

MARIELE SIMM

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM AMOSTRAS PROVENIENTES DA
BAÍA DA BABITONGA – SC, ATRAVÉS DE ENSAIOS DE EMBRIOTOXICIDADE
E DE EXPOSIÇÃO PROLONGADA AO AR, UTILIZANDO MEXILHÃO DA
ESPÉCIE *Perna perna* (LINNAEUS, 1758) NA FASE LARVAL E ADULTA.**

JOINVILLE - SC

2009

MARIELE SIMM

**AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DA ÁGUA EM AMOSTRAS PROVENIENTES DA
BAÍA DA BABITONGA – SC, ATRAVÉS DE ENSAIOS DE EMBRIOTOXICIDADE
E DE EXPOSIÇÃO PROLONGADA AO AR, UTILIZANDO MEXILHÃO DA
ESPÉCIE *Perna perna* (LINNAEUS, 1758) NA FASE LARVAL E ADULTA.**

Dissertação do Mestrado em Saúde e Meio Ambiente como requisito parcial para obtenção do título de Mestre Em Saúde e Meio Ambiente pela UNIVILLE.

Orientadora: Profa. Dra. Therezinha Maria Novais de Oliveira.

Co-orientador: Prof. Dr. Gilmar Sidnei Erzinger.

JOINVILLE - SC

2009

Dedico este trabalho aos meus pais, Márcia e Carlos, pelo apoio, compreensão, carinho e amor.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem Ele não teria conseguido mais esta vitória.

Aos meus pais, Carlos e Márcia, que sempre me ajudaram, principalmente em momentos difíceis. Pela compreensão e incentivo.

Ao meu companheiro de todas as horas Rodrigo, pelo auxílio nas coletas, pela compreensão da ausência e ajuda nos momentos difíceis.

A minha orientadora Professora Doutora Therezinha Maria Novais de Oliveira, pela paciência, pelos ensinamentos e incentivo. E por acreditar no meu potencial.

A Professora Virgínia G. Barros, que sempre me apoiou e incentivou na realização dos meus trabalhos.

Ao Professor Zuppi, pela grande ajuda e por acreditar na minha capacidade.

Ao Projeto Alfa, pela bolsa de estudos que proporcionou 9 meses de estágio em Veneza – Itália.

A UNIVILLE, pela estrutura e pela bolsa de estudo.

A Francesca, que ajudou muito durante minha permanência na Itália.

Aos amigos do laboratório Thetis SpA, pelos ensinamentos sem restrições, pelo apoio nos momentos de saudade e na compreensão, em especial a Martina, Rita, Marco, Fabrizio, Alessio, Mabel, Elisa, Anna, Nicolleta, Andrea, Fabio, Cristina, Eugenia, Matteo, Paola e tantos outros que conviveram este tempo maravilhoso comigo.

As amigas que me incentivaram e compreenderam os momentos de ausência, em especial para Daniela e Débora, amigas de todas as horas.

Ao Professor Cleiton, que me ajudou no estágio de docência.

Ao Co-orientador Professor Dr. Gilmar Sidnei Erzinger.

Aos Professores Cláudio R. Tureck e Adriano W. C. Marenzi, pela ajuda nas coletas de organismos, desenvolvimento dos testes e principalmente pelos conselhos.

As colegas de projeto, Renata, Elaine e Katlyn, pela ajuda na realização dos testes.

Aos professores do Mestrado pelos ensinamentos e conselhos.

Aos funcionários do Mestrado pela ajuda e amizade.

Aos amigos que me acompanharam nesta caminhada, fazendo das aulas momentos de alegria e pelas grandes contribuições.

A Denise que sempre me ajudou quando precisava.

Ao Edinho, pela ajuda nas coletas.

Ao Celso pela elaboração do mapa.

*“Para que serve uma casa se você não tiver
um planeta para colocá-la?”*

Henry D. Thoreau

RESUMO

A Baía da Babitonga tem em seu entorno seis municípios com atividades industriais, agrícolas, portuárias e turísticas, sofre, portanto impactos que afetam os ecossistemas costeiros de um modo geral. Os testes biológicos e ecotoxicológicos podem indicar a situação ambiental do local, previsões de riscos e indicar se substâncias produzidas pelas atividades antrópicas podem ser dispostas no meio ambiente avaliando seus efeitos em comunidades de organismos. Sendo assim, este trabalho apresenta um ensaio biológico e um ecotoxicológico, onde o primeiro analisa o tempo de sobrevivência em exposição ao ar utilizando o mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) como organismo bioindicador para análise da qualidade das águas estuarinas em um cultivo de mexilhões na Baía da Babitonga – SC, Brasil e o segundo realiza o teste de embriotoxicidade com a larva do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) como organismo indicador para análise de águas estuarinas em três pontos desta mesma região. O primeiro ensaio coletou-se organismos de um cultivo na Baía da Babitonga e de um cultivo da região de Penha – SC, como controle, submetendo-os a avaliação do tempo de sobrevivência dos organismos em exposição ao ar. No segundo teste coletou-se mensalmente amostras de água de pontos distintos submetendo-os a teste de embriotoxicidade segundo as recomendações das normas ASTM (2004) e Zaroni (2002). Os resultados demonstraram que o organismo é sensível para a execução dos testes e auxilia na geração de dados para estudos deste ambiente. Apresentam ainda a necessidade de cuidados com esta região que, além de mostrar um indicativo de excesso de nutrientes no teste de sobrevivência, apresenta também diferenças significativas de toxicidade entre as áreas estudadas.

Palavras- chave: Estuário, Ecotoxicologia, Sobrevivência, *Perna perna*, Baía da Babitonga.

ABSTRACT

The Bay of Babitonga has in its six surrounding cities with industrial activities, agricultural, tourist and harbor, is, therefore impacts that affect coastal ecosystems in general. The biological and ecotoxicological tests may indicate the environmental situation of the site, estimates of risk and whether substances produced by human activities can be arranged in assessing environmental effects on communities of organisms. Thus, this work presents an ecotoxicological and an assay, where the first analyzes the survival time of exposure in the air using the mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758) as a bioindicator organism for the analysis of estuarine water quality in a culture of mussels Bay of Babitonga - SC, Brazil and the second performs the embryotoxicity test with larvae of the mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758) as indicator organism for the analysis of estuarine waters in three points of that region. The first test organisms were collected in a culture in the Bay of Babitonga and a growing region of Penha - SC, as control, by subjecting them to assess the time of survival of organisms on exposure to air. The second test is collected monthly water samples from different points of subjecting them to test embryotoxicity according to ASTM standards (2004) and Zaroni (2002). The results showed that the organism is sensitive to the implementation of tests and helps to generate data for studies of this environment. Show the need for care in this region that, besides showing a sign of excess nutrients in the test of survival, has also significant differences in toxicity among the studied areas.

Keys words: Estuary, Ecotoxicology, Survival, *Perna perna*, Bay of Babitonga.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 01: (A) - Larva – D do mexilhão <i>Perna perna</i> normal; (B) – Larva anormal com efeito de toxicidade.....	46
FIGURA 02: Mexilhão <i>Perna perna</i>	50
FIGURA 03: Fases do desenvolvimento embrionário do mexilhão <i>Perna perna</i>	53
FIGURA 04: Fases do desenvolvimento embrionário e larval do mexilhão <i>Perna perna</i>	54
FIGURA 05: Baía da Babitonga, Santa Catarina.....	58
FIGURA 06: Mapa da Baía da Babitonga com os pontos identificados.....	59
FIGURA 07: Rio Cachoeira, local de amostragem.....	61
FIGURA 08: A região de Laranjeiras, local de amostragem.....	62
FIGURA 09: Porto de São Francisco do Sul, local de amostragem.....	63
FIGURA 10: Mexilhões <i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758) do cultivo de Penha / SC.....	63
FIGURAS 11 E 12: Mexilhão <i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758), fêmea – coloração alaranjada; macho – coloração esbranquiçada.....	64
FIGURA 13: Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC.....	65
FIGURA 14: Cultivo de mexilhão na Armação de Itapocoroy – Penha / SC.....	65
FIGURA 15: Procedimento de lavagem dos mexilhões, escovação e retirada de incrustações.....	67
FIGURAS 16 E 17: Mexilhões em placas de Petri submersos em água artificial salgada, o primeiro com frascos congelados para diminuição da temperatura e segundo com aquecedor.....	69
FIGURA 18: Liberação de gametas femininos em recipiente separado.....	69
FIGURA 19: Placas de cultivo celular com soluções –teste.....	70
FIGURA 20: Coleta de medidas dos mexilhões.....	72
FIGURA 21: Mexilhões expostos ao ar, para avaliação do tempo de sobrevivência.....	72
FIGURA 22: Teste de Embriotoxicidade, com larva do mexilhão <i>Perna perna</i> , Positivo com a substância de referência, Dodecil Sulfato de Sódio, 48 horas de duração.....	74
FIGURA 23: Resultados dos testes de embriotoxicidade com mexilhão <i>Perna perna</i> , nas cinco coletas realizadas nos três pontos avaliados da Baía da Babitonga e nas cinco concentrações analisadas.....	75

FIGURA 24: Período médio de sobrevivência em exposição ao ar do mexilhão <i>Perna perna</i>	76
FIGURA 25: Largura média dos mexilhões nos 04 testes realizados.....	77
FIGURA 26: Espessura média dos mexilhões nos 04 testes realizados.....	77
FIGURA 27: Comprimento médio dos mexilhões nos 04 testes realizados.....	78
FIGURA 28: Peso médio dos mexilhões nos 04 testes realizados.....	78

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1. A DINÂMICA AMBIENTAL DOS ESTUÁRIOS.....	15
2.1.1. A SITUAÇÃO ATUAL DOS AMBIENTES ESTUARINOS.....	18
2.1.2. LEGISLAÇÃO RELACIONADA A ESTUÁRIOS.....	23
2.2. MECANISMOS DE POLUIÇÃO.....	26
2.2.1. POLUIÇÃO: CONCEITOS E ORIGENS.....	26
2.2.2. POLUIÇÃO DOS AMBIENTES MARINHOS.....	29
2.2.2.1. Poluição Orgânica.....	30
2.2.2.2. Hidrocarbonetos, óleos e graxas.....	31
2.2.2.3. Metais pesados – Elementos traço.....	32
2.2.2.4. Pesticidas.....	33
2.2.2.5. Xenobióticos.....	34
2.2.2.6. Resíduos sólidos.....	34
2.3. IMPACTOS À SAÚDE.....	35
2.4. ECOTOXICOLOGIA.....	37
2.4.1. Testes de toxicidade aguda.....	42
2.4.2. Testes de toxicidade crônica.....	43
2.4.3. Condições relacionadas ao teste.....	43
2.4.4. Substâncias de referência.....	44
2.5. TESTE DE EMBRIOTOXICIDADE.....	45
2.6. TESTE DE SOBREVIVÊNCIA EM EXPOSIÇÃO NO AR.....	46
2.7. MEXILHÃO <i>Perna perna</i>.....	48
3. METODOLOGIA.....	57
3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	57
3.1.1. Levantamento de dados bibliográficos.....	57
3.1.2. Descrição da área de estudo.....	57
3.1.3. Definição dos pontos de coleta.....	57
3.1.3.1. Bacia do rio Cachoeira – Ponto 01.....	60
3.1.3.2. Laranjeiras – Ponto 02.....	61
3.1.3.3. Porto de São Francisco do Sul – Ponto 03.....	62

3.1.4. Escolha do organismo-teste.....	63
3.1.5. Procedência dos organismos-teste.....	64
3.1.6. Coleta e conservação das amostras.....	66
3.1.7. Análises físico-químicas e dados de campo.....	66
3.1.8. Teste de toxicidade com embriões de <i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758).....	66
3.1.8.1. Organismos no laboratório.....	66
3.1.8.2. Água utilizada no teste.....	67
3.1.8.3. Liberação dos gametas.....	68
3.1.8.4. Fecundação.....	68
3.1.8.5. Execução do teste.....	70
3.1.8.6. Controle de qualidade.....	71
3.1.8.7. Aceitabilidade do teste.....	71
3.1.9. Teste da avaliação da condição de estresse com <i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758) – Sobrevivência em exposição ao ar.....	71
3.1.10. Análise dos resultados.....	73
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	74
4.1. ANÁLISES DE CAMPO.....	74
4.2. TESTE DE EMBRIOTOXICIDADE COM MEXILHÃO <i>Perna perna</i> (LINNAEUS, 1758).....	74
4.3. TESTE DE SOBREVIVÊNCIA EM EXPOSIÇÃO AO AR DE MEXILHÕES <i>Perna perna</i> (LINNAEUS, 1758).....	76
5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	81
REFERÊNCIAS.....	82
APÊNDICES.....	93

1. INTRODUÇÃO

O mundo mudou, sua população cresce rapidamente e, em decorrência disso, avolumam-se os problemas. Já não se pode mais aplicar métodos antigos para resolver situações novas (MARRONI & ASMUS, 2005).

A adulteração da água, solo e ar pelos produtos físicos e químicos resultantes de atividades humanas, tem acompanhado a nossa espécie desde que ela começou a andar pela terra. Desde os tempos pré-históricos, a poluição tem estado relacionada com a saúde (LORA, 2002).

O rápido crescimento urbano que se instalou no Brasil, nas últimas décadas, trouxe inúmeras conseqüências para as áreas sociais, de transporte, infra-estrutura, saúde, saneamento e, principalmente, provocou um aumento da problemática ambiental no país, exigindo que novas formas de gestão pública fossem adotadas (LIMA, 2005).

Há substâncias que se comportam como verdadeiros venenos, sendo produzidas por diversas indústrias, tais como refinarias, indústrias petrolíferas, fábricas de plásticos, de tintas, borracha, gás, carvão, destilação de madeiras, alcatrão, etc. Certas substâncias têm propriedades corrosivas, particularmente os ácidos e as bases que modificam o pH das águas, perturbando, assim, o equilíbrio dos microrganismos. Estas substâncias têm, portanto, uma ação química, introduzindo na água compostos normalmente ausentes, ou presentes em quantidades infinitesimais, entre os quais venenos preocupantes. Frequentemente, também têm uma ação física; algumas podem modificar a cor, a transparência, a tensão superficial, a viscosidade e a temperatura da água (ARANA, 2004a).

Existem muitas classes importantes de contaminantes em grandes áreas atingidas por estes que não foram estudadas em detalhe, parcialmente devido à carência de técnicas analíticas instrumentais adequadas (FENT, 2004).

As análises químicas têm procurado identificar e quantificar químicos específicos no ambiente, porém nem todos químicos são abordados pelas técnicas analíticas. Outro problema é a interação dos químicos em misturas complexas, que ainda não é bem compreendida (FENT, 2004).

Atualmente, como os contaminantes ambientais são avaliados principalmente por análises químicas, as análises de concentração fornecem apenas parte de um conhecimento necessário para avaliar e calcular o potencial tóxico de poluentes e áreas contaminadas para fauna, flora e humanos. Isto se deve, em parte, à não consideração da bioavaliação dos compostos, visto possuírem atividade biológica distinta (FENT, 2004).

Devido a tal fato, tais medidas não provêm estimativas de efeitos deletérios sobre a vida dos organismos e devem ser complementados com critérios biológicos obtidos por meio dos bioensaios (HIS, SEAMAN & BEIRAS, 1997).

Os testes ecotoxicológicos constituem elemento fundamental da Ecotoxicologia, os quais permitem avaliar o efeito da relação entre dose e tempo de exposição sobre organismos em teste, possibilitando estimar o potencial tóxico do agente químico testado. Os testes de toxicidade avaliam o grau de sensibilidade ou resistência de diferentes espécies de animais e plantas a uma substância tóxica particular, a um efluente ou a uma amostra ambiental suspeita de contaminação (LOURENÇO, 2006).

Em decorrência da possibilidade de estender resultados de toxicidade de determinado organismo-teste para um grande número de organismos presentes no meio natural, esses testes têm sido empregados no gerenciamento, manejo e monitoração de ambientes aquáticos, planejamento de política ambiental, criação de legislação referente a emissões de efluentes, cálculo de riscos ambientais e geração de informações para setores de vigilância de saúde pública (LOURENÇO, 2006).

A sobrevivência em exposição ao ar é também aplicada como uma ferramenta para monitoramento, respostas da fauna de ambientes estressados, ou seja, ambientes poluídos (BABARRO & ZWAAN, 2008).

O tempo de sobrevivência no ar é um parâmetro sensível nas condições individuais de estresse ambiental onde os bivalves são subordinados. A definição de tal índice aproveita a natural capacidade destes moluscos de resistir a breves períodos de exposição no ar.

A Baía da Babitonga é um estuário que por suas características possui baixa velocidade de circulação das águas e é historicamente receptora de efluentes dos seis municípios de entorno, especialmente efluentes industriais oriundos do maior pólo industrial do Estado de Santa Catarina, com indústrias do setor metal mecânico, efluentes domésticos, agrícolas entre outras fontes de contaminação.

Este estuário possui também características ótimas para o desenvolvimento da mitilicultura. No entanto, há uma grande preocupação com a qualidade do ambiente em que estas espécies se desenvolvem dado o uso e ocupação da região. Desde 1998 se estuda metais pesados nestas espécies, existindo a necessidade de testes que indiquem os efeitos destes elementos sobre a biota.

O contexto mundial e que não é diferente da realidade da Baía da Babitonga, não traz conhecimentos sobre a dinâmica de contaminação de ambientes aquáticos de forma aprofundada, bem como o que pode resultar desta dinâmica. Assim sendo, este trabalho se

justifica quando apresenta uma proposta de realizar estudos ecotoxicológicos em mexilhões buscando conhecer os efeitos da qualidade da água sobre a morfologia da fase larval do mexilhão como indicador de qualidade ambiental.

O mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758), espécie comum do litoral brasileiro, tem potencial para ser usado em testes de toxicidade de efeito crônico de curta duração, pois seus gametas podem ser facilmente obtidos e seu desenvolvimento embrio-larval ocorre em curto período de tempo, dando origem a uma larva de fácil identificação morfológica (ZARONI, 2002).

No Brasil, os moluscos bivalves são utilizados em monitoramentos ambientais, principalmente a espécie *Perna perna*. Esse mexilhão apresenta diversos atributos desejáveis para uma espécie indicadora, tais como: ser filtradora, refletindo melhor as condições da coluna d'água; possuir tamanho razoável, sendo o maior dos mitilídeos brasileiros; ser capaz de acumular contaminantes do ambiente em que vive; ser relativamente resistente; ter sua biologia e ecologia bem conhecidas; ser sésil; possuir importância econômica, uma vez que é uma das espécies mais cultivadas e utilizadas no consumo humano e ser o correspondente ecológico das espécies de *Mytilus* das zonas temperadas, permitindo comparações dos resultados (BELLOTTO & FRANCONI, 2008).

Testes de toxicidade utilizando espécies de moluscos é essencial para qualquer programa de monitoramento; por causa da natural distribuição destas espécies em áreas costeiras, moluscos sofrem grandes impactos de diferentes tipos de efluentes (JORGE & MOREIRA, 2005).

Este trabalho tem como principal objetivo desenvolver estudo de embriotoxicidade com mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) com amostras provenientes do ambiente estuarino da Baía da Babitonga – Santa Catarina e avaliar o tempo de sobrevivência em exposição ao ar de organismos da mesma espécie.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A DINÂMICA AMBIENTAL DOS ESTUÁRIOS

Áreas costeiras são consideradas aquelas que sofrem influência direta ou indireta dos oceanos. Incluem-se costões rochosos, planícies, praias, manguezais, estuários e proximidades de domínio do mar. Assim, tomando-se como base o continente, a região atingida pelas marés sofre mais diretamente os efeitos do mar, ao passo que em áreas contíguas a ação é indireta, repercutindo em solos arenosos, lençóis salobros, ação de ventos úmidos, vegetação e fauna adaptada. Quando o referencial é o mar, são as proximidades da costa que sofrem mais influência da massa continental emergida. Assim sendo, as partes rasas do mar que cobrem a plataforma continental importam continuamente materiais provenientes dos deságües dos rios como descrevem Natal, Menezes e Mucci (2005).

“A palavra estuário é derivada do adjetivo latino *aestuarium*, cujo significado é maré ou onda abrupta de grande altura, fazendo referência a um ambiente altamente dinâmico, com mudanças constantes em resposta a forçantes naturais”. Termo utilizado genericamente para indicar o encontro do rio com o mar, caracterizando uma foz litorânea. Desta maneira, trata-se de um ecossistema de transição entre o oceano e o continente; a complexidade e vulnerabilidade à influência do homem são características comuns a todos os estuários (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002, p. 27).

Estuário é um corpo d’água litorâneo semifechado com acesso livre para o mar (BRAGA *et al.*, 2002). Em média, as águas estuarinas são biologicamente mais produtivas do que as do rio e do oceano adjacente, devido às características hidrodinâmicas da circulação que, aprisionando nutrientes, algas e outras plantas, estimula a produtividade desses corpos de água (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002) e por este motivo “os estuários apóiam uma longa e elaborada cadeia de vida” (CALLO, 1987, p.136).

“Estes ambientes também possuem forte importância histórica, uma vez que permitiram a ocupação humana e o desenvolvimento das cidades litorâneas ao longo do tempo” (LIMA, 2005, p. 149).

Para Miranda, Castro e Kjerfve (2002) esse ambiente pode ser subdividido em três zonas distintas: - Zona de Maré do Rio (ZR) – parte fluvial com salinidade praticamente igual a zero, porém, ainda sujeita à influência da maré; - zona de Mistura (ZM) – região onde ocorre a mistura da água doce da drenagem continental com a água do mar; - Zona Costeira (ZC) – região costeira adjacente que se estende até a frente da pluma estuarina que delimita a Camada Limite Costeira (CLC)

A renovação das águas de um estuário, assim como a sua capacidade de assimilação de substâncias estranhas dependem de vários processos de naturezas física, química, biológica e geológica, os quais, por sua vez, interagem entre si de forma extremamente complexa, tornando-os extremamente vulneráveis a alterações da qualidade de água. Essas interações ainda não foram estudadas compreensivamente de forma interdisciplinar, pois, na maioria dos casos, os programas de pesquisa foram desenvolvidos em linhas específicas. Como consequência, a introdução direta ou indireta de substâncias e de energia pelo homem pode atingir níveis de concentração que causam a contaminação do estuário, com efeitos nocivos aos recursos vivos, perigos para a saúde humana, obstáculos para as atividades marinhas e de pesca, deterioração da qualidade da água e redução de seus atrativos naturais (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002).

Os processos físicos comuns no ambiente estuarino são seus movimentos e a mistura entre as massas de água de origens contrastantes: a água doce de origem fluvial e a água do mar do oceano adjacente. Assim, como resultado desses processos, os estuários são corpos de água não homogêneos e os fenômenos no seu interior variam em amplos intervalos das escalas espacial e temporal; desde dimensões microscópicas até seus limites geométricos, e intervalos de tempo com frações de segundo até o extremo das variações anuais e seculares (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002).

A influência dos processos na distribuição e na variabilidade de propriedades físicas, na concentração de substâncias naturais (salinidade, nutrientes dissolvidos e sedimentos em suspensão) e dos organismos biológicos, bem como na concentração de poluentes, devem ser estudados em pesquisas interdisciplinares, abrangendo o estuário como um todo, destacando-se a integração dos seguintes componentes principais: - circulação, transporte e mistura nas águas estuarinas e costeiras; - efeitos ambientais sobre a flora e a fauna estuarina; - transporte, erosão e deposição de sedimentos (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002).

Alguns fatores físicos são de grande relevância como o vento que é uma forçante que promove a aeração e a mistura das massas de água estuarina e costeira, podendo provocar a erosão dos gradientes verticais de salinidade, principalmente na entrada dos sistemas abrigados da influência local. Essa forçante ainda gera ondas e correntes nos estuários com grande área superficial, intensificando a mistura vertical (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002).

A dinâmica da maré estuarina tem como características principais da maré astronômica podem ser sintetizadas pela sua periódica e previsível, usualmente, regular oscilação do nível d'água, de variável magnitude em altura e com período usual mais comum de 12, 42 horas

(semi-diurna), correspondendo, portanto a uma onda de longo período. A subida e descida do nível do mar, respectivamente denominadas de enchente e vazante, estão associadas com correntes de maré com estofas de defasagem variável com a preamar e baixa-mar, dependendo das condições locais. A causa primária da maré é a complexa variação da atração gravitacional da Lua e do Sol sobre as massas líquidas, devido à contínua mudança da posição relativa dos astros, balanceada pela centrífuga dos sistemas Terra-Lua e Terra-Sol (ALFREDINI, 2005, p. 75).

A salinidade nos estuários apresenta grande variação ao longo do ano, por isso as espécies pertencentes a este ambiente possuem uma grande tolerância a tais variações. Geralmente, nos estuários, as condições de alimento são muito favoráveis, levando a um grande número de organismos. Essa comunidade que habita os estuários compõem-se de várias espécies que só se desenvolvem nessas regiões, além de espécies que vêm do oceano e algumas poucas que passam do oceano para os rios e vice-versa. Várias espécies que pertencem ao nécton oceânico utilizam os estuários como habitat em suas primeiras fases de vida e crescimento, devido ao abrigo e ao alimento abundante disponíveis (BRAGA *et al.*, 2002).

Esses ambientes filtram os poluentes tóxicos, excesso de nutrientes vegetais, sedimentos e outros poluentes. Eles reduzem os danos causados pelas tempestades, pois absorvem a energia das ondas e armazenam o excesso de água produzido pelas tempestades (MILLER, 2007).

O estuário caracteriza-se pela fragilidade e singularidade de seus ambientes, mas a complexidade do ambiente urbano-metropolitano determina-o, hoje, como grande receptor de elevadas cargas de resíduos sólidos e de outros elementos poluidores, como rejeitos industriais, derramamentos de óleo e esgoto *in natura*. Para introduzir a questão, é importante assinalar que dois terços das grandes cidades distribuídas ao redor da Terra estão localizadas nas proximidades de estuários, representando, em proporção às dimensões, uma das mais valiosas e produtivas regiões do planeta (LIMA, 2005, p. 148).

Segundo Miranda, Castro e Kjerfve (2002) o crescimento da atividade econômica sempre esteve intimamente relacionado aos estuários pelos seguintes motivos: são locais adequados para a instalação de portos; são férteis e podem produzir grandes quantidades de matéria orgânica; constituem uma via de acesso importante para o interior do continente; suas águas são renovadas periodicamente sob a influência da maré.

De acordo com Alfredini (2005) o Brasil possui 7.367 km de linha costeira voltada para o Oceano Atlântico, que ampliam-se para mais de 8.500 km considerando os recortes

litorâneos (baías, enseadas, etc.). Das 25 regiões metropolitanas, 14 encontram-se em estuários localizados próximos aos principais pólos petroquímicos e sistemas portuários, que, por sua vez, têm sido responsáveis pelo atual estágio de degradação desses ecossistemas (LIMA, 2005). “Cerca de 60% das grandes cidades se desenvolvem em torno dos estuários” (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002, p. 15).

