

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**PROPOSTA DE COMPARTIMENTAÇÃO DA LAGOA DA
CONCEIÇÃO, FLORIANÓPOLIS, SC, ATRAVÉS DE
PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.**

JEANETE KOCH DIAS

Tese apresentada ao Curso de Pós-Graduação
em Engenharia Ambiental da Universidade
Federal de Santa Catarina para obtenção do
grau de Doutor em Engenharia Ambiental

Orientador: Prof. Dr. Willian Gerson Matias

Co-orientador: Prof. Dra. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto

Abril/2007

**PROPOSTA DE COMPARTIMENTAÇÃO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO,
FLORIANÓPOLIS, SC, ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.**

BANCA DE TESE

Dr. William Gerson Matias
Orientador

Dr^a. Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto
Co-orientadora

Dra. Cristianny Villela Teixeira Gisler

Dra. Corina Verônica Sidagis Galli

Dr. Paulo Salomon

Dr. Masato Kobiyama

Dr. Davide Franco

Dedico este trabalho:

Ao Vitor, por seu amor incondicional

Aos meus pais, pelo porto seguro nos momentos mais difíceis

AGRADECIMENTOS

Ao Professor Dr. Willian Gerson Matias, pela orientação, revisão e confiança em meu trabalho;

A Professora Dra. Cátia Regina de Carvalho Pinto por estar sempre presente, incansável na tarefa de co-orientar este trabalho;

A Professora Dra. Clarice Maria Neves Panitz, pelos ensinamentos e amizade cultivada por todos estes anos;

Ao Professor Dr. Davide Franco pelo auxílio e disposição para a concretização deste trabalho;

Os Professores que participaram da Banca Dra. Cristianny Villela Teixeira Gisler, Dr. Francisco de Assis Esteves, Dr. Paulo Salomon, Dr. Masato Kobiyama e Dr. Davide Franco; por todas as sugestões e pelos enriquecimentos na versão final deste trabalho.

A coordenadoria de Pós-graduação em Engenharia Ambiental por estar sempre presente nos momentos mais difíceis desta caminhada, em especial ao Maurício que sempre foi mais do que um excelente profissional um amigo;

Ao departamento de química da Universidade Federal de Santa Catarina pelo uso dos laboratórios;

Ao Instituto CENTEC pelo incentivo em meu aperfeiçoamento;

Aos meus irmãos e sobrinho;

A Miqueline, Bruno, Neném e todos os amigos de Sobral, que fizeram tudo parecer simples;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela viabilização deste trabalho;

Aos queridos amigos Ângela, Rafael, Bruno, Neném e a todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este trabalho fosse realizado.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 01: Localização geográfica da Lagoa da Conceição, Florianópolis, Santa Catarina, Brasil 29
- Figura 02: Bacia de drenagem da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina (SC) e localização das estações amostrais 36

a

LISTA DE TABELAS

Tabela 01: Tabela do sistema de zonação salina de estuários	11
Tabela 02: Classificação da presença natural de metais pesados, segundo sua toxicidade e valoração em ambientes aquáticos	24
Tabela 03: Exemplos de enriquecimento de metais em bivalves em relação à água em sua vizinhança	26
Tabela 04: Descrição das coordenadas geográficas dos pontos de coleta.	34
Tabela 05: Descrição dos métodos utilizados para análise de água	39
Tabela 06: Descrição dos métodos utilizados, para análise de sedimentos	39

SUMÁRIO

Capa	I
Sumário geral	II
Sumário de figuras	V
Sumário de tabelas	VI
1 –Introdução	01
2. Justificativa	03
2.1 – Hipótese	04
3- Objetivos	06
3.1- Objetivo geral	06
3.2- Objetivos específicos	06
4- Revisão bibliográfica	07
4.1- Estuários	07
4.2- Lagunas costeiras	07
4.3- Classificação de Estuários e Lagunas	09
4.4- Gênese dos Estuários e Lagunas	11
4.5- Eutrofização	13
4.6- Metais pesados	15
4.7- Metais em organismos	15
4.8- Metais em água	16
4.9- Metais em sedimento	17
4.10- Influência da granulometria	21
4.11- Metais no ciclo biogeoquímico	22
4.12- Toxicidade de metais pesados	23
4.13- Biodisponibilidade	25
4.14- Bioacumulação	25
5- Área de Estudo	28
5.1- O Ambiente Físico	28
5.2- Lagoa da conceição, localização e características gerais	30
5.3- Aspectos geológicos, geomorfológicos e morfológicos	30
5.3.1- Origem geológica da lagoa	30
5.3.2- - Geomorfologia	31
5.3.3 - Morfologia do corpo lagunar	31

5.4- Sedimentos de fundo	32
6- Materiais e métodos	34
6.1- Estações de amostragem	34
6.1.1- Estações 1	34
6.1.2- Estações 2	34
6.1.3- Estações 3	34
6.1.4- Estações 4	35
6.1.5- Estações 5	35
6.1.6- Estações 6	35
6.1.7- Estações 7	35
6.1.8- Estações 8	35
6.1.9- Estações 9	36
6.1.10- Estações 10	36
6.2- Periodicidade de coleta	36
6.3- Método de coleta das amostras	37
6.3.1- Compartimento abiótico	37
6.3.2- Compartimento biótico	37
6.4- Análise das amostras	38
6.4.1- Compartimento abiótico	38
6.4.1.1- Análise em campo	38
6.4.1.2- Em laboratório	38
6.4.2- Compartimento biótico	40
6.5- Tratamento dos dados	40
7- Resultados e Discussão	41
7.1 – Artigo 1: Avaliação do estado trófico da Lagoa da Conceição, através de parâmetros físico-químicos, Florianópolis, SC	42
7.2 – Artigo 2: Variação sazonal e espacial das características químicas dos Sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC	60
7.3 – Artigo 3: Avaliação do impacto ambiental causado pela presença de metais pesados nos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC	69
7.4 – Artigo 4: Avaliação das concentrações de metais pesados em organismos aquáticos da lagoa da conceição, Florianópolis, SC	82
7.5 – Artigo 5: Compartimentação da lagoa da conceição a partir de parâmetros físico-químicos na coluna d’água e sedimento, utilizando-se o método estatístico Análise de Componentes Principais – ACP	96

8 – Conclusões	108
9 – Perspectivas	111
10- Referências bibliográficas	112

ABSTRACT

The present study introduces a new proposal for the compartmentalization of the Conceição Lagoon, Florianópolis, SC, as well as the evaluation of its eutrofication level by means of physico-chemical parameters, seasonal and spatial fluctuation of the benthic sediments chemical characters, evaluation of the environmental impact of the benthic sediments heavy metals and of their occurrence in bioindicators. To accomplish that goal water samples were taken for analysis from ten distinct points distributed through the water column (surface, half-deep and deep water). Sediment samples were also collected and analyzed as well as organisms from the local biota. Nitrogen as one of the most important elements of the aquatic ecosystems metabolism worked as a limiting factor on the primary production, as long as luminosity didn't. During this study it was observed a marked stratification of the dissolved oxygen levels, building up a clinograd profile. It was noted a direct relation of greater organic carbon and heavy metal content with finer textured sediments and lower correlations with the coarser ones and also the sandy sediments. The Conceição Lagoon should be assigned as low to moderately polluted. Nevertheless it is work to note that besides this the present work showed up enrichment factors up to ten times of the concentration of copper, lead, manganese, zinc and nickel, with a exception to cadmium that didn't showed appreciable values when compared to previous researches. It was found mean concentration values above those mentioned by BOWEN (1966) concerning copper in the organisms *Calinectes danae* ("Siri azul") and *Mugil curema* ("Tainha"). Lead was detected in *Calinectes danae* ("Siri azul"), *Anomalocardia brasiliiana* ("Berbigão") and *Brachidontes darwininus* ("Marisco"). Manganese concentrations were found in *Anomalocardia brasiliiana* ("Berbigão") and *Brachidontes darwininus* ("Marisco"). The other investigated organisms *Penaeus paulensis* and *Penaeus brasiliensis* ("Camarão rosa"), *Diapterus rhombeus* ("Carapeba") and *Micropogonias furnieri* ("Corvina") didn't showed mean concentration values above those mentioned in the literature. By means of the analysis of the main components it is proposed a new compartmentalization of the Conceição Lagoon in four subsystems, according to their common features. It is concluded that Conceição Lagoon has been suffering an accelerated eutrofication process of anthropogenic origin due to inadequate occupation of its surroundings and bad use of their resources. This fact is being minimized by its large water volume and the hydrodynamics of the lagoon body. However it could be said that the nutrient intake is larger than the water cycling of the lagoon and preventive measures should be assumed.

RESUMO

Este estudo apresenta uma nova proposta de compartimentação da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC, bem como a avaliação do seu grau de eutrofização através de parâmetros físico-químicos, variação sazonal e espacial das características químicas dos sedimentos de fundo, avaliação do impacto ambiental causado pela presença de metais pesados nos sedimentos de fundo e avaliação das concentrações de metais pesados em bioindicadores. Para tal foram analisadas amostras da água e sedimentos, coletadas em 10 (dez) pontos distintos, assim distribuídas: coluna d'água (superfície, meio, fundo) e sedimento, além de coleta e análise de organismos do compartimento biótico. O nitrogênio um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos atua como fator limitante da produção primária, não tendo a luminosidade como limitação. Foi observada durante o período estudado uma visível estratificação das concentrações de oxigênio dissolvido, obtendo-se um perfil clinogrado. Verificou-se uma relação direta com maiores teores de carbono orgânico e metais pesados, para os sedimentos de textura mais fina e menores correlações com os de textura mais grossa com o sedimento arenoso. A Lagoa da Conceição deve ser classificada como pouco a moderadamente poluída. Porém, deve-se salientar que apesar do enquadramento como pouco a moderadamente poluída, os valores apresentados representam um enriquecimento de até dez vezes em metais como cobre, chumbo, manganês, zinco e níquel, excetuando-se cádmio que não apresentou valores significativos nos sedimentos em comparação a trabalhos anteriores. Foram encontradas concentrações médias acima das estabelecidas por BOWEN (1966), do metal cobre nos organismos *Calinectes danae* (Siri azul) e *Mugil curema* (Tainha), chumbo foi detectado em *Calinectes danae* (Siri azul), *Anomalocardia brasiliiana* (Berbigão) e *Brachidontes darwininus* (Marisco), concentrações de manganês foi detectada em *Anomalocardia brasiliiana* (Berbigão) e *Brachidontes darwininus* (Marisco). Os demais organismos *Penaeus paulensis* e *Penaeu brasiliensis* (Camarão rosa), *Diapterus rhombeus* (Carapeba) e *Micropogonias furnieri* (Corvina) não apresentaram valores médios acima das concentrações estabelecidas pela literatura. Através da análise de componentes principais propõem-se uma nova compartimentação da Lagoa da Conceição dividindo-a em quatro subsistemas, de acordo com suas características comuns. Conclusivamente, a Lagoa da Conceição vem sofrendo um acelerado processo de eutrofização antropogênica, ocasionada pela ocupação inadequada de seus entornos e mal uso de seus recursos, tal fato está sendo minimizado pelo seu grande volume d'água e hidrodinâmica do seu corpo lagunar. Mas, podemos afirmar que o ingresso de nutrientes está sendo maior que a ciclagem de água do corpo lagunar e que medidas preventivas devem ser tomadas.

1 - INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras ocupam uma área considerável da zona costeira dos continentes. Na América do Sul aproximadamente 12,2% da extensão da costa se apresenta sob forma lagunar, o que representa 10,3% da extensão mundial ocupada por lagoas costeiras (CROMWEL. 1971).

A importância do estudo destes sistemas, não decorre somente de sua extensão, mas principalmente dos seguintes pontos:

a) são áreas de produtividade natural elevada.

b) são sistemas efêmeros, pois representam um estágio de transição entre sistemas semifechados para lagos limnóticos, pântanos ou baías costeiras, dependendo de sua evolução (BARNES, 1980).

c) representam ambientes de vital importância ao homem.

Apesar destes aspectos e de sua grande importância paisagística e turística, as lagoas costeiras brasileiras são pouco conhecidas ecologicamente e mesmo assim, grande número desses ecossistemas vem sofrendo profundas modificações nas condições naturais.

Os ecossistemas costeiros são ambientes sumamente frágeis, sensíveis ou vulneráveis devido a tendência de mudar sobre o efeito de fatores estressores (PANITZ, 1997). Na Ilha de Santa Catarina, a bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição constitui-se em uma área de grande interesse turístico pela particularidade de suas diversas paisagens, por seus valores arqueológico e econômico, e também por ser um expoente da identidade histórico-cultural do povo catarinense.

Considerada como uma Unidade Ambiental, a bacia hidrográfica (80,23 km²) inclui a Lagoa da Conceição e seu canal de ligação com o mar, conhecido como o Canal da Barra, assim como, os povoados localizados nos entornos.

O sistema Lagoa-Canal sofre pressões e agressões de diversas formas, tais como, aumento de áreas de urbanização em lugares que não tem mais capacidade de suporte; turismo; problemas nas atividades tradicionais como a pesca e o artesanato, contaminação do solo e água por elementos traço, hidrocarbonetos e componentes organo-metálicos (tintas anti-incrustantes), como resultado do aumento de atividades náuticas, falta de planejamento nas atividades sócio-econômicas, desatenção por parte dos órgãos públicos e privados, diante das necessidades básicas da população, entre outras.

Com relação à interferência ambiental ocasionada pela ocupação humana na lagoa, na faixa junto à orla do sistema lacustre e restinga, têm sido observados problemas pela falta de ordenamento, infra-estrutura e critérios que orientem uma utilização adequada, levando em conta a fragilidade do ecossistema existente e a necessidade de se proteger e conservar as condições ambientais.

Estes aspectos influem na qualidade de vida dos habitantes e colocam em risco atividades básicas de sobrevivência como a pesca. A falta de planejamento, vontade política, fiscalização e aplicação de leis específicas, somados à falta de fontes de financiamento, levam à depredação e descaracterização do meio natural. Para que os recursos naturais da área continuem fornecendo bens e serviços para as comunidades locais, é necessário manter a qualidade ambiental dos mesmos, com a criação de políticas de manejo bem fundamentadas e manutenção do desenvolvimento das comunidades tradicionais, ainda hoje presentes na área e que dependem dos recursos para sua subsistência.

A Lagoa da Conceição é um dos cartões postais da Ilha de Santa Catarina, não apenas pela sua exuberante mata atlântica, dunas e restinga, mas também pelos seus atrativos náuticos e econômicos. Portanto, considera-se que avaliar a qualidade ambiental da Lagoa da Conceição, através de parâmetros físico-químicos e a avaliação das concentrações de metais pesados nos organismos vivos consumidos pela comunidade, são de fundamental importância para a sobrevivência e recuperação do corpo lacustre.

2 - JUSTIFICATIVA

Nos últimos anos vários estudos foram realizados para investigar o problema da redução da qualidade de água para o abastecimento, lazer, irrigação, entre outros. Desta forma, estes estudos levam à identificação das fontes poluidoras, bem como à elaboração de propostas para o seu controle, o que gera subsídios para programas de monitoramento da qualidade ambiental da lagoa. Outra prática bastante utilizada é o estabelecimento de indicadores da qualidade da água (físicos, químicos e biológicos). PEDROSO *et al.* (1988), define as características das águas de um ecossistema lacustre como consequência do tipo de solo, cobertura vegetal e, principalmente, dos diversos tipos de ação antrópica.

Uma das preocupações que fundamentam este trabalho é que, de acordo com as condições atuais da Lagoa, observa-se que seu processo de “eutrofização natural” está sendo acelerado pelas intervenções antrópicas nos entornos. O enriquecimento de um ambiente lacustre por matéria orgânica e nutrientes (principalmente carbono, fósforo e nitrogênio) é um processo natural (eutrofização) que ocorre gradativamente determinando o seu envelhecimento e, em longo prazo a sua extinção; entretanto diversas atividades humanas podem acelerar este processo reduzindo o tempo de vida útil do lago (ESTEVES, 1999). Uma das consequências da eutrofização são os blooms de algas, e dentre estas algumas podem produzir toxinas (neuro e hepatotoxinas) afetando a biota aquática e o homem.

KOCH-DIAS *et al.*, (1999) encontraram nos verões de 1997 a 2000 na região central da Lagoa da Conceição blooms de algas vermelhas identificadas como Cryptophyceae e que podem estar relacionados com mortandades de peixes e crustáceos relatados pela imprensa e população local, porém tais afirmativas necessitam ser investigadas detalhadamente devido a pouca informação sobre a biologia e fisiologia destas algas e seus efeitos no meio ambiente.

Estudos anteriores (GARCIA, 1999) o grau de poluição dos sedimentos de fundo da Lagoa por elementos traços (Níquel, Chumbo, Cobre, Zinco, Cádmio, Ferro e Manganês), hidrocarbonetos (A24, A26, A28, A14, A16, A18) e componentes organo-metálicos das tintas anti-incrustantes empregadas nas embarcações dos pescadores, pela inexistência de redes de esgoto, pelo intenso tráfego náutico e falta de fiscalização em tais atividades; o mal uso de tintas por desconhecimento de sistemas adequados de troca de pinturas das embarcações e tipos de combustíveis empregados nos motores. Cabe salientar que existem na Lagoa atualmente 7 marinas, com a frota atual de embarcações (400 cadastradas) percebe-se uma situação de comprometimento na qualidade da água, dos sedimentos, da flora e da fauna.

Metais pesados ocorrem e são persistentes na natureza, porém, sua forma química pode ser alterada por atividades físico-químicas, biológicas e antropogênicas, sendo sua toxicidade

drasticamente alterada em função das diferentes formas químicas que podem ser assumidas. Eles podem ser prejudiciais à saúde pública devido a sua presença em alimentos, água e ar, e seu efeito é agravado devido à exposição contínua (LU, 1996).

A ação mais comum dos metais é a inibição das enzimas. As enzimas podem ser “protegidas” da ação dos metais através da administração de agentes quelantes, que formam ligações estáveis com os metais (LU, 1996).

Os dados obtidos por GARCIA (1999) e RIVAIL (1995) mostram o comprometimento dos sedimentos, em termos de poluição por metais e, considerando-se o hábito alimentar, por exemplo, da tainha, um dos peixes mais populares da área, que é iliófago (comedor de detritos), a situação torna-se preocupante sob o ponto de vista da saúde das comunidades, o que justifica um estudo detalhado da qualidade desses organismos. Trabalhos feitos sobre o valor nutritivo dos sedimentos de fundo da bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição (KOCH-DIAS et al, 1999) mostraram que a maior parte é de boa qualidade (baixa relação C/N) o que se reflete na produtividade biológica do ecossistema.

Dentre os recursos vivos mais consumidos pelas comunidades tradicionais e nos restaurantes do entorno da bacia, encontram-se os peixes, principalmente, tainhas (família Mugilidae), os camarões (Peneideos), os siris (família Portunidae) e entre os moluscos, o berbigão (*Anomalocardia brasiliiana*) e o marisco (*Brachidonte*). Os hábitos alimentares destes organismos são principalmente, detritívoros e filtradores, ambos, com potencial de acumular compostos tóxicos, como os metais e que podem chegar ao homem, via cadeia alimentar.

Apesar do grande número de trabalhos realizados em ambientes lagunares, atualmente pouco se sabe sobre os processos ligados à contaminação por metais pesados. Uma avaliação mais completa e confiável é feita, se várias espécies são usadas simultaneamente como indicadoras, particularmente, espécies com diferentes padrões de vida e que ocupem diferentes patamares na cadeia trófica (CARRAL et al, 1995).

A avaliação da concentração de metais pesados dos recursos vivos consumidos pela comunidade, que torna este o primeiro trabalho desta natureza na Lagoa, o conhecimento atual das características físicas e químicas, sua comparação através de estudos anteriores e a proposta de uma nova compartimentação da Lagoa, poderá identificar os problemas prioritários para o desenvolvimento de ações corretivas e de recuperação do ambiente, considerando-se seus vários usos.

2.1- HIPÓTESE

Este trabalho propõe uma nova compartimentação da Lagoa da Conceição, partindo-se da hipótese de que a compartimentação utilizada atualmente foi proposta antes da abertura e fixação do canal da barra da Lagoa, conforme citado por KNOPERS (1984).

Diversos trabalhos têm sido realizados desde 1979 na área de estudo (ASSUMPÇÃO, 1979; ASSUMPÇÃO *et al.*, 1981; KNOPERS *et al.*, 1984; SIERRA DE LEDO *et al.*, 1985; ODEBRECHT & CARUSO Jr., 1987 e PERSICH *et al.*, 1990) e uma compartimentação foi proposta a partir do seu mapa geomorfológico e pesquisas *in loco* caracterizando a mesma em três (3) sub-sistemas: região sul, norte e central.

A **região sul**, conhecida como Lagoa Pequena, tem como característica principal a pouca circulação das suas águas e conseqüente baixa salinidade. Os entornos desta região sofrem um processo acelerado de ocupação, o que aliado à falta de tratamento de esgoto, impõe altos valores de nitrogênio e fósforo em suas águas.

A **região norte** possui aporte de águas doces do Rio João Gualberto (Rio Vermelho) e de alguns pequenos córregos da Costa da Lagoa, esta região é caracterizada pelas altas salinidades, apesar de distanciar-se do canal de ligação com o mar, a forma da Lagoa permite que circulação das águas do canal ocorra de forma eficaz. Como as outras regiões da Lagoa sofre com a urbanização sem planejamento.

A **região central** localizada na Avenida das Rendeiras é um recipiente acumulador dos processos da Lagoa, pois abrange o canal da barra e a região norte, além de favorecer a circulação na região sul, assim, todo o material que circula na Lagoa é retido nesta região, mesmo que em pequena quantidade.

Assim foi utilizada uma análise de componentes principais para propor uma nova compartimentação da área de estudo através de parâmetros físico-químicos de amostras coletadas nos anos de 1996 a 2000 e 2004 e 2005, totalizando 23 amostras, caracterizando a sazonalidade, entre verão e inverno.

3- OBJETIVOS

3.1- OBJETIVO GERAL

- Propor uma nova compartimentação através de parâmetros físico-químicos da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.

3.2- OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Quantificar em caráter espaço temporal, as concentrações dos nutrientes na coluna d'água e sedimentos;
- Avaliar o grau de comprometimento dos organismos estudados quanto a sua contaminação por metais pesados;
- Analisar o valor nutritivo e a contaminação por metais pesados nos sedimentos de fundo da área de estudo;
- Identificar a partir de trabalhos anteriores o quadro evolutivo da eutrofização da Lagoa.

4 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 - ESTUÁRIOS

MIRANDA *et al.* (2002), relatam que a palavra estuário tem como raiz o termo latino *aestuarium*, cujo significado é maré ou onda abrupta de grande altura. O termo estuário é utilizado para classificar o encontro do rio com o mar. Os estuários são ambientes extremamente dinâmicos e amplamente diferenciados entre si, o que dificulta a sua caracterização.

Segundo PRITCHARD (1955) e CAMERON & PRITCHARD (1963) *apud* MIRANDA *et al.* (2002), estuário é um corpo de água costeiro semi-fechado, com uma livre ligação com o oceano aberto, com diluição da água do mar através da água doce oriunda da drenagem continental. DIONNE (1963) *apud* PEREIRA (2004), definiu estuário como uma reentrância do mar que atinge o vale de um rio até o limite de influência da maré.

4.2 - LAGOAS COSTEIRAS

O Brasil com 7.408 km de costa é o segundo em extensão litorânea da América Latina, concentrando aproximadamente 70% da população, em 75% dos principais centros urbanos dispostos ao longo do litoral abrigando atividades humanas características de sua situação privilegiada: as práticas de pesca comercial e recreativa, o transporte marítimo, os esportes náuticos, o uso dos terminais portuários, as indústrias de pesca e turismo, entre muitas outras atividades. Pela sua complexidade, a zona costeira caracteriza-se pela fragilidade de seus ecossistemas.

Os ecossistemas costeiros são definidos por suas conexões com os sistemas adjacentes, como também pela influência das terras emersas e atividades antrópicas neles desenvolvidos, sendo caracterizados como: lagoas costeiras, costões rochosos, estuários e deltas, manguezais e marismas, praias arenosas e lodosas, recifes de coral e restingas e dunas (PASKOFF, 2001).

As lagoas encontram-se nas costas baixas de acumulação. São extensões aquáticas alongadas, desenvolvendo-se paralelamente ao litoral e isoladas deste por cordões litorais ou por restingas. A comunicação com o mar faz-se através de passagens mais ou menos numerosas existentes nesse cordão. Mesmo quando não têm comunicação direta com o mar sofrem a influência das marés. As costas com lagoas correspondem a 10,3% dos litorais ao nível do globo (CROMWEL, 1971). São ambientes muito produtivos sob o ponto de vista biológico, contribuem para a manutenção do lençol freático e estabilidade climática local e regional, além de fonte de vários produtos e serviços, como pesca, lazer e controle de inundações.

PANITZ (1997) classifica lagoa como uma depressão da zona costeira abaixo do nível

médio das marés mais altas, tendo uma comunicação permanente ou efêmera com o mar, por conseguinte, protegida das forças do mar por algum tipo de barreira. São geralmente paralelas ao litoral, pouco profundas e isoladas por cordões móveis de areia, com salinidade variável (desde quase doces até hipersalinas), com águas calmas onde se depositam sedimentos finos de origem continental e marinho.

Segundo MIRANDA *et al.* (2002) as lagoas costeiras são uma forma particular de estuário que merece definição e classificação diferenciada. STENVENSON (1968) *apud* MIRANDA *et al.* (2002), define lagoa costeira como uma formação resultante de uma forte deriva litorânea, normalmente paralela à costa e separada do oceano adjacente por uma ilha barreira.

As lagoas e lagoas litorâneas têm uma tendência geral a colmatação, a existência de uma barra arenosa (ilha barreira, restinga) que fecha a lagoa dificulta a exportação dos sedimentos que chegam até ela arrastados pelos cursos de água, pelo mar, ou pelo vento. A circulação dentro das lagoas efetua-se através das correntes induzidas pelos ventos. Estas correntes induzem um processo de deriva que acabam por criar pequenas flechas litorais. Se estas forem oblíquas em relação ao desenvolvimento geral da lagoa, acabarão por segmentar num rosário de bacias arredondadas, orientadas, no seu conjunto, de acordo com a orientação geral da lagoa original.

As lagoas são ambientes aquáticos sumamente frágeis, sensíveis e/ou vulneráveis devido à tendência de mudar sobre o efeito de fatores estressantes de origem natural ou antrópica (PANITZ, 1997). Sua elevada produtividade biológica é um dos principais responsáveis pela exploração destes ecossistemas. A produtividade de um ecossistema é expressa em quantidade de carbono orgânico produzido por unidade de área e tempo ($\text{g C/m}^2/\text{ano}$). Segundo KNOPPERS *et al.* (1994), o valor médio de produtividade de uma lagoa costeira é de aproximadamente $280 \text{ gC/m}^2/\text{ano}$, valor equivalente ao encontrado em estuários, considerados um dos ecossistemas mais produtivos.

Segundo ESTEVES (1998), as lagoas costeiras podem ser agrupadas em: lagoas de águas claras e escuras. As lagoas costeiras de águas claras são na maioria dos casos lagoas, cujas águas originam-se do oceano e/ou rios, sendo a salinidade o fator principal da alta taxa de sedimentação de particulados. As lagoas costeiras de águas escuras têm suas águas originadas, principalmente, do lençol freático de áreas arenosas ou de rios cujas bacias de drenagem percorrem terrenos arenosos. Neste tipo de ambiente a matéria orgânica produzida pela vegetação terrestre como galhos, frutos e principalmente folhas, não tem sua decomposição completa. Os microorganismos não degradam eficientemente alguns compostos como celulose, lignina e pectina, componentes estruturais das células vegetais, sendo denominados compostos húmicos (ácidos húmicos e fúlvicos).

A principal característica das lagoas costeiras é o baixo valor de pH, potencializado em caso de existência de compostos fúlvicos e húmicos, o que torna estes ambientes ecologicamente muito seletivos.

Devido à origem geológica e, sobretudo à proximidade e ligação com o mar, as lagoas costeiras apresentam grande amplitude de salinidade. Não raramente o mesmo ecossistema aquático pode apresentar grandes alterações de salinidade no decorrer do ano, tais variações podem ser horizontais ou verticais. A elevação da concentração de sais, também favorece a floculação e precipitação de materiais particulados em suspensão e íons dissolvidos, visualizados pelo sensível aumento da transparência da água (SCHWARZBOLD *et al.*, 1986).

O grau de salinidade e sua variação temporal selecionam a comunidade vegetal e animal que habita o ecossistema, regulando a taxa de crescimento destas comunidades (REID & ESTEVES, 1984). Tal fato deve-se à atuação direta e indireta da salinidade nos processos vitais do metabolismo dos organismos.

Nas lagoas costeiras as grandes variações nos valores de salinidade, causam alterações na composição e na redução da densidade das espécies. Sendo que as alterações decorrentes do aporte de águas doces ocorrem, principalmente, no período de chuva pelo aumento da precipitação direta no corpo d'água e pela carga recebida de seus tributários. As alterações decorrentes do aumento de salinidade são provocadas pelo aporte de água marinha ocasionada por spray marinho, entrada de água nos períodos de maré alta e através de canais abertos natural ou artificialmente (ESTEVES, 1998).

