundamental para manter ou propor ações para a qualidade da água. Diante disto, este trabalho apresenta a hipótese de que os pontos do estuário do Potengi que recebem efluentes apresentam toxicidade para o microcrustáceo *Mysidopsis juniae*.

2. Objetivos

2.1. Geral

Avaliar a toxicidade de três estações do complexo estuarino Potengi/Jundiaí utilizando o microcrustáceo *Mysidopsis juniae* como organismo teste.

2.2. Específicos

- Aferir a taxa de sobrevivência do *M. juniae* nas amostras em estudo em relação ao controle;
- Aferir a taxa de maturação do *M. juniae* nas amostras em estudo em relação ao controle.
- Verificar o Valor Máximo Permitido de diferentes elementos químicos em cada estação de coleta.

3. Metodologia

3.1. Área de estudo

As amostras analisadas foram obtidas em três estações: **P1** (255.754, 9.362.347 UTM), em frente ao late Clube de Natal; **P2** (250.768, 9.358.678 UTM), à jusante da Lagoa Aerada da CAERN; e **P3** (246.001, 9.354.524 UTM) à montante da Imunizadora Riograndense (Figura 1).

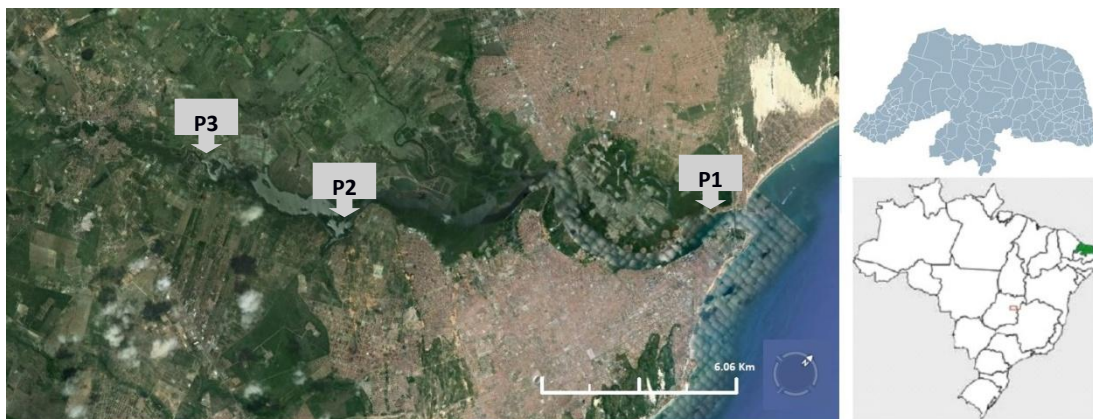


Figura 1: Localização geográfica das estações de coleta P1, P2 e P3.

3.2. Amostragem

A coleta das amostras foi realizada em julho e novembro de 2014 e março e maio de 2015. As amostras foram coletadas na superfície da coluna d'água utilizando garrafas plásticas com capacidade de 2 litros, que foram identificadas e levadas ao laboratório onde foram mantidas em refrigeração por até 48h ou congeladas por até 60 dias (ABNT NBR 15469, 2007).

3.3. Cultivo de misidáceos

Os *M. juniae* utilizados neste trabalho foram obtidos do cultivo do Laboratório de Ecotoxicologia Aquática da UFRN, onde foram mantidos em aquários de 10L com água marinha filtrada e esterilizada com radiação UV, com salinidade mantida em $34 \pm 1\%$, sendo corrigida quando necessário. O

cultivo se manteve sob aeração branda constante, temperatura média do ambiente de $25 \pm 1^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas claro e 12 horas escuro, sendo alimentado diariamente com náuplios de *Artêmia sp.* recém eclodidos (PRÓSPERI, 1993; GAMA e ZAMBONI, 1999; PONTES e ANDREATA, 2003).

Os aquários dos reprodutores, foram montados obedecendo a proporção de 60 fêmeas para 20 machos a fim de otimizar a fecundação. Diariamente, os filhotes foram retirados do aquário e colocados em aquários menores (3L), a limpeza foi feita a partir da sifonação dos detritos no fundo dos aquários.

A cada sete dias, os aquários matrizes tinham sua água totalmente renovada, e os organismos reparados (ABNT NBR 15308, 2005).

3.4. Experimentos

Os testes de toxicidade foram realizados no Laboratório de Ecotoxicologia/DOL/UFRN. Foi analisada a toxicidade crônica sobre *M. juniae* de acordo com a metodologia utilizada para *Mysidopsis bahia* (USEPA, 2002).