A concentração natural de sedimentos em suspensão dos rios, ocasionada pelo processo erosivo ao longo de seus cursos, pode ser bastante aumentada pelas atividades antrópicas. O processo de sedimentação nos estuários, ao preenchê-lo gradualmente, torna-se uma ameaça ao expulsar a água do mar que contribui para a sua formação, podendo transformá-lo novamente num rio forçado por maré. Mas, igualmente importante também é a entrada dos produtos estranhos ao ambiente estuarino que, associados ao processo de sedimentação, podem encurtar a vida geológica e a saúde biológica natural do estuário (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002).

Até a metade do século passado, as alterações nas bacias hidrográficas que alimentavam os estuários com água doce foram pequenas, e os efluentes das cidades lançados nesses corpos de água eram adequadamente diluídos e renovados, com impactos praticamente desprezíveis sobre os ecossistemas. Entretanto, com o crescente aumento das populações das cidades, a expansão da agricultura e a revolução industrial, as obras portuárias e canais de navegação, a quantidade e a diversidade de sedimentos e resíduos domésticos e industriais passaram a ser cada vez maiores, ameaçando as características naturais dos estuários. Sendo assim, as atividades humanas diretas ou remotas ocasionaram variações com diferentes graus de impacto, sendo as causas potenciais da degradação ambiental dos estuários (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002, p. 45).

Muitas características dos estuários que necessitam de proteção não afetam imediatamente seu aspecto estético, os organismos marinhos e o bem-estar público, mas estudos ecológicos são necessários para identificar detalhadamente os valores a serem protegidos. O mais importante é estar consciente de que os estuários são ambientes que devem ser poupados da degradação ambiental (SEWELL, 1978) *apud* (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002).

2.1.1. A SITUAÇÃO ATUAL DOS AMBIENTES ESTUARINOS

A situação mundial dos ambientes estuarinos é muito similar, principalmente quando considerada a questão da poluição proveniente das atividades antrópicas e seu acelerado

desenvolvimento. Para exemplificar, são apresentados alguns estudos realizados neste tipo de ambiente e que constataam este problema.

A Lagoa de Veneza na Itália é uma frágil transição de ecossistemas característicos com uma extensa rede de canais, pântanos salgados, zonas úmidas e ilhas, e tem sido habitada desde o século 12. Várias interações do homem com este ambiente tem a anos estabelecido um crítico relacionamento de sobrevivência deles, complicado pelo problema da poluição, o qual tem se intensificado durante as últimas décadas. Conseqüentemente, o crescente conceito público acerca de preservação ecológica e biológica tem direcionado ótimos esforços científicos também na questão de monitoramento ambiental (NESTO *et al.*, 2007).

Na planície costeira da Virgínia nos Estados Unidos, na Baía de Chesapeake, a população humana é projetada para aumentar significativamente nas próximas décadas. Em resposta a esta população projetada ocorre à necessidade de resolver o problema de abastecimento de água e infra-estrutura. Cerca de 16% (aproximadamente 850 milhões de m³) do volume total dos afluentes eram formados de água doce em 1971, e estas áreas estão sujeitas a diminuir a partir da intrusão de água salgada resultantes de aquecimento global e aumento do nível do mar. O manejo dos recursos naturais é a única estrutura que traz a oportunidade de solucionar a questão dos impactos naturais, culturais e sociais (VARNELL *et al.*, 2008).

O lago Pontchartrain está situado no estuário do Golfo do México, o maior dos Estados Unidos. O lago drena uma área territorial de 12.173 km² no sul dos Estados da Louisiana e Mississippi. Ele se estende cerca de 82 km de leste a oeste, até o ponto mais largo e 39 km de norte a sul, no mais amplo ponto, com uma área total de água superficial 1619 km² e uma profundidade de água média de 3,7 - 4,3 m. Historicamente, este grande estuário tem sido objeto de numerosos impactos antropogênicos incluindo as zonas urbanas e agrícolas (WANG & XU, 2008).

O estuário do Rio das Pérolas (Pearl River) é muito importante para a recuperação de terras, da aqüicultura e proteção da vida selvagem no Delta do Rio das Pérolas. As zonas úmidas costeiras são um dos principais sumidouros para os metais pesados resultado da adsorção dos sedimentos. Desde 1980, as grandes quantidades de metais pesados poluentes foram lançadas para o estuário, acompanhada do rápido crescimento econômico no Delta do Rio das Pérolas. Os efeitos adversos sobre alguns animais aquáticos e as aves foram observadas na reserva, revelaram que as concentrações de metais pesados em sedimentos na superfície dos manguezais localizados no oeste de Hong Kong foram muito mais elevados do que os ocorridos na região leste devido à entradas antropogênicas (LI *et al.*, 2007).

O sistema estuarino de Santos (São Paulo) ocupa uma larga área da Baixada Santista, e compreende múltiplas fontes de contaminação, tal como de indústrias, lançamento de esgotos, dragagens do Porto de Santos, aterramentos e depósitos em locais ilegais, fontes não pontuais de esgoto, entre outras. A região mais crítica é o Canal de Santos, onde vários contaminantes, tais como metais, hidrocarbonetos alifáticos e poliaromáticos (PAHs) são detectados em concentrações potencialmente tóxicas (SOUSA *et al.*, 2007).

A Baía de Itamaracá esta localizada ao norte do Canal de Santa Cruz no rio Botafogo em Pernambuco próxima a impactantes atividades antrópicas que lançam no ambiente soda cáustica, ácido clorídrico, também recebe descargas das fazendas de cana-de-açúcar, entre outros resíduos agrícolas, ainda efluentes de esgoto doméstico (DOMINGOS *et al.*, 2007).

O Complexo estuarino dos rios Piraquê-Mirim e Piraquê-Açú esta localizado no Espírito Santo próximo de lançamentos de peróxido de hidrogênio, metal – mecânico, eletrônico, produção de fibras de celulose, despejos agrícolas, porto e efluentes domésticos. Presença de Cd, Cr, Cu, Zn Pb tem repassado aos peixes coletados na Baía de Vitória, próxima do estuário. Porém o rio Piraquê-Mirim não é afetado por esses contaminantes (DOMINGOS *et al.*, 2007).

A Baía de Paranaguá localizada no Paraná recebe despejos de resíduos agrícolas, industriais e efluentes de esgoto doméstico juntamente com resíduos relacionados com o Porto de Paranaguá (DOMINGOS *et al.*, 2007).

A Baía da Guanabara localizada no Rio de Janeiro é considerada um dos ambientes mais poluídos da costa sudeste brasileira. A pressão sócio-econômica requer maiores conhecimentos sobre a estrutura e função deste ecossistema. Este ambiente é impactado por descargas pesadas da indústria, efluentes domésticos da região metropolitana do Rio de Janeiro. A bacia de drenagem recebe efluentes poluídos de 24 sub bacias com cerca de 6000 indústrias, 02 aeroportos, 02 portos e 15 terminais de óleo localizados nas proximidades (MENDES, TAVARES & SOARES-GOMES, 2007).

O Rio Itajaí-açu é o maior escoadouro do estado de Santa Catarina, drenando uma área de 15.500 km². A região está cercada por problemas decorrentes da falta de planejamento. Sua bacia de drenagem é marcada pela presença de algumas das principais cidades do estado, como Blumenau, Brusque e Itajaí. Estas cidades representam um importante pólo industrial de Santa Catarina, com destaque para a indústria têxtil, além de concentrar grande contingente populacional. Todos os municípios da bacia de drenagem do Rio Itajaí não possuem sistema de coleta e tratamento dos esgotos domésticos. O Porto de Itajaí está localizado no município de Itajaí, situado na porção terminal do estuário. O porto é um dos principais do sul do Brasil,

representando o maior pólo de desembarque pesqueiro nacional. Associadas a este desembarque, várias indústrias de processamento de pescado estão instaladas às margens do estuário. Este tipo de indústria lança seus dejetos, em geral isento de qualquer forma de tratamento, diretamente no estuário. A dragagem deste porto é feita com a utilização de uma draga que trabalha através de sistema de injeção de água, que promove a fluidização dos sedimentos finos que constituem o fundo (PEREIRA, SPILLERE & SCHETTINI, 2003).

O estuário da Baía da Babitonga está localizado na porção norte do litoral de Santa Catarina (26°02' - 26°28'S e 48°28' - 48°50'W). A baía é contornada em sua porção noroeste pela unidade geomorfológica da Serra do Mar e a sudeste pela ilha de São Francisco. A baía apresenta um complexo que pode ser dividido em três grandes segmentos: a região do Canal do Linguado, que contorna a ilha na sua porção sul; a região do rio Palmital, ao norte, com características estuarinas em boa parte de sua extensão; e o corpo central da baía propriamente dita. A proximidade da Serra do Mar propicia o aparecimento de uma rede hidrográfica extensa, com características particulares, e as nascentes dos rios que deságuam na baía são originadas dentro dos próprios municípios de entorno (SILVA, 1995) *apud* (CREMER, 2006).

O complexo hídrico da Baía da Babitonga, com 1.400 km², atinge parcialmente 6 municípios, sendo estes: Joinville, São Francisco do Sul, Garuva, Araquari, Itapoá e Balneário Barra do Sul. A cidade de Joinville, localizada às margens da Baía da Babitonga, é o maior aglomerado urbano da região. Outro destaque da Baía da Babitonga é o Porto de São Francisco do Sul, importante pólo viário da região (FATMA, 2002).

Além da grande extensão territorial da baía pode-se ainda observar a diversidade ambiental existente. Com nascentes no alto das serras, entre campos de altitude e matas de galeria, os rios descem as encostas da Serra do Mar, e atingem a planície quaternária, protegidos pela densa Floresta Atlântica, até desaguar na Baía da Babitonga, passando pela região dos manguezais (FATMA, 2002).

“A Baía da Babitonga comporta a última grande formação de manguezal do hemisfério sul, constituindo o mais importante estuário do Estado. Além dos manguezais, suas margens são formadas também por praias arenosas e margens rochosas, e apresentam-se em seu interior cerca de 24 ilhas, lajes e planícies de maré” (FATMA, 1984) *apud* (CREMER, 2006, p. 16).

São várias bacias hidrográficas que compõem a Baía da Babitonga, sendo elas, bacia hidrográfica do rio Cubatão, rio Palmital, rio Cachoeira e rio Parati, além de outras pequenas sub-bacias que deságuam diretamente na Baía da Babitonga e Lagoa de Saguazu (FATMA, 2002).

A profundidade atinge um máximo de 28 metros no canal principal de acesso ao porto de cargas de São Francisco do Sul, com uma média de 6 metros, e áreas extremamente rasas que ficam expostas na maré baixa, chamadas coroas ou bancos. A região do Canal do Linguado vem sofrendo um intenso processo de assoreamento ao longo dos anos, decorrente de seu fechamento, ocasionando uma redução acentuada na profundidade em toda sua extensão. A variação da maré atinge uma amplitude de 2,3 metros, com duração máxima aproximada de 6 horas, segundo a tábua de marés publicada pela Capitania dos Portos para o Porto de São Francisco do Sul (CREMER, 2006, p. 16).

O clima da região é fortemente influenciado pela umidade marítima, ocasionando elevados índices pluviométricos. A precipitação média anual é de 1.874 mm, com cerca de 180 dias de chuva por ano. A temperatura apresenta uma média anual de 20,3°C, sendo o mês mais frio o de julho, com temperatura média de 16,5°C. O clima na região caracteriza-se por ser mesotérmico e não apresentar uma estação seca definida, com verões quentes (GAPLAN, 1986) *apud* (CREMER, 2006).

Os ventos na região são um fator importante devido à grande influência que exercem sobre a maré observada (maré meteorológica) em relação à tábua de maré (maré astronômica). Dessa forma, podem ocasionar a elevação ou o abaixamento do nível da água e o atraso ou o adiantamento dos instantes de ocorrência das baixas-mares ou preamares. Os ventos predominantes provêm do quadrante norte, e os mais intensos, do quadrante sul (GAPLAN, 1986) *apud* (CREMER, 2006).

Possui uma lâmina d'água de 153,7 km², sendo a mais importante formação de águas marinhas interiores do litoral norte de Santa Catarina, ligando-se ao Oceano Atlântico através de uma barra principal ao norte, com abertura de 1.850 metros, entre a Praia Figueira do Pontal (Itapoá) e a Praia do Capri (São Francisco do Sul). A baía possui uma segunda ligação com o oceano, através do Canal do Linguado e da Barra do Sul, ligação esta que foi interrompida com o aterro do canal, em 1935, para facilitar a ligação viária entre a Ilha de São Francisco e o continente (FATMA, 2002).

O importante fator de alteração ambiental a ser considerado na Baía da Babitonga, o fechamento do Canal do Linguado para implantação de um ramal ferroviário e, posteriormente, da rodovia BR 280, que dão acesso ao porto de São Francisco do Sul. Executada nas primeiras décadas do século XX, esta obra se deu em duas etapas: já aterrado canal entre o continente e a Ilha do Linguado, em 1907 foi inaugurada uma ponte ferroviária metálica formada por três módulos de 40 metros, cujo o vão central era giratório, permitindo a passagem de embarcações de médio porte entre as Ilhas do Linguado e de São Francisco do

Sul. Registros históricos demonstram que ainda nesta época o canal remanescente era bastante profundo e apresentava forte correnteza. A ponte foi utilizada até 1935, quando efetivou o alargamento do aterro já existente para dar lugar também à rodovia, e o fechamento definitivo do canal. Comemorado na época como obra de engenharia, o aterro de 800 metros de extensão desconsiderou as conseqüências que a interrupção do fluxo de água poderia causar ao ecossistema marinho (FATMA, 2002).

Hoje se mostram evidências, apesar da falta de estudos específicos, de que a obra provocou grandes alterações da dinâmica hídrica e biológica da região. A parte do canal que ficou isolada da baía (Balneário Barra do Sul), exhibe atualmente condições que se assemelham às de uma lagoa costeira (IBAMA, 1998). Já a zona adjacente ao aterro, na parte interna da baía, tornou-se uma área de deposição de lodo, encontrando-se assoreada a ponto de não permitir durante as marés baixas nem sequer o trânsito de embarcações a remo. Além disto, a diminuição dos níveis de circulação e renovação das águas no interior da baía tendem a potencializar os efeitos dos poluentes ali lançados (FATMA, 2002).

Os despejos, como também os fertilizantes e as substâncias nocivas provenientes da agricultura de toda a região, entram na Baía da Babitonga. A baía, com a ilha de São Francisco do Sul situada em frente, tem uma forma estreita-alongada. Anteriormente, o braço sul da baía, o Canal do Linguado, fazia uma conexão hidráulicamente muito eficiente entre a Baía da Babitonga e o Atlântico, servia, por assim dizer, como “traquéia”, que possibilitava a respiração da baía. O fechamento do canal com um dique, em 1935, piorou a respiração, ou seja, dificultou a boa troca de água. Muitos dos efeitos de assoreamento ocorridos e outros danos ambientais provocados pelo acúmulo de poluentes trazidos pelos afluentes, podem ser considerados resultado desse fechamento. Outro efeito desse represamento é que, com maré alta, a direção da vazão dos afluentes se inverte e uma grande parte dos poluentes volta às suas origens (FATMA, 2002).

2.1.2. LEGISLAÇÃO RELACIONADA A ESTUÁRIOS

A Constituição federal, promulgada em outubro de 1988, apresenta um capítulo (Capítulo VI – Do Meio Ambiente, do Título VII – Da Ordem Social) sobre a proteção do meio ambiente, abrangendo em particular os estuários. O Art. 225 (único) estabelece: “Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-

lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações” (MIRANDA, CASTRO & KJERFVE, 2002, p. 47).

A Lei nº 9.605, de 1998 que trata dos crimes ambientais estabelece o art. 33 que aquele que provocar, pela emissão de efluentes ou carreamento de materiais, o perecimento de espécimes da fauna aquática existentes em rios, lagos, açudes, lagoas, baías ou águas jurisdicionais brasileiras, comete crime ambiental com pena de detenção de um a três anos, ou multa, ou ambas cumulativamente. Incurrendo nas mesmas penas, quem causa degradação em viveiros, açudes ou estações de aqüicultura de domínio público. Do mesmo modo, comete crime ambiental, aquele que explora campos naturais de invertebrados aquáticos e algas sem licença, permissão ou autorização do órgão ambiental, assim como quem fundeia embarcação ou lança detritos de qualquer natureza sobre bancos de moluscos ou corais, quando demarcados em carta náutica (incisos I, II e III, do art. 33 da Lei) (SILVA, 2004).

A Lei de Crimes Ambientais à vista do art. 54 e seguintes criminaliza toda e qualquer forma de poluição, resgatando, de certa forma, as definições previstas na Lei de Política Nacional de Meio Ambiente (art. 3º, e incisos da Lei nº 6.938, de 1981). Trata-se das penas mais altas previstas na lei, ou seja, muitas das quais de reclusão de um a quatro anos, e multa, quando a poluição praticada for em níveis que resulta ou possa resultar em danos à saúde humana, ou que provoque a mortandade de animais ou a destruição significativa da flora. De igual modo, previsto nos incisos I a V da lei caracterizam-se também ilícitos penais as condutas antijurídicas relacionadas com a poluição da atmosfera, poluição hídrica, e outras, como, por exemplo, quem torna uma área urbana ou rural imprópria para a ocupação humana, dificulta o uso público das praias, lança resíduos sólidos, líquidos ou gasosos, detritos, óleos ou substâncias oleosas em corpos d’água, em desacordo com as exigências estabelecidas em leis ou regulamentos. Executar pesquisa, lavra ou extração de recursos minerais, produzir, processar, embalar, importar, exportar, comercializar, fornecer, transportar, armazenar, guardar, ter em depósito ou usar o produto, substância tóxica, perigosa ou nociva à saúde humana ou ao meio ambiente, também a quem abandona ou utiliza esses produtos e substâncias e caso sejam nuclear ou radioativa, em desacordo com as exigências determinadas em lei ou nos seus regulamentos (arts. 55 e 56). Por fim, comete crime ambiental aquele que constrói, reforma, amplia, instala ou faz funcionar em qualquer parte do território nacional, estabelecimentos, obras ou serviços potencialmente poluidores, sem licença ou autorização dos órgãos ambientais competentes, ou contrariando as normas legais e regulamentares pertinentes ou dissemina doença, praga ou espécies que possam causar danos à agricultura, à pecuária, à fauna, à flora e aos ecossistemas (arts. 60 e 61) (SILVA, 2004).

Os estuários recebem proteção legal específica na Lei 6.938/81, mais precisamente em seu art. 2.º; destacando que a política nacional do meio ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à sadia qualidade de vida, visando assegurar no país, condições ao desenvolvimento sócio-econômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (DIEHL, XAVIER & BRANCHER, 2006).

Tendo em vista o uso coletivo, a ação governamental na manutenção do equilíbrio ecológico, deve considerar o meio ambiente como patrimônio público a ser necessariamente assegurado e protegido. Cabe ainda, a racionalização do uso do solo, do subsolo, da água e do ar (DIEHL, XAVIER & BRANCHER, 2006).

Verifica-se, no entanto, que mesmo com a existência de toda a legislação de proteção para áreas de preservação permanente, os manguezais vêm sofrendo grande pressão com o aterramento para a expansão urbana, desastres ecológicos, como por exemplo os derramamentos de óleo dos navios e petróleo, bem como a poluição gerada pelo lançamento de esgotos, tendo em vista que a não observância das diretrizes legais quanto a preservação desse ecossistema, poderá ser catastrófico (DIEHL, XAVIER & BRANCHER, 2006).

A Resolução 303/2002, do CONAMA, dispõe sobre parâmetros, definições e limites de áreas de preservação. Considerando as diversas legislações e as responsabilidades assumidas pelo Brasil por força da Convenção Iraniana de Ramsar, de 1971, áreas de preservação permanente e outros espaços territoriais especialmente protegidos, como instrumentos de relevante interesse ambiental, integram o desenvolvimento sustentável, objeto das presentes e futuras gerações (DIEHL, XAVIER & BRANCHER, 2006).

No Brasil, o art. 3.º da Lei 9.433/97 – PNRH, dispõe que deve existir a integração da gestão das bacias hidrográficas com a dos sistemas estuarinos e zona costeira. O que implica dar a devida importância ao plano de bacia, e sua influência sobre a gestão das águas costeiras (DIEHL, XAVIER & BRANCHER, 2006).

Cabe esclarecer que em todo o mundo, a gestão incorreta da terra e do mar, assim como de muitas bacias hidrográficas, tem provocado grandes alterações ambientais, repercutindo na perda da diversidade biológica, causando, por conseguinte perdas sócio-econômicas, além de prejudicar outros ecossistemas conexos. A consequência desta realidade resulta na preocupação mundial de aplicar um manejo integrado entre a zona costeira, ambientes estuarinos, deltas e lagunares com o objetivo de manter as suas funções, atributos e valores (DIEHL, XAVIER & BRANCHER, 2006).

2.2. MECANISMOS DE POLUIÇÃO

2.2.1. POLUIÇÃO: CONCEITOS E ORIGENS

Poluição é a mudança indesejável no ambiente, geralmente a introdução de concentrações exageradamente altas de substâncias prejudiciais ou perigosas, calor ou ruído. Há alterações da composição e das propriedades do ar, da água e do solo, em consequência do lançamento de resíduos sólidos, líquidos ou gasosos (TOMAZ, 2006).

Segundo a Lei nº 6.938, de 31 de agosto de 1981 que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente descreve no Art. 3º - III a poluição como a degradação da qualidade ambiental resultante de atividades que direta ou indireta: prejudiquem a saúde, a segurança e o bem-estar da população; criem condições adversas às atividades sociais e econômica; afetem desfavoravelmente a biota; afetem as condições estéticas ou sanitárias do meio ambiente e lancem matérias ou energia em desacordo com os padrões ambientais estabelecidos (SILVA, 2004, p. 356).

O verbo poluir é de origem latina, *polluere*, e significa profanar, manchar, sujar. Poluir é profanar a natureza, sujando-a. Basicamente, poluição é entendida como uma condição do entorno dos seres vivos (ar, água, solo) que lhes possa ser danosa. As causas da poluição são as atividades humanas que, no sentido etimológico, “sujam” o ambiente (SÁNCHEZ, 2006).

É importante distinguir a diferença entre os conceitos de poluição e contaminação, já que ambos são às vezes utilizados como sinônimos. A contaminação refere-se à transmissão de substâncias ou microorganismos nocivos à saúde. A ocorrência da contaminação não implica necessariamente um desequilíbrio ecológico. Assim, a presença na água de organismos patogênicos prejudiciais ao homem não significa que o meio ambiente aquático esteja ecologicamente desequilibrado. De maneira análoga, a ocorrência de poluição não implica necessariamente riscos à saúde de todos os organismos que fazem uso dos recursos hídricos afetados (BRAGA *et al.*, 2002).

A liberação dos poluentes pode originar-se pela atividade humana ou ter uma origem natural. As fontes antropogênicas incluem manufatura, armazenamento, manejo, transporte (estrada de ferro, estrada, água e tubulação), uso e eliminação. As fontes de origem natural incluem, entre outras, atividade geológica e vulcânica, toxinas de origem animal, vegetal e microbiano, incêndios naturais e minerais (ARCURI & FERNICOLA, 2003).

Os efeitos resultantes da introdução de poluentes no meio aquático dependem da natureza do poluente introduzido, do caminho que esse poluente percorre no meio e do uso que se faz do corpo de água. Os poluentes podem ser introduzidos no meio aquático de forma pontual ou difusa. As cargas pontuais são introduzidas por lançamentos individualizados,

como os que ocorrem no despejo de esgotos sanitários e de efluentes industriais. Cargas pontuais são facilmente identificadas e, portanto, seu controle é mais eficiente e mais rápido. As cargas difusas são assim chamadas por não terem um ponto de lançamento específico e por ocorrerem ao longo da margem dos rios como, por exemplo, as substâncias provenientes de campos agrícolas, ou por não advirem de um ponto preciso de geração, como no caso de drenagem urbana (BRAGA *et al.*, 2002).

Segundo Miller (2007) os poluentes podem ser: poluentes degradáveis ou não-persistentes que são decompostos completamente ou reduzidos a níveis aceitáveis pelos processos naturais físicos, químicos ou biológicos; poluentes biodegradáveis são poluentes químicos complexos que os organismos vivos (em geral bactérias especializadas) decompõem em substâncias químicas mais simples. O esgoto humano depositado de um modo razoavelmente rápido por bactérias se o esgoto não for adicionado mais rapidamente do que pode ser decomposto; poluentes lentamente degradáveis ou persistentes demoram décadas ou mais para degradar. Entre estes estão o inseticida DDT e a maioria dos plásticos; poluentes não degradáveis são substâncias químicas que não podem ser decompostas pelos processos naturais. Entre estes estão elementos tóxicos como chumbo, mercúrio e arsênio.

Para Marques, Moraes e Maurat (2002) os poluentes que atingem o ambiente marinho podem ser classificados de diversas formas, sendo que uma delas, comumente utilizada, baseia-se na persistência no ambiente. De acordo com este critério, os poluentes podem ser agrupados em quatro grandes categorias: poluentes não conservativos ou biodegradáveis, facilmente dissipáveis, conservativos e resíduos sólidos

Os poluentes não conservativos são os que mais são lançados nos mares e caracterizam-se pelo seu baixo tempo de resistência no ambiente aquático se comparados aos outros. Neste grupo estão incluídas todas as substâncias passíveis de degradação microbiana, tais como as substâncias orgânicas presentes em grandes quantidade nos efluentes domésticos, urbanos e de determinadas indústrias, além de vários rejeitos agrícolas e os detergentes. Os poluentes designados facilmente dissipáveis envolvem um grande número de resíduos e/ou subprodutos de atividades industriais (ex. ácidos e bases inorgânicas e calor) e caracterizam-se pela rápida perda de toxicidade após sua entrada no ambiente marinho. Os danos causados por estes poluentes são em geral localizados e restritos à área de lançamento. Os poluentes conservativos não são susceptíveis à degradação bacteriana e, por isso, possuem um alto tempo de resistência no ambiente aquático. Estes poluentes são, entretanto, passíveis de interagir com organismos, trazendo-lhes danos às vezes graves. Neste grupo, incluem-se os metais pesados, vários pesticidas, tais como o DDT e a radioatividade. No último grupo,

resíduos sólidos, estão incluídas uma grande variedade de rejeitos de atividades antrópicas como plásticos, náilon, resíduos de dragagens e partículas em geral. Estes poluentes afetam a respiração dos organismos marinhos pelo bloqueio das vias respiratórias e pela diminuição da atividade fotossintética do fitoplâncton devido à redução da penetração de luz na coluna d'água (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

“Desde o aparecimento do homem, os mais variados resíduos têm sido produzidos e lançados nos rios, nos mares e na atmosfera, dentre os quais vários mostraram-se tóxicos. Evidentemente, a magnitude destas emissões variou ao longo do tempo de existência da humanidade” (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002, p. 311).