Apesar desses aspectos e de sua grande importância paisagística e turística, a ecologia das lagoas costeiras brasileiras são pouco conhecidas e grande número desses ecossistemas vem sofrendo profundas modificações em suas condições naturais, devido ao descontrolado crescimento populacional e urbano ao redor destas áreas.

Na Ilha de Santa Catarina destacam-se dois desses ecossistemas: Lagoa da Conceição (com salinidade variável) e a Lagoa do Peri (de água doce). A primeira é a quinta lagoa em termos de área, ocupando aproximadamente 5,75 % do total das lagoas costeiras do Estado (PORTO FILHO, 1993).

4.3 - CLASSIFICAÇÃO DE ESTUÁRIOS E LAGOAS

Uma primeira classificação foi proposta por STOMMEL (1950) *apud* THURMAN (1994), e baseava-se no grau de mistura das propriedades da água no estuário, classificando-os em:

- Verticalmente misturado - com salinidade uniforme entre a superfície e o fundo;

- Levemente estratificados – estuários rasos e com gradiente salino longitudinal, além da identificação de duas camadas d'água distintas, uma marinha mais ao fundo e outra menos salina na superfície;
- Altamente estratificado – típico de estuários profundos e cuja salinidade superior aumenta em direção à desembocadura do estuário e gradientes entre superfície e fundo que podem ultrapassar 20 unidades e
- Cunha salina - a água marinha entra no estuário por baixo da água doce originária da drenagem continental.

Vários autores classificaram estuários e lagoas, PRITCHARD (1955) *apud* MIRANDA *et al* (2002) propôs uma classificação baseada nas características geomorfológicas dos estuários. SIMMONS (1955) *apud* MIRANDA *et al* (2002), sugeriu uma classificação numérica baseada na razão de fluxo (período de maré/prisma de maré). PRITCHARD (1955) *apud* NICHOLS & BIGGS (1985), definiu sete categorias para os estuários baseadas na origem, forma e evolução dos mesmos.

Dentre as novas metodologias de classificação com a utilização de parâmetros adimensionais que foram apresentadas na década de 60 destacam-se IPPEN & HARLEMAN (1961), HARLEMAN & ABRAHAM (1966) e HANSEY & RATTRAY (1966) *apud* MIRANDA *et al* (2002), que levam em conta a dissipação de energia na mistura vertical, ganho de energia potencial da coluna d'água, características estacionárias da velocidade na superfície, velocidade gerada na descarga fluvial e circulação gravitacional.

FATMA (1997) exhibe uma classificação de sistemas lagunares-estuarinos produzida através do diagrama estratificação–circulação de HANSEY & RATTRAY (1966) *apud* MIRANDA *et al* (2002), sendo os mesmos classificados em quatro tipos. Outro sistema baseado na zonação salina foi apresentado por SEGESTRALE (1959) *apud* FATMA (1997), conhecido como Sistema de Venice reconhece seis diferentes zonas, conforme Tabela 01 abaixo:

Tabela 01: Tabela do sistema de zonação salina de estuários, segundo SEGESTRALE (1959).

Seção do estuário	Salinidade	Zona
Rio	< 0,5	Limnica
Cabeceira	0,5 – 5	Oligohalina
Extensão superior	5 – 18	Mesohalina
Extensão média	18 – 25	Polihalina

Extensão inferior	25 – 30	Polihalina
Foz	30 – 40	Euhalina
	> 40	Hiperhalina

SUGUIO (1998) apresentou uma classificação baseada na concentração salina das águas, onde estuários negativos apresentam salinidade maior que a do oceano adjacente e estuários positivos são caracterizados pela diluição das águas salgadas pelo aporte de água doce do sistema.

MIRANDA *et al.*(2002), define duas classes de lagoas costeiras fundamentadas no balanço de sal, classificando-as em hipersalina para os ambientes com evaporação superior ao aporte de água doce do sistema e lagoas subsalinas, com precipitação e descarga fluvial superior à evaporação.

4.4 - GÊNESE DOS ESTUÁRIOS E LAGOAS

Os estuários são encontrados ao longo da costa de diversos continentes por serem ambientes de transição entre a costa e o oceano adjacente. As suas características dependem diretamente do nível do mar, topografia do litoral e dos rios e podem ser alteradas por processos de erosão, transporte e sedimentação de ordem natural e antrópica (MIRANDA *et al.*, 2002).

Segundo PEREIRA (2004) no litoral brasileiro o nível marinho apresentou há cerca de 120.000 anos níveis superiores aos encontrados atualmente, possibilitando a criação de ambientes deposicionais (ilhas-barreira) em algumas áreas atualmente interiores. Uma fase climaticamente fria há aproximadamente 18.000 anos, resultou em níveis marinhos aproximadamente cento e trinta metros abaixo do atual. Uma extensa planície costeira foi exposta e recebeu ações de condicionantes geológicos e geomorfológicos que moldaram o ambiente onde se encontram os estuários atuais (KETZER *et al.*, 1994). Nestas condições a linha de costa se estendeu por cerca de 140 km à jusante da linha atual (CARUSO Jr. & FRASSON, 2000).

Lagoas Costeiras são ambientes que figuram como uma das feições costeiras mais comumente encontradas nas regiões sul, sudeste e nordeste do Brasil. Sua formação está associada às variações do nível marinho e suas características geomorfológicas e geológicas são fruto de ações conjuntas de ondas, correntes de deriva, marés e aspectos climáticos, além de outros agentes que criaram barreiras sedimentares isolando corpos d'água costeiros dos oceanos adjacentes (ZENKOVITCH, 1969).

No Brasil, as lagoas costeiras resultaram da dinâmica climática e oceanográfica, além dos processos de sedimentação que possibilitaram as suas formações. Os principais processos formadores das lagoas costeiras são apresentados abaixo:

a-) Lagoas formadas pelo isolamento de Enseada marinha ou Braços de Mar, através de Cordões de Areia – segundo ESTEVES (1988) estes cordões de areia se desenvolvem normalmente a partir de pontões rochosos. O aumento progressivo destes cordões se deve à deposição de sedimento marinho pela ação de correntes e ondas em condição de submersão marinha interglacial e pela ação de ventos sobre os sedimentos marinhos (areia), quando estes estão emersos. Como resultado desta atividade marinha tem-se o isolamento de uma enseada ou de um braço de oceano, transformando-se assim em uma lagoa. As maiores variações do nível do mar entre glaciais e interglaciais, ocorreram vinculadas a processos transgressivos pleistocênicos, com duração aproximada de 200.000 anos antes do presente e isolou os maiores corpos d'água. A gênese dos processos transgressivos holocênicos produziu menores variações do nível do mar, com durações aproximadas de 10.000 anos, isolando corpos d'água menores, mas em número significativo. As lagoas formadas a partir do Holoceno, a partir dos últimos 5.000 anos, estão muitas vezes interligadas por canais.

b-) Lagoas formadas pelo Fechamento de Desembocadura de Rios por Sedimentos Marinhos – este tipo de lagoa é comum em regiões de tabuleiros, originam-se por deposição de sedimentos marinhos na desembocadura de pequenos rios ou por isolamento de estuário de vários pequenos rios.

c-) Lagoas formadas pelo Fechamento da Desembocadura de Rios por Recifes de Corais – a formação de recifes pode represar a desembocadura de rios que buscam o mar.

d-) Lagoas formadas pelo Fechamento da Desembocadura de Rios por Sedimentos Fluviomarinhas – a deposição de sedimentos tanto pelo mar como pelo rio, provoca um desvio da foz do rio ao mesmo tempo em que ocorre a sedimentação da antiga foz.

e-) Lagoas formadas nas Depressões entre Faixas de Areia que constituem as Restingas – são lagoas rasas e abastecidas por pequenos córregos e pela água de chuva.

4.5 - EUTROFIZAÇÃO

A eutrofização dos ecossistemas aquáticos é resultado do enriquecimento com nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, que são despejados de forma dissolvida ou particulada e são transformados em partículas orgânicas, pelo metabolismo das plantas (TUNDISI, 2005).

Segundo ESTEVES (1998) eutrofização é o aumento da concentração de nutrientes, principalmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos, que tem como consequência o aumento de sua produtividade.

De acordo com VOLENNWEIDER & KERKES (1981) a eutrofização é uma resposta ao enriquecimento do corpo hídrico por nutrientes, podendo ocorrer sob condições naturais ou artificiais. Este aumento nas quantidades de nutrientes na água ocasiona o desenvolvimento de algumas espécies de algas e diminuição do oxigênio na coluna d'água, favorecendo o aumento de bactérias anaeróbias, comprometendo a qualidade da água, restringindo assim os seus usos.

A eutrofização natural é o resultado das descargas normais de nutrientes nos corpos d'água, inversamente a eutrofização artificial ou cultural como descrita por TUNDISI (2005), que é proveniente dos despejos de esgotos domésticos e industriais e da descarga de fertilizantes aplicados na agricultura.

Em função do nível trófico, os diferentes sistemas aquáticos podem ser classificados como oligotróficos, mesotróficos, eutróficos e hipereutróficos (PRADO, 2004). As concentrações de N e P para lagos oligotróficos e eutróficos variam e os níveis de concentração que definem o estado trófico não são iguais em todas as regiões (UNEP/IETC, 2001). Diversos são os estudos que propõe critérios para o enquadramento dos sistemas aquáticos nas quatro classes referidas (ESTEVES, 1998). Contudo, um dos indicadores de nível trófico mais utilizados é a concentração de fósforo na água (NOVO & BRAGA, 1995).

Os sedimentos desempenham um importante papel no processo de eutrofização em ecossistemas aquáticos. A matéria orgânica produzida pelas algas deposita-se nos sedimentos e se decompõe mediante processos anaeróbios e aeróbios durante os quais são produzidos diversos compostos de carbono, nitrogênio e fósforo. A decomposição da matéria orgânica também afeta as concentrações de oxigênio e o potencial redox, podendo causar condições anóxicas na interface entre sedimentos e água, que por sua vez, afetam a liberação de nitrogênio e fósforo para as águas adjacentes.

Os processos que ocorrem no interior dos ecossistemas aquáticos também aceleram o processo de eutrofização, uma vez que a carga de matéria orgânica existente deposita-se no sedimento sob a forma de matéria orgânica em decomposição. Assim, além da carga externa, deve-se considerar a carga interna, resultante do acúmulo de matéria orgânica nos sedimentos e na água intersticial. A carga interna dos ecossistemas aquáticos é difusa a partir dos sedimentos e produz efeitos de eutrofização muito tempo após ter cessado a contribuição externa.

Os principais efeitos da eutrofização, segundo TUNDISI (2005), são:

- anoxia, que provoca mortalidade de peixes e invertebrados e também produz liberação de gases com odor e muitas vezes tóxicos (H_2Se CH_4).
- bloom de algas e crescimento não controlado de plantas aquáticas.
- produção de toxinas.

- altas concentrações de matéria orgânica, que quando tratadas com cloro produzem substâncias carcinogênicas.
- diminuição da transparência e dos valores recreacionais do recurso.
- acentuada perda da biodiversidade.
- alteração da composição da biota.
- diminuição do oxigênio dissolvido, especialmente nas camadas mais profundas.

Para a avaliação do estado trófico de um reservatório existem índices que consideram apenas os parâmetros limnológicos, dentre eles pode-se citar o Índice de Estado Trófico (IET) desenvolvido por CARLSON (1974) e modificado por TOLEDO et al. (1983), que considera as concentrações obtidas para transparência da água ou profundidade do Disco de Secchi, fósforo total, fosfato inorgânico e clorofila a total (PRADO, 2004).

O processo de eutrofização artificial, a degradação dos ecossistemas aquáticos e da qualidade da água produz uma série de impactos econômicos, tais como o aumento muito rápido dos custos de tratamento, perda do valor estético dos lagos, represas e rios e o impedimento à navegação e recreação, o que diminui consideravelmente o valor turístico e os investimentos nas bacias hidrográficas (TUNDISI, 2005). Os impactos econômicos referem-se também à disseminação de doenças de veiculação hídrica, pois impactos na saúde humana com efeitos tóxicos ou agudos podem ser considerados como perdas econômicas. Além das perdas econômicas, a eutrofização causa vários impactos sociais, pois também reduz a capacidade de geração de emprego e renda, através da diminuição da pesca, turismo entre outros.

A recuperação do processo de eutrofização demanda grandes investimentos que se iniciam nas bacias hidrográficas e fontes de descarga de nitrogênio e fósforo.

4.6 - METAIS PESADOS

Na literatura encontram-se inúmeras definições para o termo “metal pesado”. Alguns conceitos baseiam-se na densidade atômica, no peso atômico, propriedades químicas, entre outras propriedades. ALLOWAY & AYRES (1993), definem metais pesados como o grupo de metais e metalóides com densidades atômicas maiores que 6g/cm^3 .

DUFFS (2002) publicou um artigo concluindo que, a partir de um estudo onde ressalta 25 diferentes definições descritas na literatura e afirma que o termo “metal pesado” não deve ser utilizado, sugerindo assim, uma nova definição baseada na avaliação da toxicidade potencial dos elementos metálicos e seus componentes. Porém neste trabalho, o termo “metal pesado” foi utilizado, pela falta de consenso sobre a terminologia adequada a ser empregada.

Os metais pesados atingem o homem através da água, do ar e do sedimento, tendendo a se acumular na biota aquática. Alguns metais são acumulados ao longo da cadeia alimentar, de tal forma, que os predadores apresentam as maiores concentrações.

Alguns metais pesados, como Cd, Pb e Hg, estão geralmente associados a problemas de poluição e contaminação do meio ambiente, devido à sua toxicidade e propriedade de acumulação em organismos. Segundo TOMAZELLI *et al* (2003) uma das principais características dos metais pesados é a sua tendência em formar ligações reversíveis com um grande número de compostos.

Metais pesados não são biodegradáveis e participam do ciclo bioecológico global, derivam de inúmeras fontes e são transportados através da atmosfera, solos e águas, podendo permanecer no ambiente por longos períodos (LINDE *et al.* 1996).

4.7 - METAIS EM ORGANISMOS

A avaliação da contaminação ambiental por metais pesados através de análises de água e sedimentos não fornece dados reais sobre a disponibilidade dos elementos nos organismos. Assim sendo, a análise da biota constitui uma importante ferramenta em programas de monitoramento ambiental, uma vez que a biodisponibilidade é medida de forma direta.

A utilização de organismos na avaliação do grau de contaminação por metais pesados em organismos data da década de 60 e foi iniciada por Folsom e pesquisadores associados (FOLSON *et al* 1963; FOLSON & YOUNG, 1965; YONG & FOLSON, 1967). Ainda na década de 60 BROOKS & RUMSBY (1965) estudaram o acúmulo de metais traço em três espécies de bivalvos marinhos da Nova Zelândia (*Ostrea sinuata*, *Pecten novaezelandiae* e *Mytilus edulis aoteanus*). BEDFORD *et al.* (1968) utilizaram os bivalves *Lampsilis siliquoidea* e *Lampsilis ventriculosa* pra monitorar pesticidas no rio Cedar, em Michigan (EUA). Em 1971 foi lançado um programa nacional nos EUA, conhecido como “Mussel Watch”, usando moluscos bivalves para monitorar contaminantes em estuários (BUTLER, 1971).

O uso de biomonitores obtém vantagens práticas e teóricas sobre as análises de águas e sedimentos em programas de monitoramento, por sua considerável capacidade de acúmulo de contaminantes. A maioria dos biomonitores exibe concentrações que permitem medidas relativamente simples, comparadas com as técnicas necessárias para análise de água. Entretanto a maior vantagem do uso de biomonitores é que a biodisponibilidade é medida de forma direta, sem recorrer a suposições empregadas em outros métodos.

Vários autores têm utilizado espécies de bivalves para monitorar metais pesados em ambientes marinhos e estuarinos em todo o mundo como REZENDE & LACERDA (1986), FAGIOLI *et al.* (1984), AVELAR *et al.* (2000). No ambiente aquático, os peixes representam

alguns dos organismos mais frequentemente empregados em programas de monitoramento de metais pesados tais como evidenciados nos trabalhos de ALLEM-GIL & MARTYNOV (1995), CHEVREUIL *et al.* (1995), KOCK *et al.* (1995), HOLLIS *et al.* (1996), LINDE *et al.* (1996), ALLEM-GIL *et al.* (1997), AMUNDSEN *et al.* (1997), NEUMANN *et al.* (1997), KARGIN (1998), WATRAS *et al.* (1998), REDMAYNE *et al.* (2000), SANTOS *et al.* (2002), IKINGURA & AKAGI (2003). Além de fornecer informações a respeito da biodisponibilidade dos elementos analisados, peixes fornecem também indicações sobre as concentrações disponíveis ao homem, uma vez que fazem parte da dieta humana. Dentre as espécies mais utilizadas para tal finalidade, os peixes com hábito alimentar piscívoro (predadores) são os mais indicados, pois ocupam o topo da cadeia alimentar.

4.8 - METAIS EM ÁGUA

Os metais pesados podem ser introduzidos nos sistemas aquáticos, como resultado de processos naturais (intemperismos, erosão e erupções vulcânicas), bem como atividades de origem antrópica.

Na água os metais pesados podem estar presentes nas formas particulada (em suspensão ou sedimentos de fundo), coloidal e dissolvida, sendo estas formas distribuídas no recurso hídrico durante o transporte (SHI *et al.*, 1998), e, dependendo de sua forma química, podem ser acumulados pelos organismos vivos (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983). Estes processos de transporte e distribuição de metais em diferentes formas e concentrações na coluna d'água e nos sedimentos podem estar disponíveis para o acúmulo nos organismos, tornando-se tóxicas.

São elementos de grande importância para os ecossistemas aquáticos, pois, participam do metabolismo do mesmo. Destaca-se neste papel a precipitação da matéria orgânica dissolvida, o que melhora as condições óticas da coluna d'água, influenciando positivamente a produção primária (ESTEVES, 1998). Lagoas costeiras são reservatórios potenciais destes elementos, devido às suas características de ambientes deposicionais, podendo atingir índices de contaminação bastante elevados, provocando riscos à integridade destes ecossistemas e às populações que utilizam estes recursos.

Na coluna d'água os teores de metais pesados tendem a variar por várias ordens de magnitude ao longo do tempo e dos diferentes pontos de amostragem, tal fato deve-se ao grande número de variáveis envolvidas na sua dinâmica, como variações diárias e sazonais no fluxo d'água, descargas locais de efluentes urbanos e industriais, variações de pH e condições redox, níveis de detergentes, salinidade e temperatura (FORSTNER & WITTMANN, 1983). A análise das concentrações de metais dissolvidos na água deve ser sempre acompanhada pela análise de outros

materiais como sedimentos e biota. Segundo TOKALIGLU (2000) as concentrações totais de metais dissolvidos na água são insuficientes como indicador de toxicidade aos organismos aquáticos. Em muitos casos a toxicidade biológica está relacionada às concentrações de uma espécie química em particular.

4.9 - METAIS EM SEDIMENTO

Sedimentos são as camadas de partículas minerais e orgânicas, com frequência finamente granulada que se encontra em contato com a parte inferior dos corpos de água natural, como lagos, rios e oceanos. Nos sedimentos, a proporção dos minerais para matéria orgânica, varia substancialmente em função do local. Os sedimentos são de grande importância ambiental porque recebem muitos produtos químicos, especialmente metais pesados e compostos orgânicos (BAIRD, 2002).

Sedimentos são uma fonte ou um sumidouro para os metais provenientes das águas superficiais. Esses elementos não permanecem fixos nos sedimentos, mas podem ser reciclados através de agentes químicos e biológicos (MASUTTI, 1999). Amostras de sedimento podem indicar não apenas sua qualidade atual como também diferenças na sua composição ao longo do tempo. Segundo SHINE, IKA & FORD (1995), após a deposição certos metais não se apresentam efetivamente ligados como partículas no sedimento e podem ser liberados ou transportados por longas distâncias, metais como Fe e Mn, apresentam maior mobilidade devido aos processos de redução/oxidação e podem alterar a mobilidade de outros metais em sua vizinhança.

A camada subsuperficial do sedimento geralmente é anóxica, situação provocada pela degradação microbiana da matéria orgânica presente, favorecendo a atuação das bactérias redutoras de sulfato. O H_2S gerado é difundido através do solo, e íons metálicos livres ou associado a complexos húmicos são precipitados na forma de sulfetos metálicos (HARBISON, 1986; LACERDA & RESENDE, 1987).

O destino final dos metais pesados e também de muitos compostos orgânicos tóxicos é sua deposição e soterramento em solos e sedimentos, onde se acumulam frequentemente na camada superior, acessível às raízes das plantas, por esta razão é importante conhecer a natureza dos sistemas e seus mecanismos de funcionamento.

Materiais húmicos possuem grande afinidade pelos cátions de metais pesados, extraíndo-os da água que passa através deles por meio de trocas iônicas. Segundo BAIRD (2002), a fixação de cátions metálicos ocorre, em grande parte, por meio da formação de complexos com os íons metálicos através dos grupos $-COOH$ dos ácidos húmicos e fúlvicos. Os ácidos húmicos

normalmente formam compostos insolúveis devido ao grande tamanho de sua cadeia, ao passo que os ácidos fúlvicos de menor tamanho são solúveis em água.

Os elementos traços estão sujeitos a um grande número de processos durante o seu percurso dos continentes até os oceanos, em especial, na área de interface rios/oceanos (estuários e deltas), e plataformas continentais, onde normalmente ocorrem acumulações de fontes naturais e antropogênicas.

A acumulação de metais no ambiente ocorre, normalmente, por contribuições de fontes naturais e antropogênicas, que interagem através de processos geológicos, mineralógicos, hidrológicos e biológicos, controlados por fatores internos e externos ao meio (FÖRSTENER, 1984):

- 1- Fatores externos: influência alóctone que pode ser subdividida em: natural e antropogênica.
- 2- Fatores internos – influência autóctone, que compreende mecanismos físico-químicos, enriquecimento em organismos e formação de complexos organometálicos durante a sedimentação, bem como os efeitos de diagênese.

O enriquecimento natural de metais em ambientes marinhos pode provir de quatro fontes principais:

- 1- litogênica: resultantes de intemperismos das áreas fontes, como escombros de rochas fluviais ou marinhas;
- 2- hidrogênica: partículas resultantes dos produtos da precipitação de substâncias adsorvidas, formadas devido às variações físico-químicas na água do mar.
- 3- biogênica: produtos da decomposição de substâncias orgânicas.
- 4- atmogênica: enriquecimento metálico proveniente da contribuição atmosférica.

Segundo SALOMONS & FORSTNER (1984), após a deposição dos constituintes sedimentares da coluna d'água podem ocorrer mudanças na forma química dos elementos, através de um grande espectro de mecanismos e interações, alterando o equilíbrio entre sólidos e suas espécies dissolvidas. Esses processos são chamados de diagênese recente e a partir destes são formados novos compostos metálicos e as águas intersticiais também podem ser acrescidas nas concentrações de metais.

Os processos diagenéticos influenciam principalmente a composição das águas superficiais, dos sedimentos depositados em suas águas intersticiais, ocorrendo de forma mais intensa em sedimentos suscetíveis a variações na condição redox.

STUMN & MORGAN (1981), afirmam que processos de redução, envolvendo a matéria orgânica, ocorrem de acordo com uma seqüência de reações: transpiração aeróbia, denitrificação e redução de nitritos, redução de sulfatos e fermentação de metano, sendo os

ambientes sedimentares correspondentes a esses processos respectivamente óxidos, pós-óxidos, sulfídricos e metânicos.

Os metais também sofrem transformações associadas a cada um desses ambientes. A formação de Mn^{2+} pela redução de óxidos de Mn^{4+} e Mn^{3+} , ocorre concomitantemente ou seguida da redução de nitritos, enquanto a formação de Fe^{2+} solúvel, pela redução de Fe^{3+} ocorre próximo às condições de redução do sulfato. A formação de sulfetos altamente insolúveis nestes ambientes altamente redutores controla a distribuição de metais. Porém, segundo SALOMONS & FORSTNER (1984), quando a concentração de H_2S é baixa, essa distribuição pode ser controlada pela estabilidade das fases carbonato e fosfato.

A matéria orgânica pode alterar significativamente a distribuição entre as formas oxidadas e reduzidas de metais em sedimentos. Estudos têm indicado uma correlação direta entre a velocidade de sedimentação e a concentração de matéria orgânica lábil em sedimentos. Segundo, SHINE, IKA & FORD (1995), a alta taxa de sedimentação deverá limitar a difusão de oxigênio no sedimento até sua exaustão devido à respiração do carbono orgânico.

A afinidade entre os metais pesados, as substâncias orgânicas e pelos produtos de decomposição, é de grande importância para a avaliação do comportamento dos mesmos no ambiente marinho, influenciando entre outros aspectos a distribuição, precipitação, toxicidade e transformações das formas químicas dos metais pesados (SOARES, 1997).

SINGER (1977) resumiu a influência dos orgânicos dissolvidos na distribuição dos metais como elementos que complexam metais e incrementam a solubilidade metálica e alteram a distribuição entre as formas reduzidas e oxidadas dos metais;

SAXBY (1973) propôs que compostos orgânicos são capazes de conduzir uma espécie particular organometálica à incorporação nos sedimentos através da reação entre um íon metálico e um ligante orgânico em solução, conduzindo a espécie à precipitação direta, ou adsorção em material sedimentado, incorporação a detritos biológicos ou a organismos que contenham compostos biológicos associados e adsorção sobre moléculas de sedimentos, resultante da solubilização de minerais (sulfetos, carbonatos, etc.) por águas naturais contendo ligantes orgânicos.

A matéria orgânica existente nos manguezais e estuários é constituída, principalmente, por material produzido biologicamente pela fauna e flora, e seus produtos de decomposição resultante da ação microbiana, mas também por material natural (substâncias húmicas, fúlvicas e outras) e antropogênico.

Segundo SOARES (1997), elementos traços podem ser remobilizados dos sedimentos e material em suspensão por fatores físicos químicos e biológicos. A remobilização por influências químicas são geralmente causadas por elevação da concentração salina – os metais alcalinos e alcalinos terrosos, característicos da química aquática marinha, podem competir com os íons metais

pesados sorvidos sobre as partículas sólidas, sendo que os principais processos influentes na distribuição dos metais pesados dissolvidos são adsorção/dessorção, precipitação, solubilização, coagulação, floculação e complexação, variação das condições redox – usualmente ocorre conjuntamente com o decréscimo do potencial de oxigenação, abaixamento do pH – devido à competição com os íons H^+ , os cátions de metais pesados podem ser liberados, elevado uso de agentes complexantes naturais ou sintéticos – estes agentes podem formar complexos solúveis metálicos e oxidação do particulado orgânico contendo metais traços ou oxidação de sulfatos metálicos – em determinadas condições físico-químicas pode ocorrer remobilização de íons metais pesados devido a dessorção superficial causada pelas altas taxas de dissoluções (FÖRSTNER, 1981).

Dentre os processos físicos de remobilização dos elementos traços dos sedimentos são os mais significativos, a resposta a fenômenos hidráulicos característicos de ambientes de alta energia, perturbação de sedimentos superficiais por organismos bentônicos escavadores (bioturbação), formação de bolhas de gás formadas durante a sedimentação do material orgânico e atividades antropogênicas associadas como a ocupação da zona costeira, dragagem de canais de navegação, escavação de viveiros para aqüicultura, regiões portuárias, etc.

Segundo BERTRAND (1972), como resultado da atividade microbiana ocorre à mobilização metálica de íons complexados. Existem três atividades bacterianas que conduzem à mobilização dos metais, degradação da matéria orgânica a compostos de menor peso molecular mais capazes de complexar íons metálicos, variações nas propriedades físico-químicas do ambiente, por atividades metabólicas, condições de pH e potencial redox e a conversão de compostos inorgânicos a complexos metálicos por substâncias orgânicas, por meio de processos redox catalizados por reações enzimáticas(FÖRSTNER, 1981).

4.10 - INFLUÊNCIA DA GRANULOMETRIA

Os sedimentos dividem-se em dois grandes grupos: sedimentos finos (partículas menores que 50 μm subdivididos em silte e argila); e sedimentos grosseiros (partículas maiores que 50 μm subdivididos em areia e cascalho).

Os metais distribuem-se heterogenicamente nos sedimentos e um dos fatores que influência esta distribuição é o tamanho do grão. A fração mais fina dos sedimentos possui valores relativamente mais altos para os metais traços.

Segundo SALOMONS & FORSTNER (1984) diversos métodos de correção da granulometria são propostos na literatura, entre eles a separação granulométrica mecânica; a correção por constituintes minerais inertes através de tratamento com ácidos diluídos ou agentes

complexantes para determinação da fração móvel; comparação com elementos conservativos e a extrapolação de curvas de regressão. O objetivo da separação granulométrica é minimizar a fração de sedimento quimicamente inerte (grãos de quartzo grosseiros, feldspatos e carbonatos), aumentando a fração química mais reativa com metais.

Para análise de metais traços é recomendada a análise em frações de sedimento <63 µm, pois encontramos metais traços principalmente nas frações silte-argila dos sedimentos.

A alta correlação entre os metais e granulometria do sedimento e metais e matéria orgânica, indicam que os manguezais e estuários são constantemente enriquecidos com metais. Independente da proximidade da fonte, a concentração de metais é maior nos sedimentos finos (TAM & WONG, 1995).