Para iniciar cada ensaio, foram retirados do cultivo ECOTOX/UFRN 10 juvenis com idade de 6 a 7 dias. Em cada amostra/campanha foram feitas três réplicas que consistiu em frascos-teste formados por Béqueres de 400 ml contendo 200 ml da amostra e um frasco-teste contendo 200 ml de água do mar filtrada, para o controle, com salinidade de $34 \pm 1\text{‰}$. Os organismos de cada frasco foram alimentados com náuplios de *Artêmia sp* (Figura 02) recém-eclodidos enriquecidos com óleo de peixe e de fígado de bacalhau para cada misidáceo por dia durante os sete dias – que é o período de maturação sexual do organismo (Tabela 1). Os recipientes ficaram cobertos com papel filme e permaneceram assim durante o teste. Os frascos-teste não foram mantidos sob aeração, pois isso poderia afetar as características físico-químicas da amostra.

Tabela 1: Resumo das condições do teste.

Tipo de Teste-----	Qualitativo
Método de Teste-----	Semi-estático
Temperatura de Incubação-----	25 ± 1°C
Fotoperíodo-----	12 horas claro / 12 horas escuro
Frasco-teste-----	Becker de 400 mL
Volume da solução-teste-----	200 mL
Origem dos organismos-----	Cultivo ECOTOX
Idade dos organismos-----	6-7 dias
Nº de organismos / frasco-----	10
Nº de réplicas / amostra-----	3
Alimentação-----	20 náuplios de <i>Artêmia sp</i> recém eclodidos / misidáceo / dia
Água de diluição-----	Água do mar natural filtrada
Salinidade-----	34 ± 1‰
Duração do ensaio-----	7 dias
Parâmetro avaliado-----	Sobrevivência / Maturação
Método de cálculo-----	ANOVA

A correção da salinidade ocorreu com a (1) adição de água destilada – para diminuir a salinidade – ou (2) com a adição de salmora da água do mar e água de cultivo, aerados por 12h antes do uso, quando era necessário aumentar a salinidade. Foram realizados testes crônicos semiestático, com uma renovação da água no quarto dia de ensaio. Os parâmetros analisados foram sobrevivência e maturação.

3.5. Estimativa de sobrevivência

Para a estimativa de sobrevivência, os organismos vivos foram contabilizados ao final dos sete dias de experimento.

Foi estabelecida uma taxa de aceitabilidade mínima de 80% de sobrevivência ao final do teste (ABNT/NBR, 2011 e USEPA, 2002). Assim, os experimentos que apresentaram sobrevivência inferior a 80% foram considerados ineficientes para análise.

3.6. Estimativa de maturação

No sétimo dia do teste, com auxílio de um microscópio óptico (400x), os organismos foram analisados quanto a maturação sexual e contabilizados todas as fêmeas que continham ovos no oviduto e/ou ovos em suas bolsas incubadoras (Figura 2). Para aceitabilidade dos testes, a maturação das fêmeas do controle deveria ser de no mínimo 50% (USEPA, 2002).

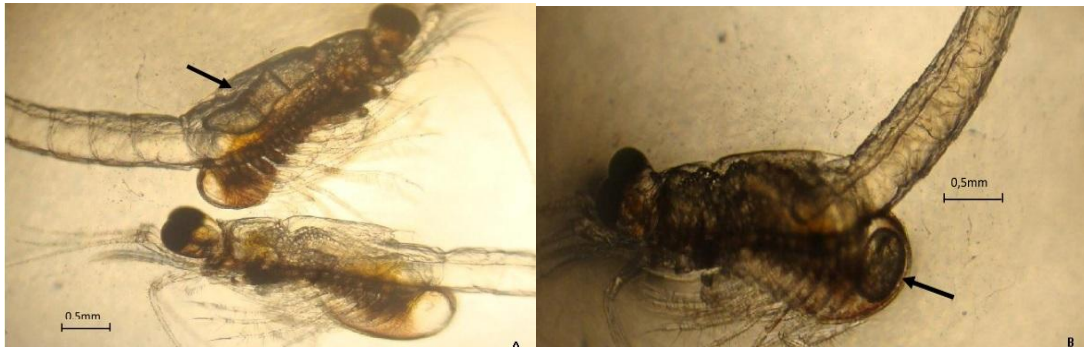


Figura 2: (A) Fêmea de *M. juniae* com ovos no oviduto (seta) e fêmea não ovada (abaixo) e (B) Fêmea ovada de *M. juniae*. Notar ovos no oviduto e a bolsa incubadora (setas). Fonte: Nicodemo, 2010.