Com o homem e sua atividade industrial, apareceu a poluição ambiental. O descobrimento do fogo e a conseqüente poluição do ar, assim como a salinização e o esgotamento de terras agrícolas foram às causas dos primeiros impactos negativos do homem sobre o meio ambiente. Durante o Império Romano, com a construção da “Cloaca Máxima”, sistema de evacuação de esgotos de Roma, o homem fez o primeiro intento de atenuar o efeito negativo da civilização sobre o meio ambiente. Etapas posteriores de descaso ambiental caracterizaram-se por epidemias de pestes e freqüentes episódios de poluição em Londres, o berço da revolução industrial, com milhares de mortes. Embora não tenha sido até meados deste século quando a carga de poluentes ultrapassou a capacidade natural de “tratamento” da natureza e começaram a se agravar os problemas ambientais, passando de locais e regionais, a problemas de caráter global (LORA, 2002).

“As modificações ambientais decorrentes do processo antrópico de ocupação dos espaços e de urbanização, que ocorrem em escala global, especialmente as que vêm acontecendo desde os séculos XIX e XX, impõem taxas incompatíveis com a capacidade suporte dos ecossistemas naturais” (PHILIPPI & MALHEIROS, 2005, p. 03).

A humanidade sempre dependeu dos serviços proporcionados pela biosfera e seus ecossistemas. Mais ainda, a biosfera é, em si mesma, o produto da vida na Terra. A composição da atmosfera e do solo, o ciclo dos elementos por meio do ar e da água e muitos outros bens ecológicos são o resultado de processos orgânicos – e todos são mantidos e reabastecidos por ecossistemas orgânicos. A espécie humana, embora protegida dos imediatismos ambientais pela cultura e tecnologia, na verdade depende totalmente do fluxo de serviços dos ecossistemas (AVALIAÇÃO ECOSISTÊMICA DO MILÊNIO, 2005).

“As riquezas naturais presentes nos diversos territórios são exploradas para a produção de lucro. Ao transformar os elementos naturais em recursos, o capital ignora os limites de exploração e gera grandes catástrofes ambientais” (FARIA, 2002).

Sem dúvida, nas sociedades urbano-industriais contemporâneas são necessárias abordagens sistêmicas e integradas dos conhecimentos concernentes ao mundo do trabalho – processos de produção e consumo - saúde e meio ambiente. Estas sociedades trouxeram elementos inéditos e marcantes para a vida social e para as relações das atividades humanas com a biosfera, criando formas de viver e de trabalhar questionáveis sob a perspectiva da saúde humana, pois são extremamente predatórias com relação ao meio ambiente e espécies vivas (FRANCO, 2002).

Há uma grande dificuldade de identificação das causas dos problemas e, assim, incapacidade de realização de previsões. Em resumo, os problemas ambientais aumentam em escala, em frequência e em quantidade, e três fenômenos passam a ocorrer na sociedade: a negação, a adaptação (mitigação) e a resistência aos problemas ambientais (NEIMAN, 2002).

2.2.2. POLUIÇÃO DOS AMBIENTES MARINHOS

Os oceanos e os mares são os derradeiros sorvedores dos subprodutos gerados pelas atividades humanas e acolhem, de forma direta ou indireta, uma grande variedade de poluentes, rejeitos urbanos, agrícolas e industriais (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

A água não é o único meio de dispersão de contaminantes na biosfera. A atmosfera é o meio de dispersão de particulados naturais, como os gerados por vulcões e os antrópicos de origens industriais, e de compostos gasosos (produtos de combustão e outros volatilizáveis) por grandes distâncias. Após algumas alterações sofridas ainda na atmosfera, principalmente por reações fotoquímicas, essas partículas e compostos, invariavelmente, alcançam diretamente a superfície dos corpos d'água ou depositam-se nos solos e sobre a cobertura vegetal. Depois, pela ação das águas das chuvas, são transportados aos recursos hídricos (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

As entradas de poluentes no ambiente marinho podem ocorrer por parte das ações antrópicas que fazem com que os poluentes sejam despejados diretamente no mar, por meio de tubulações de efluentes dos centros urbanos e industriais, dos emissários submarinos e de rejeitos de atividades realizadas longe da costa (como plataformas petrolíferas, lavagem de porões, resíduos de barcaças) e os próprios resíduos gerados pela navegação comercial (transporte de cargas e de passageiros). A contaminação ocorre quando o aumento dos poluentes resultantes das atividades humanas eleva a concentração de uma ou várias substâncias no ambiente e/ou nos seres vivos acima dos níveis normais (LOURENÇO, 2006).

Durante muitas décadas prevaleceu a idéia de que os oceanos apresentavam capacidade virtualmente ilimitada para absorver os impactos causados por poluentes. Estes sempre foram lançados ao mar, pois acreditava-se que, em razão do grande volume de água nos oceanos e, conseqüentemente, de seu grande potencial de diluição, os efeitos da poluição poderiam ser minimizados. Hoje está claro que essas idéias eram absolutamente equivocadas (LOURENÇO, 2006).

Os poluentes encontrados no mar são extremamente numerosos. Entre eles se pode constatar a presença de todos os resíduos transportados pelos rios (ARANA, 2004a). Embora haja inúmeros poluentes no mar, três grupos são considerados mais importantes: material orgânico, petróleo e metais pesados (LOURENÇO, 2006).

2.2.2.1. Poluição Orgânica

A poluição orgânica é com certeza o tipo de poluição mais comum e, muito provável que seja o mais antigo. Nesta categoria, estão incluídos todos os rejeitos ricos em substâncias orgânicas, as quais são passíveis de degradação bacteriana. Esses resíduos estão inseridos em efluentes domésticos e urbanos, assim como também em efluentes oriundos de indústrias químicas, alimentícias e atividades agropecuárias. Esse tipo de poluição afeta significativamente ambientes costeiros (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

Esgotos cujos fluxos dirigem-se ao mar constituem fator de poluição. Comprometem as águas de canais artificiais, rios, córregos e proximidades oceânicas. Em enseadas ou baías, a contaminação pode se tornar excessiva, pois a diluição é prejudicada pela pequena intensidade das correntes (NATAL, MENEZES & MUCCI, 2005).

As águas residuais recém-produzidas apresentam-se como um líquido turvo, de cor marrom, com odor similar ao do solo. Contém sólidos de grandes dimensões, flutuantes ou em suspensão (fezes, trapos, plásticos, etc.), sólidos de pequenas dimensões em suspensão (fezes parcialmente desintegradas, papéis, cascas, etc.) e sólidos em suspensão coloidal (que não sedimentam). Estas águas esteticamente são repugnantes em aparência e extremamente perigosas em conteúdo, principalmente pelo número de organismos que podem causar enfermidades (ARANA, 2004a).

A eutrofização é um processo que ocorre naturalmente nos ambientes aquáticos e caracteriza-se pela entrada excessiva de nutrientes no sistema, acarretando aumento das taxas de produção primária e de geração de biomassa, pela alteração dos processos sedimentares e alteração na diversidade biológica local (eutrofização natural). Este processo é comum em lagos e em ambientes costeiros como lagunas, baías e estuários. Em termos globais, além

destes corpos costeiros, as áreas de ressurgência e as regiões polares marinhas são também naturalmente eutrofizadas e, portanto, muito mais produtivas que as regiões oceânicas (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

Um tipo especial de eutrofização é a eutrofização cultural, na qual o processo de eutrofização é acelerado devido às atividades antrópicas. As principais causas da eutrofização cultural são a poluição orgânica de forma geral e os fertilizantes agrícolas que são transportados pelos rios e pela sua lixiviação dos solos, acarretando aumentos nas concentrações de nutrientes nos mares. Os ambientes aquáticos podem ser classificados em oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipertróficos e esta classificação é baseada na medida de parâmetros tais como nutrientes, oxigênio dissolvido, DBO e clorofila a (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

2.2.2.2. Hidrocarbonetos, óleos e graxas

Um tipo de poluição quase exclusivamente marinha é a que resulta das quantidades crescentes de hidrocarbonetos lançados ao mar, pois aumentam paralelamente ao desenvolvimento da indústria e do transporte de produtos petrolíferos. Estas substâncias, quando derramadas no mar, flutuam na superfície formando uma película de espessura variável, tendendo para uma camada monomolecular. As correntes marinhas as transportam até as praias. Tal tipo de poluição é muito grave, pois, como os hidrocarbonetos são notavelmente estáveis, somente um número reduzido de bactérias os atacam com muita lentidão, o que lhes garante uma existência prolongada (ARANA, 2004a).

O termo hidrocarbono se refere à medida dos óleos e graxas e hidrocarbonetos policíclico aromático (PAH). Alguns hidrocarbonetos como pireno e benzeno são cancerígenos e são tóxicos à biota. Os hidrocarbonetos normalmente se deslocam aderentes aos sedimentos ou carbônico orgânico. Como muitos outros poluentes, os hidrocarbonetos se acumulam nos sedimentos e ficam no fundo dos lagos e estuários (TOMAZ, 2006).

“Estima-se que a produção mundial de petróleo esteja em torno de 3 bilhões de toneladas por ano, sendo que disto, aproximadamente a metade desta quantidade é transportada em navios pelos oceanos. Estas atividades têm levado à contaminação de vários ecossistemas marinhos mundiais a níveis crônicos e/ou críticos” (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002, p. 318).

“Os efeitos do petróleo nos ecossistemas marinhos são dependentes de uma série de variáveis como o tipo e a quantidade do petróleo lançado na água, além das características físico-químicas e biológicas locais. Contudo, ainda tem a questão de que regiões mais

abrigadas tendem a reter mais petróleo do que as mais abertas” (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002, p. 320).

Muito embora os casos de poluição por petróleo no mar causados por acidentes com grandes navios petroleiros tenham sempre despertado uma maior atenção, esse tipo de contribuição representa apenas uma pequena parcela da quantidade de petróleo introduzida nos oceanos. Na realidade, as operações rotineiras de transporte e os efluentes urbanos são as maiores fontes de petróleo no ambiente marinho. Particularmente no Brasil, o alto grau de desenvolvimento alcançado na exploração “off-shore”, levou à implantação de uma rede de terminais marítimos para transporte e distribuição do produto ao longo de várias áreas da costa, aumentando a quantidade de derrames e, conseqüentemente, a possibilidade de impacto nas comunidades marinhas. Em uma área de derrame ou em áreas onde existe poluição crônica por petróleo, os tecidos de certos organismos tendem a refletir a concentração total do petróleo e/ou dos hidrocarbonetos presentes na água (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

2.2.2.3. Metais pesados – Elementos traço

Os metais pesados são micro-poluentes inorgânicos provenientes, na sua maioria, de efluentes industriais sendo altamente tóxicos para os organismos aquáticos. Os metais pesados mais presentes nas águas em forma dissolvida são: cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, níquel e zinco (TOMAZ, 2006).

Nos mares, os casos mais críticos de poluição por metais pesados têm ocorrido nas regiões costeiras, devido à região ser próxima de desembocaduras de rios, que trazem esses contaminantes. Atividades importantes economicamente como, por exemplo, a pesca e a maricultura podem ser inviabilizadas por causa dessa poluição (ARCURI & FERNICOLA, 2003).

O termo metal pesado tem sido utilizado para denominar os elementos metálicos que têm densidade maior que 5 g.ml^{-1} . Os metais pesados são considerados poluentes conservativos e possui uma faixa de concentração nos organismos que varia entre $\mu\text{g kg}^{-1}$ e $\mu\text{g g}^{-1}$. Sob o ponto de vista da abundância e toxicidade, eles podem ser classificados como não críticos (Fe, Rb, Sr e Al); tóxicos mas muito insolúveis ou raros (Ti, Ga, Hf e La) e muito tóxicos e relativamente disponíveis (Co, Au, Hg, Ni, Cu, Pb, Zn e Cd). Alguns metais como o Fe, Cu e Zn são também micro nutrientes e outros, como Cd, Pb e Hg, não apresentam nenhuma função conhecida nos organismos e são tóxicos mesmo em concentrações relativamente baixas (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

A disponibilidade biológica e o potencial de toxicidade dos metais pesados são facilmente influenciados pela forma físico-química em que ele se encontra. De outra forma, é preciso levar em consideração que os metais são passíveis de mudar de fase ou de forma físico-química no ambiente aquático. Estas mudanças podem ser analisadas e controladas por vários parâmetros físico-químicos e biológicos como se pode citar o pH, potencial redox, salinidade, alcalinidade, presença de matéria orgânica e material particulado em suspensão e atividade biológica (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

“Estes tendem a se acumular no sedimento, onde, dependendo das condições físicas e químicas, podem formar substâncias, mudar de forma ou ser translocados através dos diversos elos da cadeia alimentar” (ARANA, 2004a, p. 185).

A presença de metais pesados nos sedimentos é um aspecto bem conhecido, uma vez que os sedimentos são a destinação final de todos os processos que acontecem no ar, na água e no solo. Portanto, nada mais lógico que a progressiva degradação das rochas provocar a liberação de componentes metálicos que acabam por chegar, pela lixiviação do solo, ao corpo de água e que se acumulam no sedimento. De maneira análoga os compostos metálicos liberados da atividade industrial ou civil, chegam ao corpo de água, aos sedimentos, portanto, metais tanto de origem natural quanto antropogênica (PERIN, 2005).

2.2.2.4. Pesticidas

Os pesticidas formam um grupo que engloba uma gama de produtos empregados no combate às pragas. Estas substâncias normalmente são classificadas conforme o organismo alvo que irão combater (bactericidas, fungicidas, algicidas, inseticidas e herbicidas) ou ainda pela sua natureza química (organoclorados, organofosforados, etc.) (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002). “Cada pesticida tem variação na sua mobilidade, persistência e potência de impacto aquático” (TOMAZ, 2006, p.61).

“A maioria dos pesticidas são hidrocarbonetos halogenados e caracterizam-se principalmente, pelo seu poder de conservação, eles tendem a acumular-se no ambientes e nos organismos e são difíceis de sofrer degradação microbiana” (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002, p. 321).

Uma grande preocupação é a alta persistência dos pesticidas no ambiente, além do seu potencial de bioacumulação, o que já foi tratado anteriormente. Não deixando de lado o fato de ter uma grande variedade de pesticidas, a existência de uma toxicidade não seletiva, ou seja, outras espécies são também atingidas. Outras ainda são capazes de se tornar resistentes aos pesticidas, após uma interação freqüente (MARQUES, MORAES & MAURAT, 2002).

Nas práticas agrícolas o uso de herbicidas, fungicidas, inseticidas e outros produtos tóxicos pode causar efeitos diversos sobre os componentes do ecossistema aquático (ARANA, 2004a).

2.2.2.5. Xenobióticos

Os químicos xenobióticos são aqueles que são estranhos a biota natural. Exemplos incluídos nesta categoria são os pesticidas, PCBs e solventes clorados. Estes compostos são considerados perigosos e tóxicos (SAWYER, McCARTY & PARKIN, 2002).

“No entanto um composto químico considerado normal para um organismo pode ser xenobiótico para outro. Os compostos xenobióticos podem ser de origem antropogênica ou originados no início da vida evolutiva do mundo terrestre” (PERIN, 2005, p. 224).

Os xenobióticos orgânicos normalmente encontrados nos sedimentos dos ecossistemas aquáticos são compostos de baixas solubilidades na água e baixa pressão de vapor. Esses compostos, ao alcançarem a coluna d’água, através de processos de lixiviação dos solos, lavagem da vegetação e escoamentos superficiais de águas pluviais, são incorporados ao material particulado rico em matéria orgânica e, posteriormente, se acumulam nos sedimentos. São características comuns a todos esses compostos a baixa reatividade no ambiente e a alta hidrofobicidade, o que lhes confere altos tempos de resistência nos sedimentos (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

“Do ponto de vista evolutivo, a existência natural de compostos xenobióticos, que são considerados compostos químicos agressivos, é de muito interesse. Deve-se, portanto, conhecer a evolução dos mecanismos de desintoxicação que os animais desenvolveram em relação aos compostos xenobióticos produzidos” (PERIN, 2005, p. 224).

2.2.2.6. Resíduos sólidos

A porção não biodegradável do lixo sólido flutuante que atinge o mar constitui sério problema. Muitos materiais podem permanecer por longos tempos acompanhando o fluxo e refluxo das marés e atingindo as praias arenosas, ora se depositam nesse meio, ora flutuando sobre o balanço das ondas. Parte pode ser carregada para outros ecossistemas como mangues, onde permanecerá enterrada na lama. Parte pode ser levada pelas correntes marítimas e em longas viagens acabam por encalhar em ilhas ou terras distantes. O acúmulo de lixo nas praias, além de contribuir com um cenário desagradável, pode colocar banhistas sob risco de acidente, quando pisam em objetos cortantes. Há situações em que o próprio frequentador das praias contribui, deixando no local seus descartes (NATAL, MENEZES & MUCCI, 2005).

Ainda considera-se um impacto o causado pela atividade portuária, esta que é instrumento tanto polarizador de atividades urbanas, como atende a um fluxo de mercadorias de origem e destino no interior do país, além de ter em sua área de influência direta os ambientes marinho e litorâneo (PORTO & TEIXEIRA, 2001).

“A atividade portuária impacta diretamente o meio ambiente em que se insere, do qual fazem parte os estuários, baías, lagoas e outras zonas litorâneas. A implantação e o funcionamento de um parque de instalações portuárias trazem alterações geoeconômicas ao meio ambiente” (PORTO & TEIXEIRA, 2001, p. 43).

O transporte marítimo de cargas potencialmente perigosas, em particular o de petróleo, de derivados e de produtos químicos, foi um dos responsáveis por consenso quanto à necessidade de uma nova atitude perante riscos de danos à natureza relativos ao transporte e manuseio de cargas perigosas, em grande escala, ao promover graves acidentes ecológicos, como o derramamento de óleo cru em proporções fantásticas em mar aberto, praias e enseadas (PORTO & TEIXEIRA, 2001).

“As dragagens são feitas nos leitos dos rios, mares ou junto a praias. Servem para implantar canais de acesso ao porto, bacias de evolução e zonas de atracação, assim como para manter a profundidade do canal ao longo da vida útil do porto. A dragagem de manutenção é necessária para retirar material decorrente de assoreamento” (PORTO & TEIXEIRA, 2001, p. 87).

2.3. IMPACTOS À SAÚDE

O conceito da organização Mundial da Saúde (OMS) retrata saúde como “o estado de completo bem-estar físico, mental e social e não apenas a ausência de doença”. Da mesma forma, cabe indagar se haveria algum ser humano absolutamente saudável diante da abrangência e profundidade desse conceito. Trata-se de abordagem ampla, indo além do componente físico, passando pela inserção do homem no ambiente social e culminando com sua estabilidade psicológica. Em suma, o conceito extrapola o sistema corpóreo. Sob a óptica da OMS, tomando-se como ilustração a exclusão social, tal situação teria íntima ligação com a doença e uma pessoa vivendo essa condição naturalmente não seria saudável (NATAL, 2004, p. 335).

Muitos conceitos focalizam pessoas saudáveis ou doentes. Na saúde pública a abordagem é mais complexa, pois o interesse não se prende apenas à saúde individual, e sim expande-se para uma visão mais abrangente de saúde coletiva. A definição da Organização

Pan-americana da Saúde (OPS) transmite o que se poderia intitular um conceito holístico: “a saúde, tanto individual como coletiva, é resultado das complexas inter-relações entre os processos biológicos, ecológicos, culturais e socioeconômicos que se dão na sociedade, ou seja, é o produto das inter-relações que se estabelecem entre o homem e a ambiente social e natural em que vive” (NATAL, 2004, p. 336).

A associação ambiente - saúde deve ser considerada como uma questão a ser defendida, através do controle de fatores já conhecidos é preciso melhorar as condições de vida e aumentar o bem-estar (saúde) aplicando o sábio princípio que prevenir é melhor que curar (ATZORI, 2002).

A visão de modificação ambiental contém elementos naturais e culturais interdependentes no seu encadeamento evolutivo. As transformações do meio ambiente natural acontecem, de certa forma, em escala muito mais ampla, geológica. As transformações ambientais com influência humana têm escala mais curta, e suas relações de causa e efeito ainda não são totalmente compreendidas, necessitando de intenso esforço científico e tecnológico (PHILIPPI & SILVEIRA, 2004).

As relações entre a história humana, as modificações ambientais e seus efeitos na saúde e no bem-estar dos indivíduos, necessitam de um processo contínuo de pesquisa e compreensão dos fatos. Esses efeitos demandam medidas preventivas a serem inseridas no planejamento da saúde, assim como medidas mitigadoras a serem implementadas em projetos e empreendimentos econômicos (PHILIPPI & SILVEIRA, 2004).

“A atividade humana, ao modificar o meio ambiente, é consumidora dos estoques naturais, que em bases insustentáveis, tem como consequência a degradação dos sistemas físico-biológicos e social” (PHILIPPI & MALHEIROS, 2005, p. 16).

A emissão de resíduos pode ocorrer durante todo o ciclo de vida de um produto, desde a extração inicial dos materiais brutos, passando pelo processamento, a distribuição, o uso ou consumo do produto e chegando até a rejeição final (CARDOSO, 2005). Assim, o homem está exposto aos contaminantes ou poluentes presentes no ar, água e solo. Muitas dessas substâncias são levadas do ambiente para o homem por meio de alimentos contaminados (PASSARELLI, 2003).

“Um amplo espectro de efeitos à saúde pode ser observado como resultado de exposições ambientais. Esses efeitos se dividem em duas grandes categorias: efeitos agudos e efeitos crônicos; e variam de gravidade, desde simples desconforto temporário até morte prematura” (CARDOSO, 2005, p. 95).

“A exposição à poluição ambiental é geralmente involuntária e muitas vezes as pessoas podem ignorar a presença do(s) poluente(s) e seus possíveis efeitos, e isso impede que elas exerçam algum controle sobre os riscos de exposição” (CARDOSO, 2005, p.87).

As substâncias químicas, principalmente aquelas que não ocorrem normalmente na natureza, tornaram-se parte indispensável da vida do homem, sustentam suas atividades e seu desenvolvimento, prevêm e controlam muitas doenças e aumentam a produtividade agrícola. Os benefícios são incalculáveis, mas as substâncias químicas também podem produzir efeitos adversos à saúde humana e ao ambiente (ARCURI & FERNICOLA, 2003).

A produção intensiva de tais compostos químicos não considerou, no início, o comportamento deles no ambiente. Não se pensava que muitos não se degradariam naturalmente. Atualmente, sabe-se que esses compostos se acumulam no ecossistema. Além disso, descobriu-se que os produtos químicos originais, se degradados, podem produzir novos compostos, em alguns casos mais tóxicos ou mais persistentes que seus genitores (PERIN, 2005).

Devido ao contínuo crescimento do volume de substâncias químicas que são extraídas, manufaturadas, transportadas, armazenadas, usadas ou eliminadas como resíduos, é inevitável que os acidentes aconteçam e sigam acontecendo no mundo com maior frequência. Considerando o dano potencial que a liberação de substâncias químicas pode produzir na saúde e no ambiente, em curto ou longo prazo, torna-se necessário que cada país desenvolva os mecanismos necessários para lidar com esses acidentes (ARCURI & FERNICOLA, 2003).

“A sociedade contemporânea está cada vez mais preocupada com o uso intensivo e extensivo de produtos químicos e seus efeitos para o homem e seu ambiente natural. Alguns agentes químicos têm causado danos graves à saúde humana, provocando efeitos irreversíveis e morte prematura, bem como aos ecossistemas naturais” (HACON, 2003, p. 245).

“É necessário haver um claro entendimento das relações fundamentais entre as condições ecológicas, culturais e de saúde humana para que se desenvolva um meio ambiente saudável, com equidade social e desenvolvimento sustentável, fatores indispensáveis para a melhoria e a manutenção da saúde humana” (PHILIPPI & SILVEIRA, 2004, p. 27).

2.4. ECOTOXICOLOGIA

“A Toxicologia é a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas com o organismo” (OGA & SIQUEIRA, 2003, p.04).

A Ecotoxicologia, termo relativamente novo que designa a união entre a Toxicologia e a Ecologia, é a ciência que estuda as transformações e os efeitos das substâncias tóxicas no meio ambiente. A Toxicologia difere da Ecotoxicologia pelo foco da abordagem: enquanto a Toxicologia se ocupa dos efeitos das substâncias no indivíduo, a Ecotoxicologia se volta para a população (LOURENÇO, 2006). Nas duas últimas décadas a ecotoxicologia envolveu-se principalmente com três diferentes disciplinas: toxicologia, ecologia aplicada e química ambiental (FENT, 2004).

A definição de Ramade de 1977 trata como a ciência que tem por objetivo estudar as modalidades de contaminação do ambiente pelos poluentes naturais ou sintéticos, produzidos por atividades humanas, seus mecanismos de ação e seus efeitos sobre o conjunto de seres vivos que habitam a biosfera. Para Plaa em 1982, é a “ciência que estuda os efeitos das substâncias naturais ou sintéticas sobre os organismos vivos, populações e comunidades, animais ou vegetais, terrestres ou aquáticos, que constituem a biosfera, incluindo assim a interação das substâncias com o meio nos quais os organismos vivem num contexto integrado” (ZAGATTO, 2006 a, p. 06).

Desde os anos 60, a humanidade se preocupa com o potencial de efeitos adversos de substâncias químicas a longo prazo, em geral, e seu potencial de risco para os ecossistemas aquáticos e terrestres, em particular. A presença de um xenobiótico num segmento de ecossistema não indica um efeito nocivo. Devem ser estabelecidas relações entre os níveis externos da exposição, os níveis internos de contaminação dos tecidos e os efeitos adversos precoces. Entende-se por toxicidade a propriedade inerente de um agente químico produzir efeitos deletérios (agudos, subletais, letais ou crônicos) sobre um organismo. A toxicidade é função da concentração, composição e propriedades, como também do tempo de exposição (FERNICOLA, BOHRER-MOREL & BAINY, 2003).

“A aplicação de testes de toxicidade para avaliação de efluentes e de diferentes poluentes sobre a biota marinha teve início, no Brasil, no fim da década de 1980 com os trabalhos de Araújo *et al.* (1987), Nascimento (1989), Nipper (1990) e Nipper *et al.* (1990)” (SOUSA, 2002, p. 12).

A Sociedade Americana de Química demonstrou que há cerca de 10 milhões de substâncias químicas mencionadas na literatura científica. Estima-se que cerca de 70 mil são de uso cotidiano, sendo que de mil a 2 mil novas substâncias são adicionadas a essa lista anualmente. Tendo em vista as dificuldades de estudos, apenas 2 mil dessas substâncias têm seus efeitos tóxicos conhecidos, o que aumenta a dificuldade de resolução de problemas em casos de acidentes ambientais (MOZETO & ZAGATTO, 2006, p. 15).