4.11 - METAIS NO CICLO BIOGEOQUÍMICO

Os ciclos biogeoquímicos podem ser definidos como a reciclagem de nutrientes inorgânicos a orgânicos e a sua volta para o sistema (FERNICOLA *et al.*, 2004). Este ciclo pode ter duas trajetórias: a dos nutrientes de sedimentos oriundos do solo ou das rochas e a dos nutrientes gasosos que têm sua origem na água e no ar.

Os ciclos biogeoquímicos têm como principal função manter o equilíbrio entre os vários elementos químicos ao longo de processos contínuos. Muitos contaminantes entram nos ciclos naturais, sendo redistribuídos e/ou concentrados em alguma etapa em que o ciclo trata de recuperar seu equilíbrio, essa redistribuição nos ciclos intermediários pode ter efeitos sobre o bem-estar e a saúde humana.

Os efeitos das substâncias químicas estão relacionados a processos físicos, químicos e biológicos no ambiente. Influências químicas antropogênicas podem ser descritas no ciclo do carbono, nitrogênio, oxigênio, enxofre, fósforo e dos metais pesados.

Segundo FERNICOLA *et al.* (2004), as quantidades de material no ciclo dos metais pesados que impactam a água, solo, plantas, animais e pessoas aumentaram consideravelmente. O grau dos efeitos antropogênicos no ciclo dos metais pesados pode ser representado por um fator de interferência global que indica a relação da quantidade de material agregada pelo homem e a do ciclo natural (geoquímico) do material.

Segundo MASUTTI (1999), nos ambientes aquáticos são identificados quatro compartimentos abióticos distintos: matéria em suspensão, sedimento, água superficial e água intersticial, que interagem fortemente entre si, com os metais em solução que podem ser adsorvidos ou co-precipitados com a matéria em suspensão, sendo sujeitos à sedimentação. Após a deposição

podem ocorrer processos em que a água intersticial é enriquecida com altas concentrações de metais, que podem ser transferidas para águas superficiais através de difusão.

Devido a sua grande carga de metais traço, os sedimentos exercem um forte controle no ciclo biogeoquímico de alguns metais pesados. Sedimentos de fundo contêm concentrações de metais pesados cerca de três a cinco vezes maiores que as encontradas em águas (WATLING & WATLING, 1982); por conseguinte, a biodisponibilidade de uma pequena fração da carga total do sedimento assume importâncias consideráveis, sendo uma das principais áreas de interesse do estudo de metais em ecossistemas, juntamente com as interações entre os processos abióticos que são definidos pela forma físico-química em que cada elemento se encontra, assim como pela sua concentração no ambiente.

4.12 - TOXICIDADE DE METAIS PESADOS

Toxicidade é a capacidade de uma substância química produzir um efeito nocivo quando interage com um organismo vivo. A toxicidade de uma substância depende da dose e/ou do sistema biológico de cada organismo.

Biologicamente falando, qualquer metal pode chegar a uma concentração tal que seja tóxica a algum tipo de organismo. Nesse sentido, podemos separar os metais em três grupos (SKINNER & TUREKIAN, 1977):

- 1) os dos metais leves (sódio, potássio, cálcio etc.) normalmente transportados como cátions móveis em soluções aquosas;
- 2) os dos metais transicionais como o ferro, o cobre, o cobalto, o manganês etc., que são essenciais em baixas concentrações, mas tóxicos em altas;
- 3) os dos metais pesados, que são tóxicos mesmo a baixíssimas concentrações.

A toxicidade dos metais depende da maneira como ele é apresentado aos organismos, sendo inversamente proporcional à sua ocorrência na natureza, ou seja, quanto mais abundante for o metal, menos perigoso ele foi ao ambiente. Entretanto em certas ocasiões a exposição durante um longo período a pequenas concentrações pode causar efeito tóxico devido à progressiva bioacumulação do elemento, podendo exceder sua dose limite e tornar-se tóxico. A variação da tolerância a metais também pode ser baseada em fatores genéticos, como é descrito para certas populações de plantas, que apresentam tolerâncias extremas a metais em particular (FREEDMAN, 1995).

Segundo LU (1996), os principais locais de ação dos metais são as enzimas e as organelas celulares, sendo o mecanismo de toxicidade dos metais geralmente relacionado a danos no sistema enzimático, através da ligação dos íons metálicos com enzimas, provocando alterações

em sua configuração e nas suas funções catalíticas, sendo a sua ação mais comum à inibição da ação das enzimas ou sua síntese. O mecanismo de toxicidade dos metais deriva da forte afinidade dos mesmos pelo enxofre. Assim, os grupos sulfidríla (-SH), que ocorrem comumente nas enzimas que controlam a velocidade de reações metabólicas de importância crítica no corpo humano, ligam-se rapidamente aos cátions de metais pesados ingeridos ou a moléculas contendo tais metais. Pelo fato de a ligação resultante metal-enxofre afetar a enzima como um todo, ela não pode atuar com normalidade e, em consequência, os organismos saó afetados. As enzimas podem ser protegidas da ação dos metais através de agentes quelantes, substâncias que formam ligas estáveis com metais.

A toxicidade de uma dada concentração de um metal pesado presente em um curso de água natural depende do pH e da quantidade de carbono dissolvido e em suspensão, já que interações como complexação e adsorção podem remover de forma satisfatória alguns íons metálicos e eliminar sua atividade biológica potencial (BAIRD, 2002). Outros fatores também podem influenciar a toxicidade dos metais, a sua forma química influencia na solubilidade aquosa do elemento, consequentemente na sua disponibilidade biológica. A concentração de oxigênio e potencial redox podem ter influência na solubilidade total e na especiação dos íons, a osmolaridade da solução de solo, que é uma função da concentração total de substâncias dissolvidas, pode alterar a solubilidade de íons potencialmente tóxicos (OCHIAI, 1995).

Para estabelecer-se uma comparação entre as características contaminantes dos metais pesados (Tabela 02), apresenta-se uma classificação da presença dos mesmos em ambientes aquáticos.

TABELA 02: Classificação da presença natural de metais pesados, segundo sua toxicidade e valoração em ambientes aquáticos (WOOD, 1974).

Não tóxicos		Baixa toxicidade			Moderada a alta toxicidade	
Alumínio	Magnésio	Bário	<i>Praseodímio</i>	<i>Actinídio</i>	<i>Índio</i>	Polônio
o	Manganês	<i>Césio</i>	<i>o</i>	Antimoni	Chumbo	<i>Radio</i>
Bismuto	Molibdênio	<i>Disprósio</i>	<i>Prometeu</i>	o	Mercúrio	<i>Rutenio</i>
Cálcio	io	<i>Érbio</i>	<i>Rênio</i>	Berílio	Níquel	Prata
Césio	Potássio	<i>Európio</i>	<i>Radio</i>	Cádmio	<i>Nióbio</i>	<i>Tantalum</i>
Ferro	Estrôncio	<i>Gadolínio</i>	<i>Samário</i>	Cromo	Paládio	Tálio
Lítio	Rubídio	<i>Gálio</i>	<i>Escândio</i>	Cobalto	Platina	Tório
	Sódio	Germânio	<i>Térbio</i>	Cobre		<i>Titânio</i>
		<i>Ouro</i>	<i>Tório</i>	<i>Háfnio</i>		<i>Tungstênio</i>
		<i>Hólmio</i>	<i>Iterbio</i>			Urânio
			<i>Itrio</i>			Vanádio
						Zinco
						<i>Zircônio</i>

Legenda: * - metais que normalmente não existem dissolvidos em águas naturais e aparecem na crosta terrestre, estão indicados em itálico. Fonte: WOOD, 1974

4.13 - BIODISPONIBILIDADE

Por biodisponibilidade, entende-se a porção de uma espécie química que está disponível para ingestão, inalação ou assimilação por um organismo vivo. A biodisponibilidade é pré-requisito, mas não é fator determinante para causar toxicidade de um elemento, a qual somente pode ser proclamada após estudos dos efeitos negativos nas funções biológicas dos organismos receptores. Conceitualmente disponibilidade química é a quantidade da substância presente no meio ambiente (água, sedimento, solo e alimentos) que pode ser absorvida pelos organismos vivos.

Sedimentos diferentes que tenham a mesma concentração de íons de um determinado metal pesado podem variar por um fator de ao menos dez, em termos de biodisponibilidade, para os organismos (BAIRD, 2002). Essa variação ocorre principalmente devido à presença de sulfetos nos sedimentos, os quais controlam a biodisponibilidade dos metais. Se a concentração de íons sulfeto excede a concentração de metais, todos os íons metálicos estarão retidos como sulfetos insolúveis, ficando indisponíveis do ponto de vista biológico em valores normais de pH. Porém, se a concentração de sulfetos é menor que a dos metais, a quantidade de metais correspondente à diferença estará biologicamente disponível.

Os íons de metais pesados são adsorvidos com frequência sobre as superfícies de material particulado, especialmente os orgânicos que se encontram em suspensão na água, em vez de encontrarem-se dissolvidos como íons livres ou formando biomoléculas solúveis, como os ácidos fúlvicos. As partículas decantam-se formando os sedimentos, este acúmulo, representa um depósito importante de metais, porém, as partículas já depositadas podem ser remobilizadas por dessorção dos metais (equilíbrio absorção-dessorção) ou podem entrar na cadeia alimentar quando consumidas por organismos que se desenvolvem nos sedimentos (BAIRD, 2002).

A forma dos elementos dissolvidos, que é afetada pela especiação entre a forma aquosa livre e os vários complexos orgânicos e inorgânicos em diferentes estados de valência e as características físico-químicas da água, também influenciam na biodisponibilidade.

4.14 - BIOACUMULAÇÃO

A bioacumulação é definida como a rede de absorção das substâncias pelos microrganismos, plantas ou animais a partir de seu entorno (água, sedimento, solo e dieta). A extensão da bioacumulação é determinada pela espécie do metal, ou lipossolubilidade do hidrocarboneto em associação às diferenças na absorção e velocidade de excreção entre plantas e animais.

A concentração de um produto químico que é aumentada ao longo de uma cadeia alimentar chama-se biomagnificação. Essencialmente a biomagnificação resulta de uma seqüência de etapas de bioacumulação ao longo da cadeia alimentar. Algumas substâncias possuem suas concentrações aumentadas progressivamente durante a cadeia alimentar ecológica, por exemplo, ostras e mexilhões podem conter níveis de cádmio 100 mil vezes maiores que os das águas nas quais vivem (BAIRD, 2002).

Moluscos bivalves também são conhecidos por acumularem altas concentrações de metais em seus tecidos. A alguns acumulam mais de 2 bilhões de vezes a concentração de cádmio presente na água (REEVE, 1994). Muitos desses animais podem acumular metais em concentrações diretamente proporcionais às encontradas no ambiente, comportando-se como reguladores parciais ou não das concentrações de cátions em seus corpos (MASUTTI, 1999). Metais são estocados em formas solúveis e são encontrados principalmente, no hepato-pancreas (PHILLIPS & RAINBOW, 1989).

Alguns são os fatores intrínsecos que influenciam a acumulação de metais (Tabela 03), como tamanho, idade e sexo; e extínsecos, como especiação metálica, salinidade, temperatura e a presença de outros poluentes (MASUTTI, 1999)..

A escolha de determinada espécie para ser utilizada como bioindicador depende de fatores como a regulação metabólica de poluentes e suas interações com o organismo, além da capacidade de integração da poluição com o tempo e a capacidade de refletir efeitos locais em uma grande área (PHILLIPS & SEGAR, 1986).

TABELA 03: Exemplos de enriquecimento de metais em bivalves em relação à água em sua vizinhança (REEVE, 1994).

Metal	Concentração em bivalves em relação à concentração da água (água=1)
Cádmio	2.260.000
Cromo	200.000
Ferro	291.500
Chumbo	219.500
Manganês	55.500
Molibdênio	90
Níquel	12.000

Segundo MASUTTI (1999), a principal característica de um bioindicador é refletir a contaminação do ambiente e sua regulação metabólica dos poluentes deve ser fraca, para que suas interações não influenciem a assimilação do contaminante pela espécie utilizada.

FREEDMANN (1995), afirma que organismos de uma mesma espécie apresentam tolerância genética a metais traços, mesmo em sedimentos não poluídos. Assim, possivelmente se a escolha do bioindicador não for adequada, podem-se obter resultados equivocados, pois níveis de

metais encontrados em organismos coletados em áreas não poluídas não são necessariamente baixos. Segundo BAIRD (2002), peixes consumidos que contém metais pesados, originam-se normalmente de águas não poluídas.

5 - ÁREA DE ESTUDO

5.1- O AMBIENTE FÍSICO

A Lagoa da Conceição localiza-se na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas de 27°34'S e 48°27'W. Constitui uma lagoa com uma área aproximada de 20 km², que se estende por 13,5 km em sentido norte sul, com largura variável entre 0,15 e 2,5 km e volume d'água de aproximadamente 50.000.000 m³ (MUEHE & CARUSO GOMES Jr., 1989; KNOPPERS *et. al.*,1984).

Segundo RODRIGUES (1990), a bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição apresenta uma área de 80,23 km², incluindo o corpo lagunar. Deste total, as áreas de mata atlântica ocupam 20,58 km², pastagens e culturas, 25,0 km², dunas móveis, 1,59 km², reflorestamentos, 6,23 km², área urbanizada, 4,25 km²; queimadas 0,56 km², e vegetação de praias, dunas e restingas, 1,93 km². Assim, o solo ocupado totaliza uma área de 60,14 km² e o corpo lagunar, 20,09 km² incluindo o canal de ligação com o mar (Figura 01).

O ciclo de evaporação/precipitação e o regime de ventos aparecem como determinantes da circulação e renovação das águas da lagoa. Os ventos predominantes na região são os do quadrante norte, porém os de maior intensidade são os de quadrante sul. Os ventos são responsáveis pela geração de ondas e correntes; e determinam seus sentidos no corpo lagunar (ODEBRECHT & CARUSO GOMES Jr., 1987). Os aportes de água doce são provenientes de precipitações pluviais regulares diretas ou indiretas, resultantes da ação do escoamento superficial; da drenagem dos córregos na margem oeste e da vazão do Rio João Gualberto (Rio das Capivaras) situado no extremo norte do sistema, que possui uma bacia hidrográfica de 4.0 km² (DUTRA,1991).

Sua comunicação com o mar adjacente dá-se através de um canal natural meândrico com 2.0 km de extensão, cuja área na entrada da lagoa é de aproximadamente 40 m². Devido ao seu comprimento, este atua reduzindo o efeito das marés no interior da lagoa (ODEBRECHT & CARUSO GOMES Jr., 1987).

O fluxo neste canal foi garantido a partir de 1982 com a sua dragagem, retificação e posterior fixação com a construção de molhes na Barra da Lagoa.

As quatro estações climáticas que influem na Ilha de Santa Catarina, bem definidas, fazem com que no inverno predominem tipos de tempo que são associados à passagem de frentes frias: período de elevação da temperatura, seguido da entrada do vento sul e chuva forte com trovoadas; período de forte nebulosidade, com chuva leve e contínua seguida de céu claro, baixa umidade relativa do ar e temperaturas muito baixas. No verão, predominam temperaturas elevadas e instabilidades convectivas (tempestades de verão) (CECA/FNMA, 1996).

A Lagoa da Conceição é muito conhecida pela sua tradicional pesca artesanal de mugilídeos (tainhas e paratis) e peneídeos (camarões). As características ecológicas presentes na lagoa favorecem a ocorrência de espécies migratórias de interesse econômico, mas no sistema procede-se uma exploração dos recursos vivos de uma forma desordenada e predatória. (SIERRA DE LEDO *et al*, 1982).

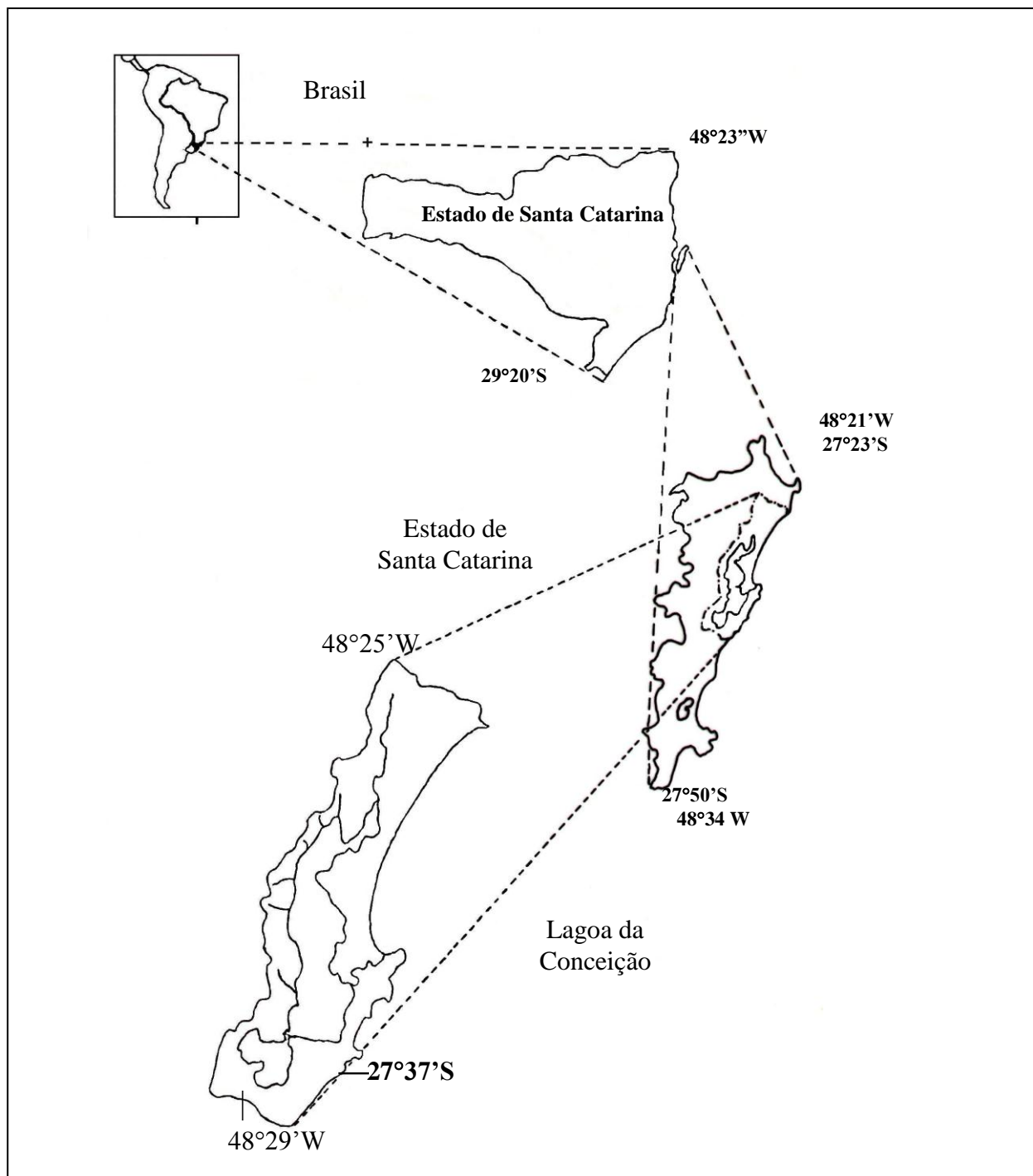


FIGURA 01: Localização geográfica da Lagoa da Conceição.

Devido ao seu tamanho e por ser relativamente isolada, a Lagoa da Conceição é muito vulnerável ao stress natural causado pela ação dos ventos, lixiviação e processos de sedimentação; bem como ao estresse antropogênico devido à crescente ocupação local da lagoa e a exploração pelo turismo externo.

5.2- CARACTERÍSTICAS GERAIS

A Lagoa da Conceição constitui um recurso natural de usos múltiplo, sendo a principal fonte de recursos econômicos para os habitantes nativos, proporcionando variedade de peixes, crustáceos e moluscos, fauna que também é aproveitada no canal da Barra assim como no alto mar. Outros usos da Lagoa são a recreação, navegação para turismo recreativo e para transporte permanente, apesar da poluição causada por resíduos orgânicos e inorgânicos, dejetos domésticos e agrícolas, potencializados pelos hidrocarbonetos, tintas e metais pesados introduzidos pelas atividades náuticas.

A lagoa possuía em 1940, cerca de 3.451 habitantes que viviam da exploração agrícola do local, sendo as culturas de café, mandioca e cana-de-açúcar as principais (IBGE, Censo 1940). Nos últimos 10 anos de acordo com o censo de 2000 do IBGE, a área da Lagoa da Conceição, se projetou como a terceira área que mais cresceu em Florianópolis, sendo a sua taxa anual de crescimento de 5,95% (IBGE) e atualmente residem na localidade uma população de 27.432 habitantes.

5.3- ASPECTOS GEOLÓGICOS, GEOMORFOLÓGICOS E MORFOLÓGICOS

5.3.1- ORIGEM GEOLÓGICA

A origem da planície costeira onde se encontra a Lagoa da Conceição está relacionada com as variações marinhas do quaternário. O desenvolvimento das ilhas barreiras associadas a ilhas graníticas costeiras isolaram o corpo d'água do continente, configuraram a sua morfologia atual e definiram os diversos compartimentos naturais presentes em sua paisagem, como o campo de Dunas da Joaquina, a restinga do Rio Vermelho e a Praia de Moçambique.

De acordo com CARUSO Jr (1993), a gênese da Lagoa da Conceição, foi iniciada a 120.000 anos, a partir do processo transgressivo do mar que ocorreu no Pleistoceno e se prolongou até os últimos dois mil anos do holoceno. A gênese, vinculada a processos transgressivos pleistocenicicos, produziu maiores variações no nível do mar entre glaciais e interglaciais; teve maior duração (aproximadamente 200.000 anos), e isolou, por conseqüência, os maiores corpos de água.

A gênese dos processos transgressivos holocênicos produziu menores variações do nível do mar, teve menor duração (últimos 10.000 anos), isolando corpos de água menores.

As lagoas formadas pelo holoceno (últimos 5.000 anos), estão muitas vezes ligadas por canais. Na Lagoa da Conceição observamos uma divisão lagoa/Continente, caracterizada por uma extensa faixa de restinga.

5.3.2 - GEOMORFOLOGIA

O fundo lagunar é fortemente influenciado pelas elevações cristalinas existentes ao redor da Lagoa da Conceição e apresentam um perfil assimétrico. Na margem oeste o fundo aparece abrupto com profundidades de até 8,7 m, com um canal intra-lagunar no subsistema norte. Sua inclinação é suave nas margens com esporões arenosos, e apresentam em grandes áreas profundidades inferiores a 0,5 m (MUEHE *et al*, 1983).

O setor Oeste é formado por rochas graníticas com elevações de até 400 m, em forma de cumbrões contínuas, alargadas em direção Norte-Sul, constituindo encostas altas e escarpadas com praias pouco desenvolvidas, formadas por material imaturo, mal selecionado, que é transportado por uma série de pequenos rios que descem das encostas.

Nas áreas sem processos erosivos ou deposicionais significativos, a profundidade situa-se em torno a 5 m decrescendo em direção às margens, outras áreas apresentam profundidades inferiores a 0,5 m, como é o caso da margem Leste da Lagoa até a altura do Canal da Barra (PORTO FILHO, 1993).

5.3.3 - MORFOLOGIA DO CORPO LAGUNAR

Segundo PORTO FILHO (1993) a Lagoa da Conceição pode ser definida como uma lagoa de águas rasas e possui profundidades máximas entre 6 e 8 m e mínimas entre 0,5 e 2 m. PORTO FILHO (1993), demonstrou que 48,28 % da área apresenta profundidades entre 0 e 2 m e extensas plataformas marginais; 38,99% caracteriza-se como uma grande superfície de acumulação de material localizado em profundidades inferiores a 4 m; e que os 12,73 % são caracterizados como zona de talude com profundidades entre de 2 m a 4 m e apresentam uma inclinação maior que 5%.

Os principais aportes de água doce ao sistema da bacia hidrográfica são provenientes de precipitações pluviárias regulares diretas ou indiretas, resultantes da ação do escoamento superficial que fluem dos maciços graníticos; do rio João Gualberto situado no extremo norte do sistema que drena uma micro-bacia de 4 km² (DUTRA, 1991). O rio João Gualberto é o contribuinte mais

importante da lagoa e forma a principal rede de drenagem do Rio Vermelho. Outros aportes de água doce são córregos intermitentes e infiltrações do lençol freático.

Estudos anteriores de vários autores ASSUPÇÃO *et al.*, (1981); ODEBRECHT & CARUSO Jr. (1987); SOUSA-SIERRA *et al.* (1987); PERSICH (1990) e PANITZ *et al.* (1997), tem sugerido a divisão da Lagoa em três subsistemas diferentes, Região I ou Lagoa de Cima, Região II ou Lagoa do Meio, Região III ou Lagoa de Baixo, devido às características topográficas da bacia, a neotectônica e a sedimentação recente.

PORTO-FILHO (1993) propôs uma classificação baseada em estudos sobre a morfometria, sedimentometria e a química dos sedimentos de fundo da lagoa, dividindo-a em três áreas (Extremo norte, centro norte e centro sul).

5.4- SEDIMENTOS

Discutindo aspectos da hidrodinâmica da Lagoa da Conceição, relacionada aos seus dados morfométricos, PORTO FILHO (1993), coloca que de acordo com HAKANSON (1977), todos os movimentos na coluna d'água de um lago, ocorrem em função da dinâmica dos ventos, do “fetch”, da profundidade e da morfologia: exercendo profunda influência na dinâmica de fundo, principalmente na distribuição do material sedimentar. HAKANSON (1982) coloca ainda que a dinâmica de fundo é relativa a todos os processos de erosão, transporte e acumulação no fundo do lago; e que todos esses processos são direta ou indiretamente influenciados por numerosos fatores climatológico, geográficos, hidrológicos, sedimentares e morfológicos, frequência, direção, velocidade e duração de ventos, flutuações do nível d'água, “fetch”, profundidade da coluna de água; taxas de sedimentação, aportes de material e compactação dos sedimentos e a simetria do piso ou fundo do lago.

Os sedimentos de fundo são, em sua maioria, terrígenos, as siltes estão presentes nas porções mais profundas e abrigadas da lagoa e o tamanho do grau predominante é o silte médio de pobre seleção. PORTO FILHO (1993), identificou no fundo lagunar cinco fácies sedimentares: areia, areia siltosa, silte, silte arenoso e silte argiloso. Conforme este autor, a distribuição dessas fácies, bem como suas características de morfoscopia e maturação textural é influenciada pelas condições hidrodinâmicas da Lagoa, pelas características dos materiais subministrados pelas fontes e principalmente, pela profundidade e morfologia do corpo lagunar.

Na Lagoa a disponibilidade de detritos particulados como fonte de sedimentos é um fator determinante na distribuição dos organismos, por sua vez o fluxo energético mostra-se altamente eficiente na conversão dos detritos em proteína utilizável pelo homem, na forma de recursos vivos (SIERRA DE LEDO *et al.*, 1982).

6 – MATERIAS E MÉTODOS

6.1 - PONTOS DE AMOSTRAGEM:

Foram analisadas amostras de água e sedimentos, coletadas em 10 (dez) pontos distintos (Figura 02), assim distribuídas: coluna d'água (superfície, meio, fundo) e sedimento, conforme tabela 04, sendo os pontos de coleta escolhidos após análise de trabalhos anteriores, distribuição dos mesmos no corpo d'água, proporcionando uma boa caracterização do corpo lacustre, além de possibilitar a comparação com os demais trabalhos existentes na área de estudo.

TABELA 04: Descrição das coordenadas geográficas dos pontos de coleta.

ÁREA AMOSTRAL	COORDENADAS
1	S 27° 36' 33" - W 48° 28' 56"
2	S 27° 37' 00" - W 48° 28' 05"
3	S 27° 36' 28" - W 48° 27' 56"
4	S 27° 36' 27" - W 48° 23' 36"
5	S 27° 35' 50" - W 48° 27' 02"
6	S 27° 33' 53" - W 48° 27' 42"
7	S 27° 33' 11" - W 48° 27' 41"
8	S 27° 32' 22" - W 48° 27' 35"
9	S 27° 31' 15" - W 48° 27' 08"
10	S 27° 31' 36" - W 48° 26' 02"

6.1.1 – ÁREA AMOSTRAL 1

Localiza-se no subsistema sul, possui profundidade média de 2,30 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com forte odor enxofídrico. A região apresenta-se fortemente impactada pela urbanização intensa e desordenada da área.

6.1.2 - ÁREA AMOSTRAL 2

Localiza-se no subsistema sul, próximo ao banco de dunas e morro do badejo, possui profundidade média de 5,50 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada e arenosa com forte odor.

6.1.3 - ÁREA AMOSTRAL 3

Localiza-se próximo ao ancoradouro do Floripinha, possui profundidade média de 4,20 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com forte odor enxofídrico. A região apresenta-se fortemente impactada pela urbanização e despejo de combustíveis.

6.1.4 - ÁREA AMOSTRAL 4

Localiza-se na Avenida das Rendeiras, possui profundidade média de 6,30 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com forte odor enxofídrico. A região apresenta-se fortemente impactada pela urbanização intensa e desordenada da área.

6.1.5 - ÁREA AMOSTRAL 5

Localiza-se no Canal da Barra, possui profundidade média de 2,80 metros. O sedimento caracteriza-se como arenoso. A região apresenta-se fortemente impactada pela urbanização intensa e desordenada da área, além do trânsito constante de lanchas, jet ski e barcos de pesca.