3.7. Análise dos dados

Verificou-se a homogeneidade dos dados – através do Teste de Shapiro Wilkis – e a normalidade– por Teste de Bartlett. Quando os dados de cada campanha apresentaram-se paramétricos, utilizou-se a análise estatística de Dunnet; quando não paramétricos utilizou-se a análise Wilcoxon's Rank Sum, ambas a fim de analisar se ocorria diferença significativa entre as amostras e o controle. Após as análises estatísticas, as estações foram consideradas “TÓXICAS” quando apresentaram diferença significativa em relação ao controle ou “NÃO TÓXICA” quando não mostraram diferença significativa ao controle. Para estas as análises foi utilizado o Programa TOXSTAT versão 3.3.

A análise da maturação e da sobrevivência do *Mysidopsis juniae* em cada estação no período de 2014 e 2015 foi realizada através a Análise de

Variância de um fator (ANOVA *one-way*) utilizando o Programa R Core Team (R Foundation for Statistical Computing 2013) version 3.0.2.

3.8. Análise físico-química

Além das análises ecotoxicológicas foram realizadas também dos parâmetros físico-químicos. Para cada amostra, foi retirada uma alíquota para análise de metais a ser realizada no Laboratório Central Analítica – pertencente ao NUPPRAR/UFRN. Os elementos químicos analisados foram Zinco total (Zn), Cádmio total (Cd), Níquel total (Ni), Mercúrio total (Hg), Fósforo total (P), Cromo total (Cr), Chumbo total (Pb), Cobre dissolvido (Cu), Nitrogênio total (N) e Carbono Orgânico total (COT).

4. Resultados e Discussão

Os aspectos observados nos ensaios de toxicidade crônica foram sobrevivência e maturação do organismo-teste *M. juniae*. Os dados brutos podem ser encontrados no Anexo. Percebe-se que nos meses de julho e novembro de 2014 (campanhas I e II, respectivamente) as estações P1 e P2 apresentaram valores médios de sobrevivência semelhante ao controle. Diferente da média da sobrevivência encontrada na estação P3, que foi significativamente inferior à média do controle (Tabela 02).

Tabela 2: Sobrevivência de Mysidopsis juniae expostos 7 dias à amostras coletadas em 2014 (RN/Brasil).

ESTAÇÕES	CAMPANHA I		CAMPANHA II	
	MÉDIA	±DP	MÉDIA	±DP
P1	9,33	1,15	9,67	0,57
P2	9,33	1,15	9,33	1,15
P3	3,33	4,16	0	0
CONTROLE	9,67	0,58	9,67	0,58

*P1 – late Clube; P2 – Lagoa Aerada; P3 – Imunizadora Riograndense.

Nas campanhas III e IV os misidáceos expostos às amostras da estação P2 não sobreviveram (Figura 04). Enquanto que nas estações P1 e P3 observou-se média de sobrevivência semelhante ao controle (Tabela 03).

Nicodemo (2010) analisou efluentes do complexo Jundiaí/Potengi e revelou que a Lagoa Aerada (P2) se mostrou tóxica à sobrevivência do organismo testado com Concentração Letal para 50% dos organismos (CL50) abaixo de 15%. É possível que a carga orgânica esteja alta devido à ineficiência do tratamento de esgotos realizado, tal fator condiz com a quantidade de fósforo verificada neste trabalho que estava acima do valor máximo permitido.

Tabela 3: Sobrevivência de *Mysidopsis juniae* expostos 7 dias às amostras do Potengi coletadas em 2015(RN/Brasil).

ESTAÇÕES	CAMPANHA III		CAMPANHA IV	
	MÉDIA	±DP	MÉDIA	±DP
P1	8	1	9,33	0,57
P2	0	0	0	0
P3	8,33	2,88	9	1
CONTROLE	9,33	0,58	9,33	1,15

*P1 – late Clube; P2 – Lagoa Aerada; P3 – Imunizadora Riograndense.

Após o tratamento estatístico dos dados, foi analisada a diferença na média de sobrevivência entre os anos 2014 e 2015 para cada estação (Figura 05).