No meio ambiente um grande número de substâncias potencialmente tóxicas está presente, sendo que muitas delas em concentrações que isoladamente não causam danos, porém a sua interação com outros agentes químicos pode resultar em dano (BARROS & DAVINO, 2003, p. 65).

“A toxicidade de agentes químicos no meio hídrico 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” (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006, p. 117).

Uma substância química tóxica pode causar dano temporário ou permanente, morte em humanos e animais. Uma substância química perigosa pode causar danos à saúde de seres humanos ou de outros animais, pois é inflamável ou explosiva, pode irritar ou danificar a pele ou pulmões, interferir na absorção de oxigênio ou deflagrar reações alérgicas. Existem três tipos principais de agentes potencialmente tóxicos: mutagênicos, teratogênicos e carcinogênicos (MILLER, 2007).

Os mutagênicos incluem substâncias químicas ou radiação ionizante que causam ou aumentam a frequência de mutações ou mudanças nas moléculas de DNA. Os teratogênicos são elementos químicos que causam danos à saúde ou defeitos de nascimento no feto ou embrião. Os carcinogênicos são substâncias químicas ou radiação ionizante que podem causar ou promover o câncer – crescimento de tumor maligno (câncer), processo em que determinadas células se multiplicam de forma desordenada (MILLER, 2007).

A maior parte da informação quantitativa relativa à toxicidade das substâncias é obtida a partir de experimentos efetuados mediante a administração de doses de substâncias aos animais. Em razão de considerações práticas que incluem custo e tempo, a maior parte dos experimentos é destinada a estabelecer a toxicidade aguda, em vez de crônica, mesmo sendo normalmente esta última de interesse principal em ciência ambiental. Para determinar diretamente os efeitos de exposições contínuas de baixo nível durante longos períodos, seria necessário um número muito grande de animais para os testes e um projeto a longo prazo. A alternativa, na prática, consiste em avaliar os efeitos usando doses altas o suficiente para dar lugar a efeitos substanciais e bem-definidos, e, a partir daí, extrapolar os resultados às exposições ambientais (BAIRD, 2002).

As propriedades inerentes dos agentes químicos, tais como transformação no ambiente, potencialidade de bioacumulação, persistência e concentração ambiental ou dose administrada, assim como os processos metabólicos dos organismos (absorção, distribuição, excreção e mecanismos de destoxificação), determinam o efeito específico num determinado alvo (órgão, indivíduo, população, comunidade). Os efeitos adversos dos poluentes sobre os

organismos vivos podem ser quantificados por uma variedade de critérios, como: número de organismos mortos ou vivos, taxa de reprodução, comprimento e massa corpórea, número de anomalias ou incidência de tumores, alterações fisiológicas e, mesmo, a densidade de espécies numa determinada comunidade biológica, dentre outros (ZAGATTO, 2006a).

Sabe-se que os problemas de contaminação são complexos, geralmente envolvendo misturas de agentes químicos em uma ou mais matrizes ambientais, como água, sedimento e organismos. Os efeitos subletais são mais insidiosos que a letalidade, e o agente causador, geralmente não aparente, é mais difícil de detectar. Esses fatos, aliados à possibilidade de concentração dos produtos, especialmente dos poluentes prioritários (difíceis de serem degradados e, conseqüentemente, com vida média longa no ambiente), levaram ao desenvolvimento de metodologias mais eficientes para a determinação das relações causa/efeito (PRÓSPERI & NASCIMENTO, 2006).

Há vários conceitos ou definições importantes nos estudos de Ecotoxicologia, como os de resíduos corporais, bioconcentração, biomagnificação e bioacumulação. Entende-se por resíduos corporais a quantidade total de um contaminante químico no organismo individual e por bioconcentração a razão entre a concentração de um resíduo químico no tecido animal e na água. O fator, neste caso, é um parâmetro de estado estacionário, em que não há associação à exposição da cadeia alimentar, que é equivalente aos coeficientes de partição água-organismo (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

A biomagnificação é o aumento da concentração de resíduos químicos de organismos na parte mais alta da cadeia alimentar, primeiramente como o resultado de acumulação em função da dieta dos mesmos. Quando um fenômeno da biomagnificação ocorre, a fugacidade dessas espécies químicas aumenta com o nível trófico e é maior que a fugacidade das mesmas na água (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

O fator de bioacumulação é a razão do resíduo químico no tecido animal pela concentração do mesmo numa fase ambiental externa, isto é, na água, sedimentos ou alimentos, e é medido em condições de estado estacionário, em que organismos e alimento são expostos, podendo se aproximar numericamente do valor do coeficiente de partição organismo-água (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

São muitos os trabalhos que demonstram efeitos provocados por interações sinérgicas, antagônicas, de potenciação e de adição de contaminantes orgânicos e inorgânicos sobre muitas comunidades da biota. Apesar disto, dada a complexidade das questões envolvidas, não se dispõe ainda de explicações claras sobre os efeitos causados por tais interações. A exposição da biota a misturas de contaminantes pode levar a interações toxicológicas

resultantes da exposição a dois ou mais contaminantes, acarretando uma resposta biológica quanti e qualitativamente diferente da esperada pela ação dos contaminantes sozinhos (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

O primeiro aspecto a ser considerado quando se avaliam efeitos induzidos por contaminantes químicos à biota (respostas biológicas) é que, nos sistemas aquáticos naturais, os organismos podem estar expostos não a um único contaminante, mas sim a uma miríade de diferentes substâncias ao mesmo tempo ou quase (MOZETO & ZAGATTO, 2006).

Várias definições ou conceitos são importantes a este respeito: (a) efeitos sinérgicos: ocorrem quando um efeito combinado de dois contaminantes é muito maior do que a soma dos efeitos dos contaminantes individuais aplicados sozinhos ($1 + 1 = 5$); (b) efeitos de potenciação: ocorrem quando um contaminante tem efeito tóxico somente quando é aplicado conjuntamente com outro contaminante ($0 + 1 = 4$); (c) efeitos antagonísticos (há antagonismos funcionais, químicos, disposicionais e de receptores): ocorrem quando dois contaminantes, aplicados juntos, interferem um no outro ou um infere com um outro contaminante que co-existe no meio (por exemplo, $2 + 3 = 4$; $3 + 0 = 1$); e (d) efeitos aditivos: ocorrem quando o efeito combinado de dois contaminantes é igual à soma dos efeitos dos contaminantes individuais aplicados sozinhos (por exemplo, $1 + 1 = 2$), são mais comumente observados quando dois contaminantes são aplicados juntos (MOZETO & ZAGATTO, 2006, p. 29).

A avaliação de danos e riscos ambientais exige constante atualização de conhecimentos e não é algo que possa ser feito simplesmente por meio de medidas legislativas. No entanto, algumas generalizações podem ser feitas: Em primeiro lugar, deve-se fazer uma estimativa dos níveis nos quais qualquer substância potencialmente tóxica estará presente no ambiente, disponível para ser absorvida por organismos vivos, inclusive o homem. Isto é uma estimativa da exposição provável. Em segundo lugar, deve-se estimar os níveis possíveis de dano aos organismos em risco, isto é, uma estimativa da relação dose-efeito ou dose-resposta sob condições previstas de exposição. Uma comparação destes dois tipos de dados indicará a possível margem de segurança se o agente químico considerado entrar no ambiente e seguir os padrões de uso, ou descarte da estimativa inicial. Somente quando a margem de segurança for bastante grande justifica-se o uso e o descarte de agentes químicos no ambiente (BARROS & DAVINO, 2003).

A interação das avaliações de risco ambiental com o processo de licenciamento de atividades poluidoras, relacionadas aos processos com potencial de contaminação, poderá reforçar a necessidade de aplicação do princípio de precaução e, de forma preventiva, deverá apontar a probabilidade de danos irreversíveis e/ou a severidade de danos que coloquem em risco à saúde humana e o ambiente (HACON, 2003).

O desenvolvimento de ferramentas que permitam precisar quali-quantitativamente a avaliação dos riscos químicos, físicos e biológicos tornou-se prioridade internacional. A geração de riscos globais, com multiefeitos, em razão da contaminação de multimeios (ar, água, solo e biota), multirotas e, conseqüentemente, a exposição de multiespécies de animais e vegetais em diferentes escalas temporais e espaciais, tem levado as agências internacionais de pesquisa a promover discussões sobre a efetividade de uma abordagem integrada da avaliação do risco ecológico e do risco à saúde humana (HACON, 2003).

2.4.1. Testes de toxicidade aguda

Testes de toxicidade aguda são testes de curto prazo projetados para medir os efeitos dos agentes tóxicos em espécies aquáticas durante um curto período de abrangência da vida deles (HOFFMAN *et al.*, 2003).

Este tipo de teste consiste em expor o organismo-teste a concentrações variadas do agente químico por um período de 0 a 96 horas. Os resultados experimentais revelam a CL50, ou seja, a concentração letal para 50% dos organismos-teste. No entanto, torna-se difícil detectar a mortalidade em alguns organismos por causa de seu tamanho reduzido, como é o caso de microalgas marinhas. Nessas situações, pode-se adotar a terminologia concentração efetiva (CE50), ou seja, a concentração capaz de inibir determinada atividade em 50% dos organismos-teste (LOURENÇO, 2006).

As concentrações testadas que não causam morte aos organismos são denominadas concentrações subletais. Também pode ser estabelecida a CENO (concentração de efeito não observado), ou seja, a concentração máxima do agente químico que não causa efeito deletério tóxico nos organismos-teste (LOURENÇO, 2006).

No ambiente aquático, devido a fatores de diluição, em geral os organismos estão expostos a níveis subletais dos poluentes, a menos que estejam em local cujas concentrações de contaminantes possam causar efeitos agudos. Esta exposição dos organismos ao agente químico, em níveis subletais, pode não levar à morte do organismo, mas pode causar distúrbios fisiológicos e/ou comportamento a longo prazo. Esses efeitos não são detectados em testes de toxicidade aguda, sendo necessário o uso do teste de toxicidade crônica, o qual permite avaliar os efeitos adversos mais sutis aos organismos expostos (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006).

2.4.2. Testes de toxicidade crônica

Testes de toxicidade crônicos são projetados para medir os efeitos de tóxicos para espécies aquáticas para partes significantes do ciclo de vida destes organismos, tipicamente um décimo ou mais do tempo de vida dos organismos. Estudos crônicos avaliam os efeitos subletais de tóxicos na reprodução, crescimento, e alterações e disfunções fisiológicas e bioquímicas (HOFFMAN *et al.*, 2003).

Os efeitos crônicos em organismos vivos são efeitos deletérios causados por agentes químicos que normalmente se manifestam após longo prazo. Os testes de toxicidade crônica consistem em expor o organismo-teste, durante longos períodos de tempo, semanas a meses, a concentrações subletais de um agente químico (logo, devem ser precedidos de testes agudos). Normalmente são avaliados a inibição da reprodução, a redução no crescimento e o desenvolvimento de ovos, embriões e larvas, por exemplo. Ao final dos ensaios, pode-se estabelecer a CE50 (Concentração de Efeito em 50% dos organismos) para as atividades avaliadas, assim como a CENO (Concentração de Efeito Não Observado) e a CEO (Concentração de Efeito Observado) para os efeitos crônicos (LOURENÇO, 2006).

2.4.3. Condições relacionadas ao teste

“Os principais fatores abióticos que podem interferir nos resultados dos ensaios são: pH, oxigênio dissolvido, temperatura e dureza da água, portanto, esses parâmetros devem ser monitorados durante a execução do teste” (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006, p. 132).

Ao buscar uma espécie para a utilização em testes de toxicidade, é preciso observar alguns princípios básicos. O primeiro deles diz respeito à sua sensibilidade; é preciso que a espécie seja bastante sensível a uma diversidade de agentes químicos. Sua sensibilidade deve ser relativamente constante, de maneira que possibilite a obtenção de resultados precisos, garantindo, assim, boas repetibilidade e reprodutibilidade dos resultados. Para tanto, são necessários conhecimentos prévios da biologia da espécie, como reprodução, hábitos alimentares, fisiologia e comportamento, tanto para o cultivo quanto para a realização dos testes. Quando a espécie apresenta condições, ou possibilidade de manutenção, ou existem técnicas disponíveis de cultivo em laboratório, seu uso se torna altamente recomendável. Além disso, o uso de espécies de pequeno porte e ciclo de vida não muito longo se mostra ideal aos estudos ecotoxicológicos em laboratório (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006).

Outro critério é a disponibilidade de organismos: espécies presentes em épocas restritas e em pequeno número devem ser desconsideradas em favor daquelas abundantes e disponíveis ao longo do ano (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006).

Indivíduos de uma mesma população podem responder diferentemente ao mesmo cenário de exposição, dependendo de uma série de fatores, como variabilidade genética, estado nutricional, ação de diferentes estressores atuando sobre o seu habitat, etc (NASCIMENTO, PEREIRA & LEITE, 2006).

2.4.4. Substâncias de referência

Substâncias de referência são utilizadas para avaliar as condições de “saúde”/sensibilidade dos organismos-teste, sejam eles oriundos do campo ou cultivados em laboratório. São também utilizadas em pesquisas básicas com organismos aquáticos e terrestres para definir condições essenciais de ensaio para cada espécie. Uma vez estabelecidas essas condições ótimas de teste, é possível obter resultados comparáveis, isto é, que apresentem boa repetibilidade e reprodutibilidade (DOMINGUES & BERTOLETTI, 2006).

O controle de sensibilidade dos organismos, através da realização periódica de ensaios com determinadas substâncias de referência, é um procedimento que permite maior precisão e confiabilidade nos resultados obtidos ao longo do tempo por um mesmo laboratório ou entre laboratórios. Recomenda-se que a sensibilidade das culturas seja avaliada dentro de 14 dias antes ou após a realização dos ensaios de toxicidade, ou, ainda, paralelamente a estes (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006).

“O uso de substâncias de referência em laboratório de Ecotoxicologia é um procedimento rotineiro em programas de garantia analítica, de estudos que utilizam testes de toxicidade aguda e crônica” (DOMINGUES & BERTOLETTI, 2006, p. 186).

A utilização para fazer comparações entre testes (quer para longos e de curta duração), possível fazer calibração interlaboratorial, e para comparar métodos usados com diferentes organismos. Além do mais, elas podem revelar diferenças de sensibilidade de diferentes lotes para testar organismos em períodos de aclimatação, doença, densidade, ou estresse e podem também ser usados para avaliar reprodutibilidade e validade dos testes (JORGE & MOREIRA, 2005).

Deve-se utilizar como substância de referência produto com marca reconhecida, com número de referência, alto grau de pureza, certificado de garantia da qualidade do lote produzido e toxicidade conhecida. O frasco do produto deve conter, dentre outros, número do lote, informações sobre a data de fabricação, prazo de validade e grau de pureza (DOMINGUES & BERTOLETTI, 2006).

A substância de referência ideal deve ter toxicidade em baixas concentrações, rápida letalidade, estabilidade, não seletividade, detectável também em técnicas analíticas conhecidas, e, além de, poder fornecer resultados laboratoriais consistentes (JORGE & MOREIRA, 2005).

2.5. TESTE DE EMBRIOTOXICIDADE

Nessas duas últimas décadas, foi dada ênfase ao desenvolvimento de testes de toxicidade crônica, de curta duração, com organismos sensíveis e de diferentes níveis tróficos do ambiente aquático. Através desse tipo de ensaio, avaliam-se os efeitos subletais de determinada substância sobre a fase mais sensível do organismo. Esses efeitos podem ser mensurados através da taxa de crescimento, reprodução e sobrevivência dos organismos-teste, dentre outros. Portanto, um contaminante que não causa efeito crônico à fase mais sensível do organismo, provavelmente, não o causará nas demais fases de seu ciclo de vida (ZAGATTO, 2006 b).

Sabe-se que os organismos jovens são geralmente mais sensíveis às substâncias tóxicas do que os adultos. Por esta razão recomenda-se o uso de organismos em estágios iniciais de vida em testes de toxicidade (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006).

“O estágio inicial do desenvolvimento larval se mostra sensível a várias substâncias químicas testadas porque é neste estágio que ocorrem as alterações morfológicas” (JORGE & MOREIRA, 2005).

Os mexilhões, ouriços e as ostras têm sido utilizados em ensaios de toxicidade crônica com base na verificação de que a fertilização e o desenvolvimento larval são fases críticas para o crescimento normal do organismo e são sensíveis para detectar poluentes em ambientes marinhos (ARAGÃO & ARAÚJO, 2006).

A avaliação é baseada no percentual de anormalidade na larva-D (Figura 01 – A e B) depois da fertilização dos ovos incubados por dois dias em amostras de água que se desejam investigar, essa foi originalmente proposta por Wolke em 1972 e revisada por Calabrese em 1984 (HIS, SEAMAN & BEIRAS, 1997).

Bivalves são um dos grupos de organismos aquáticos muito resistentes mais estudados em programas de monitoramento e estudos toxicológicos (DOMINGOS *et al.*, 2007).

Ovos, embriões e larvas de bivalves marinhos, são organismos muito comuns utilizados nestes testes de toxicidade, como de micropoluentes e metais pesados, pesticidas, detergentes, e ainda avaliam a qualidade biológica da água e sedimento em regiões costeiras

sujeitas a efeitos antrópicos. A simplificação de bioensaios respondem as demandas dos ecotoxicologistas, providenciando resultados rápidos e de fáceis compreensões do monitoramento da poluição (HIS, SEAMAN & BEIRAS, 1997).

Assim como nos demais testes de toxicidade de embriões, a utilização do *P. perna* propõem um estudo rápido, barato, simples e aparentemente tem sensibilidade similar com outros testes ocorridos no Brasil. Com adicional, de fácil coleta ao longo da costa (ZARONI *et al.*, 2005).

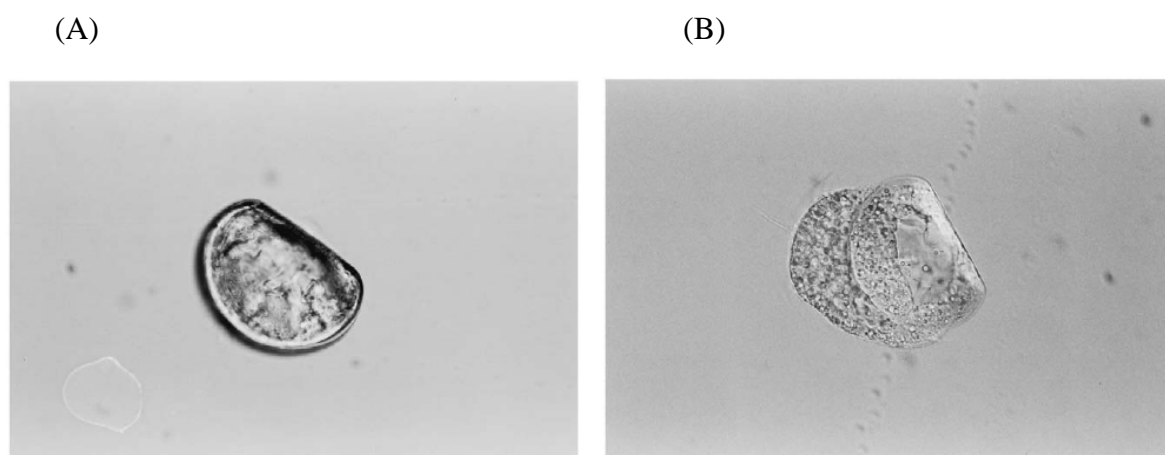


FIGURA 01: (A) - Larva – D do mexilhão *Perna perna* normal; (B) – Larva anormal com efeito de toxicidade.

Fonte: JORGE & MOREIRA, 2005.

2.6. TESTE DE SOBREVIVÊNCIA EM EXPOSIÇÃO NO AR

A capacidade de sobrevivência no ar tem sido utilizada como indicador fisiológico geral em mexilhões em diferentes períodos e áreas de amostragem. Mexilhões são mantidos em uma câmara plástica com alta umidade e em temperatura constante. São checados diariamente a mortalidade dos mexilhões, e são considerados animais mortos quando suas valvas estão abertas e não fecham com estímulo físico. O tempo médio de sobrevivência (LT_{50}) é então calculado (GORBI *et al.*, 2008).

A tolerância dos organismos a anoxia tem sido comumente avaliada como o tempo de sobrevivência anóxica dos indivíduos, obtendo assim valores de LT_{50} (BABARRO & ZWAAN, 2008).

A sobrevivência em exposição ao ar é também aplicada como uma ferramenta para monitoramento de respostas da fauna de ambientes estressados. Realmente, as respostas de sobrevivência no ar apresentam-se de maneira simples, praticáveis, sensíveis, reprodutíveis e

de baixo custo (BABARRO & ZWAAN, 2008). A resposta de estresse tem sido estudada em situações de campo e em laboratório em condições controladas (ZWAAN & EERTMAN, 1996).

Um benefício importante é que para a avaliação de qualidade da água são coletadas amostras do mesmo ambiente que se deseja estudar (ZWAAN & EERTMAN, 1996).

Nos últimos anos, é crescente o número de estudos que conduzem a ilustrar como resposta para a poluição a sobrevivência anóxica / exposição ao ar. A maioria das pesquisas estuda moluscos bivalves, sendo o mexilhão marinho *Mytilus edulis* uma das espécies favoritas (ZWAAN & EERTMAN, 1996).

Os chamados bioindicadores ganharam especial importância nos últimos anos. Eles vêm sendo cada vez mais utilizados para a avaliação da qualidade de um ambiente. A palavra bioindicador refere-se a qualquer organismo ou parte dele que possa fornecer indicações da qualidade ambiental do local onde esse organismo vive e do ecossistema onde se encontra (PERIN, 2005).

Os efeitos de contaminantes, incluindo metais pesados, organometais e orgânicos, assim como os estressores naturais, tal como a salinidade e a temperatura, tem sido pesquisados (ZWAAN & EERTMAN, 1996).

A tolerância de indivíduos em experimentos de anaerobiose depende da limpeza dos organismos juntamente com a microflora específica de bactérias presentes o qual torna também este fator dependente do ambiente onde os animais vivem (BABARRO & ZWAAN, 2008).

O crescente conhecimento sobre o potencial de sobrevivência forçada à anaerobiose com vários laboratórios tem ajudado a modelar impactos de ambientes estressados por eventuais eutrofização, hipoxia ou anoxia em comunidades de invertebrados que vivem na zona litorânea (BABARRO & ZWAAN, 2008). Tem, portanto, investigado aplicações de sobrevivência em anoxia como um indicador de estresse ambiental (ZWAAN, CORTESI & CATTANI, 1995).

A chave de suporte para adaptação a longo tempo de sobrevivência pela falta de oxigênio é a redução acentuada do ritmo metabólico. Em geral, os poluentes são estressores e podem causar gastos elevados de energia (atividades de eliminação, desintoxicação) o qual, em anoxia, podem neutralizar a redução de gasto de energia. Isto pode levar a um acelerado ritmo de mortalidade. O teste relaciona os efeitos dos estressores com o tempo de sobrevivência anóxica em que se estima a condição de energia (expressa como taxa de energia), a necessidade de energia e metabólitos (glycogen, phosphoarginine e produção

fermentativa) (ZWAAN, CORTESI & CATTANI, 1995). A exposição ao ar resultará na troca de um metabolismo aeróbico para um anaeróbico (ZWAAN & EERTMAN, 1996).

Uma avaliação completa deste teste trata da exposição crônica de organismos bivalves a contaminantes, podendo assim relatar a concentração destes contaminantes nos tecidos, através da acumulação durante o tempo de exposição (ZWAAN & EERTMAN, 1996).

2.7. MEXILHÃO *Perna perna*

Mexilhão é o termo oficial utilizado na língua portuguesa para denominar as diversas espécies de moluscos bivalves da família *Mytilidae*, sendo os gêneros mais comuns: *Mytilus*, *Perna* e *Mytella*. No entanto, dependendo da região do Brasil, e da espécie, os mitilídeos recebem diversos nomes populares como: marisco, marisco-preto, marisco-das-pedras, sururu, bacucu e ostra-de-pobre. Esses animais são muito abundantes em nosso litoral, vivendo principalmente fixos aos costões rochosos, na região de variação das marés e início do infralitoral e formando densas populações (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

Os mexilhões têm sido consumidos desde os tempos pré-históricos. Foram considerados por algumas culturas, como os romanos e os gregos, um alimento nobre, servindo em festas e ocasiões especiais (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

Na América do Sul, *Perna perna* é uma espécie exótica, introduzida, completamente estabelecida há mais de 200 anos, pois provavelmente veio do continente africano no casco de navios negreiros, durante o período da colonização do Brasil pelos portugueses (FERNANDES *et al.*, 2008).

Por terem ocorrido há muitos anos atrás, os impactos da introdução do mexilhão *Perna perna* na costa brasileira passaram despercebidos e essa espécie era considerada nativa. Atualmente, sugere-se que o mexilhão *Perna perna* não seja considerado uma espécie invasora, e sim uma espécie exótica estabelecida, a qual tem importante papel na estruturação das comunidades dos costões rochosos na região entremarés (FERNANDES *et al.*, 2008).

“Classificação: Filo: *Mollusca* (Linnaeus, 1758); Classe: *Bivalvia* (Linnaeus, 1758); Sub-classe: *Pteriomorphia* (Beurlen, 1944); Superordem: *Mytilida*; Ordem: *Mytiloidea* (Férussac, 1822); Superfamília: *Mytiloidea* (Rafinesque, 1815); Família: *Mytilidae* (Rafinesque, 1815); Subfamília: *Mytilinae* (Rafinesque, 1815); Gênero: *Perna* (Retzius, 1788) e Espécie: *Perna perna* (Linnaeus, 1758)” (LOPES & FONSECA, 2008, p 04).

A classe *Bivalvia* contém cerca de 20.000 espécies entre marinhas e de água doce (DORIT, WALKER, BARNES, 1991).

O mexilhão, como o restante dos moluscos bivalves, é um animal que não possui esqueleto interno e tem o corpo contido em uma concha, formado por duas partes iguais (valvas), unidas mediamente por uma estrutura conhecida como ligamento e contendo delicadas linhas de crescimento. O manto é do tipo aberto, os animais apresentam pé reduzido, cilíndrico e não funcional diretamente para locomoção (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003, p.224), observar Figura 02.

Muitos moluscos aquáticos, principalmente os Bivalves que são os mais explorados, cultivados e consumidos no Brasil (e no Mundo), se alimentam por filtração da água, graças ao movimento ciliar de células das brânquias. Com um processo de seleção de partículas alimentares, principalmente, em função do tamanho, esses animais acabam por ingerir grande quantidade de dejetos orgânicos e inorgânicos juntamente com a alimentação (baseada principalmente em microalgas). Parte dos componentes ingeridos (as partículas maiores) é eliminada na forma de pseudo-fezes (compostas por “pellets” formados pelas partículas rejeitadas, associadas a muco protéico) (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

Devido ao seu sistema de circulação aberta e corpo todo banhado pela água, boa parte dessas partículas acaba por entrar em contato direto com os tecidos. Isso faz com que ocorra um rápido e fácil acúmulo de qualquer tipo de componente presente na água. A taxa de acúmulo de bactérias e metais, por exemplo, pode ser de 100 a 1000 vezes a quantidade presente na água circundante. Um agravante para os consumidores desses moluscos é que, na maioria das vezes, o acúmulo desse material não chega a causar problema para esses animais, por ser resistente. Algumas vezes eles até crescem e engordam mais em ambientes contaminados, mas ficam impróprios para o consumo humano (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

“O principal componente da dieta dos mexilhões é o fitoplâncton (mistura de microalgas), com células vegetais de tamanho menor que 05 mm para larvas e menores que 10 mm para adultos e matéria orgânica particulada em suspensão” (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003, p.227).