6.1.6 - ÁREA AMOSTRAL 6

Localiza-se no início da Costa da Lagoa, possui profundidade média de 3,50 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com presença de biodetritos. A região apresenta intensa urbanização.

6.1.7 - ÁREA AMOSTRAL 7

Localiza-se no início da Costa da Lagoa, possui profundidade média de 5,50 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com presença de biodetritos. A região apresenta intensa urbanização.

6.1.8 - ÁREA AMOSTRAL 8

Localiza-se na Costa da Lagoa, possui profundidade média de 5,0 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com odor enxofídrico. A região apresenta intensa urbanização.

6.1.9 - ÁREA AMOSTRAL 9

Localiza-se na porção norte da Lagoa, possui profundidade média de 8,0 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com odor enxofídrico. A região caracteriza-se pela pouca urbanização.

6.1.10 - ÁREA AMOSTRAL 10

Localiza-se na foz do Rio João Gualberto, possui profundidade média de 2,50 metros. O sedimento caracteriza-se como lama floculada com odor enxofídrico . Neste ponto a Lagoa recebe sua maior influência fluvial.



Figura 02: Bacia de drenagem da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina (SC) e localização das estações amostrais, adaptado de FONSECA (2004)..

6.2 - PERIODICIDADE DE COLETA:

As amostras foram coletadas nos anos de 1996 a 2000 e 2004 e 2005, totalizando 23 amostras, caracterizando a sazonalidade, entre verão e inverno, conforme descritos no anexo 01. Foram coletadas água em 10 estações (Figura 02), caracterizando superfície, meio e fundo. A amostragem foi feita de forma sazonal, verão e inverno, devido principalmente, às influências das

variações ambientais e flutuações da densidade demográfica sobre as concentrações de macronutrientes e teores de elementos traços presentes nos compartimentos bióticos e abióticos, evidenciadas em trabalhos anteriores de KOCH-DIAS (1996-1999) e GARCIA (1999).

6.3 - MÉTODO DE COLETA DAS AMOSTRAS:

6.3.1 - COMPARTIMENTO ABIÓTICO

As amostras de água foram obtidas do corpo lacustre com o auxílio de uma embarcação do tipo baleeira e amostrador de garrafa do tipo Van Dorn (2L) em três níveis, superfície, meio e fundo sendo as amostradas homogeneizadas, acondicionadas em recipientes de polietileno previamente lavados e resfriados em caixa térmica até o laboratório. Os frascos para análise de pigmentos e parâmetros físico-químicos foram mantidos sob refrigeração até o momento da filtração, a qual ocorreu imediatamente após a coleta. A profundidade da transparência da coluna d'água foi medida com um auxílio de um Disco de Secchi.

Após serem coletadas com o auxílio de uma draga Van Veen, as amostras do sedimento foram submetidas a uma análise visual, macroscópica, quanto as suas características de textura, coloração, odor, aspecto, presença de organismos vivos ou biodetritos. Em seguida estas foram embaladas em sacos plásticos, devidamente etiquetadas e acondicionadas em isopor com gelo para transporte ao laboratório e mantidas a uma temperatura de -20°C, até procederem-se as análises.

6.3.2 - COMPARTIMENTO BIÓTICO

Após serem coletados 20 organismos em cada subsistema da Lagoa (norte, central e sul) os mesmos foram lavados para a retirada de sedimentos e detritos aderidos e armazenados em sacos de polietileno previamente lavados com HNO₃ 30%. Em laboratório os organismos foram classificados de forma a compor uma amostra homogênea. Os organismos analisados foram:

Siri - Família – Potunidae, Espécie - *Calinnectes danae*

Berbigão - Família – Veneridae, Espécie - *Anomalocardia brasiliiana*

Marisco - Família – Mytilidae, Espécie - *Brachidontes darwininus*

Camarão - Família – Penaeidae, Espécie - *Penaeus paulensis* e *Penaeus brasiliensis*

Carapeba - Família - [Gerreidae](#), Espécie - *Diapterus rhombeus*

Tainha - Família – Mugilidae, Espécie - *Mugil curema*

Corvina - Família – Sciaenidae, Espécie - *Micropogonias furnieri*

6.4 - ANÁLISE DAS AMOSTRAS:

6.4.1 - COMPARTIMENTO ABIÓTICO:

As amostras de sedimento coletadas receberam um tratamento prévio, próprio para deixá-las em condições de se procederem as análises de granulometria, morfoscopia e químicas. O sedimento coletado foi primeiramente lavado para desalinização, seco em estufa a temperaturas inferiores a 60°C e homogeneizados em graal e pistilo de borracha, para obtenção de um material mais uniforme.

As amostras de água foram analisadas segundo metodologia apropriada descrita a seguir.

6.4.1.1 - ANÁLISE EM CAMPO:

6.4.1.1.1 - ÁGUA:

Foram analisados os seguintes parâmetros:

- Salinidade - verificada com refratômetro micronal.
- Temperatura – medida com termômetro comum em °C (Celsius).
- Oxigênio dissolvido – analisado com o oxímetro, marca Digimed.
- Transparência e profundidade – medidas com o auxílio de um Disco de Secci.
- pH – medido através de phmetro Digimed modelo DM 21.

6.4.1.1.2 - SEDIMENTO:

Em campo foi efetuada uma análise macroscópica, verificando-se suas características, bem como, a presença de biodetritos e organismos vivos.

6.4.1.2 - EM LABORATÓRIO:

6.4.1.2.1 - AMOSTRAS DE ÁGUA:

As amostras de água foram analisadas segundo os seguintes parâmetros e metodologias descritas na Tabela 05:

Tabela 05: Descrição dos métodos utilizados para análise de água.

Parâmetro	Método	Referência
Seston (mg/l)	Gravimétrico adaptado de STRICKLAND & PARSONS (1972), com modificações citadas por Sharp (1974)	-
Oxigênio dissolvido (mg/l)	Winkler Modificação Azida	APHA (1998)
Amônia (mg/l)	Nesslerização Direta	APHA (1998)
Nitrito (mg/l)	Baseia-se na reação de Griess e é aplicada a água do mar por Bendschneider e Robinson (1952) e descrito por Aminot e Chasseupied (1983)	APHA (1998)
Nitrato (mg/l)	Salicilato de Sódio	APHA (1998)
Nitrogênio Total	“Método de oxidação úmida de Kjeldahl”, descrito por BREMNER (1965)	APHA (1998)
Fósforo Total (mg/l)	Espectrofotométrico com Ácido Ascórbico	APHA (1998)
Carbono Total (mg/L)	STRICKLAND E PARSONS ,1972	APHA (1998)
Silício (mg/L)	Adaptado de MULLIN e RILLEY (1955), descrito por AMINOT E CHAUSSEPEID (1983)	APHA (1998)
Sulfeto	-	APHA (1998)
Clorofila a (µg/l)	Extração a Frio com Acetona 90%	LORENZEN (1974)

6.4.1.2.2 - AMOSTRAS DE SEDIMENTO:

Foram determinados os teores de Carbono Orgânico Total; Nitrogênio Total e Fósforo Disponível (Tabela 06).

Tabela 06: Descrição dos métodos utilizados, para análise de sedimentos.

Parâmetro	Método	Referência
Carbono Orgânico Total	“ Método Walkley Black”, descrito por ALLISON (1935) e modificado por BLACK et al. (1975)	APHA (1998)
Nitrogênio Total	Método da oxidação úmida de Kjeldahl”ou “Semimicro Kjeldahl”, como descrito por BREMMER (1965) E BREMMER & MULVANEY (1982)	APHA (1998)
Fósforo Total	Espectrofotométrico do Ácido Ascórbico	APHA (1998)

6.4.1.2.3 - ANÁLISE DE METAIS

Para a avaliação do grau de contaminação por metais da Lagoa da Conceição, utilizou-se os metais Cd, Cu, Mn, Zn, Ni e Pb, no compartimento biótico e sedimentos. Para a avaliação das concentrações de metais nos sedimentos de fundo foram analisadas amostras sub-superficiais do sedimento (0-10 cm). A avaliação do grau de contaminação por metais pesados do compartimento biótico foi efetuada a partir de análises no tecido muscular e vísceras dos organismos *Calinectes danae* (Siri azul), *Anomalocardia brasiliana* (Berbigão), *Brachidontes darwininus* (Marisco), *Penaeus paulensis* e *Penaeus brasiliensis* (Camarão rosa), *Diapterus rhombeus* (Carapeba), *Mugil curema* (Tainha) e *Micropogonias furnieri* (Corvina).

As determinações de metais foram realizadas num espectrômetro de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado, ICP-MS, ELAN 6000 da Perkin-Elmer SCIEX (Thornhill, Toronto, Canadá). Todas as análises químicas foram realizadas no laboratório de química analítica da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC. Para a comprovação do método foi analisado o material de referência: MESS-2 “Marine Sediment Reference Materials for Trace Metals and other Constituents” do National Research Council Canadá, CNRC.

6.5 – TRATAMENTO DOS DADOS

A análise de componentes principais foi utilizada como método de ordenação, através das correlações entre as variáveis físicas e químicas da água, a fim de agrupar os pontos de similaridade e da dissimilaridade apresentadas nas variáveis analisadas, sendo a base para uma proposta de compartimentação do corpo d'água a partir de amostras coletadas nos anos de 1996 a 2000 e 2004 e 2005, totalizando 23 amostras, caracterizando a sazonalidade, entre verão e inverno. Todas as análises citadas acima foram geradas pelo pacote estatístico STATISTIC 6.0 e Spad-n 3.5.

7- RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados deste trabalho foram apresentados sob a forma de cinco (5) papers, descritos a seguir:

7.1 – ARTIGO 1: AVALIAÇÃO DO ESTADO TRÓFICO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, ATRAVÉS DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS, FLORIANÓPOLIS, SC

RESUMO

As lagoas costeiras ocupam uma área considerável da zona costeira dos continentes. Na Ilha de Santa Catarina, a Lagoa da Conceição é um sistema conspícuo, além do interesse ecológico é um patrimônio paisagístico e econômico. Com o objetivo de avaliar-se o estado trófico da Lagoa da Conceição foram coletadas amostras em dez estações, assim distribuídas na coluna d'água: superfície, meio e fundo. A amostragem foi feita de forma sazonal, verão e inverno, nos anos de 2004 e 2005, caracterizando uma amostra por período, perfazendo um total de quatro coletas. Observou-se um acelerado processo de eutrofização antropogênica, ocasionada pela ocupação inadequada de seus entornos e mal uso de seus recursos. Tal fato está sendo minimizado pelo seu grande volume d'água e hidrodinâmica do corpo lagunar. Mas, pode-se afirmar que o input dos estressores está sendo maior que a ciclagem de água do corpo lagunar e que medidas preventivas devem ser tomadas.

1- INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras ocupam uma área considerável da zona costeira dos continentes. Na América do Sul, cerca de 12.2% da extensão da costa se apresenta sob forma lagunar, o que representa 10.3% da extensão mundial ocupada por lagoas costeiras (CROMWEL, 1971).

Apesar destes aspectos e de sua grande importância paisagística e turística, as lagoas costeiras brasileiras são pouco conhecidas ecologicamente e mesmo assim, grande número desses ecossistemas vem sofrendo profundas modificações nas condições naturais.

O enriquecimento de um ambiente lacustre por matéria orgânica e nutrientes (C, P, N e outros) é um processo natural (eutrofização) que ocorre gradativamente determinando o seu envelhecimento e, a longo prazo, a sua extinção; entretanto diversas atividades humanas podem acelerar este processo reduzindo o tempo de vida útil do lago (ESTEVEZ, 1988).

A proximidade com o homem, traz consigo problemas múltiplos ligados ao lançamento de detritos e despejos, acarretando modificações das condições naturais dos sistemas lacustres adjacentes. A eutrofização acelerada de lagoas costeiras, processo decorrente de um aumento de nutrientes, especialmente fósforo e nitrogênio, nos ecossistemas aquáticos tem como consequência

direta o aumento de suas produtividades, passando o ambiente de oligotrófico e mesotrófico para eutrófico ou mesmo hipereutrófico.

Na ilha de Santa Catarina, a Lagoa da Conceição representa além do interesse ecológico, um patrimônio paisagístico e econômico, bem como um expoente da identidade histórico cultural do povo catarinense. Com relação à interferência ambiental ocasionada pela ocupação humana na lagoa, tanto da faixa junto à orla do sistema lacustre, quanto da restinga, têm sido observados problemas pela falta de ordenamento, infra-estrutura e critérios que orientem uma utilização adequada, levando em conta a fragilidade do ecossistema existente e a necessidade de se proteger e conservar as condições ambientais

2- MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

A Lagoa da Conceição, doravante denominada, Lagoa da Conceição localiza-se na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas de 27°34'S e 48°27'W. Possui uma área aproximada de 20 km², que se estende por 13,5 km em sentido norte sul, com largura variável entre 0,15 e 2,5 km e volume d'água de aproximadamente 50.000.000 m³ (MUEHE & CARUSO GOMES Jr., 1989; KNOPPERS *et al.*, 1984).

Segundo RODRIGUES (1990), a bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição apresenta uma área de 80.23 km², incluindo o corpo lagunar. Deste total, as áreas de mata atlântica ocupam 20,58 km²; pastagens e culturas, 25,0 km²; dunas móveis, 1,59 km²; reflorestamentos, 6,23 km²; área urbanizada, 4,25 km²; queimadas 0,56 km²; e vegetação de praias, dunas e restingas, 1,93 km². Assim, o solo ocupado totaliza uma área de 60,14 km² e o corpo lagunar, 20,09 km² incluindo o canal de ligação com o mar (Figura 01).

As massas de ar predominantes são a Tropical Atlântica e a Polar, que atuam na primavera-verão e no outono-inverno, respectivamente. Os ventos de maior frequência são os do quadrante norte, porém os de maior intensidade são os ventos do quadrante sul (média de 6,0 m/s) que caracterizam a entrada de frentes frias (CRUZ, 1998). A Lagoa da Conceição localiza-se sob a isoterma de 20° C, apresentando uma amplitude de variação anual da média compensada de 7,9° C e diária de 4,2° C. O índice pluviométrico mensal varia em média entre 74 e 172 mm, sendo que as maiores precipitações ocorrem nos períodos de maior temperatura atmosférica. Os aportes de água doce são provenientes de precipitações pluviais regulares diretas ou indiretas, resultantes da ação do escoamento superficial; da drenagem dos córregos na margem oeste e da vazão do Rio João Gualberto (Rio das Capivaras) situado no extremo norte do sistema, que possui uma bacia hidrográfica de 4,0

km². A maré no interior do sistema lagunar varia 0,25m no máximo, sendo o regime dos ventos e o ciclo precipitação/evaporação os fatores determinantes na circulação e renovação das águas na laguna (ODEBRECHT & CARUSO JR., 1987).

2.2- Amostragem

Foram analisadas amostras da água, coletadas em 10 (dez) pontos distintos (Figura 01), assim distribuídos na coluna d'água: superfície, meio e fundo. Os pontos de coleta foram escolhidos após análise de trabalhos anteriores, distribuição dos mesmos no corpo d'água, proporcionando uma boa caracterização do corpo lacustre, além de possibilitar a comparação com os demais trabalhos da série histórica (KNOPPERS *et al.* (1984), ODEBRECHT & CARUSO JR. (1987), SOUZA-SIERRA *et al.* (1987), PORTO-FILHO (1993), KOCH-DIAS (1999), FONSECA (2002), SIERRA DE LEDO & SORIANO SIERRA. (2004), e FONSECA (2004)).

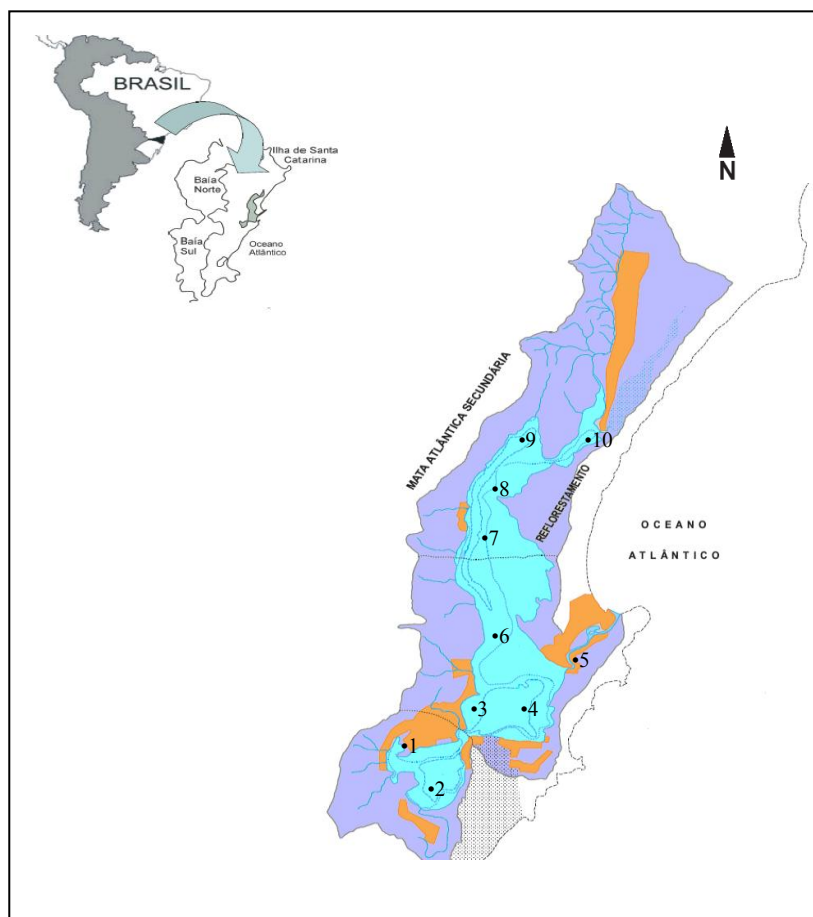


Figura 01: Bacia de drenagem da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina (SC) e localização das estações amostrais, adaptado de FONSECA (2004).

Este trabalho foi efetuado por 24 meses, a partir de fevereiro/2004. A amostragem foi feita de forma sazonal, verão e inverno, nos anos de 2004 e 2005, caracterizando uma amostra por período, perfazendo um total de quatro coletas, devido principalmente, às influências das variações

ambientais e flutuações da densidade demográfica sobre as concentrações de macronutrientes e teores de elementos traços presentes nos compartimentos bióticos e abióticos, evidenciadas em trabalhos anteriores (KOCH-DIAS,1999 e GARCIA, 1999).

As amostras de água foram obtidas do corpo lacustre com o auxílio de uma embarcação do tipo baleeira e amostrador de garrafa do tipo Van Dorn (2L) em três níveis, superfície, meio e fundo sendo as amostras homogeneizadas, acondicionadas em recipientes de polietileno previamente lavados e resfriados em caixa térmica até o laboratório. Os frascos para análise de pigmentos e parâmetros físico-químicos foram mantidos sob refrigeração até o momento da filtração, a qual ocorreu imediatamente após a coleta.

2.3- Variáveis e Métodos

A temperatura e o oxigênio dissolvido foram medidos em campo através de oxímetro digital DM-04 Digimed, porém a confirmação dos valores de oxigênio dissolvido foi efetuada através da coleta de água em frascos de DBO e utilização do método Winkler Modificação Azida (APHA, 1998). A transparência da coluna d'água foi medida com um auxílio de um Disco de Secchi. Os nutrientes e biomassa fitoplanctônica foram analisados segundo metodologia apropriada.

2.4- Tratamento estatístico

Para averiguar-se a diferença significativa ($p < 0,05$) entre as regiões e as áreas amostrais na lagoa da Conceição, foi aplicado uma Análise de correlação através do uso dos pacotes estatísticos Statística 6.0 e Spadn 3.5 que gera um teste global para verificar se há diferença entre as variáveis.

3- RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1- Análise Estatística

Através do método de ligação simples (Simple Linkage), que determinou a similaridade entre os elementos com características mais parecidas entre si, observou-se uma grande correlação negativa entre temperatura e pH e salinidade e clorofila, detectando diferenças significativas nas correlações entre os outros elementos (Figura 02).

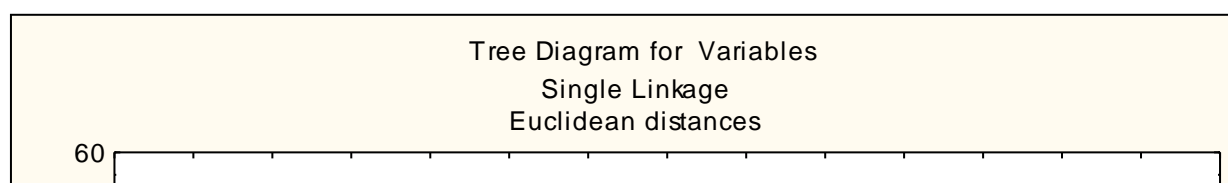


Figura 02: Dendograma de agrupamento dos nutrientes, pelo método de ligações simples. (Legenda: Clor a – clorofila a, NT – nitrogênio total, NO₃ – nitrato, Sil – silicatos, Sulf – sulfetos, PT – fósforo total, NH₄ – amônia, CT – carbono total, pH – potencial hidrogeniônico, OD – oxigênio dissolvido, Temp – temperatura, Sal – salinidade).

Os valores encontrados na tabela de estatística descritiva (Tabela 01) serão utilizados nas discussões a seguir.

Tabela 01: Estatística descritiva dos valores médios, mediana, moda, valores mínimos, valores máximos, variância e desvio padrão, dos parâmetros analisados.

	Média	Mediana	Moda	Minima	Maxima	Variância	Desvio Padrão
Sal	27,23	28,43	28,55556	23,88	29,56	4,49	2,12
OD	6,28	6,23	Múltipla	5,74	7,17	0,22	0,46
Temp	26,64	26,62	Múltipla	25,86	27,52	0,25	0,50
pH	8,03	8,04	Múltipla	7,89	8,17	0,01	0,09
NH ₄	0,02	0,02	,0200000	0,02	0,02	0,00	0,00
NO ₃	1,06	0,55	Múltipla	0,05	4,59	2,02	1,42
NO ₂	0,01	0,01	,0100000	0,01	0,01	0,00	0,00
NT	1,95	1,16	Múltipla	0,07	7,54	5,57	2,36
PT	0,02	0,02	,0200000	0,02	0,02	0,00	0,00
Sulf	0,01	0,01	,0100000	0,01	0,01	0,00	0,00
CT	9,17	8,78	Múltipla	8,14	11,96	1,29	1,13
Clor a	3,12	2,94	Múltipla	1,82	4,83	0,93	0,96
Sil	0,77	0,86	,8600000	7,66	0,33	1,18	0,07

3.2- Variáveis físicas

A temperatura da água oscilou entre mínima de 19°C nos meses de agosto de 2004 e 2005 e 29,8°C em março de 2005, sendo a média no período amostrado de 24,05 °C, com uma amplitude térmica de 10,8°C. Foram observadas diferenças de temperatura entre as estações amostrais, porém os valores não apresentaram o mesmo padrão crescente sul-norte como descrito por FONSECA (2002), as diferenças observadas foram ocasionadas por fatores climáticos tais como chuva e sazonalidade das estações além da interferência das marés. Foi observada estratificação térmica nas estações amostrais mais profundas, profundidade superior a 3 metros (Figura 03), conforme observado por PORTO-FILHO (1993), KOCH-DIAS (1999) e FONSECA (2002). O período de verão coincide, na região sul do Brasil com a maior pluviosidade e, portanto, com nível d'água mais elevado desses ambientes, neste período encontram-se frequentemente estratificações mais duradouras, este fenômeno é resultante da pequena variação diária da temperatura do ar, que resulta em pequenas perdas de calor do ecossistema para a atmosfera, mesmo no período noturno, outro fator que facilita a estratificação térmica neste período é a profundidade da coluna d'água.

Durante o período de estratificação térmica, pode ocorrer à formação de várias termoclinas, fenômeno este observado em lagos de qualquer latitude. Segundo ESTEVES (1998), o processo de formação de várias termoclinas pode ser até mesmo diário, como observado por BARBOSA & TUNDISI (1980) na Lagoa Carioca no estado de Minas Gerais.

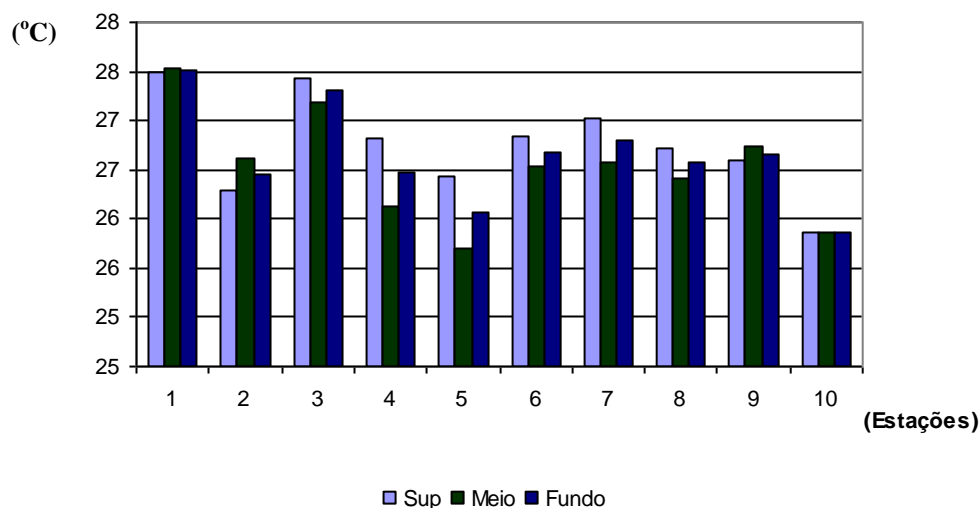


Figura 03: Medidas médias da temperatura da água de superfície e fundo das estações amostrais ao longo da Lagoa da Conceição.

Quanto ao padrão de circulação da Lagoa da Conceição a mesma classifica-se como polimítica, isto deve-se ao resfriamento da camada superficial da coluna d'água durante a noite e à

pouca profundidade, que facilita a sua homotermia, o que ocorre na maioria da lagoas costeiras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul (ESTEVES, 1998)

Considerando-se a camada eufótica com sendo três vezes a visibilidades do disco de Secchi (ISHII, 1987), durante o período estudado observou-se que a zona eufótica abrangeu toda a coluna d'água atingindo toda a superfície do sedimento (Figura 04). As oscilações entre as profundidades das estações amostrais são devido às suas características, tais como localização, morfologia, etc.

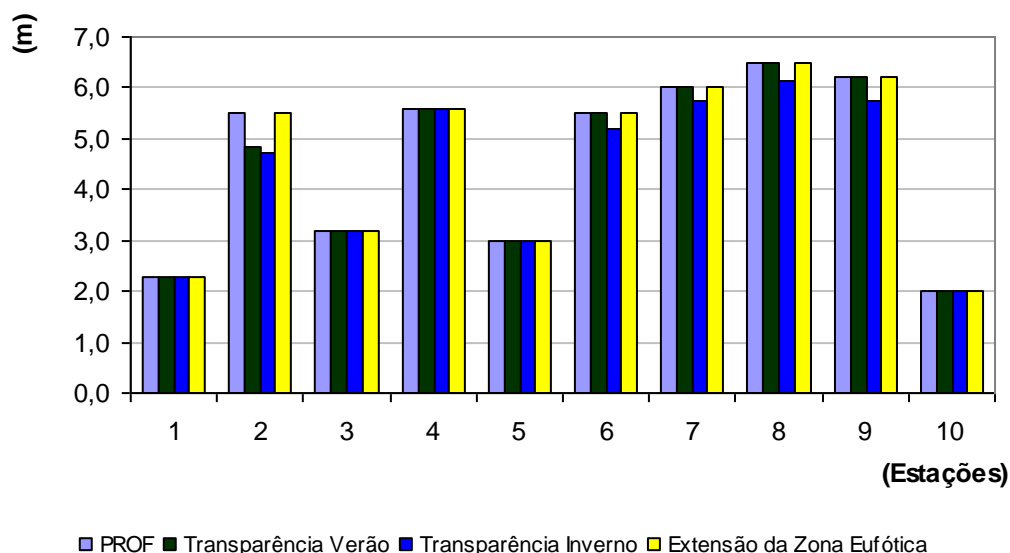


Figura 04: Medidas médias de profundidade (m), transparência (m) do Verão e Inverno (Disco de Secchi) e Extensão da Zona Eufótica (m) das estações amostrais ao longo da Lagoa da Conceição. (Legenda: PROF – profundidade).

Segundo FONSECA (2002) a comunidade bêntica desempenha um grande papel na ciclagem e absorção dos nutrientes controlando a demanda dos mesmos para o sistema pelágico.

A salinidade variou espacialmente com valor médio mínimo de 18,5 em agosto de 2005 na estação 01, valor máximo de 35 em agosto de 2004 na estação 05, sendo o valor médio encontrado de 27,2, com uma amplitude salina de 6,5. Observou-se um decréscimo da salinidade no mês de agosto de 2005, tal fato pode ser explicado pelo aporte de águas doces provindas das chuvas que ocorreram no período que antecedeu a coleta.