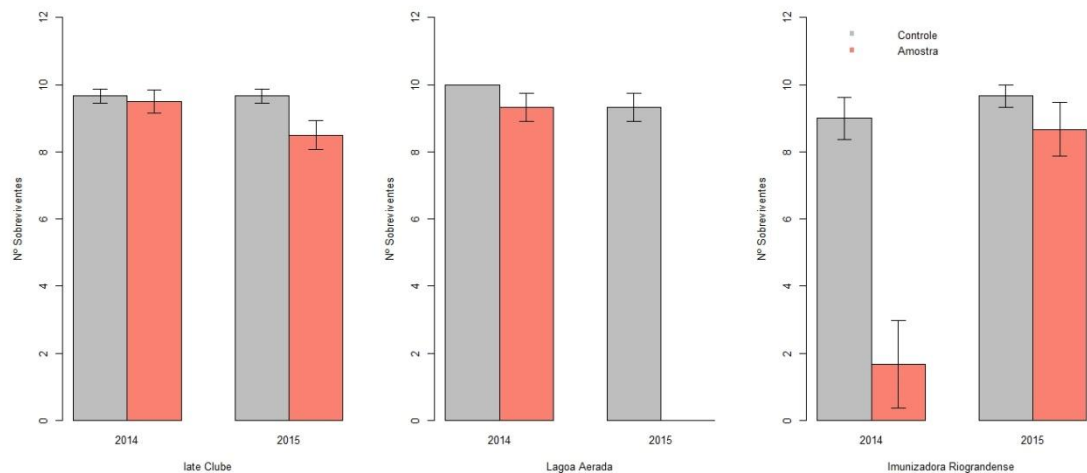


Figura 3: Sobrevivência de *Mysidopsis juniae* entre os anos para cada estação de coleta: late Clube(P1), Lagoa Aerada (P2) e Imunizadora Riograndense (P3).

A análise de variância calculada mostra que existe diferença significativa ($p \leq 0,05$) da sobrevivência do organismo-teste em relação aos dois períodos estudados para todas as estações (Tabela 04), ou seja, algum fator físico-químico sofreu variação de um período para outro que pode ter influenciado na sobrevivência dos misidáceos.

Tabela 4: Análise de Variância One-way para sobrevivência de *M. juniae* nas estações e no tempo.

Sobrevivência P1			
	média sq	valor F	valor p
Amostra	2.17	39.07	2.723e-06***
Resíduos	0.05		
Sobrevivência P2			

	média sq	valor F	valor p
Amostra	137.43	247.27	1.894e-13***
Resíduos	0.55		
Sobrevivência P3			
	média sq	valor F	valor p
Amostra	90.89	90.72	2.905e-09***
Resíduos	1		

A precipitação é um fator que pode influenciar a qualidade das águas, visto que parte da drenagem urbana da cidade é despejada em rios e, além disso, há contribuição para o intemperismo de rochas que levam ao corpo hídrico matéria orgânica e inorgânica. Os dados pluviométricos de 2014 mostram que foi um ano pouco chuvoso em todo o estado do RN, com precipitação anual acumulada no valor de aproximadamente 150 mm. Em julho desse mesmo ano choveu em média 250 mm na região de estudo, valor muito acima do esperado, porém em novembro a precipitação foi aproximadamente 50 mm sendo considerado um período seco com ocorrência de chuvas fortes e isoladas (EMPARN).

Em 2015 a precipitação média acumulada para o estado no período de 01/01/2015 a 26/11/2015 foi baixa, sendo um período considerado seco a muito seco em quase todo o estado. Os dados mensais da capital mostram que março/2015 foi um período chuvoso (342 mm) e maio de 2015 – classificado como muito seco – teve índice pluviométrico de aproximadamente 60 mm (INMET).

Assim, é possível que a diferença na sobrevivência do misidáceo em cada estação tenha sido indiretamente influenciada pela pluviosidade.

Em relação a taxa de maturação de *M. juniae* fêmeas – efeito subletal que comparou a proporção de fêmeas ovadas em cada réplica – observou-se que na Campanha IV a estação P3 apresentou toxicidade à maturação. Na campanha II a estação P3 não apresentou dados de maturação, pois não houve sobreviventes ao final do teste, o mesmo ocorreu com a estação P2 nas campanhas III e IV (Tabela 05).

Tabela 5: Proporção de maturação de *M. juniae*.

ESTAÇÕES	CAMPANHA I		CAMPANHA II	
	PROPORÇÃO	±DP	PROPORÇÃO	±DP
P1	1	0	0,78	0,06
P2	0,92	0,14	1	0
P3	0,66	1,52	*	-
CONTROLE	1	0	1	0

ESTAÇÕES	CAMPANHA III		CAMPANHA IV	
	PROPORÇÃO	±DP	PROPORÇÃO	±DP
P1	0,93	0,12	1	0
P2	*	-	*	-
P3	0,96	0,07	0,78	0,38
CONTROLE	0,95	0,08	0,96	0,07

*Não avaliado, pois não houve sobreviventes.