Alguns organismos marinhos possuem a capacidade de acumular metais em concentrações muitas vezes superiores às encontradas na água, participando, assim, da dinâmica destes poluentes “os moluscos bivalves têm a capacidade de concentrar metais essenciais e não-essenciais com Cd, Pb, Cu, Zn, Mn e Fe em seus tecidos” (FERREIRA, MACHADO & ZALMON, 2000, p. 167).

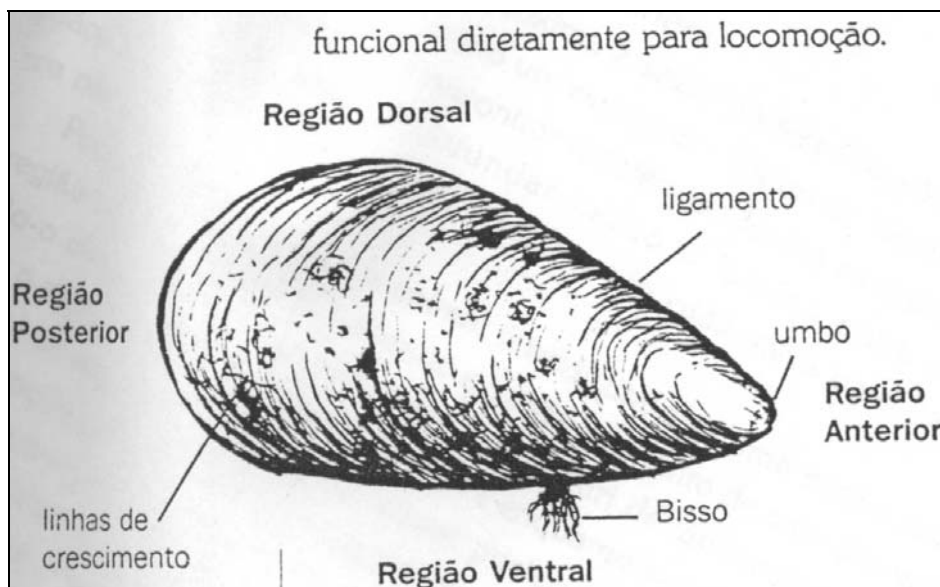


FIGURA 02: Mexilhão *Perna perna*.

Fonte: FERREIRA & MAGALHÃES (2003).

Os altos índices de toxicidade de alguns metais para os organismos, mesmo em baixas concentrações, associados a sua relativa facilidade de entrar e permanecer nas cadeias tróficas por longos períodos reforçam a importância de estudos que determinem suas concentrações em ambientes aquáticos (FERREIRA, MACHADO & ZALMON, 2000).

Embora *Perna perna* seja considerado uma espécie eurihalina, ou seja, tem a capacidade de resistir uma ampla variação de salinidade, o mexilhão não sobrevive em salinidades menores do que 19‰ e maiores do que 49‰, sendo a sua faixa ótima entre 34 e 36‰. A espécie *Perna perna* é considerada euritérmica, ou seja, possui a capacidade de suportar uma ampla variação de temperatura; reside a uma variação de 05 a 30°C, sendo sua faixa ótima entre 21 a 28°C (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

O crescimento dos mexilhões depende de diversos fatores como o ambiente de cultivo, a temperatura, a circulação de água, a densidade de indivíduos em uma determinada área, todos eles afetando, fundamentalmente, a quantidade e qualidade do alimento disponível e as eficiências de ingestão e de digestão (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

Os organismos de cultivo crescem mais rápido do que os de estoques naturais. Isso se deve ao fato de os primeiros permanecerem todo o tempo submersos, filtrando água do mar e, portanto, respirando e se alimentando, enquanto os de costão estão submetidos às variações de maré, com conseqüente exposição ao ar e embate de ondas. No entanto, para o bom crescimento dos mexilhões, deve-se levar em conta que os ambientes de cultivo devem

apresentar boa circulação de água e quantidade de fitoplâncton (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

O mexilhão *Perna perna* é uma espécie dióica, com os indivíduos apresentando sexos separados. Não há dimorfismo sexual externo, de forma que machos e fêmeas não podem ser, até o presente, distintos por características externas. No entanto, após a abertura das conchas, a separação entre machos e fêmeas, é possível graças à diferença de coloração das gônadas dos animais sexualmente maduros. Nos machos as gônadas apresentam coloração branco-leitosa e, nas fêmeas, vermelho-alaranjado. Através da observação macroscópica e estudos microscópicos do tecido gonadal desses moluscos, estão descritos os seguintes estágios do ciclo sexual (LUNETTA, 1969) *apud* (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003, p.229):

Estágio I – imaturos; presença de esboços foliculares das gônadas, sendo impossível distinguir-se, através da cor do manto, espécimes machos e fêmeas;

Estágio II – em maturação; o manto passa a apresentar um aspecto mais característico, sendo a coloração branca nos machos e salmão nas fêmeas, com folículos bem visíveis, para ambos os sexos;

Estágio III – os animais atingem a maturidade sexual, com um máximo de desenvolvimento dos folículos das gônadas e de maior espessura do manto. Nas fêmeas, o manto é alaranjado, e nos machos é branco creme. Esse estágio é dividido em 3 sub-estágios:

IIIA – manto bastante espesso, com os folículos, totalmente, repletos de gametas. Nessa fase os animais reagem facilmente a alterações de fatores abióticos do ambiente (como temperatura e salinidade), com a eliminação de gametas;

IIIB – fase em que os folículos se encontram parcial ou totalmente vazios. Manto pouco espesso e, de acordo com o grau de esvaziamento, pode tornar-se até completamente transparente;

IIIC – fase de gametogênese, havendo a restauração dos folículos. Os animais apresentam as cores típicas para cada sexo, porém mais atenuadas do que em IIIA.

A fecundação é externa, com os indivíduos produzindo grandes quantidades de gametas e eliminando-os na água. As fêmeas eliminam ovócitos I e, os machos, espermatozóides. Os estímulos mais eficientes para induzir a eliminação de gametas estão, geralmente, relacionados a estresses ambientais como dessecação e aumento de temperatura, tendo grande resposta, também, a presença de espermatozóides da espécie, na água do mar (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

A primeira clivagem ocorre cerca de meia hora após a fecundação, e uma larva trocófora está formada cerca de 6 horas depois (Figuras 03 e 04). A larva típica de bivalves, a

véliger (larva D), pode ser observada cerca de 24 horas após a fecundação. A partir deste ponto a larva já apresenta uma concha rudimentar e passa a formar mais estruturas, como o pé (pedivéliger), diferenciando-se para formar o jovem mexilhão. Essa fase planctônica dura de 22 a 40 dias, dependendo, principalmente, da temperatura da água do mar. É a fase de dispersão das larvas, de acordo com as correntes marinhas, ventos e marés (FERREIRA & MAGALHÃES, 2003).

É importante saber que em moluscos as gônadas apresentam células sexuais, ou melhor, gametas femininos e/ou masculinos conhecidos, respectivamente, como espermatozóides e ovócitos. Esses gametas são emitidos por indivíduos maduros. De forma geral, o sucesso para obtenção de gametas exige sincronia entre fatores externos (temperatura e alimento) e fatores relacionados aos reprodutores (grau de maturação, número de reprodutores, desovas simultâneas, etc.). Existem vários métodos para a obtenção de gametas: por aquecimento solar, por desova em grupo, por *strip*¹ e por aumento gradual de temperatura (ARANA, 2004b).

Existem diferentes técnicas para estimular a liberação de material gamético de bivalves, entretanto, uma das mais confiáveis é a baseada no seguinte tratamento aplicado aos animais adultos: período de dessecação, limpeza das valvas, retirada dos bissos, acondicionamento em tanques com água aquecida, renovada periodicamente. A eliminação de gametas é contínua ao longo do ano com picos no outono e primavera (ARAÚJO *et al.*, 2008).

De forma geral, aparecem diferenças significativas no ciclo reprodutivo de *Perna perna* no Brasil, apesar de se considerar que ocorrem emissões de gametas ao longo de todo o ano. Essas variações refletem as variações climáticas, principalmente de temperatura, registradas entre as diferentes regiões e períodos (MARQUES *et al.*, 2008).

Os espermatozóides e ovócitos devem ser analisados de tal forma que os bons gametas de ambos os sexos possam ser misturados. A relação entre a quantidade de gametas masculinos e femininos é muito importante; tanto pouca quanto muita quantidade de espermatozóides resultam em baixa taxa de fecundação (ARANA, 2004b).

“A criação de organismos aquáticos de interesse para o homem requer padrões de qualidade da água praticamente idênticos aos necessários para a preservação da flora e da

¹ No *strip*, a valva esquerda do bivalve é removida e os gametas são retirados por intermédio de um bisturi. Os gametas femininos e masculinos são colocados em recipientes separados (ARANA, 2004b).

fauna, havendo possivelmente algumas considerações específicas para o favorecimento da proliferação de certas espécies" (BRAGA *et al.*, 2002, p. 79).

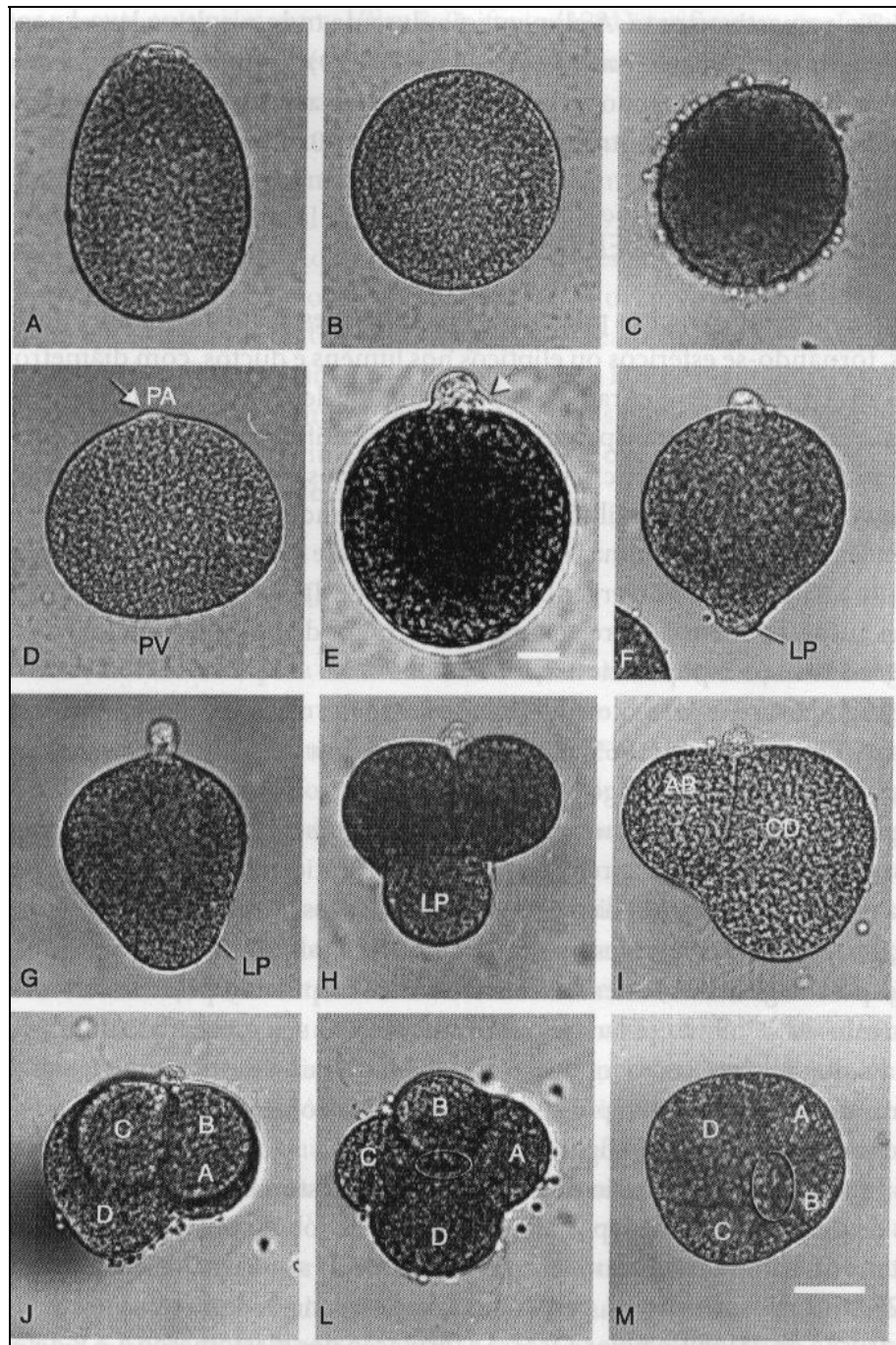


FIGURA 03: Fases do desenvolvimento embrionário do mexilhão *Perna perna*. A-B. Ovócitos após a liberação dos folículos gonadais. C. Ovócito circundado por espermatozoides. D-E. Extrusão dos corpúsculos polares (setas). PA: pólo animal; PV: pólo vegetativo. F-H. Formação do 1º lóbulo polar (LP). I. Embrião de 2 blastômeros (AB-CD). J. Embrião de 4 blastômeros (A-B-C-D). L-M. Embriões de 4 blastômeros, vista do pólo vegetativo, sulco vegetativo em destaque. A-M, barra = 20 μm ; com exceção de E, barra = 10 μm .

Fonte: ARAÚJO *et al.*, 2008.

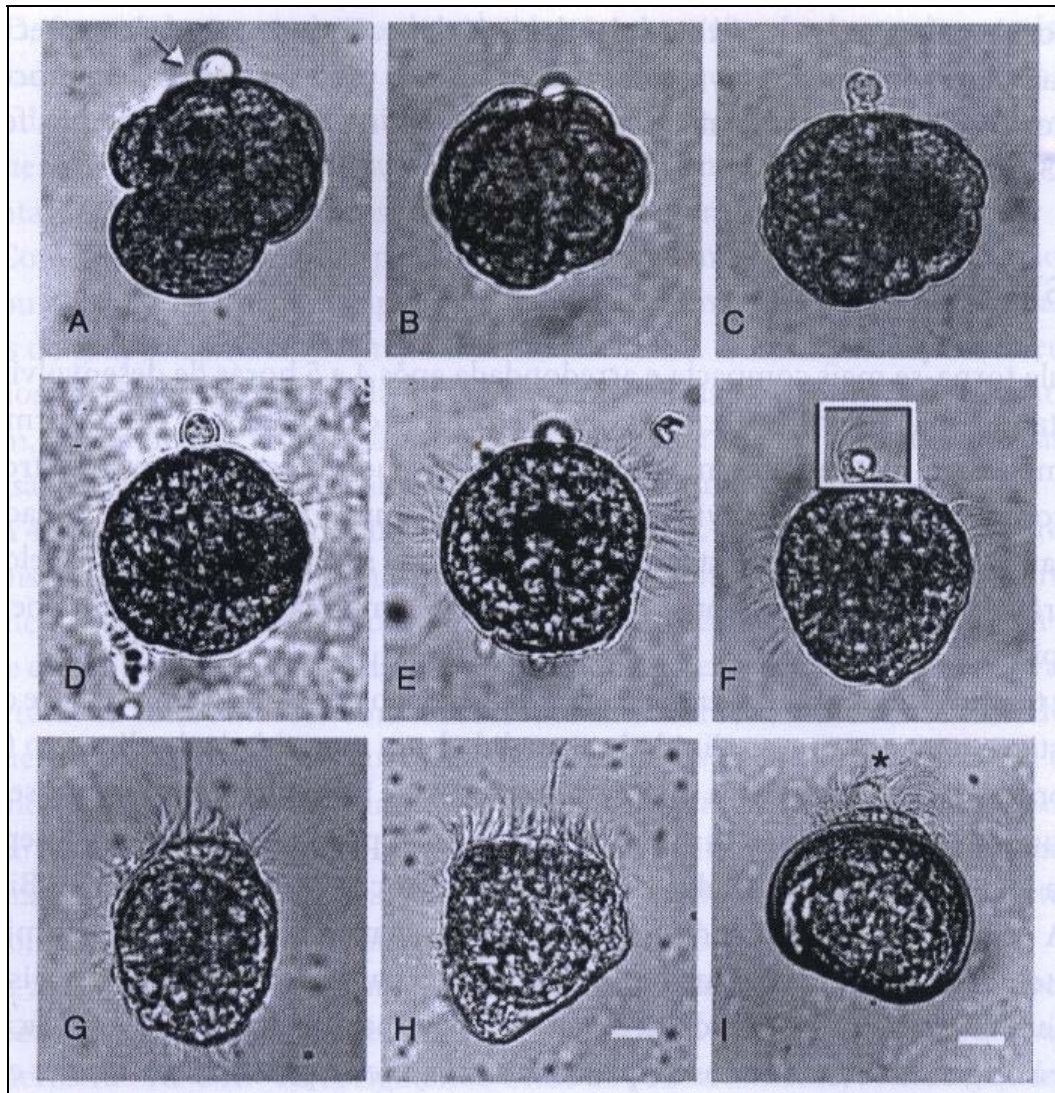


FIGURA 04: Fases do desenvolvimento embrionário e larval do mexilhão *Perna perna*. A. Embrião de 8 blastômeros. B. 16 blastômeros. C. 32 blastômeros. D-E. Gástrula com cílios. F-G. Trocóforas. H. Véliger com formação de concha. I. Veliconcha. Seta: corpúsculo polar; em destaque: órgão sensorial apical; asterisco (*): vélu. A-H, barra = 10 μm ; I, barra = 20 μm .

Fonte: ARAÚJO *et al.*, 2008.

No Brasil, há uma década o fornecimento de ostras e mexilhões era possível apenas a partir do extrativismo. As primeiras pesquisas direcionadas ao desenvolvimento da atividade de cultivo de moluscos foram realizadas na década de 1970. Os Estados do Ceará, Pernambuco, Bahia e Santa Catarina iniciaram os primeiros estudos sobre a espécie nativa *Crassostrea rhizophorae*. Mas só a partir da introdução da ostra japonesa *Crassostrea gigas*, inicialmente no Rio de Janeiro, em 1974, com o projeto Cabo Frio, e depois em Santa

Catarina, através do Laboratório de Moluscos Marinhos da Universidade Federal de Santa Catarina, que a atividade prosperou. Atualmente, Estados como Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina vêm desenvolvendo o cultivo de ostras (*C. gigas* e *C. rhizophorae*), mexilhões (*Perna perna*) e vieiras (*Nodipecten nodosus*) e, apesar de ser extremamente novo no Brasil, o cultivo de moluscos é hoje uma atividade definitivamente implantada e de extrema importância social e econômica (ARANA, 2004b).

“A partir da década de 90, no Brasil, ocorreu um incremento abrupto no cultivo do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758), atingindo uma produção na ordem de 12.500 toneladas em 2000, elevando o país ao segundo lugar na América-Latina. Com destaque para o Estado de Santa Catarina, que devido às condições sociais e ambientais favoráveis, responde por aproximadamente 95% da produção nacional” (MARENZI & BRANCO, 2005, p. 394).

A temperatura é o principal fator na liberação de gametas em mitílideos; porém *Perna perna* é um mexilhão tropical, onde as variações sazonais são pouco delimitadas, sendo a atividade gametogênica o resultado das interações ambientais. A temperatura pode interferir no índice de condição de *M. edullis* nas regiões temperada, onde a oferta de alimento está relacionada à época do ano. Assim, o incremento de biomassa indica a disponibilidade de alimento primordial no desenvolvimento gônodo-somático dos mexilhões (MORALES, 1983; MANSON, 1976; CHONCHENCHOB, 1980) *apud* (MARENZI & BRANCO, 2005, p. 398).

O mexilhão *Perna perna* foi escolhido como monitor biológico, por ser um animal sésil, de fácil coleta, de vasta distribuição geográfica, e biologia conhecida e por serem capazes de responder rapidamente a variação da concentração de poluente no meio (CARVALHO *et al.*, 2001).

O Estado de Santa Catarina vem se destacando nos últimos anos no incentivo aos projetos de maricultura, os quais, além do desenvolvimento econômico local, procuraram modificar o padrão ocupacional dos pescadores, retirando parte dessa população da atividade extrativista. Esses pescadores substituiriam a pesca, total ou parcialmente, pela maricultura, reduzindo dessa forma a sobrepesca dos principais estoques. São cultivados os mexilhões da espécie nativa *Perna perna*, com sementes retiradas dos costões rochosos, foi iniciado em 1989 (BASTOS, 2006).

Os principais problemas encontrados pelos mitilicultores são: falta de infra-estrutura para beneficiamento, dificuldades para obtenção de sementes, contaminação da água da baía por coliformes fecais, roubo e danos de materiais e falta de recursos financeiros. Há um desejo entre os maricultores de constituir cooperativas, o que facilitaria a implementação de

infra-estrutura para beneficiamento, permitindo a obtenção do número do SIF (Serviço de Inspeção Federal) do Ministério da Agricultura e Abastecimento (BASTOS, 2006).

A avaliação dos riscos do consumo de mexilhões para a saúde pública requer que as amostras sejam obtidas em locais de venda ao público em geral, como feiras livres ou supermercados. Para uma avaliação ambiental, no entanto, os moluscos devem ser coletados nos locais contaminados, que normalmente são encontrados próximos a áreas estuarinas ou costeiras onde dejetos antropogênicos são descartados (TANIGUCHI *et al.*, 2008).

3. METODOLOGIA

3.1 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para a realização dos procedimentos metodológicos foi feito um estágio de 09 meses no ano de 2007 na empresa Thetis SpA, Veneza – Itália, através do Projeto ALFA – ELANCAM, sob a coordenação da Universidade Ca' Foscari de Veneza. Este estágio foi efetuado em um laboratório que realiza análises ecotoxicológicas e demais estudos ambientais. O principal intuito foi o aprendizado de novas técnicas para aplicação em estudos desenvolvidos na Baía da Babitonga, SC.

3.1.1. Levantamento de dados bibliográficos

A montagem de um banco de dados na área de ecotoxicologia foi realizada com a ajuda de pesquisa em livros e periódicos em biblioteca, da consulta digital de artigos científicos recentemente publicados em base de dados como Scielo, EBSCO, Science direct. Assim como documentos adquiridos durante o estágio.

3.1.2. Descrição da área de estudo

Este estudo foi realizado na região estuarina da Baía da Babitonga (Figura 05), sendo esta escolhida pela sua expressiva importância, possuir a última grande área protegida de manguezais do sul brasileiro e necessitar de um maior controle ambiental devido suas atividades de pesca, mitilicultura e turismo.

Os testes foram efetuados no laboratório de ecotoxicologia da UNIVILLE, unidade de São Francisco do Sul.

3.1.3. Definição dos pontos de coleta

Os pontos de coletas são três, sendo o primeiro na foz do rio Cachoeira (Ponto - 01), o segundo localizado na região mediana da Baía, na área das Laranjeiras (Ponto – 02) e o último na região do porto de São Francisco do Sul (Ponto – 03). A Figura 06 apresenta um mapa da Baía da Babitonga com a localização dos pontos.

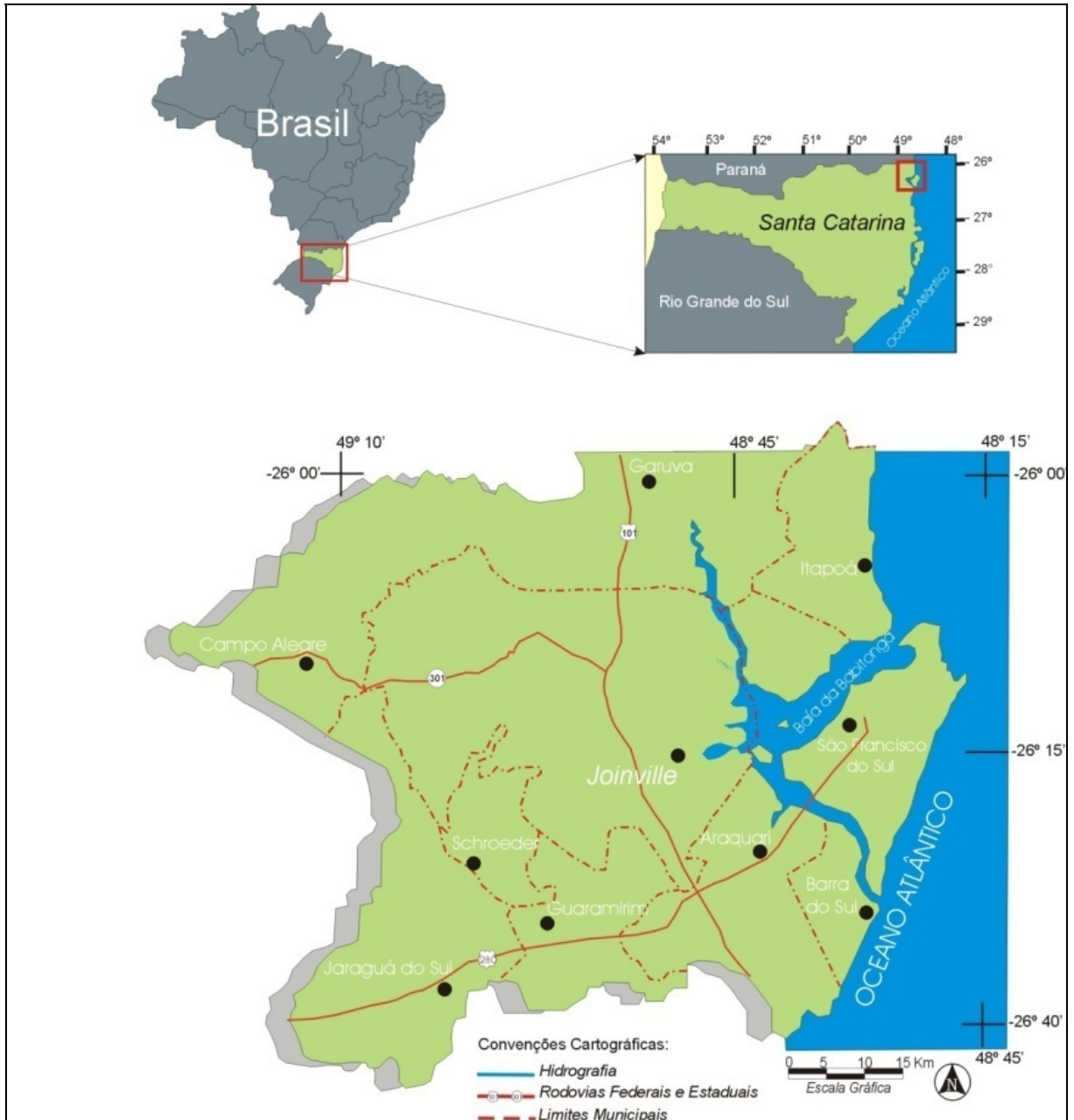


FIGURA 05: Baía da Babilonga, Santa Catarina.