MCGLATHERY *et al.* (2001), cita que a principal fonte de água doce em lagoas pode ser o lençol freático superficial. Em seus estudos ODEBRECHT & CARUSO JR, (1987), FONSECA *et al.* (2002) e FONSECA (2004), relatam que ocorre esta entrada de água doce pelo sedimento da lagoa, sendo mais evidente na região sul do ecossistema lagunar, tendo sido encontrado os menores valores de salinidade nesta região, tal fato pode ser decorrente da influência das águas de drenagem pluvial, bem como dos esgotos domésticos que deságuam na região, porém

o estrangulamento geográfico da área também é um fator determinante para os menores valores de salinidade encontrados (Figura 05).

Na região central da lagoa e no canal da barra observou-se os maiores valores de salinidade, sendo uma estratificação termohalina observada na estação 4 (região central da lagoa). KNOPPERS *et al.* (1984), ODEBRECHT & CARUSO JR (1987), SOUZA SIERRA *et al.* (1987), KOCH-DIAS (1999) e FONSECA (2004), verificaram um padrão salino semelhante nas áreas mais profundas da região central (estação 04), sendo o mesmo relacionado ao aprisionamento da água marinha proveniente do canal quando não existem forçantes como maré e vento em amplitudes moderadas ou fortes para promover a mistura e desestratificar a coluna d'água. A interferência direta do canal na estação 05 explica os maiores valores de salinidade, sendo a mesma considerada marinha (35).

Segundo ODEBRECHT & CARUSO (1987) e como constatado no período amostrado não existe uma variação sazonal acentuada, porém as maiores diferenças são relacionadas ao ciclo de evaporação e precipitação e aos ventos atuantes. No período estudado houve uma pequena variação na relação evaporação/precipitação, sendo que os ventos do quadrante Sul e norte, atuantes na região, tendem a favorecer a entrada e a homogeneização de água no sistema lagunar.

Houve uma alta correlação inversa encontrada entre salinidade e silicato ($r^2 = - 0,7812$ $p= 0,008$), o que demonstra que o aporte fluvial é uma das fontes de silício e que segundo FONSECA (2004), este elemento apresenta um comportamento conservativo ao longo da lagoa. Encontrou-se baixa correlação negativa entre clorofila e salinidade ($r^2 = - 0,5273$ $p= 0,117$), sugerindo que a lagoa exporta clorofila.

A Lagoa da Conceição vem sofrendo um gradativo aumento de sua salinidade devido a fixação da barra e a dragagem total do canal até a profundidade de 2,5 m a partir de 1985.

A salinidade média encontrada por ASSUMPÇÃO (1981) variava em torno de 12,38 após esta data a salinidade aumentou para valores médios em torno de 27,2. Observou-se que os maiores valores de salinidade foram condicionados à fixação do canal da barra com término em 1985. A variação da salinidade sugere que houve alteração da fauna e flora aquática da lagoa, propiciando a migração de novas espécies assim como, o desaparecimento de outras, fato este pouco estudado.

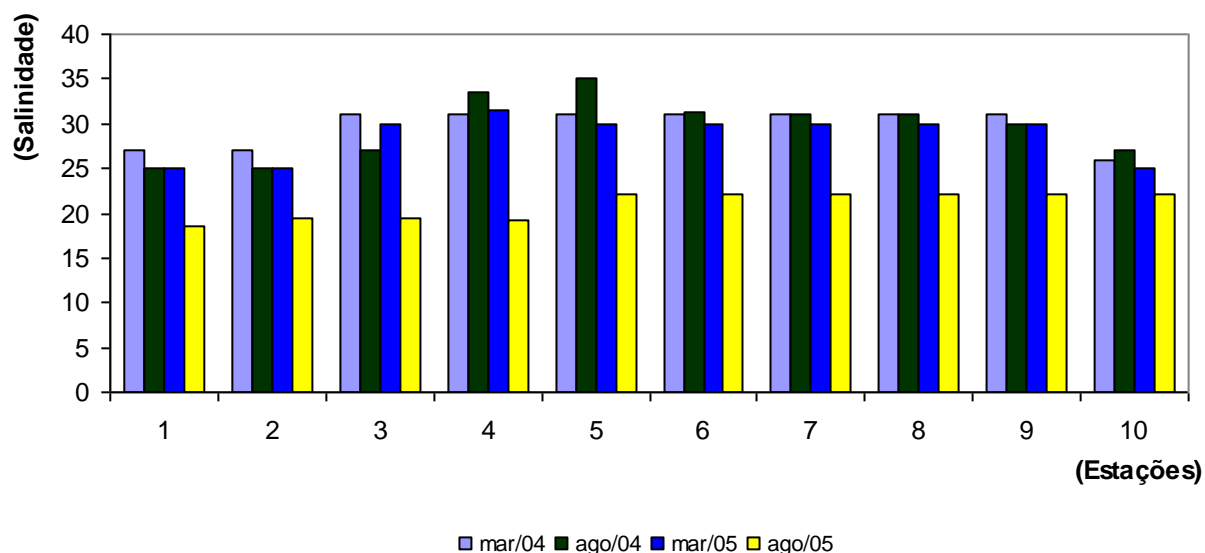


Figura 05: Medidas de salinidade médias no período estudado das estações amostrais ao longo da Lagoa da Conceição. (Legenda: mar – março, ago – agosto)

3.3- Parâmetros Físico-químicos

O pH variou espacialmente no período amostrado de 8,24 em agosto de 2005 a 7,4 em agosto de 2004 e março de 2005, sendo o valor médio 8,04 com amplitude de 0,74 (Figura 06). Considerando-se que a água de origem marinha possui pH em torno de 8, espera-se que a região central e canal da lagoa que apresentem maior interferência do sistema marinho costeiro adjacente e que a região sul apresente maior influência de água continental pelo seu isolamento físico. A região norte apresentou os maiores valores de pH nos meses de março de 2004 e março de 2005, 8,23 e 8,15 respectivamente.

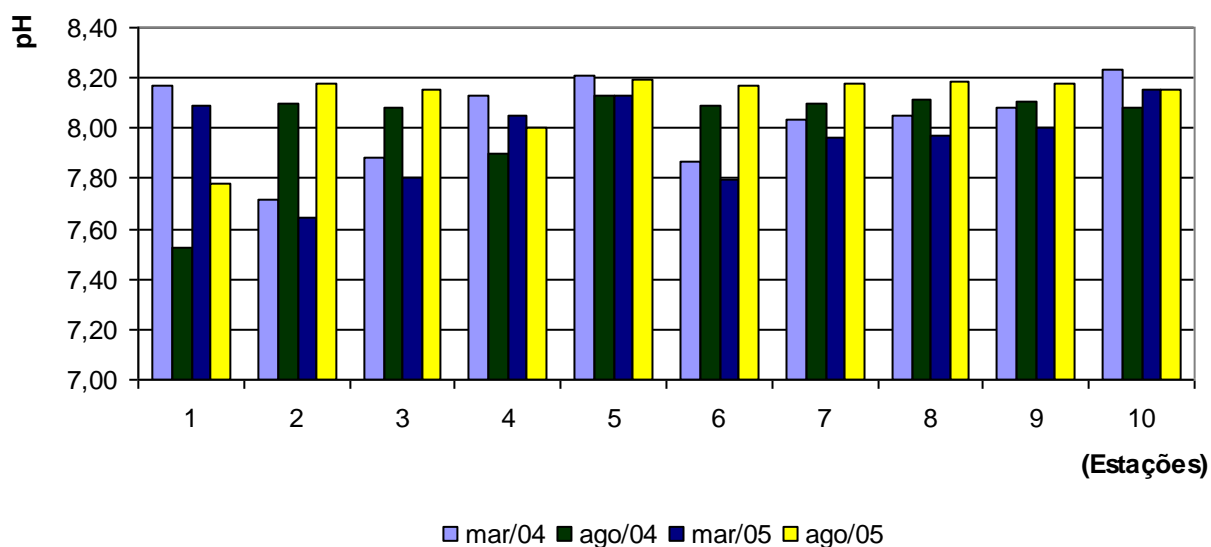


Figura 06: Medidas de pH médias no período estudado das estações amostrais ao longo da Lagoa da Conceição.

Tal como encontrado por KOCH-DIAS (1999) e FONSECA (2004) a análise de correlação de Pearson não detectou correlação significativa entre a salinidade e o pH no período estudado, porém o mesmo possui alta correlação negativa com a temperatura ($r^2 = - 0,7151$, $p < 0,20$) o que indica que o ambiente é fortemente influenciado pelo metabolismo do sistema, produção e decomposição de matéria orgânica, e indiretamente pela influência do ingresso de água marinha e precipitação (FONSECA, 2004).

As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) variaram de forma distinta nos períodos amostrais, tendo sido as maiores concentrações médias encontradas na estação 05 (canal da Barra) 8,5 mg/L em março de 2005, ocasionada pelo input de águas marinhas com maiores concentrações de oxigênio e as menores concentrações foram de 4,47 mg/L na estação 03 (Ponto dos Floripinhas) em agosto de 2005, com média geral de 6,28 mg/L durante o período estudado. A estagnação das águas ocasionadas pelo confinamento natural da região sul da lagoa, está diretamente ligada à baixa circulação física e ao aporte de nutriente que diminuem a taxa de OD através da degradação da matéria orgânica.

A lagoa da Conceição apresentou estratificação na coluna d'água em quase todas as suas estações durante o período estudado, tendo sido o valor máximo encontrado 8,76 mg/L na estação 2 em março de 2005 na superfície e mínimo de 2,30 mg/L em março de 2004 na estação 04 fundo.

ODEBRECHT & CARUSO (1987), SOUZA SIERRA *et al* (1987), SIERRA DE LEDO e SORIANO SIERRA (1994) e KOCH-DIAS (1999), também observaram estratificação da coluna d'água nas áreas mais profundas em especial na região central (estação amostral 04). KOCH-DIAS (1999), encontrou neste ambiente uma proliferação de sulfobactérias, que deixam uma coloração rósea nas águas estagnadas no fundo e um forte odor sulfídrico (Figura 07). Segundo GRAY *et al* (2002), o confinamento natural das lagoas costeiras, favorece o decréscimo de oxigênio que ocorre durante a degradação de matéria orgânica, também a diminuição da intensidade dos ventos (importante fator de solubilização de oxigênio dissolvido em ecossistemas aquáticos), porém a entrada de material de origem alóctone ao sistema tende a intensificar a situação.

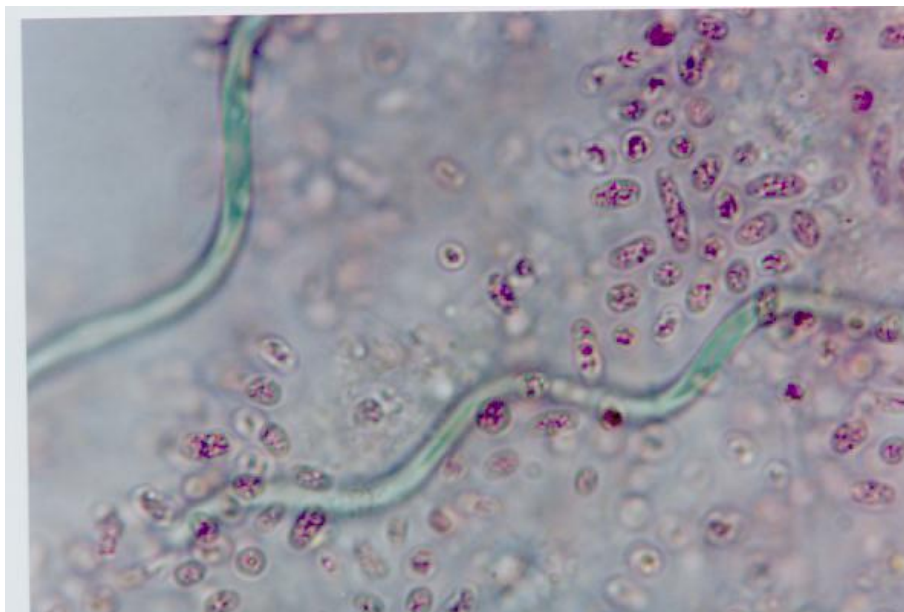


Figura 07: Coloração da água de fundo da estação amostral 04 (região central da lagoa) da Lagoa da Conceição.

Muitos estudos publicados sobre a lagoa, tais como KNOPPERS *et al.* (1984), ODEBRECHT & CARUSO JR. (1987), SOUZA-SIERRA *et al.* (1987), PORTO-FILHO (1993), KOCH-DIAS (1999), FONSECA (2002), SIERRA DE LEDO & SORIANO SIERRA. (2004), e FONSECA (2004), citam condições de anoxia nas áreas profundas das regiões Sul e Central. Tal fato sugere que o ecossistema tem apresentado menores concentrações de oxigênio dissolvido com o aumento da urbanização dos entornos da lagoa. Nas análises de correlação de Pearson ($p \leq 0,05$), OD correlacionou-se inversamente com a temperatura ($r^2 -0,06309$ $p=0,50$) e salinidade ($r^2 -0,609$ $p=0,867$) e positivamente com o parâmetro Clorofila a ($r^2 0,6147$ $p < 0,59$), indicando que a concentração de oxigênio dissolvido na lagoa é fortemente influenciado pela produtividade primária do sistema. FONSECA (2004), verificou que a concentração de OD é mais fortemente influenciada pelos processos de decomposição de matéria orgânica do que por processos físicos de mistura e circulação da água da lagoa. KNOPPERS *et al.* (1984) em uma amostragem na área de estudo (após dois dias com ventos acima de 10m/s), não encontraram correlação entre a concentração de OD e os pigmentos fitoplanctônicos sugerindo que este não é o principal fator de influência da dinâmica de OD da laguna. Os ventos são fatores fundamentais para a renovação da água e sua oxigenação na lagoa, como verificado por KJERFVE (1994). Observou-se uma visível estratificação das concentrações de oxigênio dissolvido (Figura 08), obtendo-se um perfil clinogrado na área de estudo.

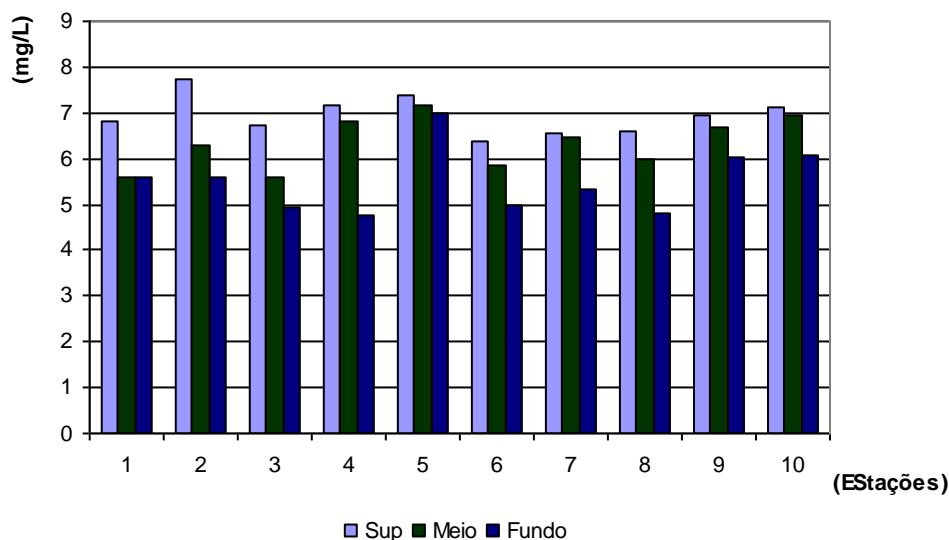


Figura 08: Concentrações de oxigênio dissolvido (mg/L) médias no período estudado das estações amostrais ao longo da Lagoa da Conceição.

A região que apresentou os maiores valores de silicato foi a região sul, seguida pela região norte, com concentrações de 0,99, 0,92 e 0,86, 0,71, 0,86, 1,118 e 0,85mg/L nas estações 01, 02, 06, 07, 08 09 e 10 respectivamente. Não foi observada correlação entre silicatos e os outros elementos analisados, porém os valores sugerem que encontram-se maiores concentrações deste elemento justamente em áreas de menor salinidade (Estações 01 e 02), sendo o aporte fluvial e os ventos da região as maiores fontes de silicatos do ecossistema (Figura 09).

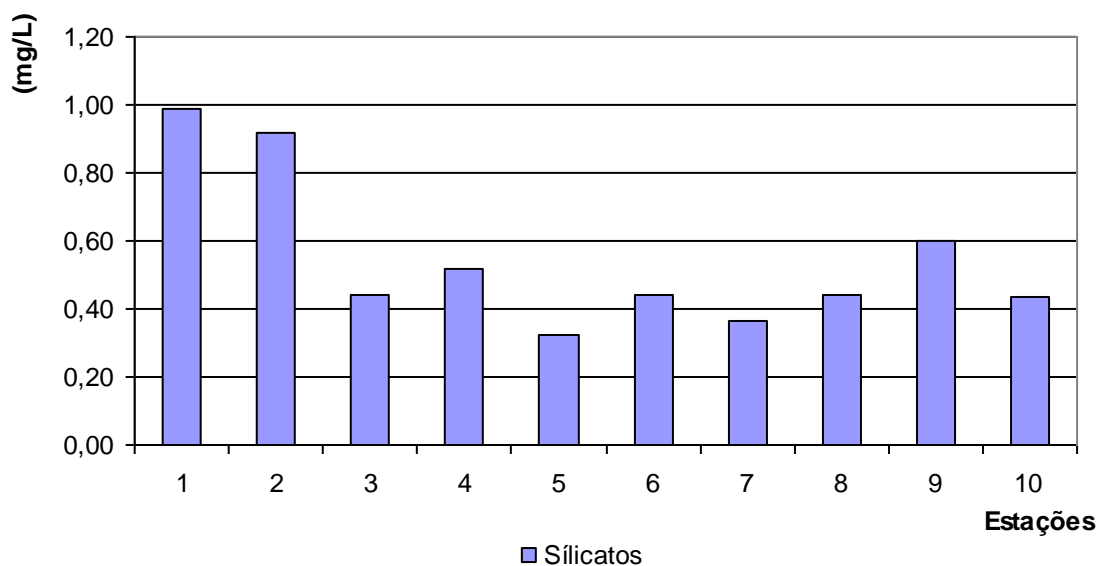


Figura 09: Concentrações de silicatos (mg/L) médias no período estudado das estações amostrais ao longo da Lagoa da Conceição.

3.4- Nutrientes

Segundo os dados do último censo (IBGE, 2000) a Bacia Hidrográfica da Lagoa da Conceição possuía 27.432 habitantes, sendo que apenas 15% possuem tratamento de esgotos feito pela CASAN, outros 60% possuem algum outro tipo de tratamento, logo, 25% dos habitantes despejam seus dejetos na bacia hidrográfica sem qualquer tratamento de esgotos. Cada habitante produz em média 3,2 kg de nitrogênio e 0,6 kg de fósforo ano, assim 21.945,6 kg/ano de nitrogênio e 4.114,8 Kg/ano de fósforo são despejados na laguna.

As concentrações de fosfato são semelhantes às encontradas por KNOPPERS (1984), PERSICH (1990), KOCH-DIAS (1999), BENTO (2000), FONSECA (2002) e FONSECA (2004), apesar do grande aumento do número de habitantes fixos desde a década de 80 (IBGE, 2000), como observado na série histórica (Tabela 02, adaptada de FONSECA, 2002). Assumindo-se a enorme carga de fósforo que o ecossistema recebe, pode-se sugerir que exista um mecanismo de absorção deste nutriente para a manutenção destas baixas concentrações. Segundo KOCH-DIAS (1999), a remoção de fósforo pode dar-se pela adsorção e sedimentação das partículas ou assimilação pelos produtores primários. Altas taxas de sedimentação também funcionam como filtro para fósforo, como observado por AGUIAR (2002) em estuários. Considerando que a zona eufótica da Lagoa da Conceição atinge a superfície do sedimento, pode-se sugerir que a comunidade bêntica desempenhe um importante papel na absorção de nutrientes. Segundo ESTEVES (1998), a liberação do fósforo pelo sedimento é diretamente influenciado pela concentração de oxigênio na água de contato (água sobre o sedimento), desta forma em regiões onde o hipolímnio é aeróbio é precipitado, enquanto que em hipolímnio anaeróbio este é liberado para a coluna d'água.

Na região sul da lagoa são encontradas elevadas concentrações de macroalgas bênticas (*Enteromorpha* sp., *Padina* sp. e *Ulva* sp.), gêneros estes típicos de ambientes eutrofizados, sendo possivelmente os maiores responsáveis pela assimilação de fósforo. Os sedimentos desempenham um importante papel no processo de eutrofização em ecossistemas aquáticos. A matéria orgânica produzida pelas algas, sedimenta e se decompõem mediante processos anaeróbios e aeróbios durante os quais são produzidos diversos compostos de carbono, nitrogênio e fósforo. Além disso, a decomposição da matéria orgânica afeta as concentrações de oxigênio e o potencial redox, podendo causar condições anóxicas na interface entre sedimentos e água, que por sua vez, afetam a liberação de nitrogênio e fósforo para as águas adjacentes.

A laguna possuía em 1940, cerca de 3.451 habitantes que viviam da exploração agrícola do local, sendo as culturas de café, mandioca e cana-de-açúcar as principais (IBGE, Censo 1940). Nos últimos 10 anos de acordo com o censo de 2000 do IBGE, a área da Lagoa da Conceição, se projetou como a terceira área que mais cresceu em Florianópolis, sendo que a sua taxa anual de crescimento proposta pelo IBGE é de 5,95%, na tabela 03 foi utilizado tal valor para calcular-se o número médio de habitantes em 2005.

Tabela 03: Tabela comparativa do aumento das concentrações de nutrientes em mg/L, de nitrato (N-NO₃), nitrito (N-NO₂), N-amoniacal, fosfato (P-PO₄) e da razão N/P entre 1980 e 2005 na Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.

Ano	No Hab.	Referência	Amostragens	NO ₃	NO ₂	NH ₄	P-PO ₄	N/P
1980	7.897	KNOOPERS et al. 1984	jun/82	0,362	0,002	0,013	0,004	7,0
								8,0
								29,0
		SOUZA-SIERRA e al. 1987	nov/83 anov/84	0,056	0,004	-	0,008	-
1991	14.794	PERSICH, 1990	dez/ 87 adez/ 88	0,029	0,012	-	0,031	-
2000	27.432	FONSECA et al, 2002	set/00	0,258	0,012	0,102	0,017	40,9
2005	32.625*	Este estudo	mar/04 a ago/05	1,055	0,010	0,020	0,02	41,4

(Adaptado de FONSECA, 2002)

Foram observados valores altos de nitrato na região norte indicando que o Rio João Gualberto, maior tributário de águas doces para a lagoa e que é margeado por uma área extremamente urbanizada e sem saneamento básico e a intensa ocupação das encostas dos morros na região da costa da lagoa é uma grande fonte de compostos nitrogenados. Em seus estudos PORTO-FILHO (1990) descreve a região norte do sistema lagunar como propícia para a deposição de sedimentos finos e matéria orgânica, justificando as altas concentrações de nutrientes na interface sedimento água encontradas por FONSECA (2004).

O nitrato (NO₃⁻) é o produto final da oxidação da amônia, e é convertida a nitrito (NO₂⁻) por um grupo de bactérias nitrificadoras chamadas *Nitrossomonas* e, posteriormente a nitrato (NO₃⁻) por outro grupo conhecido por *Nitrobacter* (PIVELI, 1997). Estas reações de nitrificação são mais rápidas com pH entre 7 e 8, temperaturas de 25° a 35°C e ocorrem em meio aeróbio (ARANA, 2004), ambiente propício encontrado na lagoa da Conceição onde os valores de pH encontram-se dentro da faixa acima citada.

Em regiões tropicais nos lagos denominados oligotróficos, a situação do ciclo de nitrogênio pode ser caracterizada pelo fato de ser o nitrato a forma mais freqüente, conseqüência da abundante presença do oxigênio. O amônio também está presente devido à intensidade do intercâmbio direto entre amonificação e assimilação do NH₄, mesmo em altas concentrações de oxigênio. Nos lagos eutróficos a situação se apresenta altamente influenciada pelo déficit do oxigênio no hipolímnio causando, desta forma, uma dominância das formas reduzidas do nitrogênio. A diminuição de nitrato, em um perfil vertical, está relacionada a um aumento recíproco de amônio.

As concentrações de nitrato obtiveram correlação inversa com a clorofila a (r^2 -0,5419 $p < 0,106$) e positiva com a sílica (r^2 0,5574 $p < 0,094$), para nitrogênio total foram observadas as mesmas correlações.

KOCH-DIAS (1999), encontrou em toda a coluna d'água em final de fevereiro de 1998, nas proximidades da estação amostral 04, altas concentrações de clorofila associadas a um afloramento de cianobactérias identificadas como *Trichodesmium sp.*, fixadora de nitrogênio. Segundo CARPENTER *et al.* (1993), *Trichodesmium sp.* habita o sedimento quando as suas células são jovens e os afloramentos de superfície apresentam uma maior porcentagem de células senescentes. GUIMARÃES & RORIG (1997), também encontraram em seus estudos células senescentes nas florações de *Trichodesmium hildebrandtii*, nas águas de superfície do litoral catarinense. A estação amostral 04 pelas suas características de localização e profundidade funciona como um sorvedouro de nutrientes nitrogenados e matéria orgânica.

Observou-se uma relação negativa entre carbono orgânico total e silicatos ($r^2 = -0,5541$ $p < 0,096$) e positiva com oxigênio dissolvido ($r^2 = 0,6249$ $p < 0,053$), o que sugere que a alta carga orgânica recebida pela lagoa ocasionada pela ocupação desordenada de seus entornos auxilia no incremento de material orgânico de origem antrópica ao sistema. A média da razão N/P variou de 14,66 na década de 80 (KNOPPERS *et al.*, 1984), para valores de 40,9 em setembro de 2000 (FONSECA, 2002) e 41,4 entre março de 2004 a agosto 2005 (este trabalho), considerando-se a pequena variação do fósforo no mesmo período, os resultados sugerem que o aumento destes valores estão associados ao incremento das formas nitrogenadas. A ausência de estudos de longa duração sobre a ocorrência e abundância de cianobactérias limita a sua associação à eutrofização do corpo lagunar, porém os altos valores da relação C/N indicam o seu acelerado processo.

Os padrões de estratificação térmica da coluna d'água são muito variáveis, ocasionada por fatores climatológicos e outros inerentes ao próprio ecossistema, como por exemplo, a sua morfometria. Este processo de desestratificação diária é facilitado pela pouca diferença de temperatura entre o epilímnio e o hipolímnio. Para a Lagoa da Conceição a desestratificação é freqüente, pois a atuação dos ventos é facilitada pela ausência de montanhas nas proximidades, além de possuir um espelho d'água com grande área em relação à profundidade do corpo d'água.

Podemos afirmar que os altos valores obtidos para o Carbono orgânico total são diretamente ligados às áreas de urbanização abrigadas do vento e não sujeitas a correntes, observou-se também que a profundidade influi também de forma significativa.

Não foi observada variação nos valores de fósforo total na coluna d'água, tal fato sugere uma rápida absorção de fósforo pelo fitoplâncton e alta taxa de sedimentação. O nitrogênio um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos, não atua como fator limitante da produção primária.

Conclusivamente, a Lagoa da Conceição vem sofrendo um acelerado processo de eutrofização antropogênica, ocasionada pela ocupação inadequada de seus entornos e mal uso de seus recursos, tal fato está sendo minimizado pelo seu grande volume d'água e hidrodinâmica do

corpo lagunar. Mas, pode-se afirmar que o input dos estressores está sendo maior que a ciclagem de água do corpo lagunar e que medidas preventivas devem ser tomadas.

4- BIBLIOGRAFIA

AGUIAR, V. M. 2002 **Estudo da dinâmica do fósforo no Sistema Estuarino de Santos/São Vicente em seu trajeto em direção à Baía de Santos**. Dissertação de mestrado, Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, São Paulo. 166p.

ARANA, L. V. 2004, **Princípios Químicos de Qualidade da Água em Aqüicultura: uma revisão para peixes e camarões**. 2 ed. rev. e ampl., Florianópolis: Ed. da UFSC, 231p.

ASSUNPÇÃO, D.T.G.; A.P.P. TOLEDO & V.A. D'AQUINO. 1981. **Levantamento ecológico da Lagoa da Conceição (Florianópolis, Santa Catarina) I: Caracterização – parâmetros ambientais**. *Ciência e Cultura*, 33 (8): 1096-1101.

BARBOSA, F. A. R. & TUNDISI, J. G., 1980, **Primary production of phytoplankton and environmental characteristics of a shallow Quarternary lake at Eastern Brasil**. *Arch. Hydrobiol.*, 90(2): 139-161.

CARPENTER. EJ, PJA SIDDIQUI, B BERGMAN, J O'NEIL & DG CAPONE, 1993. **The tropical diazotrophic phytoplankter rICODESMIUM: biological characteristics of two species**. *Mar Ecol. Prog. Ser.*, 95: 295-304.

CROMWELL, J. E.. 1971, **Barrier coastal distribution, a world-wide survey**. *Abstr. Nat. Coast. Shallow. Water. Res. Conf.*

CRUZ, O. 1998. **A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo; um estudo de geomorfologia costeira**. Florianópolis, Editora da UFSC. 276p

ESTEVES, F. A., 1998, **Fundamentos de Limnologia**, 2ª ed. – Rio de Janeiro: Interciência.

FONSECA, A. 2004. **Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluídos de nutrientes e do metabolismo na interface sedimento água da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil**. Tese de doutorado em Ciências área de Oceanografia química e Geológica.