A figura 07 mostra a proporção média de maturação de cada estação com o controle e a comparação dessa média entre os anos 2014 e 2015.

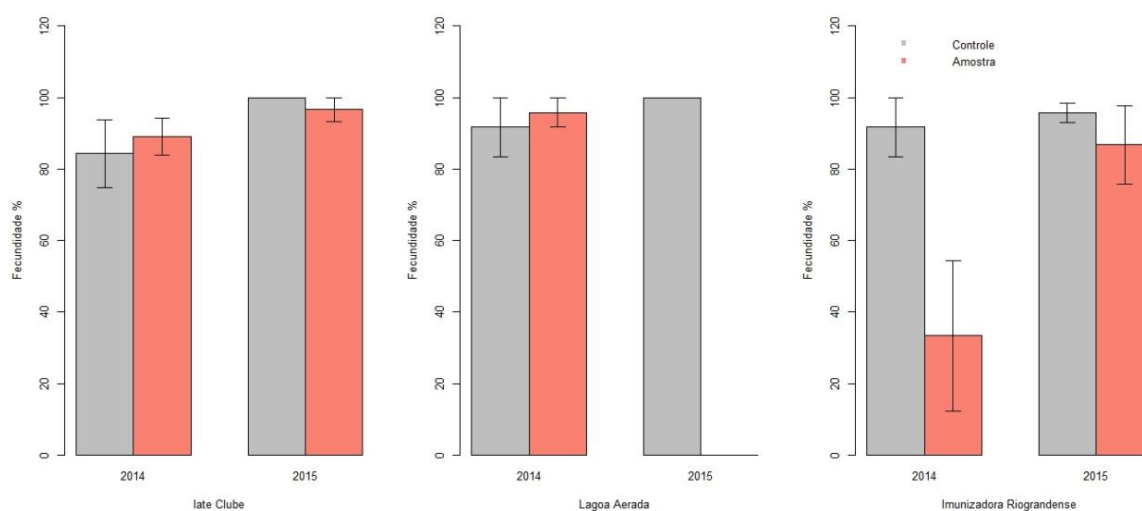


Figura 4: Maturação de *Mysidopsis juniae* em cada estação.

A análise estatística dos dados de maturação mostrou que não há diferença significativa para a estação P1 ($p \geq 0,05$), entretanto, as estações P2 e P3 mostraram diferença significativa ($p \leq 0,05$) nas taxas de maturação entre amostra coletada, controle e os anos (Tabela 06).

A resposta sobre a maturação pode ser afetada por substâncias químicas que interferem no equilíbrio endócrino de invertebrados aquáticos. O insucesso reprodutivo pode trazer prejuízos em longo prazo para ecossistemas naturais (Nicodemo, 2010).

Tabela 6: Análise de Variância One-way para maturação de *M. juniae* nas estações e no tempo.

Maturação P1			
	média sq	valor F	valor p
Amostra	26.15	1.71	0.20
Resíduos	15.281		
Maturação P2			
	média sq	valor F	valor p
Amostra	15258.5	222.38	5.525e^{-13***}
Resíduos	68.6		
Maturação P3			
	média sq	valor F	valor p
Amostra	5718.6	41.21	1.58e^{-06***}
Resíduos	138.8		

Após as análises de Sobrevivência e Maturação do *M. juniae*, as amostras foram consideradas “Tóxicas” (“p”≤0,05) ou “Não Tóxicas” (“p”≥0,05). Assim, nas campanhas I e II apenas a estação P3 apresentou toxicidade ao *M. juniae*. E nas campanhas III e IV, a estação P2 apresentou toxicidade à sobrevivência do organismo teste. Observa-se que a estação P1 não apresentou toxicidade nas campanhas realizadas (Tabela 07). Lopes (2012) analisou os dados de metais em região estuarina, e verificou que eles apresentaram baixas concentrações no Canto do Mangue – região próxima a P1, o fluxo de água do local pode ser um fator que dificulta a análise aquática deste local visto que nele há constante modificação.

Tabela 7: Classificação das amostras quanto à toxicidade crônica para cada efeito analisado (p≤0,05).