Fonte: TURECK, 2002.

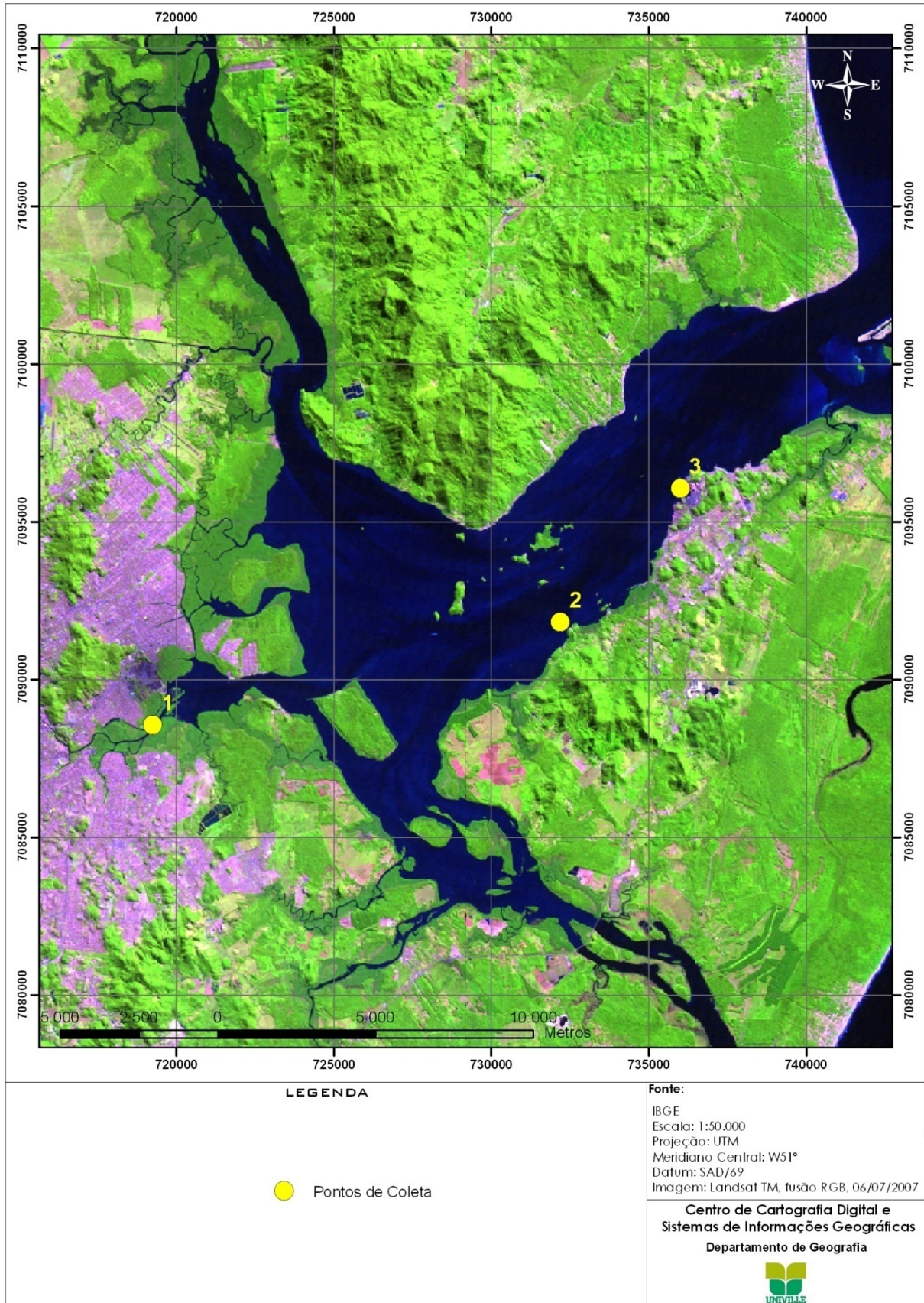


FIGURA 06: Mapa da Baía da Babitonga com os pontos identificados.

Fonte: CCD – UNIVILLE (2008).

3.1.3.1. Bacia do rio Cachoeira – Ponto 01.

A bacia hidrográfica do rio Cachoeira, com área total de 84,82 km², está totalmente inserida na área urbana de Joinville. A região das nascentes do Cachoeira localiza-se no bairro Costa e Silva, nas proximidades da junção da rua Rui Barbosa e Estrada dos Suíços com a BR 101. Ao longo dos seus 14,9 km de extensão, o rio Cachoeira recebe a contribuição de vários afluentes, entre eles, os rios Bom Retiro, Morro Alto, Matias, Jaguarão, Bucarein, Itaum-Açu e Itaum Mirim. Vale ressaltar que o Cachoeira passa pela área central da cidade de Joinville, indo desaguar na Lagoa de Saguáçu (FATMA, 2002).

Esta bacia ocupa uma região relativamente plana. As nascentes encontram-se numa altitude de 40 metros, aproximadamente. No entanto, a maior parte do percurso do canal principal situa-se entre 5 e 15 metros de altitude. A foz caracteriza-se como uma região estuarina, sob a influência das marés, onde encontram-se áreas remanescentes de manguezais. Durante os períodos de subida da maré, pode-se verificar a inversão do fluxo da água do rio Cachoeira, até quase a metade do seu percurso, causada pela entrada da água salgada pelo canal como descreve FATMA (2002).

As baixas altitudes junto à foz, combinadas com o efeito das marés e das chuvas, causam freqüentes problemas de inundações na região, atingindo também alguns afluentes, principalmente os rios Itaum, Bucarein, Jaguarão e Matias. Não existem informações precisas sobre a vazão do rio Cachoeira. No entanto, a análise das informações disponíveis levam à estimativa de uma vazão entre 3 e 5 m³/s. Na região do baixo Cachoeira, a maior parte do volume de água existente na calha do rio é oriundo da entrada da maré. No que se refere à qualidade, o rio Cachoeira apresenta graves problemas de poluição, tanto de origem doméstica quanto industrial. Com praticamente 100% da bacia hidrográfica ocupada, o rio Cachoeira recebe os efluentes gerados nas residências e por grande parte das atividades econômicas. A rede de coleta de esgotos domésticos atinge uma pequena parcela da área da bacia. Os efluentes domésticos gerados no restante da bacia são despejados na rede de drenagem pluvial, contaminando córregos e rios. Com relação aos efluentes industriais, muitas pequenas e médias indústrias distribuídas em toda a bacia e que não possuem estação de tratamento de efluentes, são as principais responsáveis pela poluição química do rio Cachoeira (FATMA, 2002).

Joinville é o município mais populoso e industrializado de Santa Catarina, estado que detém o sexto lugar no *ranking* nacional das exportações. A cidade responde por 20% das exportações de Santa Catarina e por 15% das exportações brasileiras, conta com empresas de porte nacional e internacional. Possui um diversificado parque fabril com mais de 1.930

indústrias, especialmente nos setores metalmeccânico, eletromecânico, têxtil, plástico, metalúrgico, químico-farmacêutico, alimentos e bebidas. As áreas de serviços, comércio e turismo, especialmente o voltado para negócios também vêm despontando com grande ênfase na última década (TEBALDI, 2008).

A Figura 07 apresenta a foto do ponto de amostragem na foz do rio Cachoeira.



FIGURA 07: Rio Cachoeira, local de amostragem (04/12/2008).

3.1.3.2. Laranjeiras – Ponto 02.

Região central da baía, com uma profundidade de aproximadamente 4 metros. Recebe a influência antrópica das atividades dos municípios de Joinville, São Francisco do Sul, Garuva e Araquari (OLIVEIRA *et al.*, 2006). Porém, essa influência é amenizada devido à baixa ocupação da região.

A Figura 08 apresenta o ponto de amostragem na região de Laranjeiras.



FIGURA 08: A região de Laranjeiras, local de amostragem (17/09/2008).

3.1.3.3. Porto de São Francisco do Sul – Ponto 03.

A estrutura natural do Porto de São Francisco do Sul tem ótimos perfis. O canal de acesso possui 9,3 milhas de extensão, 150 metros de largura e 13 metros de calado. Com amplitude de maré de 2 metros, a bacia de evolução é muito ampla. São 5 as áreas de fundeadouros oficiais. Em termos de infra-estrutura instalada, o Porto de São Francisco do Sul tem cais acostável com 780 metros de comprimento e 43 pés de profundidade máxima. Ainda fazendo parte do complexo portuário, o Terminal Babitonga, da iniciativa privada, possui um cais acostável de 225 metros de comprimento com um calado máximo de 11 metros. Um sistema de sinalização eletrônica cobre as 9,3 milhas do canal de acesso e a bacia de evolução, sendo o segundo porto brasileiro com este padrão internacional. Já o sistema de bóias e torre funciona com energia solar e tem autonomia de até 30 dias. A torre suporta ventos de até 200 km/h, garantindo precisão e segurança à navegação do Porto (APSFS, 2008). Atualmente, o porto está em fase de ampliação.

Esta região sofre influência da intensa atividade portuária, bem como dos efluentes domésticos do município de São Francisco do Sul, haja vista a precariedade do saneamento básico nessa cidade (OLIVEIRA *et al.*, 2006). A Figura 09 apresenta o ponto de amostragem próximo ao Porto de São Francisco do Sul.



FIGURA 09: Porto de São Francisco do Sul, local de amostragem (17/09/2008).

3.1.4. Escolha do organismo-teste

O organismo-teste, mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758), foi escolhido pela sua vasta presença na região e, principalmente, por ser fonte de renda da população (mitilicultura) assim como fonte alimentar.

Este é um organismo sensível, principalmente na fase em que é realizado o teste, embrião. E ainda, organismos bivalves são utilizados como indicadores de estresse de ambientes contaminados (observar as Figuras 10, 11 e 12).



FIGURA 10: Mexilhões *Perna perna* (Linnaeus, 1758) do cultivo de Penha / SC.



FIGURAS 11 E 12: Mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758), fêmea – coloração alaranjada; macho – coloração esbranquiçada.

3.1.5. Procedência dos organismos-teste

Os organismos escolhidos para realização dos testes de embriotoxicidade foram mexilhões cultivados no Laboratório de Moluscos Marinhos (LMM) do Departamento de Aqüicultura da Universidade Federal de Santa Catarina (Figura 13), na Praia de Sambaqui (27°29' S e 48°33' W), Florianópolis/SC.

Cabe aqui informar que a procedência dos organismos definida no início do projeto era da região de Penha/ SC, no entanto, ocorreram diversos problemas para realização do teste de embriotoxicidade. Problemas com os organismos – período de muita agitação das águas (ressacas e ventos do quadrante leste) que afetam diretamente os mexilhões, fazendo com que desovem antecipadamente na área de cultivo, não restando gametas para desova em laboratório.

Para a realização do teste de sobrevivência em exposição ao ar foram coletados organismos da área de cultivo da Penha, na Armação de Itapocoroy – Santa Catarina, região com ausência de grandes impactos antrópicos e grande circulação de água, favorecendo a qualidade da água (observar Figura 14).

Para verificar a viabilidade do cultivo de mexilhão *P. perna* no sul do Brasil, Marenzi e Branco (2005) desenvolveram estudos na Armação de Itapocoroy. Das variáveis físicas e químicas foram analisadas a salinidade, temperatura e o oxigênio, que se mostraram ideais para esta espécie. A salinidade média anual da região é de 30,49‰, típica de região costeira. Os macronutrientes também se encontravam dentro dos níveis esperados para a região, não indicando poluição orgânica no local.

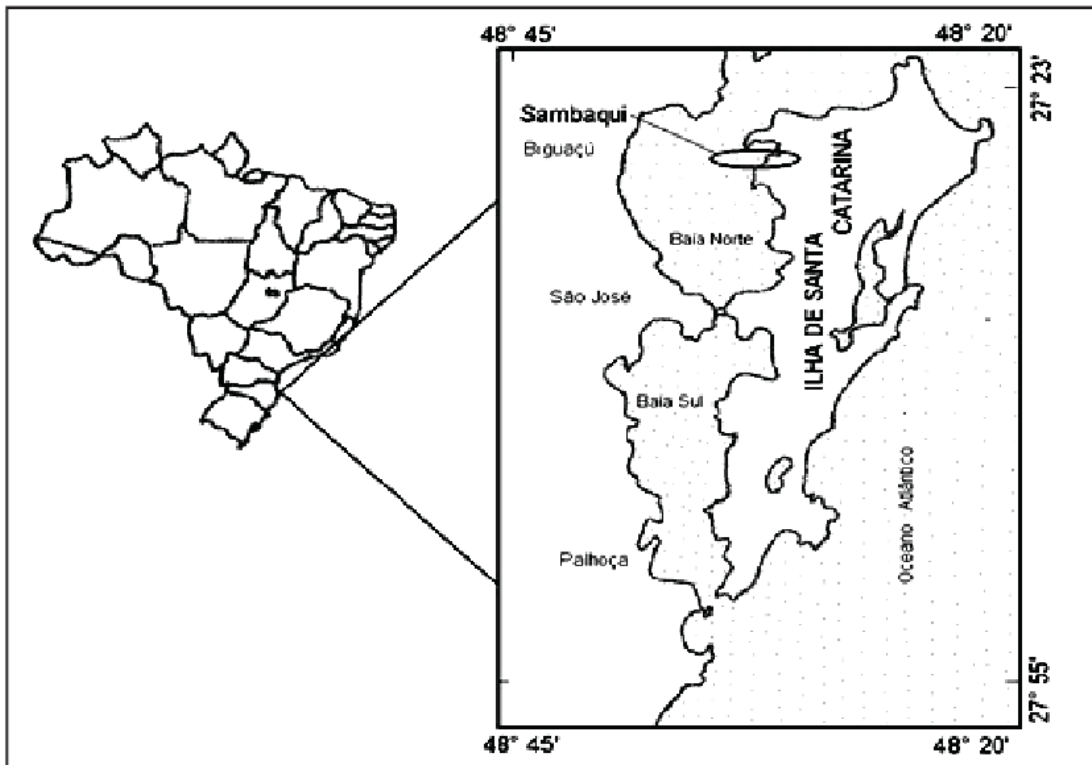


FIGURA 13: Ilha de Santa Catarina, região de Florianópolis, com destaque para a Praia da Ponta do Sambaqui, área do cultivo experimental do Laboratório de Moluscos Marinhos da UFSC.

Fonte: COCHÔA & MAGALHÃES, 2008.



FIGURA 14: Cultivo de mexilhão na Armação de Itapocoroy – Penha / SC.

No teste da avaliação das condições de estresse foram utilizados organismos de cultivo interno da Baía da Babitonga. O local de cultivo escolhido foi Saco do Iperoba, uma vez que se desejava avaliar a situação ambiental desta área.

O Saco do Iperoba é uma típica região de manguezal, com solo lodoso e árvores características (TORRENS, 2005).

3.1.6. Coleta e conservação das amostras

As coletas foram efetuadas com ajuda de um barco a motor, sendo feito o desligamento do motor algum tempo antes de executar a amostragem. A coleta era apenas de superfície, ou seja, 30 centímetros de profundidade. A amostra foi então armazenada em uma garrafa de polietileno de 1 litro e esta por sua vez acondicionada em caixa de isopor com gelo (temperatura de 10°C) até a chegada no laboratório.

Após identificação, a amostra foi congelada a uma temperatura de - 20°C em câmara frigorífica até o momento da realização dos testes. Com um dia de antecedência do teste as amostras foram retiradas e descongeladas de maneira natural e em temperatura ambiente.

3.1.7. Análises físico-químicas e dados de campo

Foram efetuadas análises em campo, no momento das coletas. Para isso foi utilizado um multianalisador de campo da marca HANNA, e os parâmetros analisados foram temperatura, salinidade, oxigênio dissolvido, pH, sólidos totais dissolvidos, condutividade e potencial redox.

Dados de campo como: maré, condições meteorológicas, horário e aspectos ambientais relevantes (presença de material em suspensão, óleos e graxas, odor desagradável, etc.) foram devidamente anotados.

Anteriormente a cada teste, foi novamente analisado em cada amostra o pH, com auxílio de um pHmetro digital de bancada modelo PG 2000, da marca Gehaka, e a salinidade, com um refratômetro da marca Biosystems.

3.1.8. Teste de toxicidade com embriões de *Perna perna* (Linnaeus, 1758)

O teste tem como base as normas da ASTM (2004) – Realização de testes de toxicidade aguda estática utilizando embriões de quatro espécies de moluscos bivalves de água salgada; e ainda procedimentos de acordo com Zaroni (2002) – Testes de toxicidade com embriões do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758).

3.1.8.1. Organismos no laboratório

Foram coletados cerca de 100 mexilhões no dia em que foi executado o teste, sendo estes transportados à temperatura ambiente e desprovidos de água, para não ocorrer a liberação dos gametas antes do momento da desova em laboratório.

Os organismos foram selecionados de acordo com o aspecto das conchas, sendo escolhidas aquelas que não apresentam deformidade ou com alguma fratura. Procedeu-se com a limpeza, esta consistindo de uma leve escovação das conchas seguida da retirada das incrustações com auxílio de uma faca, observar Figura 15.

Devido a problemas de contaminação por paramécio durante a execução dos testes de embriotoxicidade, que causou a mortalidade das larvas do teste que estava em andamento, foi adotada a prática de utilização de suco de limão (ácido cítrico) na esterilização do material, método este utilizado em outros laboratórios.

A contaminação ocorreu devido esse protozoário estar presente junto ao organismo, e no ambiente (bancada, vidraria, etc), outro fator é o da presença de fezes do mexilhão na água da desova. O paramécio se alimenta do material fecundando do teste e de outros nutrientes presentes nas amostras

Este pertence a um grupo de protozoários ciliados e são organismos de corpo translúcido, achatados, que alcançam um tamanho de 200 micra e se reproduzem rapidamente por bipartição (RAO *et al.*, 2008).

O procedimento de limpeza das conchas foi realizado para os dois testes, o teste de embriotoxicidade e o teste de sobrevivência em exposição ao ar.



FIGURA 15: Procedimento de lavagem dos mexilhões, escovação e retirada de incrustações.

3.1.8.2. Água utilizada no teste

A água utilizada no teste foi água artificial salgada (mistura de água deionizada com sal marinho artificial da marca Red Sea Salt), isto para não ocorrer risco de utilizar água marinha contaminada.

Esta água foi ainda filtrada com membrana de acetato 0,2 μm e 47 mm de diâmetro da marca Schleicher & Schuell.

3.1.8.3. Liberação dos gametas

Os gametas foram obtidos mediante a técnica do “ciclo térmico”, que consiste na imersão alternada em banhos a $\pm 10^\circ\text{C}$ e $\pm 30^\circ\text{C}$. Foram utilizados em torno de 30 mexilhões adultos da espécie *Perna perna*. Os organismos foram divididos em dois procedimentos, uma metade foi colocada em placas de Petri dentro de uma vasilha cheia com água artificial salgada com temperatura de $\pm 10^\circ\text{C}$ (água resfriada com introdução de garrafas de água congeladas – troca de calor) e deixada por 30 minutos, à outra metade foi colocada na mesma estrutura, porém em temperatura de $\pm 30^\circ\text{C}$ (aquecimento da água com utilização de um aquecedor submersível automático para aquários da marca ViaAqua Glass Heater), observar as Figuras 16 e 17. A cada 30 minutos ocorria a inversão destes organismos. Quando não ocorria a emissão dos gametas, se repetia o ciclo com alternância dos banhos até o momento da emissão. Ainda, se utilizou da indução biológica para agilizar a liberação acrescentando-se a gônada de um macho macerada juntamente com os demais organismos, funcionando assim como um estímulo.

Quando os mexilhões começaram a liberação dos gametas, estes foram separados de acordo com o sexo e colocados em recipientes com uma pequena quantidade de água, observar Figura 18.

3.1.8.4. Fecundação

Os ovócitos (gametas femininos) foram coletados no fundo do recipiente com o auxílio de uma pipeta Pasteur estéril. O líquido espermático foi coletado com o mínimo de água possível e mantido separadamente em um béquer, este imerso num recipiente com gelo (temperatura aproximada de 4°C) para diminuir a atividade até o momento da fecundação.

Os ovócitos foram coletados e transferidos para outro béquer contendo água artificial salgada filtrada; em seguida, lavados com auxílio de uma peneira de 75 μm de malha e recolocados em outro béquer de maior capacidade com água artificial salgada filtrada.

A fecundação foi feita pela adição gradual de 1 mL da suspensão espermática total, até que mais de 90% dos óvulos foram fecundados. Para tanto, acrescentou-se pouco a pouco a suspensão de esperma e observou-se sob microscópio após cada adição; os óvulos fecundados foram identificados através do início da divisão celular.



FIGURAS 16 E 17: Mexilhões em placas de Petri submersos em água artificial salgada, o primeiro com frascos congelados para diminuição da temperatura e segundo com aquecedor.



FIGURA 18: Liberação de gametas femininos em recipiente separado.

Após a fecundação dos óvulos estimou-se a densidade de ovos pela contagem de 1 mL da suspensão diluída em 99 mL de água artificial salgada filtrada. Realizou-se 3 contagens com auxílio de uma câmara de contagem Neubauer. A média obtida foi utilizada para o cálculo da densidade dos ovos, de acordo com a fórmula a seguir:

$$\text{Densidade do número de ovos} = \frac{(\text{N}^\circ \text{ de ovos} \times 100)}{1000}$$

Onde: N° de ovos = média da contagem de ovos da diluição em 1/99 mL.

Na seqüência, após ser estimada a densidade de ovos, cerca de 40 - 50 embriões por mL foram colocados em cada frasco teste, iniciando então o período de incubação.

3.1.8.5. Execução do teste

Preparou-se 5 diluições da amostra da água dos pontos da Baía da Babitonga (10%, 25%, 50%, 75% e 100%), utilizando água artificial salgada filtrada. Foram distribuídos 10 mL em placas de cultivo celular da marca Zellkultur Testplatte (Figura 19), de água artificial salgada (controle - isento de contaminantes) e as diluições com as soluções-teste. Depois de devidamente preparados os frascos receberam os ovos recém fecundados. A densidade de ovos utilizada variou entre 40 a 50 ovos/mL.

Com relação às amostras com baixa salinidade foi feito o ajuste com sal marinho artificial para equilibrar as amostras de acordo com a salinidade apropriada para a espécie *Perna perna*. No Apêndice 01 pode-se observar a alteração da salinidade de cada amostra.



FIGURA 19: Placas de cultivo celular com soluções – teste.

Utilizou-se 3 réplicas para cada diluição na avaliação dos resultados, porém, para uma melhor execução do teste foram utilizadas 5 réplicas para cada diluição da substância tóxica (teste positivo, detalhado mais adiante) e 8 réplicas para o controle, isto devido à necessidade de verificação do momento exato de fixação do teste.

Durante o teste, os frascos foram mantidos em incubadora da marca Marconi a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ por aproximadamente 48 horas, até que mais de 70% dos embriões estivessem no estágio de larva-D, que era observado fixando os frascos controle excedentes. Era necessária a

observação de uma amostra controle para confirmar a taxa de desenvolvimento. Se os organismos não tivessem atingido o estágio de larva-D deveria ser prolongado o teste por mais tempo e acompanhar a taxa de desenvolvimento de hora e hora, com as amostras controle sobressalentes, até que o estágio desejado fosse atingido.

Os testes foram finalizados com a adição de 0,5mL de formol a 04%, para posterior contagem. As amostras foram contadas utilizando um microscópio invertido da marca Mikon Eclipse OS 100, com aumento de 40 vezes, os 100 primeiros organismos encontrados foram avaliados.

É importante lembrar que foram considerados normais somente os organismos que se desenvolveram até o estágio de larva-D, com valvas simétricas fechadas e massa visceral presente na porção interna da concha. Os demais que não apresentaram essas características foram considerados anormais.

3.1.8.6. Controle de qualidade

Contemporaneamente com o teste das amostras, seguiu um teste de controle positivo com um tóxico de referência, Dodecil sulfato de Sódio (DSS), e um controle negativo somente com água artificial salgada. As diluições para o teste com a substância de referência foram 0,32; 0,64; 1,25; 2,50 e 5,00 mg/L.

3.1.8.7. Aceitabilidade do teste

O critério usado na validação do teste era o desenvolvimento de 70% ou mais de larvas normais no controle nas condições laboratoriais e os valores obtidos na Concentração que causa Efeito em 50% dos organismos (CE_{50}) do teste com substância de referência que devem estar dentro das concentrações determinadas.

3.1.9. Teste da avaliação da condição de estresse com *Perna perna* (Linnaeus, 1758) – Sobrevivência em exposição ao ar

Ainda existe outro teste complementar que ajuda na avaliação da qualidade ambiental. Este teste avalia o estresse dos organismos em ambientes contaminados, e se baseia no tempo de sobrevivência no ar. O tempo de sobrevivência no ar é um parâmetro sensível nas condições individuais de estresse ambiental onde os bivalves são subordinados anteriormente. A definição de tal índice aproveita a natural capacidade destes moluscos de resistir a breves períodos de exposição no ar.

A base de uso deste parâmetro como índice de estresse se apóia na observação que os indivíduos bivalves, quando habitam ambientes contaminados, apresentam um metabolismo

acelerado, e por isso se espera que o tempo deles de sobrevivência expostos no ar seja menor do que daqueles organismos isentos da condição de estresse anterior.

O teste de estresse foi baseado no tempo de sobrevivência no ar dos organismos *Perna perna* (Linnaeus, 1758). Este tempo foi avaliado com a amostra de 15 exemplares de mexilhões *Perna perna* adultos (escolhidos de forma aleatória de acordo com a estrutura laboratorial). Após sua coleta em cultivo da Baía da Babitonga (Saco do Iperoba) e cultivo de Penha, os organismos foram lavados para retirada de outros animais incrustados, secados levemente com papel, coletadas as medidas de comprimento, largura, espessura com auxílio de um paquímetro da marca Mitutoyo Sul Americana Ltda, (Figura 20). E ainda foi registrado o peso com auxílio de uma balança de precisão da marca Shimadzu.

Os organismos então foram colocados de maneira numerada em recipiente fechado com papel umedecido em exagero com água artificial salgada como observado na Figura 21. Este recipiente foi mantido em ambiente climatizado a temperatura de $25 \pm 1^\circ\text{C}$. Diariamente registrou-se o número de organismos vivos e retirados os eventuais indivíduos mortos (consideravam-se mortos aqueles organismos que apresentavam as valvas abertas e não respondiam a estímulos físicos, sendo este o toque na concha).