FONSECA, A.; E.S. BRAGA & B.B. EICHLER. 2002. **Distribuição espacial dos nutrientes dissolvidos e pigmentos fotossintetizantes no sistema pelágico da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil**. (setembro 2000). *Atlântica*, 24 (2): 15-29.

GARCIA, A.A. 1999 **Diagnóstico ambiental da lagoa da Conceição e do canal da Barra**

através de indicadores físico-químicos de sedimentos de fundo e dos indicadores sócio-ambientais Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, UFSC. Florianópolis, SC. 298p.

GRAY, J.S.; R.S. WU & Y.Y. OR. 2002. **Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment**. Mar. Ecol. Progr. Ser., 238: 249-279.

GUIMARÃES SCP & LR RORIG, 1997, **Microorganismos associados à florações da cianobactéria T. hildebrandtii na costa de SC**. Notas Técnicas FACIMAR, 1:43-47

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2000. Censo demográfico

ISHII, I.H., 1987, **Contribuição ao estudo do ciclo do carbono na Represa de Três Marias, MG. São Carlos**, 159p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Recursos Naturais), Universidade Federal de São Carlos.

KJERFVE, B. 1994. **Coastal lagoons processes**. In: Kjerfve, B., ed. Coastal lagoon processes. Elsevier Science Publishers B.V., P. 1-7

KNOPPERS, B.A.; OPTIZ, S.S.; SOUZA, M.P.; NUGYEZMC, F. 1984, **The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon, SC, Brasil**. Arq. Biol. Tecnol.

KOCH-DIAS, J. 1999. **Avaliação do grau de Eutrofização da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC** monografia de Conclusão do Curso de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 120p..

MCGLATHERY, K.J.; I.C. ANDERSON & A.C. TYLER. 2001. **Magnitude and variability of benthic and pelagic metabolism in a temperate coastal lagoon**. Mar. Ecol. Progr. Ser. 216: 1-15.

MUEHE, D. & CARUSO GOMES, F. 1989, **Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição, SC, Brasil**. Mem. VII Simp. Ocean. Biol. UNESCO/, Montevideo, Uruguai.

ODEBRECHT, C. & CARUSO GOMES Jr., 1987, F. **Hidrografia e matéria particulada em suspensão na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. Atlântica.

PERSICH, G.R. 1990. **Parametros físico-químicos, seston e clorofila a na Lagoa da Conceição, SC**. Monografia à conclusão do curso de Pós-graduação "Lato sensu", especialidade em Hidroecologia, Universidade Federal de Santa Catarina. 34p.

PIVELI, R. P. 1997, **Qualidade das Águas**. ed: [s.n.], São Paulo, 218p. (Apostila).

PORTO FILHO, E. 1993, **Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado em Geografia, UFSC, SC., Brasil.

RODRIGUES, R.M. 1990, **Avaliação do Impacto do Sistema de Esgoto Sanitário na Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**. Dissertação. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.

SIERRA DE LEDO, B. & E.J. SORIANO-SIERRA. 1994. **Atributos e processos condicionantes da hidrodinâmica na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina**, Brasil. ACIESP, 2: 113-121.

SOUZA SIERRA, M.M., SORIANO-SERRA, E.J, SALIM, J.R.S. 1987. **Distribuição espacial e temporal dos principais nutrientes e parâmetros hidrológicos da Lagoa da Conceição**. An. Cient. UNALM, 2: 19-32.

7.2 – ARTIGO 2: VARIAÇÃO SAZONAL E ESPACIAL DAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DOS SEDIMENTOS DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, FLORIANÓPOLIS, SC

1 - INTRODUÇÃO:

Os sistemas costeiros são áreas de transição entre o ambiente terrestre e o oceânico, formando uma interface onde ocorrem processos de transporte, retenção e modificação de matéria orgânica. (STAHL *et al.*, 2001). As lagoas costeiras são formações geologicamente recentes e apresentam estrutura morfológica diversificada, em escala global margeiam cerca de 13% da zona costeira e na América do Sul esta relação é de 12% (KJERFVE,1994).

Segundo ESTEVES (1998), os sedimentos de um lago podem ser considerados como o resultado da integração de todos os processos que ocorrem no ecossistema. A sua capacidade de acumular compostos é uma das principais ferramentas da avaliação da intensidade e formas de impactos, além da sua importância no estudo da evolução histórica do ecossistema.

Após a sedimentação dos constituintes da coluna d'água podem ocorrer mudanças na forma química dos elementos, através de um grande espectro de mecanismos e interações, alterando o equilíbrio entre sólidos e suas espécies dissolvidas.

STUMN & MORGAN (1981), afirmam que processos de redução, envolvendo a matéria orgânica, ocorrem de acordo com uma seqüência de reações: denitrificação e redução de nitritos, redução de sulfatos e fermentação de metano, sendo os ambientes sedimentares correspondentes a esses processos respectivamente óxidos, pós-óxidos, sulfídricos e metânicos.

A matéria orgânica pode alterar significativamente a distribuição entre as formas oxidadas e reduzidas dos elementos em sedimentos. Estudos têm indicado uma correlação direta entre a velocidade de sedimentação e a concentração de matéria orgânica em sedimentos.

Os ecossistemas lagunares situados na zona costeira apresentam uma grande dinâmica nos processos de circulação e sedimentação, que é condicionada por sua origem geológica e configuração geomorfológica, que proporciona um maior grau de exposição aos ventos atuantes e mais intensos, assim como um maior aporte de material sedimentar provindo dos ecossistemas associados, o que caracteriza o efetivo processo de sedimentação costeira, natural nestes ambientes.

A atividade humana nas áreas costeiras como despejos de efluentes domésticos e industriais, uso de fertilizantes e queima de combustíveis fósseis, aumentando as cargas de nitrogênio, fósforo e carbono, tem alterado o uso do solo e dos habitats naturais, modificando as taxas e os balanços dos processos biogeoquímicos. Portanto, necessita-se quantificar em caráter temporal e espacial os teores dos nutrientes nos sedimentos do ecossistema lacustre para a avaliação do grau de comprometimento do mesmo.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

A Lagoa da Conceição, localiza-se na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina e possui uma área aproximada de 20 km², que se estende por 13,5 km em sentido norte sul (MUEHE & CARUSO GOMES Jr., 1989; KNOPPERS *et. al.*,1984). A ligação com o mar é feita através de um canal longo e estreito, com cerca de 2,5 km de extensão, apresentando largura variável entre 20 e 40 m.

Segundo DUTRA (1990), além do canal, que constitui o único aporte de água salgada, a Lagoa da Conceição recebe também aportes de água doce provenientes de precipitações regulares diretas ou indiretas, resultantes do escoamento superficial, e da drenagem de pequenos córregos e rios, dentre os quais se podem destacar o Rio João Gualberto (ou Rio das Capivaras), situado no extremo norte do sistema lagunar, possui uma bacia hidrográfica de 4,0 km², e contribui com uma vazão média de 1,0 m³/s, medida nas proximidades da foz.

2.2- Amostragem

Foram analisadas amostras de sedimentos, coletadas em 10 (dez) pontos distintos. Este trabalho foi efetuado por 24 meses, a partir de fevereiro/2004. A amostragem foi feita de forma sazonal, verão e inverno, nos anos de 2004 e 2005, caracterizando uma amostra por período, perfazendo um total de quatro coletas, devido principalmente, às influências das variações ambientais e flutuações da densidade demográfica sobre as concentrações de macronutrientes e teores de elementos traços presentes nos compartimentos bióticos e abióticos, evidenciadas em trabalhos anteriores (KOCH-DIAS 1999 e GARCIA, 1999).

As amostras sub-superficiais do sedimento (0-10 cm) foram obtidas do corpo lacustre com o auxílio de uma embarcação do tipo baleeira e amostrador manual “draga Van-Veen”, com capacidade de 1.5 Kg, modelo 1728-630-0995 de la Wildlife Supply Co, Michigan.

Os sedimentos foram imediatamente acondicionados em frascos de polietileno, previamente lavados com HNO₃ e congelados para análise posterior.

2.3- Variáveis e Métodos

2.3.1- Análise dos sedimentos

Foram determinados os teores de Carbono Orgânico Total (COT% P.S.); Nitrogênio Total (NT% P.S.) e Fósforo Disponível (ppm) de cada amostra.

Parâmetro	Método	Referência
Carbono Orgânico Total	“ Método Walkley Black”, descrito por ALLISON (1935) e modificado por BLACK et al. (1975)	APHA (1998)
Nitrogênio Total	Método da oxidação úmida de Kjeldahl”ou “Semimicro Kjeldahl”, como descrito por BREMMER (1965) E BREMMER & MULVANEY (1982)	TEDESCO <i>et al.</i> (1985)
Fósforo Total	Espectrofotométrico do Ácido Ascórbico,	TEDESCO <i>et al.</i> (1985)

O teor de matéria orgânica (MO%) dos sedimentos foi calculada a partir das concentrações de (COT%) das amostras, pela multiplicação deste por um fator coeficiente (R) 1,72 (Fator de VAN BEMMELEN)

Com relação à denominada razão C/N, (BRESCIANI, 1998), descreve a mesma como uma relação direta com a variação de matéria orgânica a sua possível origem e sugere o uso da relação C/N para a interpretação das trocas paleoambientais da matéria orgânica de lagos. Pequenos organismos como algas, fitoplâncton e zooplâncton são caracterizados por conterem altas concentrações de proteínas, logo baixos valores de C/N. Já plantas terrestres geralmente contêm baixas concentrações de proteínas e, portanto, altos valores de C/N. A razão C/N, pode então, ser utilizada para predizer a proporção relativa da origem de carbono autóctone e alóctone.

Para razões de C/N maior que 20, a origem da matéria orgânica é preferencialmente terrestre (plantas superiores). Já com valores de C/N menor do que 10, o material é predominantemente de origem aquática. Para valores intermediários entre 10 e 20, existe uma mistura de material terrestre e aquático (BRESCIANI, 1998).

2.4 - Tratamento estatístico

Para averiguar-se a diferença significativa ($p < 0,05$) entre as regiões e as áreas mostrais na Lagoa da Conceição, foi aplicada a Análise de correlação, através da utilização dos pacotes estatísticos Statística 6.0 e Spadn 3.5. que gera um teste global para verificar se há diferença entre as variáveis.

3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1- Análise Estatística

Através do método de correlação, que determinou a similaridade entre os elementos com características mais parecidas entre si, observou-se uma grande correlação positiva entre nitrogênio

(N), carbono total (C), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), pequena correlação entre fósforo e os outros elementos e correlação negativa do pH (Tabela 01). A matriz de correlação e os valores encontrados na tabela de estatística descritiva (Tabela 02) serão utilizados nas discussões a seguir.

Tabela 01: Matriz de correlação dos parâmetros analisados.

	pHI	pHV	PI	PV	NI	NV	COTI	COTV	MOI	MOV	PBI	PBV
pHI	1,00											
pHV	1,00	1,00										
PI	0,07	0,07	1,00									
PV	0,07	0,07	1,00	1,00								
NI	-0,61	-0,61	0,28	0,28	1,00							
NV	-0,61	-0,61	0,28	0,28	1,00	1,00						
COTI	-0,66	-0,66	0,20	0,20	0,95	0,95	1,00					
COTV	-0,66	-0,66	0,20	0,20	0,95	0,95	1,00	1,00				
MOI	-0,66	-0,66	0,20	0,20	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00			
MOV	-0,66	-0,66	0,20	0,20	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00	1,00		
PBI	-0,61	-0,61	0,28	0,28	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	1,00	
PBV	-0,61	-0,61	0,28	0,28	1,00	1,00	0,95	0,95	0,95	0,95	1,00	1,00

Legenda: I – inverno e V – verão

Tabela 02: Estatística descritiva dos valores médios, mediana, moda, valores mínimos, valores máximos, variância e desvio padrão, dos parâmetros analisados. .

	Média	Mediana	Moda	Mínimo	Máximo	Variância	Desvio Padrão
PhI	5,77	5,80	Múltipla	3,90	8,50	1,93	1,39
pHV	6,23	6,26	Múltipla	4,21	9,18	2,25	1,50
PI	41,30	39,00	Múltipla	9,50	92,00	725,24	26,93
PV	44,60	42,12	Múltipla	10,26	99,36	845,92	29,08
NI	0,42	0,46	Múltipla	0,03	0,67	0,03	0,18
NV	0,46	0,50	Múltipla	0,03	0,72	0,04	0,19
COTI	6,71	7,25	Múltipla	0,22	9,67	7,74	2,78
COTV	7,24	7,83	Múltipla	0,24	10,44	9,03	3,01
MOI	11,53	12,47	Múltipla	0,38	16,63	22,91	4,79
MOV	12,46	13,47	Múltipla	0,41	17,96	26,72	5,17
PBI	2,65	2,87	Múltipla	0,18	4,19	1,23	1,11
PBV	2,87	3,10	Múltipla	0,19	4,53	1,44	1,20

Legenda: I – inverno e V – verão

3.2- Nutrientes nos sedimentos de fundo

Sedimentos são camadas de partículas minerais e orgânicas, com frequência finamente granuladas, que se encontra em contato com a parte inferior dos corpos de água natural, como lagos, rios e oceanos. Nos sedimentos, a proporção dos minerais para matéria orgânica, varia substancialmente em função da sua localização (BAIRD, 2002).

O grau de nutrientes nos sedimentos da Lagoa é função da origem dos sedimentos e dos detritos, assim como, de todos os processos da dinâmica de fundo e que, por sua vez, relacionam-se com a sua conformação morfológica.

Segundo SALOMONS & FORSTNER (1984), após a deposição de constituintes sedimentares da coluna d'água podem ocorrer mudanças na forma química dos elementos, através de um grande espectro de mecanismos e interações, alterando o equilíbrio entre sólidos e suas espécies dissolvidas.

Com relação ao conteúdo de fósforo (P), nos ecossistemas aquáticos, o mesmo tem fontes naturais e artificiais. Entre os primeiros, as rochas da bacia de drenagem, predominando granito em 0,087 % do P total, no caso da bacia da Lagoa da Conceição. Os aportes artificiais provem principalmente dos esgotos domésticos e industriais, fertilizantes e material particulado de origem industrial contido na atmosfera.

Observou-se uma ampla variação nas concentrações de fósforo total ($S= 26,49$) com variação máxima 95,68 ppm na estação 03 (local das embarcações denominadas Floripinhas) e concentração mínima de 9,88 ppm na estação 02. As altas concentrações de fósforo estão relacionadas ao input de nutrientes no ecossistema lacustre principalmente por esgotos não tratados de origens diversas. Fósforo não apresentou boa correlação com os demais parâmetros (Tabela 01). A média obtida nos 10 pontos foi 42,30 ppm, um aumento de 14,85 ppm em relação à concentração média obtida por PORTO-FILHO (1993). Os maiores teores aparecem em zonas restritas, intimamente relacionadas às margens que são urbanizadas, o que pode estar indicando uma possível fonte artificial de fósforo.

Os teores de carbono orgânico total dos sedimentos variaram entre uma concentração máxima de 10,06% na estação 04 (Avenida das Rendeiras) e mínima de 0,23% na estação 05 (Canal da Barra), observa-se uma relação direta com maiores teores de carbono orgânico, para os sedimentos de textura mais fina encontrados na estação 04 e menores correlações com os de textura mais grossa com o sedimento arenoso encontrado na estação 05. Houve uma variação das concentrações deste nutriente entre os meses de inverno e verão, indicando que a interferência ambiental ocasionada pela ocupação humana na lagoa principalmente o acréscimo populacional na época no verão, tanto da faixa junto à orla do sistema lacustre, quanto da restinga, têm acelerado o processo de degradação do ecossistema (Tabela 02).

GOLACHOWSKA (1984) demonstrou em seu estudo, a não existência da relação entre a concentração de fosfato no sedimento e o estado trófico de vários lagos de regiões temperadas. Para lagos brasileiros a ausência desta relação parece ser freqüente, como demonstrou MORENO (1988). Comparando-se os resultados com os de PORTO-FILHO (1993), verifica-se um aumento de 11,25% nas concentrações de carbono orgânico total. Observou-se alta correlação das concentrações de carbono com os outros nutrientes exceto fósforo (Tabela 01).

Os valores de matéria orgânica sofreram uma ampla variação com teores máximos de 17,50% na estação 04 e 0,39 % na estação 05, com um teor médio de 11,81%. As maiores concentrações foram obtidas nas estações onde os sedimentos possuíam as mesmas características lama esverdeada, com forte odor enxofrídrico, sendo as localidades densamente povoadas.

Segundo PORTO-FILHO (1993), os teores de matéria orgânica e carbono orgânico mostram-se relacionados diretamente com a textura dos sedimentos, ou seja, os mais finos, relação esta evidenciada em outros ecossistemas costeiros lagunares do Brasil.

STUMN & MORGAN (1981), afirmam que processos de redução, envolvendo a matéria orgânica, ocorrem de acordo com uma seqüência de reações: processos aeróbios, desnitrificação e redução de nitritos, redução de sulfatos e fermentação de metano, sendo os ambientes sedimentares correspondentes a esses processos respectivamente óxidos, pós-óxidos sulfídricos e metânicos. A matéria orgânica pode alterar significativamente a distribuição entre as formas oxidadas e reduzidas em sedimentos. Estudos têm indicado uma correlação direta entre a velocidade de sedimentação e a matéria orgânica lábil em sedimentos. Segundo SHINE, ILLA & FORD (1995), a alta taxa de sedimentação deverá limitar a difusão de oxigênio no sedimento até a sua exaustão devido à respiração do carbono orgânico.

As maiores concentrações de nitrogênio total foram encontrados na estação 04 (0,70%) e as menores concentrações na estação 05 (0,03%), estando às concentrações relacionadas com a granulometria dos sedimentos e áreas que funcionam como recipientes de acumulação e com intensa urbanização.

Os sedimentos da Lagoa da Conceição, apresentaram variações do potencial hidrogeniônico (pH) entre ácido a muito alcalino com um valor mínimo de 3,90 a um valor máximo de 8,20 com valor médio de 5,52 e desvio padrão de 1,36, próximo ao encontrado por PORTO-FILHO (1993) $S = 1,37$.

No corpo lacustre, os sedimentos com teores levemente ácidos e ácidos, ocorrem em áreas com características próprias, em pontos determinados do canal intra-lagunar; e na porção sul do sistema, onde ocorre pequena profundidade. Os sedimentos com pH levemente alcalino e alcalino ocorrem por toda a área marginal do sistema. Observaram-se uma relação direta do pH com os sedimentos de fundo sendo os menores valores encontrados em fácies siltosas e argilosas.

PORTO FILHO, (1993) utiliza a razão C/N como indicativo do valor nutritivo dos sedimentos, e que, quanto menor o valor da razão C/N maior é o valor nutritivo, o qual é bem aproveitado pelos organismos, pois, encontram-se dentro das suas necessidades de proteína.

No corpo lagunar, a distribuição destes valores apresenta-se de forma irregular, não se correlacionando com a profundidade. Foram encontrados valor máximo de 19,07% na estação 10 e valor mínimo de 7,67% na estação 05. Relação inversa ocorre entre a relação C/N e a textura dos

sedimentos. Os valores de C/N correlacionam-se negativamente com grânulo e areia ($r^2 = -0,76$ e $r^2 = -0,80$) e positivamente com silte e argila ($r^2 = 0,80$ e $r^2 = 0,74$). Indicando uma mistura de material terrestre e aquático (BRESCIANI, 1998).

A variação sazonal dos nutrientes está relacionada às variações de temperatura, da entrada do material terrígeno, do metabolismo do sistema e da sedimentação do material em suspensão e sua característica (RYSGAARD *et al.*, 1995; TAKAYANAGI & YAMADA, 1999; VIDAL & MORGUE, 2000 e FONSECA, 2004). Na Lagoa da Conceição os fluxos de nutrientes não apresentaram diferenças significativas durante o período estudado (Tabela 02).

A excreção dos organismos, a decomposição do material sedimentado e o incremento de nutrientes via esgotos, são considerados as principais fontes de nutrientes em ambientes costeiros (HUANG & HONG, 1999). Segundo FONSECA (2004), na Lagoa da Conceição o predomínio das formas orgânicas dos nutrientes pode ser reflexo destes fatores, considerando o papel da comunidade bêntica na ciclagem de nutrientes, a característica heterotrófica e a entrada de esgotos in natura na laguna.

4- BIBLIOGRAFIA

- APHA, 1998, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** 12 th Edition.
- BAIRD, C. **Química ambiental**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 622p. 2002.
- BRESCIANI, L. 1988 . “ **Avaliação da Composição orgânica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição – Ilha de Santa Catarina.**” Dissertação Mestrado. Centro de Ciências Físicas e matemáticas, Departamento de Química. Universidade Federal de Santa Catarina., Florianópolis, S.C. Brasil. 108 p.
- DUTRA, S. 1990. **Caracterização Geo-Ambiental da bacia de drenagem do Rio João Gualberto, Ilha de Santa Catarina.** Trabalho de Conclusão de Curso em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina. 80 p.
- ESTEVES, F. A., 1998, **Fundamentos de Limnologia**, 2ª ed. – Rio de Janeiro: Interciência.
- FONSECA, A. 2004. **Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluídos de nutrientes e do metabolismo na interface sedimento água da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil.** Tese de doutorado em Ciências área de Oceanografia química e Geológica.
- GARCIA, A.A. 1999 **Diagnóstico ambiental da lagoa da Conceição e do canal da Barra através de indicadores físico-químicos de sedimentos de fundo e dos indicadores sócio-ambientais** Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro

Tecnológico, UFSC. Florianópolis, SC. 298p.

GOLACHOWSKA, J. B. 1984 **Phosphorous in the bottom sediments of some lakes of the world.**

Pol Arch Hydrobiol., 31:175-205.

HUANG, B. & H. HONG. 1999. **Alkaline phosphatase activity and utilization of dissolved organic phosphorus by algae in subtropical coastal waters.** Mar. Pollut. Bull., 39 (1-12): 205-211.

KJERFVE, B. 1994. **Coastal lagoons processes.** In: Kjerfve, B., ed. Coastal lagoon processes. Elsevier Science Publishers B.V., P. 1-7

KNOPPERS, B.A.; OPTIZ, S.S.; SOUZA, M.P.; NUGYEZMC, F. 1984, **The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon, SC, Brasil.** Arq. Biol. Tecnol.

KOCH-DIAS, J. 1999. **Avaliação do grau de Eutrofização da Lagoa da Conceição, Florianópolis, S.** Monografia de Conclusão do Curso de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 120p..

MORENO, I. H.. 1988 **Estudos limnológicos na Represa de Três Marias (MG), com ênfase no ciclo do fósforo.** São Carlos, DCB/UFSCar. 133p.

MUEHE, D. & CARUSO GOMES Jr., f.. 1989, **Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição, SC, Brasil.** Mem. VII Simp. Ocean. Biol. UNESCO/, Montevideo, Uruguai.

PORTO FILHO, E. 1993, **Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado em Geografia, UFSC, SC., Brasil.

RYSGAARD, S.; P.B. CHRISTIENSEN & L.P. NIELSEN. 1995. **Seasonal variation in nitrification and denitrification in estuarine sediment colonized by benthic microalgae and bioturbating infauna.** Mar. Ecol. Progr. Ser., 126: 111-121.

SALOMONS, W.; FORSTNER U. 1984. **Metals in the hidrocycle.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New York, 349p.

SHINE, J.P.; IKA R. V.; FORD, T.E. 1995. **Multivariate statistical examination of spatial and temporal patterns of heavy metal contamination in New Bedford harbor marine sediments.** Env. Sci. Technol. (29), 7, 1781-1788.

STAHL, H.; P.O.J. HALL; A. TENGBERG; A.B. JOSEFSON; N. STREFTARIS; A. ZENETOS & A.P. KARAGEORGIS. 2004. **Respiration and sequestering of organic carbon in shelf sediments of the oligotrophic northern Aegean Sea.** Mar. Ecol. Progr. Ser., 269: 33-48.

STUMN, W & MORGAN, J.J. 1981. **"Aquatic chemistry"**. Ed. Wiley, 780p. New York.

- TAKAYANAGI, K. & H. YAMADA. 1999. **Effects of benthic flux on short term variations of nutrients in Aburatsubo Bay.** J. Oceanogr., 55: 463-469.
- TEDESCO, M. J., VOLKWEISS, S. J., BOHNEN, H., 1985 **Análises de solo, plantas e outros materiais.** Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, 160 p.
- VIDAL, M. & J.A. MORGUE., 2000. **Close and delayed benthic-pelagic coupling in coastal ecosystems: role of physical constraints.** Hydrobiologia, 429: 105-113.

7.3 – ARTIGO 3: AVALIAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL CAUSADO PELA PRESENÇA DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS DE FUNDO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, FLORIANÓPOLIS, SC

1- INTRODUÇÃO

As lagoas costeiras ocupam uma área considerável da zona costeira dos continentes. Na América do Sul, cerca de 12,2% da extensão da costa se apresenta sob forma lagunar, o que representa 10,3% da extensão mundial ocupada por lagoas costeiras (CROMWEL, 1971).

Apesar destes aspectos e de sua grande importância paisagística e turística, as lagoas costeiras brasileiras são pouco conhecidas ecologicamente e mesmo assim, grande número desses ecossistemas vem sofrendo profundas modificações nas condições naturais. Promovidas pelas atividades que o homem realiza para constituir seus modelos de desenvolvimento, devido ao crescente número da população mundial, que em sua maior parte encontra-se distribuída nas zonas costeiras, não sendo efetuado um ponderado uso do espaço geográfico.

A presença de agentes poluidores como metais pesados provocam a degradação do ambiente e da qualidade dos recursos (flora e fauna aquática) e em consequência, podem ocasionar sérios problemas de saúde através da cadeia trófica, ingressando no organismo humano.

Sedimentos são dependendo do ambiente em que se encontram uma fonte ou um sumidouro para os metais provenientes das águas superficiais. Amostras de sedimento podem indicar não apenas sua qualidade atual como também diferenças na sua composição ao longo do tempo. Metais são uma classe única de elementos tóxicos. Eles ocorrem e são persistentes na natureza, porém, sua forma química pode ser alterada por atividades físico-químicas, biológicas e antropogênicas, sendo sua toxicidade drasticamente alterada em função das diferentes formas químicas que podem ser assumidas. Eles podem ser prejudiciais à saúde pública devido a sua presença em alimentos, água e ar, e seu efeito é agravado devido à exposição contínua (LU, 1996).

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

A Lagoa da Conceição localiza-se na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina, entre as coordenadas de 27°34'S e 48°27'W. Possui uma área aproximada de 20 km², que se estende por 13,5 km em sentido norte sul, com largura variável entre 0,15 e 2,5 km e volume d'água

de aproximadamente 50.000.000 m³ (MUEHE & CARUSO GOMES Jr., 1989; KNOPPERS et. al.,1984).

A ligação com o mar é feita através de um canal longo e estreito, que meandra por cerca de 2,5 km de extensão, apresentando largura variável entre 20 e 40 m (GRÉ & HORN FILHO, 1999). Segundo DUTRA (1990), além do canal, que constitui o único aporte de água salgada, a Lagoa da Conceição recebe também aportes de água doce provenientes de precipitações regulares diretas ou indiretas, resultantes do escoamento superficial, e da drenagem de pequenos córregos e rios, dentre os quais pode-se destacar o Rio João Gualberto (ou Rio das Capivaras). Este rio, situado no extremo norte do sistema lagunar, possui uma bacia hidrográfica de 4,0 km², e contribui com uma vazão média de 1,0 m³/s, medida nas proximidades da foz.

2.2- Amostragem

Foram analisadas amostras de sedimentos, coletadas em 10 (dez) pontos distintos. Este trabalho foi efetuado por 24 meses, a partir de fevereiro/2004. A amostragem foi feita de forma sazonal, verão e inverno, nos anos de 2004 e 2005, caracterizando uma amostra por período, perfazendo um total de quatro coletas, devido principalmente, às influências das variações ambientais e flutuações da densidade demográfica sobre as concentrações de macronutrientes e teores de elementos traços presentes nos compartimentos bióticos e abióticos, evidenciadas em trabalhos anteriores (KOCH-DIAS 1999 e GARCIA, 1999).

As amostras sub-superficiais do sedimento (0-10 cm) do sedimento foram obtidas do corpo lacustre com o auxílio de uma embarcação do tipo baleeira e amostrador manual “draga van-veen”, com capacidade de 1.5 Kg, modelo 1728-630-0995 de la Wildlife Supply Co, Michigan.

Os sedimentos foram imediatamente acondicionados em frascos de polietileno, previamente lavados com H. Imediatamente após a coleta o material coletado foi enviado à Central de Análises de Depto de Química da UFSC, onde foram

2.3- Variáveis e métodos

Para a avaliação do grau de comprometimento da Lagoa da Conceição, utilizou-se os metais Cd, Cu, Mn, Ni, Pb e Zn, nos sedimentos. As determinações de metais foram realizadas num espectrômetro de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado, ICP-MS, ELAN 6000 da Perkin-Elmer SCIEX (Thornhill, Toronto, Canada). A determinação das frações granulométricas seguiu a escala de Went-worth(1922).