		SOBREVIVÊNCIA			MATURAÇÃO		
		P1	P2	P3	P1	P2	P3
CAMPANHA	I	NT	NT	T	NT	NT	NT
	II	NT	NT	T	NT	NT	NA
	III	NT	T	NT	NT	NA	NT
	IV	NT	T	NT	NT	NA	T

NT: Não Tóxica. T: Tóxica. NA: Não Avaliado

A toxicidade encontrada indica que esses corpos de água podem estar recebendo efluentes sem tratamento adequado, um indício disto é a presença

do Fósforo que apresentou valores acima do máximo permitido em no mínimo duas coletas de cada estação (P1, P2 e P3), mas a estação P3 apresentou o Fósforo acima do limite permitido de acordo com o estabelecido pela Resolução CONAMA 357 de 2005 nas quatro coletas (Tabela 08).

O fósforo é um elemento que não tem influência direta sobre a sobrevivência do *M. juniae*, mas é um elemento importante ao desenvolvimento de cianobactérias e, quando em quantidades elevadas, diminui a disponibilidade de oxigênio dissolvido na água e isso pode afetar o misidáceo.

As análises de metais não detectaram concentrações acima do limite máximo permitido para os elementos Cádmio, Níquel, Mercúrio, Cromo, Chumbo e Cobre. O Zinco foi verificado em algumas análises, estando acima do permitido apenas na estação P3 na campanha IV e isto pode estar relacionado à toxicidade à maturação do *M. juniae* que foi verificada nesta campanha. O estuário do Potengi é visto como uma barreira biogeoquímica que ameniza a passagem de metais pesados para a região costeira (Silva *et al.*, 2006 *apud* Nicodemo, 2010) essa característica se justifica pelo fato da presença do mangue nessa região que tem a capacidade de acumular metais em sua estrutura física.

Os empreendimentos em torno das estações P2 e P3 podem ter contribuído para o lançamento de Carbono Orgânico Total que se mostrou acima do limite permitido em determinados períodos. Nicodemo (2010) demonstrou que a toxicidade do Rio Potengi em locais próximos às estações P2 e P3 estava relacionada à presença de metais.

Tabela 8: Resultado das análises físico-químicas.

Elementos mg/L	P1						P2						P3					
	JUL 2014	NOV 2014	VMP*	MAR 2015	MAI 2015	VMP **	JUL 2014	NOV 2014	VMP*	MAR 2015	MAI 2015	VMP ***	JUL 2014	NOV 2014	VMP **	MAR 2015	MAI 2015	VMP ***
Zn	<LD	<LD	0,18	<LD	0,079	0,09	0,004	<LD	0,18	<LD	<LD	0,09	0,005	<LD	0,09	<LD	0,185	0,09
Cd	<LD	<LD	0,001	<LD	<LD	0,005	<LD	<LD	0,001	<LD	<LD	0,005	<LD	<LD	0,005	<LD	<LD	0,005
Ni	<LD	<LD	0,025	<LD	<LD	0,025	<LD	<LD	0,025	<LD	<LD	0,025	<LD	<LD	0,025	<LD	<LD	0,025
Hg	<LD	<LD	0,0002	<LD	<LD	0,0002	<LD	<LD	0,0002	<LD	<LD	0,0002	<LD	<LD	0,0002	<LD	<LD	0,0002
P	0,026	<LD	0,1	0,097	0,107	0,062	0,116	0,085	0,1	0,383	0,223	0,124	0,176	0,117	0,062	0,24	0,144	0,124
Cr	<LD	<LD	0,05	<LD	<LD	0,05	<LD	<LD	0,05	<LD	<LD	0,05	<LD	<LD	0,05	<LD	<LD	0,05
Pb	<LD	<LD	0,01	<LD	<LD	0,01	<LD	<LD	0,01	<LD	<LD	0,01	<LD	<LD	0,01	<LD	<LD	0,01
Cu	<LD	<LD	0,009	<LD	<LD	0,005	<LD	<LD	0,009	<LD	<LD	0,005	<LD	<LD	0,005	<LD	<LD	0,005
N	<LD	<LD	2,18	<LD	0,8	-	<LD	<LD	2,18	0,1	<LD	-	<LD	0,3	-	0,4	29,4	-
C	<LD	<LD	-	<LD	4,09	3,00	<LD	<LD	-	1,49	5,62	3,0	3,6	<LD	3,00	2,26	6,03	3,0

VMP: Valor Máximo Permitido. LD: Limite de Detecção. *I Águas Salinas; ** II Águas Doces; *** Águas Salobras. Em negrito os valores desconforme com a legislação CONAMA 357, 2005.

As estações P2 e P3 mostrou-se tóxica para o *M. juniae* em, pelo menos, um dos efeitos aferidos (sobrevivência e/ou maturação). A estação P1 não apresentou toxicidade para a sobrevivência e para a maturação nas quatro campanhas.