Os dados experimentais relativos ao teste foram expressos como percentual de sobrevivência no tempo t e colocados em gráfico com uma curva de sobrevivência. Para cada amostra foi calculado o valor de LT_{50} , ou seja, o tempo em que 50% dos organismos resultaram mortos.

No controle do teste foram considerados os organismos provenientes da área de cultivo de Penha / SC, devido às características ambientais da região citadas anteriormente.



FIGURA 20 e 21: Coleta de medidas dos mexilhões; Mexilhões expostos ao ar, para avaliação do tempo de sobrevivência.

3.1.10. Análise dos resultados

Os resultados foram analisados utilizando software estatístico como Trimmed Serman Karber, utilizando os valores totais de anomalias e as concentrações do agente tóxico testado como referência, Minitab e Excel, utilizados para efeitos tóxicos. Considerados também aspectos ambientais das áreas em estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Análises de campo

Os dados de campo obtidos através das coletas são apresentados no Apêndice 02. Estes foram realizados com a finalidade de dar suporte caso ocorra algum resultado que necessite de dados físico-químicos ou aspectos ambientais específicos ocorridos no momento da coleta.

Outro dado considerado de influência direta é a precipitação ocorrida durante o período de coleta, para isso, consta no Apêndice 03 os dados de precipitação de maio a dezembro de 2008.

4.2. Teste de embriotoxicidade com mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758)

A aceitabilidade do teste foi comprovada, pois mais de 70% das larvas nas seis réplicas de controle avaliadas estavam normais.

Com relação ao teste positivo com a substância de referência Dodecil Sulfato de Sódio (DSS), o resultado também foi aceitável, demonstrando que os embriões apresentavam sensibilidade para a execução do teste. Na Figura 22 observa-se os resultados de cada concentração de DSS e no Apêndice 04 consta o resultado do teste com Trimmed Spearman Karber para o cálculo da CE_{50} que foi estimado em 1,16 mg/L, estando dentro do intervalo de concentrações utilizadas no teste.

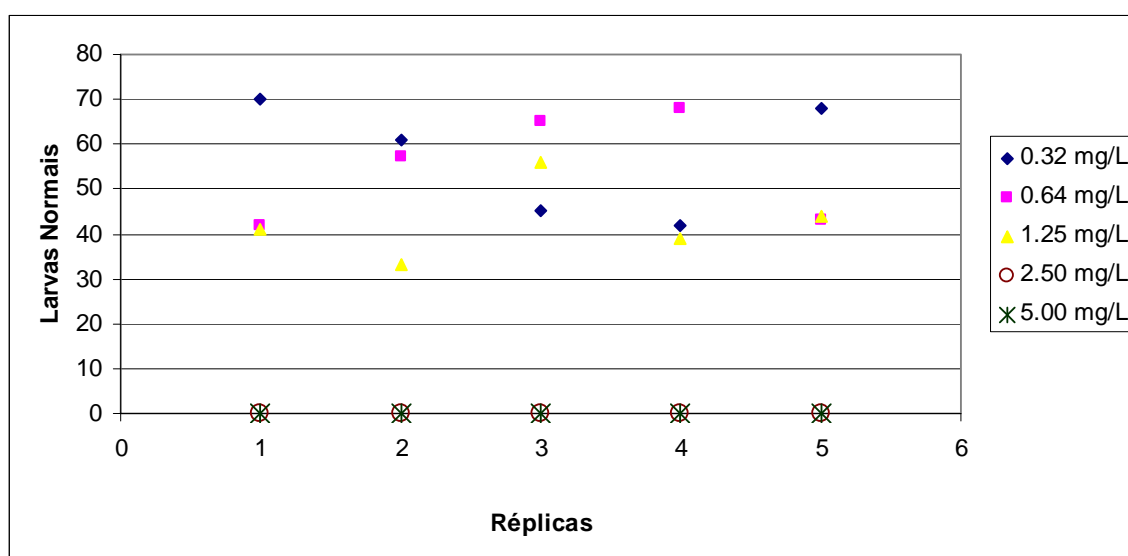


FIGURA 22: Teste de Embriotoxicidade, com larva do mexilhão *Perna perna*, Positivo com a substância de referência, Dodecil Sulfato de Sódio, 48 horas de duração.

Os resultados das amostras dos três pontos da Baía da Babitonga avaliados não permitiram efetuar o cálculo do CE_{50} com o teste estatístico Trimmed Spearman Karber, devido ao fato de que nenhuma amostra apresentou anormalidade de 50% dos embriões analisados. A Figura 23 apresenta uma disposição dos resultados do teste de embriotoxicidade nas cinco coletas realizadas nos três pontos da baía, mas cinco concentrações analisadas (10%, 25%, 50%, 75% e 100%).

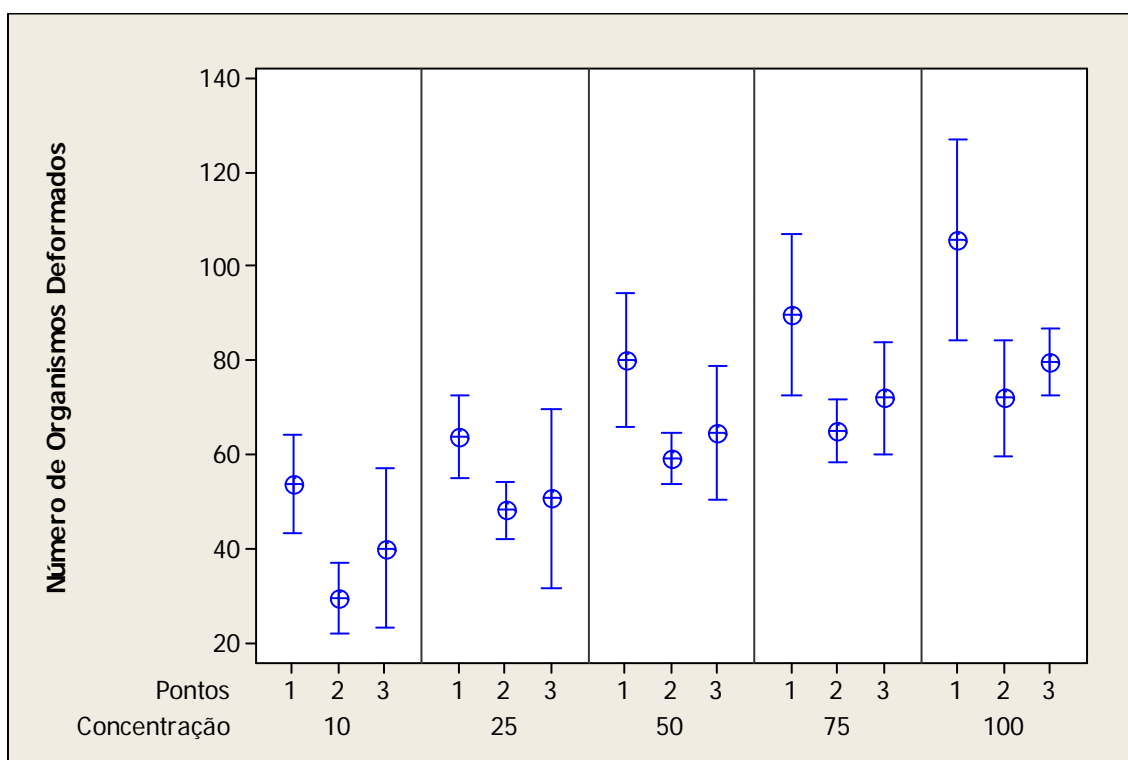


FIGURA 23: Resultados dos testes de embriotoxicidade com mexilhão *Perna perna*, nas cinco coletas realizadas nos três pontos avaliados da Baía da Babitonga e nas cinco concentrações analisadas.

Os resultados das amostras apresentaram um comportamento esperado, crescente e linear considerando as condições ambientais de cada ponto e as concentrações das amostras. Destaque-se, entretanto, o Ponto 01 – Rio Cachoeira, que se aproximou do limite, indicando que essa região necessita de maior controle. Região esta que possui um aporte de poluentes elevado. São inúmeras indústrias, do maior pólo industrial de Santa Catarina, que despejam seus efluentes durante muitos anos e muitos destes sem tratamento algum; a liberação de esgoto doméstico *in natura* ao longo deste rio – aqui vale ressaltar que o rio Cachoeira atravessa a cidade de Joinville que possui a maior população do Estado e uma precária rede de

tratamento de esgoto. A figura 07 que apresenta a localização do rio Cachoeira demonstra bem a poluição presente neste rio, pela quantidade de resíduos presentes na água. Isto leva a triste conclusão do descaso da maior parte da população com relação este ambiente.

Na sequência, o Ponto 03 – Porto de São Francisco do Sul, demonstrou também que necessita de atenção e, por último, a região das Laranjeiras – Ponto 02, região menos impactada pelas atividades antrópicas.

No Apêndice 05 constam os resultados do Teste T realizado para verificar a diferença dos resultados apresentados em cada ponto, mostrando que ocorreu diferença significativa entre todos os pontos, com destaque para o Ponto 01.

Comparados os resultados dos testes de toxicidade com a precipitação ocorrida neste período, observou-se que esta não interferiu, apesar do volume pluviométrico do mês de novembro ser fora do normal.

4.3. Teste de sobrevivência em exposição ao ar de mexilhões *Perna perna* (Linnaeus, 1758)

A Figura 24 apresenta o período médio de sobrevivência dos mexilhões nos quatro testes realizados nos dois pontos de amostragem. Pode-se verificar que os organismos da Baía da Babitonga apresentaram maior resistência do que aqueles do cultivo de Penha, ou seja, organismos que possuíam metabolismos mais lentos ou que tinham uma maior reserva de nutrientes em seu interior. Os resultados do LT_{50} foram de 02 dias para os dois primeiros testes realizados em Penha e de 01 dia para os dois últimos testes. Com relação aos testes da Baía da Babitonga todos os testes apresentaram um LT_{50} de 02 dias.

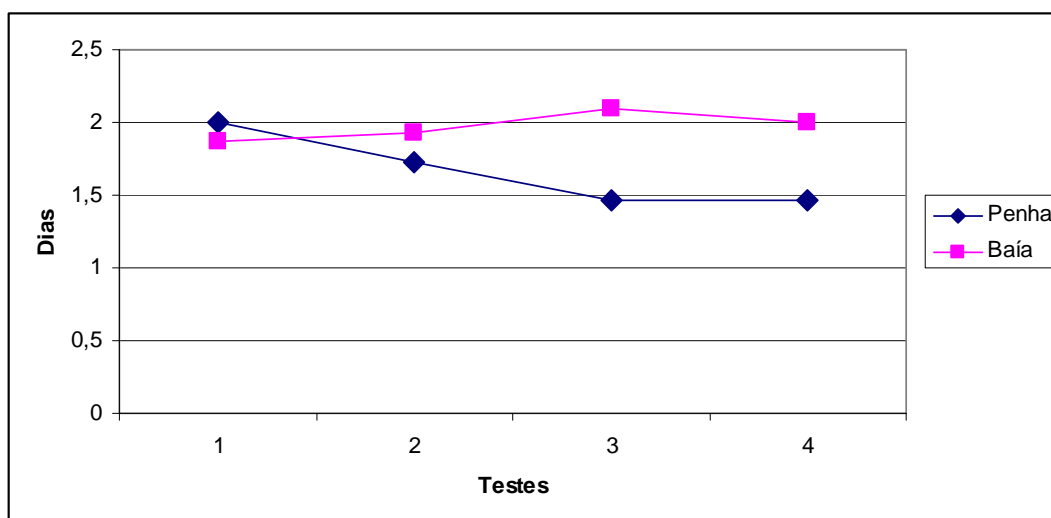


FIGURA 24: Período médio de sobrevivência em exposição ao ar do mexilhão *Perna perna*.

O tempo de sobrevivência pode estar relacionado com o tamanho do organismo, onde se nota que o tamanho (largura, espessura, comprimento) dos mexilhões cultivados no interior da baía é muito superior ao dos mexilhões escolhidos como controle. Estes organismos possuem, então, uma maior reserva de nutrientes devidas as proporções de tamanho. A largura média dos organismos de Penha foi de 3,74cm, enquanto para os organismos da baía foi de 4,77 cm. Com relação à espessura, a média para os organismos de Penha foi de 2,58cm e os organismos da baía foi de 3,38cm. E o comprimento médio dos mexilhões de Penha foi de 7,71cm e os da baía foi de 9,83 cm. Nas Figuras 25, 26 e 27 estas informações podem ser confirmadas.

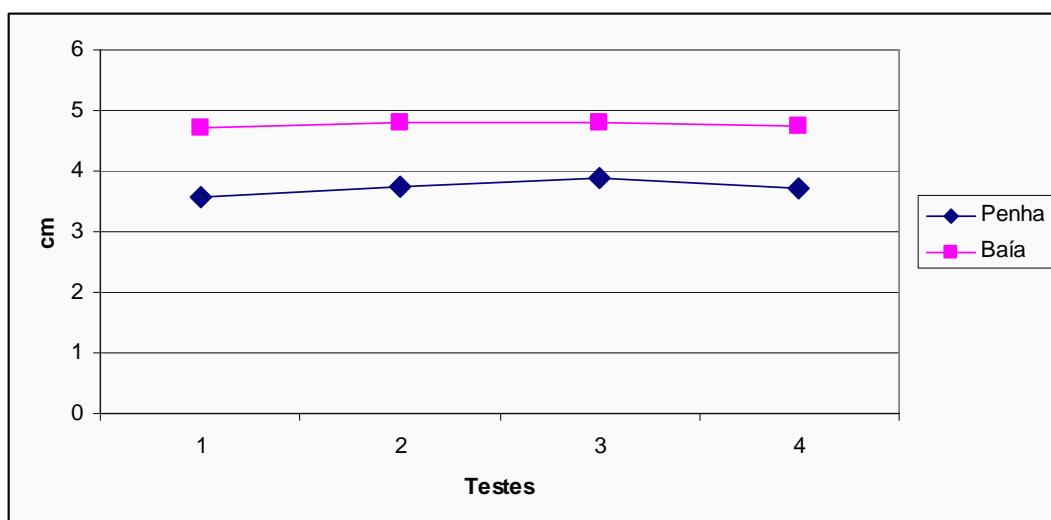


FIGURA 25: Largura média dos mexilhões nos 04 testes realizados.

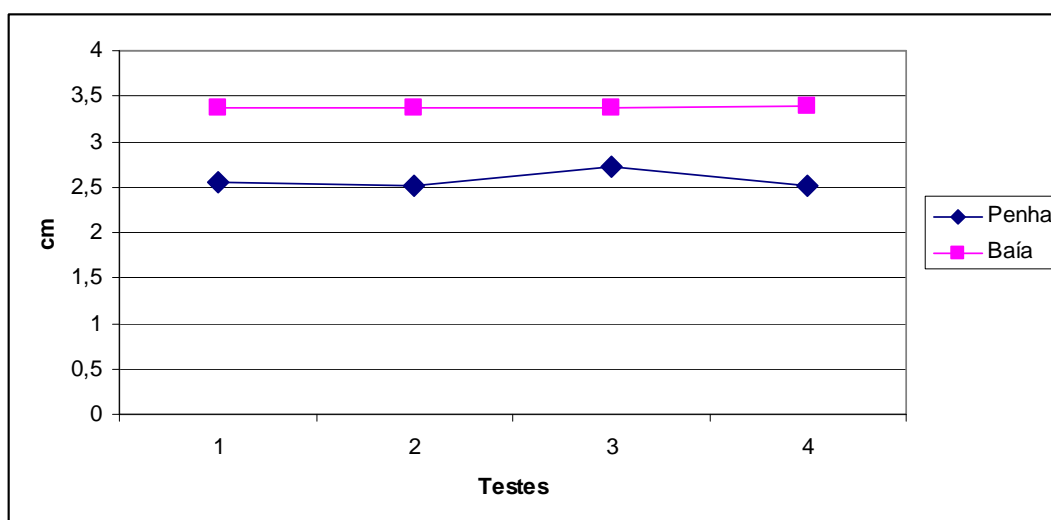


FIGURA 26: Espessura média dos mexilhões nos 04 testes realizados.

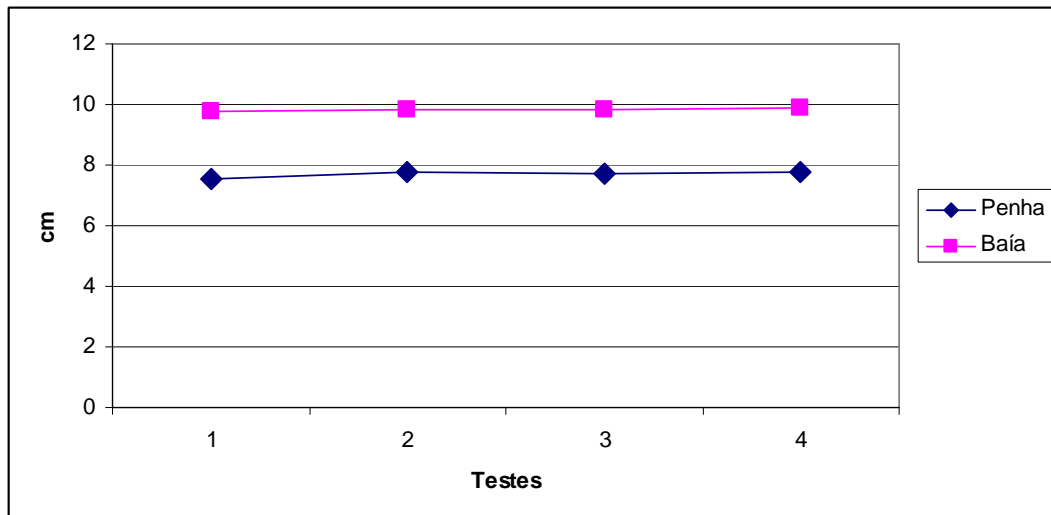


FIGURA 27: Comprimento médio dos mexilhões nos 04 testes realizados.

A Figura 28 apresenta o peso médio dos mexilhões nos 04 testes realizados, onde se observa a diferença significativa entre os dois pontos, sendo que os organismos do cultivo da Baía Babitonga pesam o dobro dos de Penha.

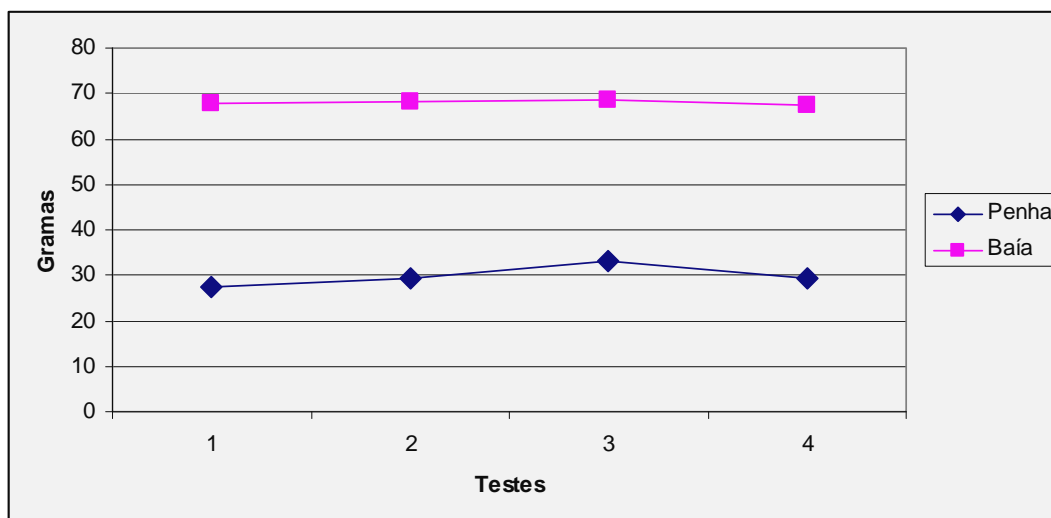


FIGURA 28: Peso médio dos mexilhões nos 04 testes realizados.

O peso dos organismos apresenta diferenças significativas, fato que indica a quantidade de água e de gametas presentes no interior da concha. Alguns mexilhões começam a liberar a água logo após a retirada do cultivo, outros retêm por um período maior. Isto pode favorecer um tempo maior de sobrevivência, pois possuem alimento armazenado. Outro fator que pode ter interferido no tempo de sobrevivência é a diferença de salinidade dos dois ambientes estudados, sendo que o de Penha era maior do que da Baía. Fator este que deve ser melhor avaliado em trabalhos futuros.

O ambiente da Baía da Babitonga, onde está localizado o cultivo estudado, é uma região calma por ser abrigada de maiores problemas causados pelas condições climáticas (agitação das águas, por exemplo). Outro fator que favoreceu os resultados seria o grande volume de nutrientes presentes na água da baía, especialmente de nitrogênio e fósforo oriundos de esgoto doméstico.

A causa do tempo de sobrevivência dos organismos de Penha ser menor pode ter sido o estresse apresentado pelos organismos devido à alterações físicas do ambiente, dada pela interferência das condições climáticas ocorridas no período de realizações dos testes, o que pode ter deixado o organismo debilitado. Cabe ressaltar que foram períodos em que ocorreram ciclones extra tropicais e grandes precipitações.

Sabe-se que o tempo de sobrevivência dos mexilhões *Perna perna* não é superior a 24 horas quando as condições ambientais não são controladas. Também é de conhecimento da comunidade científica que espécies como o *Mytilus edulis* chega a um tempo de sobrevivência de dez dias. Porém, não se tem conhecimento de publicações sobre teste de sobrevivência em exposição ao ar com o mexilhão *Perna perna*, o que seria importante para conclusões mais claras. De toda forma, este é mais um dado que passa a fazer parte de um estudo maior sobre as condições ambientais da Baía da Babitonga.

5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A importância dos testes para contribuição na avaliação das condições ambientais na Baía da Babitonga se deve ao fato destes testes de toxicidade poderem ser eficientes instrumentos de avaliação da qualidade de água e/ou sedimento. A qualidade é definida dentro de padrões e exigências que assegurem o bem estar dos organismos no ambiente, fornecendo assim uma resposta biológica da situação ambiental, não apenas a existência ou não de poluentes.

Os resultados alertam para elaboração de um plano de controle da poluição nas bacias do rio Cachoeira, rio Cubatão e região portuária.

O teste de embriotoxicidade, conforme discutido, evidenciou a problemática da poluição, especialmente no rio Cachoeira, demonstrando que necessita de atenção dos órgãos ambientais para uma maior fiscalização no que tange a despejos industriais e domésticos.

O teste de sobrevivência ainda não é tão difundido, mas demonstrou ser uma ferramenta importante no auxílio de monitoramentos ambientais. Neste estudo em específico, demonstrou a alta concentração de nutrientes já identificados em trabalhos anteriores, como em Tureck (2002) e Barros (2005).

Através deste trabalho abriu-se um leque de oportunidades de novos estudos, com os resultados das análises, pode-se comparar com demais estudos, especialmente tratando de todos os níveis da cadeia trófica, estudos físico-químicos, sobre pesticidas, metais pesados e demais informações pertinentes que poderão auxiliar num diagnóstico ambiental completo da região.

Por fim, considerando todos os resultados, recomenda-se que nos próximos estudos ampliem-se tanto área de abrangência do estudo quanto os ensaios a serem realizados com os organismos melhorando a precisão dos resultados e trazendo novas informações.

REFERÊNCIAS

ALFREDINI, P. **Obras e gestão de portos e costas**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

APSFS – **Administração do Porto de São Francisco do Sul**. Disponível em <www.apsfs.sc.gov.br>. Acesso em 10 de set. 2008.

ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R. P. A. Métodos de ensaios de toxicidade com organismos aquáticos *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

ARANA, L.V. **Princípios químicos de qualidade da água em aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2 ed. rev. e amp. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004 (a).

ARANA, L. V. **Fundamentos de aqüicultura**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 2004 (b).

ARAÚJO, C. M. Y.; KAWANO, T.; ROUTLEDGE, E. A. B.; FERREIRA, J. F.; TONON, T. H. B. Embriologia e desenvolvimento larval *In*: RESGALLA, C. J.; WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B. D. (editores). **O mexilhão *Perna perna* (L.): Biologia, Ecologia e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

ARAÚJO, R. P. A.; SHIMIZU, G. Y.; BOHRER, M. B. C.; JARDIM, W. Avaliação da qualidade de sedimentos *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

ARCURI, A. S. A.; FERNICOLA, N. A. G. G. Riscos ao meio ambiente e acidentes relatados *In*: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **Metais: gerenciamento da toxicidade**. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003.

ASTM. Standard Guide for Conducting Static Acute Toxicity Tests Starting with Embryos of Four Species of Saltwater Bivalve Molluscs. American Society for Testing and Materials. E 724-98, 2004.

ATZORI, L. O. *L'inquinamento idrico*. Sistemi editoriali, Napoli, Itália, 2002.

AVALIAÇÃO ECOSSISTÊMICA DO MILÊNIO. **Ecosistemas e bem-estar humano**. Tradução de Renata Lucia Bottini. – São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2005.

BABARRO, J. M. F.; ZWAAN, A. D. Anaerobic survival potential of four bivalves from different habitats. A comparative survey. **Comparative Biochemistry and Physiology**. Part A, 151:108-113, 2008.

BAIRD, C. **Química ambiental**; trad. Maria Angeles Lobo Recio e Luiz Carlos Marques Carrera. 2.ed. Porto Alegre/RS: Bookman, 2002.

BARROS, S. B. M.; DAVINO, S. C. Avaliação da toxicidade *In*: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003.

BASTOS, G. C. Atividade pesqueira na Baía da Babitonga *In*: CREMER, M. J.; MORALES, P. R. D.; OLIVEIRA, T.M.N. **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville/SC: UNIVILLE, 2006.

BELLOTTO, V. R.; FRANCONI, E. Níveis de metais em *Perna perna* e sua aplicação na análise e monitoramento ambiental *In*: RESGALLA, C. J.; WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B. D. (editores). **O mexilhão *Perna perna* (L.): Biologia, Ecologia e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

BOOGAARD, P. J. Human biomonitoring activities – Programmes by industry. **International Journal of Hygiene and Environmental Health**. 210: 259-261, 2007.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002.

BURATINI, S. V.; BERTOLETTI, E. Análise estatística *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

CALLO, Anthony. Defining the Estuary, EPA Journal, July- August 1987, pp. 9-11 *In* **Manual Global de Ecologia: o que você pode fazer a respeito da crise do meio ambiente /** editado por Walter H. Corson; [tradução de Alexandre Gomes Camarui]. – 2 ed. – São Paulo: Augustus, 1996.

CARDOSO, M. R. A. Epidemiologia ambiental *In*: PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri/SP: Manole, 2005.