2.3.1-- Preparação do material

Todos os frascos para o acondicionamento das amostras, soluções e os materiais de vidro foram mantidos em ácido nítrico 10 % (v/v) por, no mínimo, 5 dias ou em HNO₃ 1+1 por, no mínimo, 24 h. Os tubos de poli(tetrafluoretileno) (PTFE), empregados na digestão ácida, foram aquecidos em HNO₃ 1+1, no mínimo, por 4 h. Gral de ágata e o pistilo, usados para homogeneizar as amostras de sedimento, foram mergulhados em HNO₃ 10 % (v/v) por, no mínimo, 48 h e lavados com água destilada em abundância.

2.3.2- Soluções e reagentes

Para o preparo de todas as soluções de calibração e para a mineralização das amostras foram utilizados reagentes com elevado grau de pureza. Mais especificamente, o procedimento incluiu a solução estoque multielementar Merck IV (Darmstadt, Alemanha, nº 90392573) para preparar soluções intermediárias dos elementos Cd, Cu, Mn, Ni, Pb; preparadas em água com resistividade de 18 mΩ.cm, obtida no sistema Milli-Q (Millipore, Bedford, M.A., USA). O ácido nítrico da Carlo Erba (Milão, Itália, nº 408015), empregado no preparo das soluções, ou como reagente, foi destilado abaixo do seu ponto de ebulição em um destilador de quartzo da Hans Kürner Analystechnik (Rosenheim, Alemanha).

2.3.3- Determinação de metais traço em sedimento

Para a comprovação do método foi analisado o material de referência: MESS-2 “Marine Sediment Reference Materials for Trace Metals and other Constituents” do National Research Council Canadá, CNRC.

Aproximadamente 200 mg de sedimento (triturado e homogeneizado em gral de ágata e peneirado em malha de poliéster de tamanho 67 µm) foram pesados em tubos de PTFE do forno de microondas e adicionados de 4 mL de HNO₃ + 1,5 mL de HF destilado e a mistura foi submetida a

programa de potência do forno de microondas. Após esfriar, o conteúdo do tubo foi transferido a um frasco volumétrico. O volume foi levado a 50 mL e a solução armazenada em tubo de polietileno, previamente limpo e etiquetado, mantido em refrigerador a 4 °C. Para a determinação dos elementos traço por ICP-MS usou-se o sistema de injeção em fluxo, para a introdução de pequenas quantidades de amostra no plasma. A curva de calibração foi obtida com soluções preparadas no branco do procedimento, contendo os analitos na faixa de concentração de 1,0 - 20,0 $\mu\text{g L}^{-1}$.

2.4- Quantificação do impacto ambiental

Valores de concentração natural (Background), dos elementos são necessários para estimar o grau de comprometimento de determinado ecossistema por metais (LORING & RANTALA, (1992); SALOMONS & FORSTNER, (1984)), à qual é somada a contribuição antropogênica. Tais valores podem ser estabelecidos através de concentrações médias em sedimentos de textura equivalente, reportados na literatura; através de medidas diretas de concentrações de metais em sedimentos de regiões sabidamente não poluídas ou através de medidas diretas de concentrações de metais em sedimentos sub-superficiais, em profundidades que não apresentem possibilidade de contaminação ou atividade biológica.

A quantificação do impacto ambiental causado pela presença de metais de origem antrópica na Lagoa da Conceição, foi feita com base nas análises de LORING & RANTALA, (1992) com base na média das concentrações de metais totais na fração do sedimento menor que 63 μm de diâmetro e cálculo do índice de geoacumulação (FÖRSTNER & WITTMANN, 1983). Esse índice foi calculado com base nos valores apresentados pela literatura através da equação:

$$I_{\text{geo}} = \text{Log}_2 C_n / 1,5B_n$$

Onde:

C_n = concentração do metal n medido na amostra superficial

B_n = concentração do metal n no sedimento.

O fator de 1,5, têm como função compensar variações naturais entre diferentes sedimentos. O I_{geo} é agrupado numa escala com 7 intervalos (I_{geo} de 0 a 6), que representam graus de poluição crescente. O valor mais elevado reflete um enriquecimento superior ao background de aproximadamente 100 vezes.

2.4- Tratamento estatístico

Para averiguar-se a diferença significativa ($p < 0,05$) entre as regiões e as áreas mostrais na Lagoa da Conceição, foi aplicada a Análise de correlação que gera um teste global para verificar se há diferença entre as variáveis. Todas as análises citadas acima foram geradas pelo pacote estatístico Statística 6.0 e Spadn 3.5.

3- RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1- Análise Estatística

Através do método de correlação, que determinou a similaridade entre os elementos com características mais parecidas entre si, observou-se uma grande correlação positiva entre todos os metais, especialmente no período de inverno (Tabela 01). A matriz de correlação e os valores encontrados na tabela de estatística descritiva (Tabela 02) serão utilizados nas discussões a seguir.

Tabela 01: Estatística descritiva dos valores médios ($\mu\text{g/g}$) de sedimento seco, mediana, moda, valores mínimos, valores máximos, variância e desvio padrão, dos parâmetros analisados.

	Média	Mediana	Mínimo	Maximo	Variância	Desvio Padrão
CuI	25,75	24,01	1,40	87,00	626,61	25,03
PbI	22,54	19,78	1,00	70,00	409,63	20,24
MnI	351,98	294,25	6,00	1337,10	152818,87	390,92
ZnI	70,38	72,96	3,00	232,51	4343,25	65,90
NiI	162,95	128,39	3,78	673,41	37538,26	193,75
CdI	0,23	0,22	0,03	0,70	0,04	0,20
CuV	30,78	29,82	2,03	56,01	328,89	18,14
PbV	30,65	22,51	4,14	88,00	655,10	25,59
MnV	432,06	306,57	12,04	948,25	104259,12	322,89
ZnV	79,32	88,97	6,00	150,10	1915,16	43,76
NiV	180,42	206,60	7,60	344,36	13661,15	116,88
CdV	0,19	0,13	0,03	0,48	0,03	0,18
Seixo	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Grânulo	0,64	0,00	0,00	6,44	4,15	2,04
Areia	33,91	28,42	5,05	93,57	700,45	26,47
Silte	45,11	49,63	0,00	69,41	432,26	20,79
Argila	21,36	23,33	0,00	35,73	87,29	9,34

Legenda: I – inverno e V – verão

Tabela 02: Matriz de correlação dos metais analisados.

	SEIXO	GRÂNULO	AREIA	SILTE	ARGILA	Cu	Pb	Mn	Zn	NI	Cd
SEIXO	1,00										
GRÂNULO		1,00									
AREIA		0,79	1,00								
SILTE		-0,76	-0,99	1,00							
ARGILA		-0,80	-0,88	0,83	1,00						
Cu		-0,48	-0,51	0,51	0,51	1,00					
Pb		-0,46	-0,45	0,42	0,48	0,90	1,00				
Mn		-0,43	-0,47	0,48	0,42	0,96	0,88	1,00			
Zn		-0,49	-0,51	0,51	0,44	0,99	0,87	0,95	1,00		
NI		-0,43	-0,49	0,49	0,42	0,98	0,89	0,97	0,98	1,00	
Cd		-0,41	-0,34	0,36	0,37	0,87	0,65	0,87	0,85	0,82	1,00

3.2 - Caracterização dos sedimentos:

Segundo PORTO-FILHO (1993), a distribuição granulométrica ocorre segundo um padrão clássico de distribuição de sedimentos em lagoas costeiras. Nas áreas marginais materiais grosseiros, principalmente grânulos de areias e nas áreas mais profundas e abrigadas da bacia de acumulação são depositados os sedimentos finos (siltes e argilas). Este padrão vem sendo evidenciado em inúmeros ambientes lagunares do litoral brasileiro, sendo caracterizado para a Lagoa da Conceição inicialmente por CARUSO GOMES Jr (1989).

A principal fonte de sedimentos para a Lagoa se constitui dos terrenos que ocupam as áreas marginais, compreendendo os depósitos costeiros quaternários, acumulados em diversos ambientes: deposicionais onde o predominante é o marinho, o da encosta, o eólico e terraços lagunares antigos (PORTO-FILHO, 1993).

Os processos de transporte, remobilização e sedimentação destes sedimentos estão relacionados com a ação das ondas e do sistema de correntes litorâneas, que são controladas pelos ventos e morfometria do corpo lagunar (HAKANSON, 1977)

Observou-se uma correlação positiva entre areia e grânulo e silte e argila ($r^2 = 0,79$ e $r^2 = 0,86$ respectivamente) e alta correlação negativa entre os demais parâmetros grânulo/silte, grânulo/argila, areia/silte e areia/argila ($r^2 = -0,76$, $r^2 = -0,80$, $r^2 = -0,99$ e $r^2 = -0,88$ respectivamente), conforme descrito na Tabela 2, pois metais traços não se encontram distribuídos homogeneamente nos diferentes tamanhos de sedimentos, a fração mais fina, constituída principalmente de minerais argilosos, apresenta concentrações mais altas de metais que as frações grosseiras.

Metais pesados não se encontram distribuídos homogeneamente nos diferentes tamanhos de grãos do sedimento e grandes diferenças podem ser encontradas em amostras de uma mesma

localidade. A fração de granulometria mais fina, constituída principalmente de materiais argilosos, apresenta concentrações maiores. Nas frações silte e areia fina as concentrações de metais diminuem devido à predominância de componentes de quartzo, com baixos teores de metais (MASUTTI, 1999).

Os sedimentos finos oferecem ainda uma superfície propícia para a adsorção de metais e outros poluentes, e auxiliam na manutenção das condições redutoras do sedimento, pois permitem o acúmulo de água nos poros.

A alta correlação entre os metais e granulometria do sedimento e metais e matéria orgânica, indicam que os manguezais e estuários são constantemente enriquecidos com metais. Independente da proximidade da fonte, a concentração de metais é maior nos sedimentos finos (TAM & WONG, 1995).

3.3- Metais pesados

Observou-se uma nítida diferenciação sazonal entre as concentrações de metal nas estações amostrais, sendo os maiores valores encontrados nos meses de verão, exceto o metal cádmio que apresentou maiores concentrações no inverno. Nas análises das concentrações o metal níquel apresentou as maiores 673,41 µg/g na estação 8, sendo 12,95 vezes acima do limite estabelecido por BOWEN (1969) para sedimentos. As menores concentrações deste metal foram encontradas na estação 5 (3,78 µg/g), indicando que a alta granulometria do sedimento desta estação não favorece a precipitação e adsorção deste metal.

Nos ecossistemas costeiros as tintas anti-incrustantes, conhecidas como “antifouling”, usadas nas embarcações também são uma fonte considerável de cobre (GARCIA, 1999). A Lagoa da Conceição possui um considerável fluxo de barcos de pequeno e médio porte, para pesca artesanal e transporte de passageiros. Pescadores artesanais comumente utilizam tintas de qualidade inferior que contém metais principalmente zinco e cobre e que podem ser lixiviadas pela água. As concentrações de cobre determinadas apresentaram altas correlações com os demais metais e sua maior concentração foi observada na estação 8 nos meses de inverno quando se dá a manutenção das embarcações (87 µg/g), porém encontrou-se concentrações elevadas do metal nas estações 3, 4, 7 e 8 nos meses de verão o que indica que o grande aporte de turistas para a região da costa da lagoa e a constante utilização dos barcos favorece o processo de lixiviação das tintas aumentando as concentrações deste metal.

Considerando as tintas comercialmente disponíveis na atualidade e que uma grande parte das tintas a base de organo-estanhos foi substituída por "cooperpaints" (pinturas a base de cobre), sugere-se que as concentrações deste metal serão consideravelmente aumentadas.

Nas estações 6, 7 e 8 os pescadores fazem a manutenção das embarcações, tanto da parte mecânica como da pintura. A troca de pinturas se faz por meio de lixadeira elétrica e os resíduos ficam depositados na área, portanto a influência da maré e das chuvas, arrastam as partículas para o corpo lagunar, o que explica as altas concentrações de metais nestas áreas.

As concentrações de zinco também se encontram acima do limite estabelecido pela literatura nas estações 1, 2, 4, 7, e 8 no inverno (77,82, 78,00, 88,81, 79,01 e 232,51 $\mu\text{g/g}$ respectivamente), sendo a concentração encontrada na estação 8 acresentado um acréscimo de 3,32 vezes acima do estabelecido por BOWEN (1969) para sedimentos. Houve um significativo incremento das concentrações deste metal nos meses de verão, em especial na estação 10, que recebe as águas do Rio João Gualberto com grande aporte de esgotos. O metal zinco apresentou alta correlação positiva com todos os metais.

As concentrações de cádmio também ultrapassaram o limite estabelecido pela literatura BOWEN (1969), sendo as maiores concentrações encontradas nos meses de inverno nas estações 1, 2, 4, 7 e 8 (0,20, 0,32, 0,26, 0,33 e 0,70 $\mu\text{g/g}$ respectivamente) sendo encontrada na estação 8, 4,12 vezes o valor máximo estabelecido por BOWEN (1969) para sedimentos e concentrações altas nas estações 4, 7, 8 e 10 nos períodos de verão, tendo o mesmo altas correlações positivas com todos os metais estudados. Os resultados sugerem que para a Lagoa da Conceição o aporte de esgotos domésticos seja um dos maiores introdutores do metal no ecossistema, principalmente quando se observa as maiores concentrações de metais em áreas mais urbanizadas, como o grande aumento das concentrações do mesmo na estação 10, quando existe um aumento do aporte de esgotos no rio João Gualberto em função do período de férias.

Manganês apresentou alta correlação positiva linear com todos os demais metais sendo as maiores concentrações encontradas na estação 8 no período de inverno (um acréscimo de 1,74 vezes acima do limite estabelecido pela literatura), no período de verão houve um incremento das concentrações na estação 7 (acrécimo de 4,11 vezes) e uma diminuição das concentrações do metal na estação 8 (diminuição de 1,58 vezes). Óxidos de manganês constituem significativos depósitos de metais traços através de efeitos de adsorção e co-precipitação, pois as partículas em solução sempre estão recobertas por oxi-hidróxidos de Fe e Mn, que possuem grande habilidade de remover metais traços das soluções (SALOMONS & FORSTNER, 1984), através de adsorção.

As concentrações de chumbo apresentaram-se altas nas estações 1, 2, 4, 7 e 8 (21,55; 37,90; 29,18; 21,42 e 70 $\mu\text{g/g}$ respectivamente) nos meses de inverno, sendo que as concentrações da estação 8 ultrapassaram 3,68 vezes o limite estabelecido pela literatura. Nos meses de verão as estações amostrais 1, 2, 3, 4, 7, 8 e 10 (20,75; 20,75; 88,00; 37,23; 50,82; 44,17 e 24,26 $\mu\text{g/g}$ respectivamente), tendo as concentrações do metal aumentado 5,27 vezes na estação 4, local de grande dinâmica de embarcações aquáticas. Quase todo o chumbo presente na Lagoa da Conceição

procede dos combustíveis utilizados pelas embarcações. A conversão para combustíveis sem chumbo na Europa e América do Norte, teve como efeito a diminuição da ingestão de chumbo por moradores de áreas urbanas, porém em países como o Brasil o chumbo ainda é utilizado como aditivo na gasolina.

Todos os metais tiveram a sua concentração máxima detectada na estação 8, região de intensa urbanização, profundidade de 5 metros e sedimentos caracterizados por silte e argila o que favorece a adsorção e precipitação de metais.

Observou-se uma diminuição das concentrações de zinco em relação às concentrações encontradas por RIVAIL (1995) e ARAYA (1999), também um decréscimo nas concentrações de cobre e cádmio em relação à ARAYA (1999) e um incremento acentuado nas concentrações de níquel e chumbo (Tabela 03) devido principalmente ao aumento considerável da população e conseqüentemente do input de esgotos e a utilização de combustíveis e óleos pelas embarcações que trafegam na lagoa.

Tabela 03: Tabela comparativa das concentrações de metais nos sedimentos ($\mu\text{g/g}$) estudadas encontradas na bibliografia e neste trabalho.

Metais $\mu\text{g/g}$	Bowen, 1969	Salomons et. al, 1984	Robbe, 1989 Costa Francesa	Rivail, 1995	Araya, 1999	Este trabalho
	$(\mu\text{g/g})$					
Zn	70	95	235	101,05	154,63	74,85
Ni	52	52	---	30,03	71,35	171,68
Cu	33	33	86	25,25	32,85	28,26
Pb	19	19	58	0,58	21,69	26,59
Cd	0,17	0,17	0,52	0,09	0,38	0,21
Mn	770	---	---	---	---	392,02

3.4- Índice de Geoacumulação

Numa escala de 7 graus, onde o mais alto ($I_{\text{geo}} = 6$) representa enriquecimento em 100 vezes, nenhuma das estações amostrais apresentou impacto significativo. Calculando-se a média para a Lagoa encontramos valores máximos de 0,17 (Tabela 04), isto é $>0-1$, classificando-a como pouco a moderadamente poluído. Porém, deve-se salientar que apesar do enquadramento como pouco a moderadamente poluída, os valores apresentados representam um enriquecimento de até dez vezes em metais com cobre, chumbo, manganês, zinco e níquel, excetuando-se cádmio que não apresentou valores significativos. É importante salientar o visível aumento do índice de geoacumulação nos meses de verão.

Tabela 4: Tabela do índice de geoacumulação (Igeo) de metais pesados nos sedimentos do lagoa da Conceição (Florianópolis, SC)

ÍNDICE DE GEOACUMULAÇÃO (µg/g)			
	Média Inverno	Média Verão	Média Geral
Cu	0,10	0,11	0,11
Pb	0,16	0,17	0,17
Mn	0,01	0,01	0,01
Zn	0,08	0,10	0,09
Ni	0,09	0,10	0,10
Cd	-8,34	-9,28	-8,81

Portanto, sugere-se que medidas sejam tomadas para que a contaminação da Lagoa da Conceição por metais pesados não alcance níveis mais elevados, pois se levando em conta um aumento populacional de 5,85% ao ano aliado a um tratamento ineficiente de esgotos, ocupação ilegal de suas áreas adjacentes, falta de fiscalização das tintas utilizadas para manutenção das embarcações, utilização desordenada dos espaços para construção de marinas e utilização do corpo d'água para atividades náuticas sem controle, teremos uma resposta ambiental devastadora para o ecossistema, sendo o monitoramento constante das concentrações de metais pesados uma necessidade emergencial.

4- BIBLIOGRAFIA

- BOWEN, J.E., 1969 **Absorption of copper, zinc and manganese by sugarcane tissue**. Plant Physiology, Lancaster, 44:255-61.
- CARUSO-GOMES Jr., F.. 1989 **Geologia e características ambientais da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- CROMWELL, J. E.. 1971, **Barrier coastal distribution, a world-wide survey**. Abstr. Nat. Coast. Shallow. Water. Res. Conf.
- DUTRA, S.J.. 1991 **Caracterização Geoambiental da Bacia de Drenagem do Rio João Gualberto, Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação. Bacharelato em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- FÖRSTNER, U; WITTMANN, G.T.W. 1983 **Metal pollution in te aquatic environment**. New York: Springer-Verlag..
- GARCIA, A.A. 1999 **Diagnóstico ambiental da lagoa da Conceição e do canal da Barra através de indicadores físico-químicos de sedimentos de fundo e dos indicadores sócio-ambientais** Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, UFSC. Florianópolis, SC. 298p.

- GRÉ, J.C.; HORN-FILHO, N.H. **Caracterização textural dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, S.C. Brasil.** In XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. SBG/SP, 1992.
- HAKANSON, L. 1977 **The influence of wind, fetch, and water depth on the distribution of sediments in Lake Vanern, Sweden.** Can. J. Earth Sci.
- KNOPPERS, B.A.; OPTIZ, S.S.; SOUZA, M.P.; NUGYEZMC, F. 1984, **The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon, SC, Brasil.** Arq. Biol. Tecnol.
- KOCH-DIAS, J. 1999. **Avaliação do grau de Eutrofização da Lagoa da Conceição, Florianópolis, S.** Monografia de Conclusão do Curso de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 120p.
- LU, F. C.. 1996 **.Basic toxicology. Fundamentals, target organs and risk assessment.** Ed. Taylor & Francis, 3^o ed. Whashington,
- MASUTTI, M. B. 1999. **O manguezal do Itacorubi como barreira biogeoquímica: Estudo de caso.** Tese de mestrado em Engenharia Ambiental. UFSC.
- MUEHE, D. & CARUSO GOMES Jr., f.. 1989, **Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição, SC, Brasil.** Mem. VII Simp. Ocean. Biol. UNESCO/, Montevideo, Uruguai.
- PORTO FILHO, E. 1993, **Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina.** Dissertação de Mestrado em Geografia, UFSC, SC., Brasil.
- RIVAIL, M S. 1995 **Estudos potenciométricos e fluorimétricos dos equilíbrios ácido-básicos e da complexação de metais com o Obisdien e as substâncias húmicas. Contaminação pelos metais em sedimentos da ilha de Santa Catarina.** Tese para obtenção do grau de Doutor em Química. UFSC, Florianópolis, S.C., Brasil
- SALOMONS, W.; FORSTNER U. 1984. **Metals in the hidrocycle.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg. New YorK, 349p.
- TAM, N.F.Y.; WONG, Y.S. **Spatial and temporal variations of heavy metal contaminant in mangrove swamp in Hong Kong.** Mariner Pollution Bulletin, 31 (4-12); p. 254-261, 1995.

7.4 – ARTIGO 4: AVALIAÇÃO DA CONCENTRAÇÕES DE METAIS PESADOS EM ORGANISMOS AQUÁTICOS DA LAGOA DA CONCEIÇÃO, FLORIANÓPOLIS, SC

1- INTRODUÇÃO:

No monitoramento de metais pesados no ambiente aquático, diferentes amostras são utilizadas, seja para o controle ou prevenção de possíveis contaminações. Dentre as mais comuns estão as amostras de água, material particulado em suspensão, sedimento de fundo e biota, destacando-se os peixes, moluscos, macroinvertebrados e alguns tipos de macrófitas (TOMAZELLI *et al.*, 2003)

Os moluscos especialmente os bivalves, fornecem um panorama localizado sobre a contaminação do ambiente em que vivem, pois são organismos relativamente sésseis e por fim os peixes e moluscos, que podem ser classificados como organismos integradores, pois, em virtude do hábito migratório de grande parte das espécies, podem acumular poluentes distribuídos por todas as regiões por onde passam. Em muitos casos, a toxicidade está relacionada às concentrações de uma espécie química particular (TOKALIGLU *et al.*, 2000).

O uso de bioindicadores para quantificar o grau de contaminação dos ambientes aquáticos obteve vantagens práticas e teóricas sobre as análises de águas e sedimentos em programas de monitoramento. Por sua considerável capacidade de acúmulo de contaminantes a maior vantagem no uso de biomonitores é que a biodisponibilidade do contaminante é medida diretamente, sem recorrer a suposições empregadas em outros métodos. Conseqüentemente, a contaminação presente em um biomonitor é, por definição, biodisponível (PHILLIPS & RAINBOW, 1994).

Em vista disto, muitos autores têm utilizado várias espécies de bivalves para monitorar metais pesados nos ambientes marinhos e estuarinos em todo o mundo (REZENDE & LACERDA, 1986, FAGLIOLI *et al.*, 1994, ADAMI *et al.*, 1997, AVELAR *et al.*, 2000). No ambiente aquático, os peixes representam alguns dos organismos mais frequentemente empregados em programas de monitoramento de metais pesados (ALLEN-GIL & MARTYNOV, 1995; CHEVREUIL *et al.*, 1995; KOCK *et al.*, 1995; HOLLIS *et al.*, 1996; LINDE *et al.*, 1996; ALLEN-GIL *et al.*, 1997; AMUNDSEN *et al.*, 1997; NEUMANN *et al.*, 1997; KARGIN, 1998; WATRAS *et al.*, 1998, REDMAYNE *et al.*, 2000; SANTOS *et al.*, 2002; IKINGURA & AKAGI, 2003) Estes organismos, além de oferecerem informações a respeito da disponibilidade dos elementos analisados, fornecem também indicações sobre as concentrações disponíveis ao homem, uma vez que fazem parte da dieta humana. Assim, a avaliação das concentrações de metais pesados

nos organismos consumidos pela população da Lagoa da Conceição é de extrema importância tendo em vista o caráter bioacumulativo dos mesmos.

2-MATERIAL E MÉTODOS

2.1- Área de estudo

A Lagoa da Conceição, é a quinta maior lagoa costeira do Estado de Santa Catarina e localiza-se na porção centro-leste da Ilha de Santa Catarina, no município de Florianópolis entre as coordenadas de 27° 34'LS e 48°27' LW.

Possui forma alongada no sentido norte-sul e constitui-se no corpo d'água de maior extensão da Ilha de Santa Catarina e na realidade numa laguna com área aproximada de 18 Km², volume de 50.000.000 m³, comprimento máximo de 13,5 km; largura máxima de 2,5 km e profundidade máxima de 8,7 m.

Os ventos predominantes são os de quadrante norte, porém os de maior intensidade são os de quadrante sul. Os ventos são responsáveis pela geração de ondas e correntes, e determinam seus sentidos no corpo lagunar.

2.2- Amostragem

Foram coletados 20 organismos em cada subsistema da Lagoa (norte, central e sul) em março de 2002 e fevereiro de 2005 os mesmos foram lavados para a retirada de sedimentos e detritos aderidos e armazenados em sacos de polietileno previamente lavados com HNO₃ 30%. Em laboratório os organismos foram classificados de forma a compor uma amostra homogênea. Os organismos tiveram o comprimento, altura, largura e peso determinados, sendo então congelados até análise posterior.

2.3- Variáveis e métodos

Para a avaliação do grau de contaminação por metais do compartimento biótico, utilizou-se os metais Cd, Cu, Mn, Zn, Ni e Pb, nos organismos *Calinectes danae* (Siri azul), *Anomalocardia brasiliensis* (Berbigão), *Brachidontes darwininus* (Marisco), *Penaeus paulensis* e *Penaeus brasiliensis* (Camarão rosa), *Diapterus rhombeus* (Carapeba), *Mugil curema* (Tainha) e *Micropogonias furnieri* (Corvina).

Em tubos de PTFE hermeticamente fechados foram colocados 0,25 g (peso seco) de cada amostra e submetidos à digestão em bloco digestor (modelo Te – 015/50 da Tecnal, Piracicaba, SP, Brasil) na presença de 3,5 mL de HNO₃, e 0,5 mL de H₂O₂ 30% por 3 h, a uma temperatura de 120°C. Depois de esfriado, o volume foi levado a 50 mL e analisado quantitativamente por ICP-MS com a introdução da amostra por nebulização pneumática e calibração externa, com soluções de calibração na faixa de 1,0 – 20,0 µg L⁻¹, sendo que a amostra foi diluída 10 vezes antes das determinações. Juntamente, foi analisado o material de referência *Oyster Tissue* 1566a do National Institute of Standards and Technology (NIST, Gaithersburg, USA), que passou pelo mesmo processo de digestão.

As determinações de metais foram realizadas num espectrômetro de massa com fonte de plasma indutivamente acoplado, ICP-MS, ELAN 6000 da Perkin-Elmer SCIEX (Thornhill, Toronto, Canadá). Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Química Analítica da Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC.

2.4 - Tratamento estatístico

Para averiguar-se a diferença significativa ($p < 0,05$) entre as concentrações de metais dos organismos foi aplicada a Análise cCorrelação que gera um teste global para verificar se há diferença entre as variáveis e Análise de Componente Principal. Todas as análises citadas acima foram geradas pelo pacote estatístico Statística 6.0 e Spadn 3.5.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1- Variáveis Biológicas

Foram estudadas as concentrações em seis organismos com características diferenciadas a fim de avaliar a sua importância como bioindicador, As famílias, espécies, nome vulgar e hábitos alimentares estão descritos na Tabela 01.

Tabela 01: Organismos estudados com a descrição das famílias, espécies, nome vulgar e hábitos alimentares.

Família	Espécie	Nome Vulgar	Hábito alimentar
Potunidae	<i>Calinectes danae</i>	Siri	Detritívoro
Veneridae	<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	Berbigão	Filtradores
Mytilidae	<i>Brachidontes darwininus</i>	Marisco	Filtradores

Peneidae	<i>Penaeus paulensis</i> e <i>Penaeus brasiliensis</i>	Camarão	Filtradores
<u>Gerreidae</u>	<i>Diapterus rhombeus</i>	Carapeba	Pequenos invertebrados bêntônicos
Mugilidae	<i>Mugil curema</i>	Tainha	Detritívoro
Sciaenidae	<i>Micropogonias furnieri</i>	Corvina	Os juvenis alimentam-se de organismos de fundo, principalmente crustáceos.

3.1.1 - *Calinectes danae* (Siri azul)

Os organismos coletados apresentaram comprimento e peso úmido de valor próximo e forte correlação entre comprimento e peso ($r = 0,91$). As concentrações de cobre determinadas não mantiveram um padrão sendo o valor máximo obtido $191\mu\text{g/g}$, mínimo $35,28(\mu\text{g/g})$ e valor médio $103,94\mu\text{g/g}$ sendo os valores bastante acima do limite estabelecido por BOWEN (1966) entre $4-50(\mu\text{g/g})$, tendo sido observado os maiores valores na parte mole dos organismos. Foram observadas boas correlações do metal com chumbo, níquel e cádmio ($r = 0,79$, $r = 0,82$ e $R = 0,78$ respectivamente). No ambiente aquático, o Cu está presente em várias formas, inclusive associado ao material particulado e orgânico dissolvido, as quais apresentam diferentes fatores de bioconcentração e toxicidade.