Recomenda-se que os sistemas de tratamento sejam, no mínimo, eficientes na remoção de metais e da carga orgânica de efluentes a fim de proteger o Rio Potengi (Nicodemo, 2010).

5. Conclusão

Diante o exposto, não foi verificada forte contaminação por elementos químicos nas amostras de água analisadas. Porém, a presença de Zinco na estação P3, de Fósforo e Carbono Orgânico indica que algum fator está contribuindo para a transformação do ambiente devido a toxicidade apresentada nas estações P2 e P3. Assim, serão necessários estudos futuros que analisem a relação desses elementos na toxicidade do *M. juniae*.

Pelo fato de o corpo hídrico ser frequentemente modificado pela ação natural das correntezas, é indicado a realização de trabalhos que verifiquem a toxicidade também nos sedimentos.

6. Referências

ABNT NBR 15469. **Ecotoxicologia Aquática – Preservação e preparo de amostras**. Rio de Janeiro, 2007.

BERTOLETTI, E., Zagatto, P. A. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Aplicações**. São Paulo: RiMa, p. 464 . 2006.

BRASIL. Leis, decretos, etc. **CONAMA** - Conselho Nacional do Meio Ambiente Resolução nº 357, de 17/03/2005. Diário Oficial da União, nº 53, de 18 de março de 2005. Brasília, p. 58 - 63. 2005. Disponível em <http://www.mma.gov.br/conama>. Acessado em 27/11/2015.

COSTA, C. R.; Olivi, P.; Botta, C. M. R.; Espindola, E. L. G. **A toxicidade em ambientes aquáticos: discussão e métodos de avaliação**. Química Nova. V.31, p.1820-1830. 2008.

COSTANZA, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, B., Limburg, K., Naeem, S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Suttonkk, P., VandenBelt, M. **The value of the worlds ecosystem services and natural capital**. Nature 387, p. 253–260.1997.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo populacional 2010**: Dados: Rio Grande do Norte. Disponível em: http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php?uf=24. Acessado em 27/11/2015.

IGARASHI, M. A. **Situação atual e o potencial para o desenvolvimento do cultivo de polvo no Brasil**. Revista Acadêmica: Ciências Agrárias e Ambientais, 8(4): 417-427. 2010.

LAVENS, P. e SORGELOOS, P. **Manual on the production and use of live food for aquaculture**. FAO Fisheries Technical Paper. p. 361. 1996.

LÉGER, P.; BENGTON, D.A.; SIMPSON, K.L.; SORGELOOS, P. **The use and nutritional value of Artemia as a food source**. Oceanography and Marine Biology: an annual review, 24: 521-623. 1986.

LOPES, R. B. E LIMA, R. S. F. **Ecotoxicologia dos sedimentos do estuário dos Rios Jundiá e Potengi: ensaios com organismo teste *Leptocheirus plumulosus***.

MAGALHÃES, D. P.; Ferrão Filho, A. S. **A ecotoxicologia como ferramenta no biomonitoramento de ecossistemas aquáticos**. Oecologia Brás., 355-381, 2008.

MATHEWS, T., Fisher, N. S. **Evaluating the trophic transfer of cadmium, polonium, and methyl mercury in an estuarine food chain.** Environ. Toxicol. Chem. 27,1093–1101. 2008.

McLUSKY, D.S. **The Estuarine Ecosystem.** New York: John Wiley and Sons Inc., 215p. 1981.

NICODEMO, S. C. T. e S. **Diagnóstico ecotoxicológico dos efluentes lançados no complexo estuarino do Jundiaí/Potengi, Natal/RN.** (Dissertação de Mestrado) Programa de Pós-graduação em ecologia. DOL/UFRN, 2010.

ODUM, William E. & Heald, Eric J. **Trophic Analyses of an Estuarine Mangrove Community.** Bulletin of Marine Science 22: 671 – 738. 1972

PRÓSPERI, V. A. **Comparação de métodos ecotoxicológicos na avaliação de sedimentos marinhos e estuarinos.** (Tese de Doutorado) Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, p.118. 2002.

R Core Team. **R: a language and environment for statistical computing.** R foundation for statistical computing. Vienna, Austria. URL: <http://www.R-project.org/>. 2003.

RAND, G. M.; Petrocellim S. R. **Fundamentals of aquatic toxicology: methods and application.** New York,1985.