CARVALHO, C. E. V.; CAVALCANTE, M. P. O.; GOMES, M. P.; FARIA, V. V.; REZENDE, C. E. Distribuição de metais pesados em mexilhões (*Perna perna*, L.) da Ilha de Santana, Macaé, SE, Brasil. **Ecotoxicology and Environmental Restoration**, 4 (1) 2001.

CCD – **Centro de Cartografia Digital e Sistemas de Informação Geográfica** – UNIVILLE. Joinville, 2008.

COCHÔA, A. R.; MAGALHÃES, A. R. M. Perdas de sementes de mexilhões *Perna perna* (L., 1758), cultivados na Baía Norte – Ilha de Santa Catarina/SC. **B. Inst. Pesca**. 34 (1): 1 – 10, 2008.

CREMER, M. J. O estuário da Baía da Babitonga *In*: CREMER, M. J.; MORALES, P. R. D.; OLIVEIRA, T. M. N. **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville/SC: UNIVILLE, 2006.

DIEHL, F. P.; XAVIER, G.; BRANCHER, N. D. R. Proteção jurídica dos manguezais e estuários: uma abordagem a partir do Plano Nacional de Gerenciamento Costeiro e da Convenção de Ramsar. **Revista de Direito Ambiental**. 11 (44): 09-39, out.-dez. 2006.

DOMINGOS, F. X. V.; AZEVEDO, M.; SILVA, M. D.; RANDI, M. A. F.; FREIRE, C. A.; ASSIS, H. C. S. D.; RIBEIRO, C. A. O. Multibiomarker assessment of three Brazilian

estuaries using oysters as bioindicators. **Environmental Research**. 105 (3): 350-363, nov. 2007.

DOMINGUES, D. F.; BERTOLETTI, E. Seleção, manutenção e cultivo de organismos aquáticos *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

DORIT, R. L.; WALKER, W. F. J.; BARNES, R. D. **Zoology**: Thomson Brooks/cole. United States, 1991.

FARIA, M. O. O mundo globalizado e a questão ambiental *In*: NEIMAN, Z. **Meio ambiente, educação e ecoturismo**. Barueri – SP: Manole, 2002.

FATMA – Fundação do Meio Ambiente de Santa Catarina. **Atlas Ambiental da Região de Joinville: Complexo Hídrico da Baía da Babitonga**. Coordenação Joaquim L. Knie. Florianópolis: FATMA/GTZ, 2002.

FENT, K. Ecotoxicological effects at contaminated sites. **Toxicology**. 205: 223-240, 2004.

FERNANDES, F. D. C.; SOUZA, R. C. C. L. D.; JUNQUEIRA, A. D. O. R.; RAPAGNÃ, L. C.; RAMOS, A. B. Distribuição mundial e o impacto de sua introdução no Brasil *In*: RESGALLA, C. J.; WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B. D. (editores). **O mexilhão *Perna perna* (L.): Biologia, Ecologia e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

FERNICOLA, N. A. G. G.; BOHRER-MOREL, M. B. C.; BAINY, A. C. D. Ecotoxicologia *In*: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. **As bases toxicológicas da ecotoxicologia**. São Carlos/SP: RiMa, 2003.

FERREIRA, A. G.; MACHADO, A. L. S.; ZALMON, I. R. Metais pesados em moluscos bivalves no litoral norte do Estado do Rio de Janeiro *In*: ESPÍNDOLA, E. L. G.; BOTTA-PASCHOAL, C. M. R.; ROCHA, O.; BOHRER, M. B. C.; OLIVEIRA-NETO, A. L. **Ecotoxicologia: Perspectivas para o Século XXI**. São Carlos/ SP: RiMa, 2000.

FERREIRA, J. F., MAGALHÃES, A. R. M. Cultivo de mexilhões *In: Aqüicultura: experiências brasileiras*. Florianópolis, SC: Multitarefa, 2003.

FRANCO, T. Padrões de produção e consumo nas sociedades urbano-industriais e suas relações com a degradação da saúde e do meio ambiente *In: MINAYO, M. C. S.; MIRANDA, A. C. Saúde e ambiente sustentável: estreitando nós*. Rio de Janeiro: Ed. FIOCRUZ, 2002.

GORBI, S.; LAMBERTI, C. V.; NOTTI, A.; BENEDETTI, M.; FATTORINI, D.; MOLTEDO, G.; REGOLI, F. Na ecotoxicological protocol with caged mussels, *Mytilus galloprovincialis*, for monitoring the impact of na offshore platform in the Adriatic sea. **Marine Environmental Research**. 65 (1): 34-49, 2008.

HACON, S. S. Avaliação e gestão do risco ecotoxicológico à saúde humana *In: AZEVEDO, F. A.; CHASIN, A. A. M. As bases toxicológicas da ecotoxicologia*. São Carlos/SP: RiMa, 2003.

HIS, E.; SEAMAN, M. N. L.; BEIRAS, R. A simplification the bivalve embryogenesis and larval development bioassay method for water quality assessment. **Research note -Wat. Res.** 31 (2): 351-355, 1997.

HOFFMAN, D. J.; RATTNER, B. A.; BURTON JR., G. A.; CAIRNS JR, J. **Handbook of ecotoxicology**. 2.ed. CRC Press Company – Boca Raton, London, New York, Washington, D.C. Lewis Publishers, 2003.

IBAMA. **Proteção e controle de ecossistemas costeiros: manguezal da Baía da Babitonga**. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. Brasília: IBAMA, 1998.

JORGE, R. A. D. L. V. C.; MOREIRA, G. S. Use of sodium dodecyl sulfate and zinc sulfate as reference substances for toxicity testes with the mussel *Perna perna* (Linnaeus, 1758) (Mollusca: Bivalvia). **Ecotoxicology and Environmental Safety**. 61: 280 – 285, 2005.

LI, Q.; WU, Z.; CHU, B.; ZHANG, N.; CAI, S.; FANG, J. H. Heavy metals in coastal wetland sediments of the Pearl River Estuary, China. **Environmental Pollution**. 149: 158 – 164, 2007.

LIMA, E. T. Problemática dos resíduos sólidos urbanos no sistema estuarino Santos - São Vicente (SP) *In*: RIBEIRO, H. **Olhares geográficos: meio ambiente e saúde**. São Paulo: Ed. Senac São Paulo, 2005.

LOPES, S. G. B. C.; FONSECA, M. L. D. O mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) – Taxonomia, Morfologia e Anatomia Funcional *In*: RESGALLA, C. J.; WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B. D. (editores). **O mexilhão *Perna perna* (L.): Biologia, Ecologia e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

LORA, E. E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energético, industrial e de transporte**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ed. Interciência, 2002.

LOURENÇO, S. O. **Cultivo de microalgas marinhas: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

LOURENÇO, S. O.; MARQUES, A. N. J. Produção primária marinha *In*: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MARENZI, A. W. C.; BRANCO, J. O. O mexilhão *Perna perna* (Linnaeus) (Bivalvia, Mytilidae) em cultivo na Armação do Itapocoroy, Santa Catarina, Brasil. **Rev. Brasileira de Zoologia**. 22 (2): 394-399, junho 2005.

MARQUES, A. N. J.; MORAES, R. B. C.; MAURAT, M. C. Poluição marinha *In*: PEREIRA, R. C.; SOARES-GOMES, A. **Biologia marinha**. Rio de Janeiro: Interciência, 2002.

MARQUES, H. L. D. A.; FERREIRA, J. F.; GELLI, V. C.; MORAES, R. B. C. D.; NALESSO, R. C.; MARENZI, A. W. C. Biologia e ecologia de adultos *In*: RESGALLA, C. J.; WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B. D. (editores). **O mexilhão *Perna perna* (L.): Biologia, Ecologia e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

MARRONI, E. V.; ASMUS, M. L. **Gerenciamento costeiro: uma proposta para o fortalecimento comunitário na gestão ambiental**. Pelotas/RS: Ed. da União Sul-Americana de Estudos da Biodiversidade – USEB, 2005.

MENDES, C. L. T.; TAVARES, M.; SOARES-GOMES, A. Taxonomic sufficiency for soft-bottom sublittoral mollusks assemblages in a tropical estuary, Guanabara Bay, Southeast Brazil. **Marine Pollution Bulletin**. 54: 377-384, 2007.

MILLER, G. T. **Ciência ambiental**; trad. All Tasks; rev. Welington Braz Carvalho Delitti. São Paulo: Thomson Learning, 2007.

MIRANDA, L. B.; CASTRO, B. M.; KJERFVE, B. **Princípios de oceanografia física de estuários**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002.

MOZETO, A. A.; ZAGATTO, P. A. Introdução de agentes químicos no ambiente *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

NASCIMENTO, I. A.; PEREIRA, S. A.; LEITE, M. B. N. L. Biomarcadores como instrumentos preventivos de poluição *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

NATAL, D. Fundamentos de saúde pública *In*: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri/SP: Manole, 2004.

NATAL, D.; MENEZES, R. M. T.; MUCCI, J. L. N. Fundamentos de ecologia humana *In*: PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri/SP: Manole, 2005.

NEIMAN, Z. Reflexos da modernidade *In*: NEIMAN, Z. **Meio ambiente, educação e ecoturismo**. Barueri – SP: Manole, 2002.

NESTO, N.; ROMANO, S.; MOSCHINO, V.; MAURI, M.; DA ROS, L. Bioaccumulation and biomarker responses of trace metals and micro-organic pollutants in mussels and fish from the Lagoon of Venice, Italy. **Marine Pollution Bulletin**. 55 (10-12): 469-484, 2007.

OGA, S.; SIQUEIRA, M. E. P. B. Introdução à toxicologia *In*: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003.

OLIVEIRA, T. M. N. D.; TURECK, C. R.; BASSFELD, J. C.; TORRENS, B. M. D. O.; FARIA, J. M.; BRASIL, K. Integridade ambiental da Baía da Babitonga: características físico-químicas, microbiológicas e ecotoxicidade *In*: CREMER, M. J.; MORALES, P. R. D.; OLIVEIRA, T.M.N. **Diagnóstico ambiental da Baía da Babitonga**. Joinville/SC: UNIVILLE, 2006.

PASSARELLI, M. M. Toxicologia ambiental *In*: OGA, S. **Fundamentos de toxicologia**. 2. ed. São Paulo: Ed. Atheneu, 2003.

PEREIRA, J. F.; SPILLERE, L. C.; SCHETTINI, C. A. F. Dinâmica de nutrientes na região portuária do estuário do rio Itajaí-Açu, SC. **Atlântica**, Rio Grande, 25(1): 11-20, 2003.

PERIN, G. **Ecotoxicologia integrada quantitativa**. Joinville/SC: UNIVILLE, 2005.

PHILIPPI JR, A.; MALHEIROS, T. F. Saneamento e saúde pública: integrando homem e ambiente *In*: PHILIPPI JR, A. **Saneamento, saúde e ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri/SP: Manole, 2005.

PHILIPPI JR, A.; SILVEIRA, V. F. Saneamento ambiental e ecologia aplicada *In*: PHILIPPI JR, A.; ROMÉRO, M. A.; BRUNA, G. C. **Curso de gestão ambiental**. Barueri/SP: Manole, 2004.

PORTO, M. M.; TEIXEIRA, S. G. **Portos e meio ambiente**. São Paulo: Aduaneiras, 2001.

PRÓSPERI, V. A.; NASCIMENTO, I. A. Avaliação ecotoxicológica de ambientes marinhos e estuarinos *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006.

RAO, J. V.; AREPALLI, S. K.; GUNDA, V. G.; KUMAR, J. B. Assessment of cytoskeletal damage in *Paramecium caudatum*: An early warning system for apoptotic studies. **Pesticide Biochemistry and Physiology**. 91 (2): 75 – 80, June - 2008.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SAWYER, C. N.; McCARTY, P. L.; PARKIN, G. F. **Chemistry for environmental engineering and science**. 5 th ed. Mc Graw – Hill Higher Education. United States, 2002.

SILVA, V. G. **Legislação ambiental comentada**. 2. ed., rev. e ampl. Belo Horizonte: Ed. Fórum, 2004.

SOUSA, E. C. P. M. Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil *In*: NASCIMENTO, I. A.; SOUSA, E. C. P. M.; NIPPER, M. **Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil**. São Paulo: Ed. Artes Gráficas e Indústria Ltda., 2002.

SOUSA, E. C. P. M.; ABESSA, D. M. S.; RACHID, B. R. F.; GASPARRO, M. R.; ZARONI, L. P. Ecotoxicological assessment of sediments from the port of Santos and the disposal sites of dredged material. **Brazilian Journal of Oceanography**, 55 (2): 75- 81, 2007.

TANIGUCHI, S.; MONTONE, R. C.; BÍCEGO, M. C.; WEBER, R. R. Indicador de poluição por hidrocarbonetos e organoclorados *In*: RESGALLA, C. J.; WEBER, L. I.; CONCEIÇÃO, M. B. D. (editores). **O mexilhão *Perna perna* (L.): Biologia, Ecologia e aplicações**. Rio de Janeiro: Interciência, 2008.

TEBALDI, M. **Projeto mangue: preservação dos manguezais e zonas de maré**. Joinville: Letradágua, 2008.

TOMAZ, P. **Poluição difusa**. São Paulo: Navegar editora, 2006.

TORRENS, B. M. O. **Estimativa da Matéria Sólida Orgânica Produzida por Mexilhões *Perna perna* em Áreas de Produção na Baía da Babitonga – SC**. Dissertação apresentada

ao Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis/SC: UFSC, 2005.

TURECK, Cláudio Rudolfo. **Avaliação do crescimento e contaminação em *Crassostrea gigas* (MOLUSCA, BIVALVE) cultivadas na Baía da Babitonga, Santa Catarina**; orient. Therezinha Maria Novais de Oliveira. Jonville, SC: UNIVILLE, 2002.

VARNELL, L. M.; EVANS, D. A.; BILKOVIC, D. M.; OLNEY, J. E. Estuarine surface water allocation: A case study on the interactive role of science in support of management. **Environmental Science & Policy**. 11: 602-612, 2008.

WANG, F.; XU, Y. J. Development and application of a remote sensing-based salinity prediction model for a large estuarine lake in the US Gulf of Mexico coast. **Journal of Hydrology**. 360: 184– 194, 2008.

ZAGATTO, P. A. Ecotoxicologia *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006 (a).

ZAGATTO, P. A. Validação de testes de toxicidade com organismos aquáticos *In*: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia aquática: princípios e aplicações**. São Carlos/SP: RiMa, 2006 (b).

ZARONI, L. P. Testes de toxicidade com embriões do mexilhão *Perna perna* (Linnaeus, 1758) *In*: NASCIMENTO, I. A.; SOUSA, E. C. P. M.; NIPPER, M. **Métodos em ecotoxicologia marinha: aplicações no Brasil**. São Paulo: Ed. Artes Gráficas e Indústria Ltda., 2002.

ZARONI, L. P.; ABESSA, D. M. S.; LOTUFO, G. R.; SOUSA, E. C. P. M.; PINTO, Y. A. Toxicity testing with embryos of marine mussels: protocol standardization for *Perna perna* (Linnaeus, 1758). **Bull. Of Environmental Contamination and Toxicology**. 74: 793-800, 2005.

ZWAAN, A. D.; CORTESI, P.; CATTANI, O. Resistance of bivalves to anoxia as a response to pollution-induced environmental stress. **The Science of the Total Environment**. 171: 121-125, 1995.

ZWAAN, A. D.; EERTMAN, R. H. M. Anoxic or aerial survival of bivalves and other euryoxic invertebrates as a useful response to environmental stress – a comparative review. **Comparative Biochemistry and Physiology**. 113C (2): 299-312, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE 01

Dados Amostras: Teste de Embriotoxicidade mexilhão *Perna perna*.

Dados amostras preparadas para Teste de Embriotoxicidade com mexilhão *Perna perna*.

Amostra coletada dia 28/05/2008		Maré Entrante	
Pontos	pH	Salinidade	Correção Salinidade
Ponto 01A – Rio Cachoeira	8,32	17	33
Ponto 02A - Laranjeiras	8,35	34	
Ponto 03A – Porto de SFS	8,60	20	33

Amostra coletada dia 25/06/2008		Maré Vazante	
Pontos	pH	Salinidade	Correção Salinidade
Ponto 01B – Rio Cachoeira	8,35	16	33
Ponto 02B - Laranjeiras	8,41	31	33
Ponto 03B – Porto de SFS	8,47	28	33

Amostra coletada dia 27/08/2008		Maré Entrante	
Pontos	pH	Salinidade	Correção Salinidade
Ponto 01C – Rio Cachoeira	8,63	5	33
Ponto 02C - Laranjeiras	8,60	20	33
Ponto 03C – Porto de SFS	8,66	15	33

Amostra coletada dia 17/09/2008		Maré Vazante	
Pontos	pH	Salinidade	Correção Salinidade
Ponto 01D – Rio Cachoeira	8,47	10	33
Ponto 02D - Laranjeiras	8,61	17	33
Ponto 03D – Porto de SFS	8,60	15	33

Amostra coletada dia 04/12/2008		Maré Vazante	
Pontos	pH	Salinidade	Correção Salinidade
Ponto 01E – Rio Cachoeira	8,53	4	33
Ponto 02E - Laranjeiras	8,62	12	33
Ponto 03E – Porto de SFS	8,57	15	33

APÊNDICE 02
Dados de campo

Coleta dia 28/05/08

Quarta-feira, saída Vigoreli às 08:00 hs.

Lua Minguante

Tábua de marés: 00:24 – 0.7

03:19 – 1.1

06:13 – 0.8

09:58 – 1.2

16:36 – 0.4

21:28 – 1.6

Ponto 01: Foz do rio Cachoeira

Coordenadas: 0719258 / 7088534

Hora: 08:29

Maré entrante; Muita serração; Ausência de vento

OD: 2,66 ppm **pH:** 7,20 **pHmV:** -14,6 **T:** 22,48°C **Pressão:** 1014,3 mbar

Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 29,55 mS/cm 28,13 mS/cm^a

TDS: 14,77 ppt **Salinidade:** 18,31 **ORP:** 73,7 **OD%:** 24,9

Ponto 02: Laranjeiras Na frente da saída do Ferry Boat

Coordenadas: 0732168 / 7091804

Hora: 09:09

Maré entrante; Sol fraco; Ausência de vento

OD: 5,89 ppm **pH:** 8,02 **pHmV:** -60,1 **T:** 22,52°C **Pressão:** 1014,4 mbar

Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 44,57 mS/cm 42,48 mS/cm^a

TDS: 22,29 ppt **Salinidade:** 28,89 **ORP:** 95,9 **OD%:** 78,5

Ponto 03: Porto de São Francisco do Sul

Coordenadas: 0735975 / 7096031

Hora: 09:50

Maré entrante; Sol fraco; Ausência de vento

OD: 6,30 ppm **pH:** 8,35 **pHmV:** -77 **T:** 22,48°C **Pressão:** 1014,4 mbar

Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 46,62 mS/cm 44,43 mS/cm^a

TDS: 23,35 ppt **Salinidade:** 30,40 **ORP:** 46,8 **OD%:** 84,3

Coleta dia 25/06/08

Quarta-feira, saída Vigoreli às 08:00 hs.

Lua último dia Cheia **Tábua de marés:** 02:41 – 1.2
05:06 – 0.9
08:06 – 1.2
12:32 – 0.5
20:02 – 1.6
23:58 – 0.5

Ponto 01: Foz do rio Cachoeira

Coordenadas: 0719258 / 7088534 **Hora:** 08:30

Maré vazante, água muito suj; Nublado; Ausência de vento

OD: 3,66 ppm **pH:** 7,50 **pHmV:** -33,8 **T:** 17,38°C **Pressão:** 1026,1 mbar

Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 32,15 mS/cm 27,57 mS/cm^a

TDS: 16,95 ppt **Salinidade:** 20,21 **ORP:** 122,0

Ponto 02: Laranjeiras Na frente da saída do Ferry Boat

Coordenadas: 0732168 / 7091804 **Hora:** 09:06

Maré vazante; chuvisco; vento e água muito agitada.

OD: 7,41 ppm **pH:** 9,04 **pHmV:** -91,6 **T:** 18,07°C **Pressão:** 1026,4 mbar

Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 45,19 mS/cm 39,25 mS/cm^a

TDS: 22,62 ppt **Salinidade:** 29,40 **ORP:** 28,3 **OD%:** 90,4%

Ponto 03: Porto de São Francisco do Sul

Coordenadas: 0735975 / 7096031 **Hora:** 09:20

Maré vazante; choviscando; vento e água muito agitada.

OD: 7,42 ppm **pH:** 8,90 **pHmV:** -74,1 **T:** 18,27°C **Pressão:** 1026,6 mbar

Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 46,90 mS/cm 40,91 mS/cm^a

TDS: 23,46 ppt **Salinidade:** 30,54 **ORP:** 39,7 **OD%:** 92,3%

Coleta dia 27/08/08

Quarta-feira, saída Vigorelli às 08:00 hs.

Lua Minguante **Tábua de marés:** 07:38 – 0.2
12:36 – 1.6
20:28 – 0.5

Ponto 01: Foz do rio Cachoeira

Coordenadas: 0719258 / 7088534 **Hora:** 09:20
Maré entrante, água com odor desagradável; Nublado; Vento fraco
OD: 0,59 ppm **pH:** 6,63 **pHmV:** -7,4 **T:** 21,13°C **Pressão:** 1020,4 mbar
Resistividade: 0,0001 MΩ cm **Condutividade:** 18,67 mS/cm 17,47 mS/cm^a
TDS: 94,30 ppt **Salinidade:** 11,40 **ORP:** - 179,8 **OD%:** 2.5

Ponto 02: Laranjeiras Na frente da saída do Ferry Boat

Coordenadas: 0732168 / 7091804 **Hora:** 08:52
Maré entrante; Sol fraco; Vento fraco e água com óleo na superfície.
OD: 6,76 ppm **pH:** 7,43 **pHmV:** -53,1 **T:** 20,82°C **Pressão:** 1020,3 mbar
Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 43,65 mS/cm 40,18 mS/cm^a
TDS: 21,03 ppt **Salinidade:** 28,21 **ORP:** 179,3 **OD%:** 87,1%

Ponto 03: Porto de São Francisco do Sul

Coordenadas: 0735975 / 7096031 **Hora:** 08:39
Maré entrante; Sol fraco; Vento fraco
OD: 6,23 ppm **pH:** 7,52 **pHmV:** -57,7 **T:** 20,64°C **Pressão:** 1020,3 mbar
Resistividade: 0,0000 MΩ cm **Condutividade:** 44,45 mS/cm 40,78 mS/cm^a
TDS: 22,23 ppt **Salinidade:** 28,81 **ORP:** 33,0 **OD%:** 84,8%

APÊNDICE 03**Dados complementares: Precipitação meses de coleta.**

Precipitação (mm) de Joinville/SC em 2008 – Maio/Dezembro.								
Dias	mai/08	jun/08	jul/08	ago/08	set/08	out/08	nov/08	dez/08
1	0	6,1	0	2	0	15,5	4,2	1
2	56,4	0	0	2,1	0	0,5	21,7	0
3	1,2	20,2	1,4	5,8	0	0	1	14,8
4	0	3,6	0	1,3	0	86,6	2,4	0
5	0	0	0	0	1,3	3	51,2	0
6	0	0	0	2,5	5,9	0,8	0	0
7	0	0	0	6,7	0	0	1,2	0
8	0	0	0	0	0	0	3,8	0
9	0	4,2	1,8	21	11	0	0	0
10	0	2,8	0	7,4	1,2	5,2	50,2	6,9
11	0	0	0	3,3	0	5,9	21,6	5,7
12	0	5,6	0	1,8	15,1	0	119,6	8,2
13	1,6	3,5	0	43,4	16,7	0	11,5	5,2
14	0	8,1	0	2,5	0	14,6	0	0
15	0	1,8	0	0	0	13	0	2,9
16	0	0	0	5,1	1,2	13,4	3,2	44,3
17	0	0	0	0	0	89,8	8,4	17,6
18	0	0	0	0	0	40,5	1,5	0
19	0	0	0	0	2,1	26,8	20,3	0
20	0	0	0	0	2,5	9,6	83,8	0
21	0	10,8	0	0	14,6	0,7	89,8	0
22	0	0	0	0	0	1,4	247,3	0
23	0	0	1,8	5,7	0	0,2	81,6	0
24	0	0	21,8	0	0	9,4	61,4	34
25	0	6,2	0	0	7	0	33,2	1,7
26	0	0,5	0	0	11	5,4	12,6	0
27	2,2	9,3	0	0	9	0	11,6	0
28	0	11,8	0	0	21,4	0,5	14,5	0
29	10,9	0	0	0	4,6	38	10,5	0
30	9,3	1,3	0	0	3	1,8	6,2	1,6
31	0	X	0	0	X	0	X	0
Total	81,6	95,8	26,8	110,6	127,6	382,6	974,3	143,9
Dias de chuva	6	15	4	14	16	21	26	12

Fonte: Estação Meteorológica UNIVILLE – Joinville/SC.

APÊNDICE 04**Resultado Teste Trimmed Sperman Karber para DSS**

DATE: 22/02/20 TEST NUMBER: 1 DURATION: 48 h
TOXICANT : DSS
SPECIES: Perna perna

RAW DATA:	Concentration (mg/L)	Number Exposed	Mortalities
---	.00	600	128
---	.32	500	214
---	.64	500	225
---	1.25	500	287
---	2.50	500	500
---	5.00	500	500

SPEARMAN-KARBER TRIM: 27.29%

SPEARMAN-KARBER ESTIMATES: EC50: 1.16
95% LOWER CONFIDENCE: 1.06
95% UPPER CONFIDENCE: 1.27

NOTE: MORTALITY PROPORTIONS WERE NOT MONOTONICALLY INCREASING.
ADJUSTMENTS WERE MADE PRIOR TO SPEARMAN-KARBER ESTIMATION.

APÊNDICE 05**Resultados Teste T de comparação dos 03 pontos do Teste de Embriotoxicidade.**

Teste T**Comparação entre os Pontos A e B:**

Paired T for Ponto A - Ponto B

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ponto A	5	392,800	102,969	46,049
Ponto B	5	273,200	83,095	37,161
Difference	5	119,600	32,868	14,699

95% CI for mean difference: (78,789; 160,411)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 8,14 P-Value = 0,001

Comparação entre os Pontos A e C:

Paired T for Ponto A - Ponto C

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ponto A	5	392,800	102,969	46,049
Ponto C	5	306,800	80,173	35,854
Difference	5	86,0000	26,2488	11,7388

95% CI for mean difference: (53,4078; 118,5922)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = 7,33 P-Value = 0,002

Comparação entre os Pontos B e C:

Paired T for Ponto B - Ponto C

	N	Mean	StDev	SE Mean
Ponto B	5	273,200	83,095	37,161
Ponto C	5	306,800	80,173	35,854
Difference	5	-33,6000	14,6390	6,5468

95% CI for mean difference: (-51,7767; -15,4233)

T-Test of mean difference = 0 (vs not = 0): T-Value = -5,13 P-Value = 0,007