Sanz-Lázaro, C., Marín, A. **A manipulative Field experiment to evaluate an integrative methodology for assessing sediment pollution in estuarine ecosystems.** Science of The total Environment. Vol 407, issue 11. p. 3510-3517. 2009.

SORGELOOS, P. e LÉGER, P. **Improved larviculture outputs of marine fish, shrimp and prawn.** Journal of the World Aquaculture Society, 23(4): 251-263. 1992.

STOTTRUP, J.G. e MCEVOY, L. **A. Live feeds in marine aquaculture.** Blackwell Publishing, Oxford. p. 318. 2003.

U.S. Environmental Protection Agency. **Short-term Methods for Estimating the Chronic Toxicity of Effluents and Receiving Waters to Marine and Estuarine Organisms.** 2002. Disponível em: www.epa.gov/cwa-methods/acute-toxicity-wet-methods. Acessado em 27/11/2015.

Vaz, Cleiton. **Desenvolvimento de metodologia para teste de toxicidade crônica com Mysidopsis juniae (SILVA, 1979) para aplicação em análises de ambientes marinhos** (Tese de doutorado). Florianópolis/SC. 2012. 226 p.

Zonta, R. Guerzoni, S., Pérez-Ruzafa, A., Jonge, V. N. **Measuring and managing changes in estuaries and lagoons: morfological and ecotoxicological aspects.** Marine Pollution Bulletin. Vol. 55, Issue 10-12. p. 403-406. 2007.

ANEXOS

Anexo A: Data de entrada das amostras no laboratório

Amostra	Entrada 2014		Entrada 2015	
POT-07	30/07/2014	25/11/14	31/03/2015	27/05/2015
POT-10	30/07/2014	26/11/14	31/03/2015	27/05/2015
POT-14	30/07/2014	26/11/14	31/03/2015	27/05/2015

ANEXO

Anexo B: Resultados de sobrevivência e maturação dos misidáceos ao final dos testes das Campanhas I e II.

Amostra	Sobrevivência				Maturação			
	Total	Média	Desvio Padrão	Variância	Proporção	Média	Desvio Padrão	Variância
CAMPNHA 1	C1	10			1			
	C2	9	9,67	0,58	0,33	1	1,00	0,00
	C3	10				1		
	P1.1	10				1		
	P1.2	10	9,33	1,15	1,33	1	1,00	0,00
	P1.3	8				1		
	P2.1	10				1		
	P2.2	10	9,33	1,15	1,33	1	0,92	0,14
	P2.3	8				0,75		
	P3.1	8				1		
	P3.2	0	3,33	4,16	17,33	*	1,00	0,58
	P3.3	2				1		
CAMPNHA 2	C1	10						
	C2	10	9,67	0,58	0,33	1	1,00	0,00
	C3	9				1		
	P1.1	10				0,8		
	P1.2	9	9,67	0,58	0,33	0,83	0,78	0,06
	P1.3	10				0,71		
	P2.1	8				1		
	P2.2	10	9,33	1,15	1,33	1	1,00	0,00
	P2.3	10				1		
	P3.1	0				*		
	P3.2	0	0,00	0,00	0,00	*	NA	0,00
	P3.3	0				*		

Anexo C: Resultados de sobrevivência e maturação dos misidáceos ao final dos testes das Campanhas III e IV.

Amostra	Sobrevivência				Maturação				
	Total	Média	Desvio Padrão	Variância	Proporção	Média	Desvio Padrão	Variância	
CAMPNHA 3	C1	9			1				
	C2	10	9,33	0,58	0,33	0,86	0,95	0,08	0,01
	C3	9				1			
	P1.1	7				1			
	P1.2	8	8,00	1,00	1,00	0,8	0,93	0,12	0,01
	P1.3	9				1			
	P2.1	0				*			
	P2.2	0	0,00	0,00	0,00	*	NA	NA	NA
	P2.3	0				*			
	P3.1	10				1			
	P3.2	5	8,33	2,89	8,33	1	0,96	0,07	0,00
	P3.3	10				0,88			
CAMPNHA 4	C1	10				0,88			
	C2	8	9,33	1,15	1,33	1	0,96	0,07	0,00
	C3	10				1			
	P1.1	10				1			
	P1.2	9	9,33	0,58	0,33	1	1,00	0,00	0,00
	P1.3	9				1			
	P2.1	0				*			
	P2.2	0	0,00	0,00	0,00	*	NA	0,00	NA
	P2.3	0				*			
	P3.1	8				0,33			
	P3.2	9	9,00	1,00	1,00	1	0,78	0,39	0,15
	P3.3	10				1			