Chumbo foi um metal pesado muito utilizado em sistemas condutores e de armazenamento de água e alimentos, como pigmentos em tintas e como aditivo na gasolina. A sua utilização anteriormente descrita tem sido abolida na maioria dos países, no entanto, este elemento ainda é utilizado em vários tipos de atividades. Muitos efeitos adversos à saúde são atribuídos às altas concentrações de Pb no corpo, incluindo toxicidade nervosa, hematopoiética, renal, endócrina e no sistema nervoso central, o primeiro a ser afetado.

Chumbo foi identificado em todas as amostras analisadas, sendo o valor máximo encontrado $2,85\ \mu\text{g/g}$ e mínimo de $0,11\ \mu\text{g/g}$ e valor médio de $0,69\ (\mu\text{g/g})$, sendo os valores acima do limite estabelecido por BOWEN (1966) $0,5\ \mu\text{g/g}$, tendo sido observado os maiores valores na parte mole dos organismos. Chumbo obteve alta correlação com cádmio ($r = 0,77$) e pequena correlação com os outros metais. Observou-se um aumento de $12,19\%$ das concentrações de Pb em relação às coletas efetuadas em 2002. Tal fato pode ser explicado pelo aumento deste metal observado nas análises dos sedimentos, onde as concentrações médias aumentaram $18,42\%$ em relação às concentrações encontradas por GARCIA (1999).

As concentrações de manganês encontraram-se dentro do padrão estabelecido por BOWEN (1966) entre $1-60\ \mu\text{g/g}$, excetuando-se as partes duras do subsistema sul em ambas as coletas. Manganês não apresentou boa correlação com os demais metais. Porém houve um decréscimo nas concentrações deste metal em relação à coleta de 2002 ($12,96\%$).

Cádmio é um dos metais com maior disponibilidade em ambientes aquáticos, sendo persistente e bioacumulativo. Foram encontradas concentrações máximas de 3,85 µg/g e mínimas de 0,03 µg/g, com média geral de 1,42 µg/g, sendo o valor encontrado na parte mole dos organismos do subsistema central acima do limite estabelecido por BOWEN (1966) entre 0,15-3 µg/g, tendo sido observado os maiores valores na parte mole dos organismos na coleta de 2005. Houve um aumento de 4,35% da concentração de cádmio em relação ao encontrado na coleta de 2002.

Zinco e níquel, encontraram-se dentro do limite estabelecido na literatura, tendo o zinco apresentado alta correlação com cádmio ($r = 0,79$) e níquel não apresentou correlação com os demais metais

3.1.2 - *Anomalocardia brasiliiana* (Berbigão)

Os organismos coletados apresentaram forte correlação entre comprimento e peso ($r = 0,97$). Cobre obteve uma concentração máxima de 63,19 µg/g e uma concentração mínima de 3,87 µg/g, sendo o valor médio encontrado 24,59 µg/g estando os valores médios dentro do limite estabelecido por BOWEN (1966) entre 4- 50(µg/g), exceto no subsistema central. Foi observada boa correlação do metal com zinco ($r = 0,85$).

As concentrações de chumbo foram identificadas em todas as amostras analisadas, sendo o valor máximo encontrado 1,25 µg/g e mínimo de 0,02 µg/g e valor médio de 0,66 µg/g, sendo os valores acima do limite estabelecido por BOWEN (1966) 0,5 µg/g, tendo sido observado os maiores valores nos organismos coletados em 2005, observou-se um aumento de 60,46% das concentrações de Pb em relação às coletas efetuadas em 2002. Tal fato pode ser explicado pelo aumento deste metal observado nas análises dos sedimentos, onde as concentrações médias aumentaram 18,42% em relação às concentrações encontradas por GARCIA (1999). Chumbo não obteve correlação com os outros metais.

As concentrações de manganês encontraram-se acima do padrão estabelecido pela literatura entre 1-60 µg/g nos subsistemas norte e sul em ambas coletas. Manganês apresentou boa correlação com zinco. Porém, houve um acréscimo nas concentrações deste metal em relação à coleta de 2002 (31,85%).

Foram encontradas para cádmio concentrações máximas de 1,87 µg/g e mínimas de 0 µg/g, com média geral de 0,85 µg/g, estando todas as amostras dentro do limite estabelecido por BOWEN (1966) entre 0,15-3 µg/g. Houve diminuição de 4,84% da concentração de cádmio em relação ao encontrado na coleta de 2002.

Zinco e níquel encontraram-se dentro do limite estabelecido na literatura, tendo o zinco apresentado alta correlação com níquel e cobre ($r = 0,85$ e $r = 0,85$ respectivamente).

3.1.3 - *Brachidontes darwininus* (Marisco)

O comprimento e peso úmido dos organismos coletados apresentaram valor próximo e forte correlação entre comprimento e peso ($r = 0,96$). Cobre obteve uma concentração máxima de 66,45 $\mu\text{g/g}$ e uma concentração de mínimo 29,77 $\mu\text{g/g}$, sendo o valor médio encontrado 47,96 $\mu\text{g/g}$ estando os valores médios dentro do limite estabelecido por BOWEN (1966) entre 4- 50($\mu\text{g/g}$), exceto no subsistema central. Foi observada boa correlação do metal com manganês ($r = 0,97$).

As concentrações de chumbo identificadas foram bastante elevadas, sendo o valor máximo encontrado 4,2 $\mu\text{g/g}$ e mínimo de 4 $\mu\text{g/g}$ e valor médio de 1,76 $\mu\text{g/g}$, sendo os valores acima do limite estabelecido por BOWEN (1966) 0,5 $\mu\text{g/g}$, foi observado um aumento de 16,83% das concentrações de Pb em relação às coletas efetuadas em 2002. Não foi observada correlação com os outros metais.

As concentrações de manganês encontraram-se acima do padrão estabelecido pela literatura entre 1-60 $\mu\text{g/g}$ nos subsistemas norte e sul em ambas as coletas. Manganês apresentou boa correlação com cobre ($r = 0,77$). Foi observado um acréscimo nas concentrações deste metal em relação à coleta de 2002 (18,56%).

Zinco, níquel e cádmio, encontraram-se dentro do limite estabelecido na literatura, tendo o zinco e níquel apresentado alta correlação ($r = 0,97$) e cádmio não apresentou correlação com os demais metais.

Dentre os moluscos estudados o *Brachidontes darwininus* no presente estudo apresentou as maiores concentrações de metais em relação à organismos de outras localidades (Tabela 02).

Tabela 02: Médias das concentrações de metais pesados em bivalves de diferentes estuários ($\mu\text{g/g}$ em peso seco).

Área de estudo	Cu	Pb	Mn	Zn	Ni	Cd
Arraial do cabo (a)	6,60	ND	7,10	91,00	ND	ND
Baía de Sepetiba (b)	5,10	ND	18,40	205,00	7,40	1,00
Angra dos Reis (b)	8,90	2,00	35,70	153,00	9,80	1,00
Rio de Janeiro ©	9,50	6,90	13,40	254,00	12,10	0,00
Baía da Guanabara (d)	10,00	2,00	17,00	150,00	6,00	0,10
Golfo do Aden, Yemen (e)	9,90	1,08	265,00	75,00	ND	1,22
Macaé (f)	5,10	1,80	8,20	83,00	1,80	0,38
Presente estudo (<i>Anomalocardia brasiliana</i>)	8,02	3,63	18,32	170,60	8,83	0,53

Presente estudo (<i>Brachidontes darwininus</i>)	47,97	1,76	249,15	245,06	8,89	1,50
BOWEN (1966)	4-50	0,5	1-60	6-1500	0,4-25	0,15-3

Legenda: (a) REZENDE *et al* 1997; (b) CARVALHO *et al*, 1993; REZENDE & LACERDA, 1986; (d) CARVALHO & LACERDA, 1992; (e) SZEFER *et al.*, 1997; ND níveis não detectáveis pelo método utilizado.

3.1.4 - *Penaeus paulensis* e *Penaeu brasiliensis* (Camarão rosa)

Cobre obteve uma concentração máxima de 65,20 µg/g e uma concentração de mínimo 17,32 µg/g, sendo o valor médio encontrado 42,02 µg/g estando os valores médios dentro do limite estabelecido por BOWEN (1966) entre 4- 50(µg/g). Foi observada boa correlação do metal com chumbo, manganês, zinco e níquel ($r = 0,89$, $r = 0,97$, $r = 0,89$ e $r = 0,89$ respectivamente) e um aumento de 18,41% em relação aos organismos coletados em 2002.

Chumbo, manganês, zinco, níquel e cádmio, encontraram-se dentro do limite estabelecido na literatura, tendo o cobre se correlacionado com chumbo, manganês, zinco e níquel ($r = 0,89$, $r = 0,97$, $r = 0,89$ e $r = 0,89$ respectivamente) e apresentou um acréscimo de 26,19% em suas concentrações em relação à 2002, chumbo correlacionou-se com manganês, zinco e níquel ($r = 0,80$, $r = 0,98$ e $r = 0,71$ respectivamente) tendo um aumento de 10,34%, zinco obteve correlação com níquel ($r = 0,79$) e aumento de 8,46%, níquel obteve um decréscimo de 11,36% em relação à 2002. Cádmio não apresentou concentrações dentro do limite de detecção do equipamento. Os organismos coletados apresentaram forte correlação entre comprimento e peso ($r = 0,98$).

3.1.5 - *Diapterus rhombeus* (Carapeba)

Peixe da família Gerreidae, encontrado em águas tropicais e subtropicais. Alimenta-se de algas e pequenos invertebrados. Possui cor prateada, escura no dorso; nadadeiras anal e pélvica amarelas. Corpo alto, comprido. Atinge até 40 cm e 8 kg.

Cobre, chumbo, manganês, zinco e níquel, encontraram-se dentro do limite estabelecido na literatura, tendo o cobre se correlacionado com chumbo, manganês e níquel ($r = 0,95$, $r = 0,97$ e $r = 0,97$ respectivamente) e apresentou um acréscimo de 25,83% em suas concentrações em relação à 2002, chumbo correlacionou-se com manganês e níquel ($r = 0,98$ e $r = 0,96$ respectivamente) tendo um aumento de 28,42%, manganês obteve correlação com níquel ($r = 0,99$) e aumento de 22,74%, zinco se correlacionou com cádmio ($r = 0,85$) e obteve um acréscimo de 17,82% em relação à 2002 e níquel que obteve um acréscimo de 7,57% em relação à 2002. Cádmio apresentou concentrações acima do limite estabelecido BOWEN (1966) entre 0,15-3 µg/g, sendo a concentração máxima obtida 3,63 µg/g, mínima de 0,12 µg/g e média 1,40 µg/g, sendo observado um aumento de 23,11% em relação às concentrações encontradas em 2002. As maiores concentrações foram observadas nas

vísceras dos organismos em todas as coletas. Os organismos coletados apresentaram forte correlação entre comprimento e peso ($r = 0,94$).

3.1.6 - *Mugil curema* (Tainha)

Os organismos coletados apresentaram forte correlação entre comprimento e peso ($r = 0,93$). Chumbo, manganês, zinco, níquel e cádmio encontraram-se dentro do limite estabelecido na literatura, tendo o chumbo se correlacionado com manganês ($r = 0,80$) e apresentou um acréscimo de 30,61% em suas concentrações em relação à 2002, níquel apresentou uma correlação negativa com cádmio e um decréscimo de 35,49% em relação às concentrações observadas nos organismos coletados em 2002. Manganês e zinco não apresentaram correlação com os demais metais, porém foi observado um aumento em suas concentrações (23,84% e 21,51% respectivamente). Cádmio não apresentou aumento em suas concentrações e não correlacionou-se com os demais metais. Cobre apresentou concentrações acima do limite estabelecido BOWEN (1966) entre 4 – 50 $\mu\text{g/g}$, sendo a concentração máxima obtida 642,46 $\mu\text{g/g}$, mínima de 2,13 $\mu\text{g/g}$ e média 251,65 $\mu\text{g/g}$, não sendo observado aumento em relação às concentrações encontradas em 2002. As maiores concentrações foram observadas nas vísceras dos organismos em todas as coletas.

3.1.6 - *Micropogonias furnieri* (Corvina)

Podem ser encontradas em toda a faixa litorânea brasileira. Vivem em locais com fundos arenosos e em cardumes não muito numerosos. Chumbo, manganês, zinco, níquel e cádmio encontraram-se dentro do limite estabelecido na literatura, tendo o chumbo se correlacionado com níquel e cádmio ($r = 0,97$ e $r = -0,78$) e apresentou um acréscimo de 0,93% em suas concentrações em relação à 2002. Manganês não apresentou correlação com os demais metais, porém foi observado um aumento em suas concentrações (27,36%). Zinco apresentou uma correlação negativa com cádmio ($r = -0,82$) e um acréscimo de 36,28% em relação às concentrações observadas nos organismos coletados em 2002. Níquel apresentou aumento em suas concentrações (4,79%) e apresentou correlação negativa com cádmio ($r = 0,80$). Cádmio apresentou concentrações menores que as encontradas em 2002, um decréscimo de 9,24%. Cobre apresentou concentrações acima do limite estabelecido BOWEN (1966) entre 4 – 50 $\mu\text{g/g}$, sendo a concentração máxima obtida 74,50 $\mu\text{g/g}$, mínima de 3,36 $\mu\text{g/g}$ e média 31,66 $\mu\text{g/g}$, sendo observado um aumento de 8,06% em relação às concentrações encontradas em 2002. As maiores concentrações foram observadas nas vísceras

dos organismos em todas as coletas. Os organismos coletados apresentaram forte correlação entre comprimento e peso ($r = 0,98$).

3.2 – Correlações entre os organismos:

Na Análise de Correlação observou-se uma nítida correlação entre os organismos com hábitos bentônicos, porém os mesmos não apresentaram correlação com os metais. Os organismos de hábito pelágico apresentaram correlação com o zinco.

Calinectes danae (Siri azul) apresentou altas correlações com *Anomalocardia brasiliiana* ($r = 1,0$ e $r = 1,0$ sendo as coletas de 2002 e 2005 respectivamente), ($r = 0,92$ e $r = 0,88$), *Diapterus rhombeus* ($r = 0,93$ e $r = 0,93$), *Micropogonias furnieri* ($r = 0,98$ e $r = 0,98$) e *Penaeus paulensis* e *Penaeu brasiliensis* ($r = 0,98$ e $r = 0,99$).

Anomalocardia brasiliiana correlacionou-se com *Diapterus rhombeus* ($r = 0,91$ e $r = 0,91$), *Brachidontes darwininus* ($r = 0,87$ e $r = 0,90$), *Micropogonias furnieri* ($r = 0,94$ e $r = 0,94$) e *Penaeus paulensis* e *Penaeu brasiliensis* ($r = 0,86$ e $r = 0,87$) e *Diapterus rhombeus* apresentou correlação com *Micropogonias furnieri* ($r = 0,99$ e $0,98$) e *Penaeus paulensis* e *Penaeu brasiliensis* ($r = 0,98$ e $r = 0,99$). *Mugil curema* não apresentou correlação com os demais organismos.

Conclusivamente observou-se que dentre os organismos estudados *Calinectes danae*, *Anomalocardia brasiliiana* e *Brachidontes darwininus* foram os melhores bioindicadores.

3.3 – Avaliação da qualidade dos bivalves para consumo humano:

Quando se comparou os valores obtidos neste estudo com Concentrações Máximas Permitidas (CMP) pelo Ministério da Saúde do Brasil teve-se cuidado de observar que os valores fornecidos pelo órgão governamental são expressos em $\mu\text{g/g}$ de peso úmido, já os resultados são expressos neste estudo estão em $\mu\text{g/g}$ peso seco. Desta forma, se considerarmos que os bivalves possuem em média cerca de 70% de sua massa corpórea composta de água, deve-se multiplicar os valores de metais obtidos para peso seco por 0.3 para obtermos os valores de metais em mexilhões por peso úmido. Precedendo desta maneira pode-se observar que para todos os metais os resultados por nós obtidos estão abaixo do máximo permitido pela legislação brasileira (Tabela 03).

Tabela 03: Quadro comparativo das concentrações médias de metais pesados em bivalves deste estudo corrigidas para peso úmido e as concentrações máximas permitidas (CMP) segundo o Ministério da Saúde expressa em $\mu\text{g/g}$ de peso úmido (PFEIFER *et al.*, 1985).

	Cu	Pb	Mn	Zn	Ni	Cd
<i>Anomalocardia brasiliiana</i>	0,06	0 01	0,01	0,16	0,02	0,01

<i>Brachidontes darwininus</i>	0,37	0,39	0,40	0,80	0,10	0,07
CMP	30	20	-	20	-	1

Como pode se observado na tabela 04, as concentrações médias dos metais encontrados nas diversas espécies de peixe estudadas estão dentro do limite estabelecidos pelo ministério da saúde.

Tabela 04. Comparação das concentrações médias de metais pesados nas diversas espécies de peixes estudados (este estudo, µg/g de peso seco) e as concentrações máximas permitidas pelo Ministério da Saúde em mg/g de peso úmido (PFEIFER *et al.*, 1985).

	Cu	Pb	Mn	Zn	Ni	Cd
CARAPEBA	0,55	0,06	0,04	2,02	0,14	0,06
TAINHA	1,20	3,14	1,52	1,99	1,27	1,17
MARISCO	0,03	0,04	0,04	0,07	0,01	0,01
CORVINA	0,01	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00
CMP	30	20	-	20	-	1

4- BIBLIOGRAFIA

- ADAMI, G.; ALEFFI, F.; FAVRETTO, A.; PREDONZANI, S.; REISENHOFER, E. 1997. **Bivalves and heavy metals in polluted sediments: a chemometric approach.** Water, Air and Soil Pollution, v. 99, p. 615-622..
- ALLEN-GIL,S.M.; MARTYNOV, V.G. 1995. **Heavy metals burdens in nine species of reswater and anadromus fish from the Pechora River, Northern Russia.** The Science of the Total Enviroment, v.160/161, p. 653-659.
- AMUNDSEN, P.A.; STALDVIK, F.J.; LUKIN, A.A.; KASHULIN, N.A.; POPOVA, O.A.; RESHETNIKOV, Y.S. Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia. The Science of Total Enviroment, v. 291, p. 211-224.
- AVELAR, W.E.P.; MANTELATOO, F.L.M.; TOMAZELLI, A.C.; SILVA, D.M.L.; SHUHAMA,T.; LOPES, J.L.C. 2000. **The marine bivalve mussel Perna perna (Mollusca, Bivalvia, MYtilidae) as indicator of contamination by heavy metals in the Ubatuba Bay, São Paulo, Brazil.** Water, Air and Soil Pollution, v 118, p. 65-72.
- BOWEN, H.J.M. 1966. **Trace metals in biochemistry.** Academic Press. London. 214 p.
- CARVALHO, C.E.V. & LACERDA, L.D. 1992 **Metals in Guanabara Bay Biota, Why such low concentrations?** Ciência e Cultura, 44(2/3): 184-186.

- CARVALHO, C.E.V.; LACERDA, L.D. & GOMES, M.P. 1993 **Metais pesados na biota bântica da Baía de Sepetiba e Angra dos Reis, RJ**. Acta Limnologica Brasiliensia, 6: 222-229.
- CHEVREUIL, M.; CARRU, A.M.; CHESTERIKOFF, A.; BOÉT, P.; TALES, E.; ALLARDI, J. 1995. **Contamination of fish from different areas of the river Seine (France) by organic (PCB and pesticides) and metallic (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) micropollutants**. The Science of the Total Environment, v. 162, p 31-42.
- FAGLIOLI, F.; LOCATELLI, C.; LANDI, S. 1994. **Heavy metals in the Goro Bay: sea water, sediments and mussels**. Annali di chimica, v.84,p.129-140
- GARCIA, A.A. 1999 **Diagnóstico ambiental da lagoa da Conceição e do canal da Barra através de indicadores físico-químicos de sedimentos de fundo e dos indicadores sócio-ambientais** Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, UFSC. Florianópolis, SC. 298p.
- HOLLIS, L.; BURNISON, K.; PLAYLE, R.C. 1996 **Does the age of metal-dissolved organic carbon complexes influence binding of metals to fish gills**. Aquatic Toxicology, v.35, p. 253-264.
- IKINGURA, J.R.; AKAGI, H. 2003. **Total mercury and methylmercury levels in fish from hydroelectric reservoirs in Tanzânia**. The Science of the Total Environment, v. 304, p. 355-368.
- KARGIN, F. 1998. **Metal concentrations in tissues of the freshwater fish Capoeta barroisi from the Syhan River (Turkey)**. Buletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 60, p. 822-828.
- KOCH-DIAS, J. 1999. **Avaliação do grau de Eutrofização da Lagoa da Conceição, Florianópolis, S**. Monografia de Conclusão do Curso de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 120p..
- KOCK, G.; HOFER, R.; WOGRATH, S. 1995. **Accumulation of trace metals (Cd, Pb, Cu, Zn) in Arctic char from oligotrophic Alpine lakes: relation to alkalinity**. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science, v. 53, p. 2367-2376.
- LINDE, A.R.; ARRIBAS, P.; SANCHES-GALAN, S.; GARCIA-VAZQUEZ, E. 1996. **Eel (*Anguilla naguilla*) and Brown Trout (*Salmo trutta*) target species to assess the biological impact of trace metal pollution in freshwater ecosystems**, Archives of environmental Contamination and Toxicology, v. 31, p. 297-302.
- NEUMANN, C.M.; KAUFFMAN, K.W. 1997. **Methylmercury in fish from Owyhee reservoir in southeast Oregon: scientific uncertainty and fish advisories**. The Science of the Total Environment, v. 204. p 205-214.
- PFEIFER, W.C; LACERDA, L.D.; FISZMAN, M.; LIMA, N.R.W. 1985 **Metais pesados nos pescados da Baía de Sepetiba, Estado do Rio de Janeiro, RJ**. Ciência e Cultura, 37 (2): 297-301.

- PHILLIPD, D.J.H.; RAINBOW, P.S.1994. **Biomonitoring of trace aquatic contaminants**, London: Chapman & Hall, 317p.
- REDMAYNE, A.C.; KIM, J.P.; CLOSS, G.P.; HUNTER, K.A. 2000. **Methyl mercury bioaccumulation in long-finned eels, *Angilla dieffenbachia*, from three rivers in Ontago, New Zealand**. The Science of the Total Environment, v. 262, p.37-47.
- REZENDE, C.E.; ZALMON, I.R.; FERNANDES, F.C.; FARIA, V.V. E GOMES, M.P. 1997 **Metais pesados em macroalgas e bivalves em Arraial do Cabo, RJ**. In Anais do VII Colacmar (Congresso Latino Americano sobre Ciências do Mar), (2) 338-340.
- REZENDE, C.E.; LACERDA, L.D. 1986. **Metais pesados em mexilhões (*Perna perna L.*) no litoral do Estado do Rio de Janeiro**. Revista Brasileira de Biologia, v.61, n.3 p. 239-247.
- SANTOS, E.C.; CÂMARA, V.M.; JESUS, I.M.; BRABO, E.S.; LOUREIRO, E.C.B.; MASCARENHAS, A.F.S.; FAYAL, K.F.; SAH FILHO, G.C.; SAGICA, F.E.S.; LIMA, M.O.; HIGUCHI, H.; SILVEIRA, I.M.. 2002. **A contribution to the establishment of refrence values for total mercury levels in hair and the fish in Amazonia**. Enviromental Research Section A, v.90, p 6-11
- SZEFER, P.; GELDOM,J.; ALI, A.A.; BAWAZIR,A. & SAD, M. 1997 **Distribution and association of trace metals in osft tissue and byssus of molusc *Perna perna* from the gulf of Aden, Yemen**. Environm. Intern. (23) 1: 53-61.
- TOKALIOGLU, S; KARTAL, S.; ELÇI, L. 2000. **Determination of heavy metals and their speciation in lake sediments by flame atomic absorption spectrometry after a four-stage sequential extraction procedue**, Analítica Chimica Acta, v. 413, p.33-40.
- TOMAZELLI, A.C.; MARTINELLI, L.A.; AVELAR, W.E.P.; CAMARGO, P.B.; FOSTIER, A.H.; FERRAZ, E.S.B.; KRUG, F.J.; SANTOS D.J.R. , 2003. **Biomonitoring of Pb an Cd in two impacted watersheds in southeast Brasil, ysing the freshwater musser *Anodontiltes trapesialis* (Lamarck, 1819) (*Bivalvia Mycetopodidade*) as a biological monitor**. Brazilian Archives of Biology and technology, v. 46, n.4.
- WATRAS, C.J.; BACH, R.C.; HALVORSEN, S.; HUDSON, R.J.M.; MORRISON, K.A.; WENTE, S.P. **Bioacumulation of mercury in pelagic freshwater food webs**. The Science of Total Environment, v. 219, p. 183-208.

7.5 – ARTIGO 5: COMPARTIMENTAÇÃO DA LAGOA DA CONCEIÇÃO A PARTIR DE PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS NA COLUNA D'ÁGUA E SEDIMENTO, UTILIZANDO-SE O MÉTODO ESTATÍSTICO ANÁLISE DE COMPONENTES PRINCIPAIS – ACP.

KOCH-DIAS, J.^{1,2}; CARVALHO PINTO-SILVA², C.R.; FRANCO, D.³ & MATIAS, W.G.²

1- Faculdade de Tecnologia CENTEC Sobral

2- Departamento de Engenharia Ambiental - Laboratório de Toxicologia Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina

3- Departamento de Engenharia Ambiental - Universidade Federal de Santa Catarina

1 - INTRODUÇÃO

O aumento populacional da zona costeira é o grande desafio. É projetada para alcançar 11 bilhões no espaço de um século, com cerca de 95%, deste crescimento, ocorrendo nos países em desenvolvimento. Mais de 50% da população mundial está concentrada, a até 60 km da linha de costa, enquanto que existe uma considerável migração de população das áreas interiores para as áreas costeiras. Nos países em desenvolvimento, dois terços da população (3,7 bilhões) vivem ao longo das áreas costeiras.

No litoral Central do estado de Santa Catarina, onde está localizada a Lagoa da Conceição, um sistema conspícuo que, além do interesse ecológico é um patrimônio paisagístico e econômico, bem como um expoente da identidade histórico cultural do povo catarinense. A Lagoa da Conceição é um dos cartões postais da Ilha de Santa Catarina, não apenas pela sua exuberante mata atlântica, dunas e restinga, mas também pelos seus atrativos náuticos.

Diversos trabalhos têm sido realizados desde 1979 na área de estudo por ASSUMPCÃO, (1979), ASSUMPCÃO *et al.* (1981); KNOPERS *et al.* (1984), SIERRA DE LEDO *et al.* (1985); ODEBRECHT & CARUSO Jr. (1987) e PERSICH *et al.* (1990) e uma compartimentação foi proposta a partir do seu mapa geomorfológico e pesquisas *in loco* caracterizando a mesma em 3 sub-sistemas: região sul, norte e central.

A **região sul**, conhecida como Lagoa Pequena, tem como característica principal a pouca circulação das suas águas e conseqüente baixa salinidade. Os entornos desta região sofrem um processo acelerado de ocupação, o que aliado a falta de tratamento de esgoto, impõe altos valores de nitrogênio e fósforo em suas águas.

A **região norte** possui aporte de águas doces do Rio João Gualberto (Rio Vermelho) e de alguns pequenos córregos da Costa da Lagoa, esta região é caracterizada pelas altas salinidades,

apesar de distanciar-se do canal de ligação com o mar, a forma da Lagoa permite que circulação das águas do canal ocorra de forma eficaz. Como as outras regiões da Lagoa, sofre com a urbanização sem planejamento.

A **região central** localizada na Avenida das Rendeiras é um recipiente acumulador dos processos da Lagoa, pois abrange o canal da barra e a região norte, além de favorecer a circulação na região sul, assim, todo o material que circula na Lagoa é retido nesta região, mesmo que em pequena quantidade.

Assim, este trabalho propõe a compartimentação da Lagoa da Conceição com a utilização de métodos estatísticos empregados a partir dos dados obtidos a partir de uma série histórica.

2 - MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 - Área de Estudo

Segundo RODRIGUES (1990), a bacia hidrográfica da Lagoa da Conceição apresenta uma área de 80,23 km², incluindo o corpo lagunar. Deste total, as áreas de mata atlântica ocupam 20,58 km²; pastagens e culturas, 25,0 km²; dunas móveis, 1,59 km²; reflorestamentos, 6,23 km²; área urbanizada, 4,25 km²; queimadas 0,56 km²; e vegetação de praias, dunas e restingas, 1,93 km². Assim, o solo ocupado totaliza uma área de 60,14 km² e o corpo lagunar, 20,09 km² incluindo o canal de ligação com o mar.

Na região onde esta localizada a Lagoa da Conceição (Isoterma de 20°C), a temperatura do ar, apresenta uma amplitude de variação anual da média compensada de 7,9°C e diária de 4,2°C. Duas massas de ar atuam sobre essa região; a tropical atlântica, que ocorre durante todo o ano, com uma incidência de 80% na primavera e verão polar, que determina a passagem de frentes frias provenientes do sul, com ventos de até 60 Km/h e carregadas de chuvas, em especial, nos meses de outono e inverno (NIMER, 1966).

2.2- Amostragem

As amostras foram coletadas nos anos de 1996 a 2000 e 2004 e 2005, totalizando 23 amostras, caracterizando a sazonalidade, entre verão e inverno. Foram coletadas água em 10 estações (Figura 01), caracterizando superfície, meio e fundo, tendo as análises considerado as médias da coluna d'água

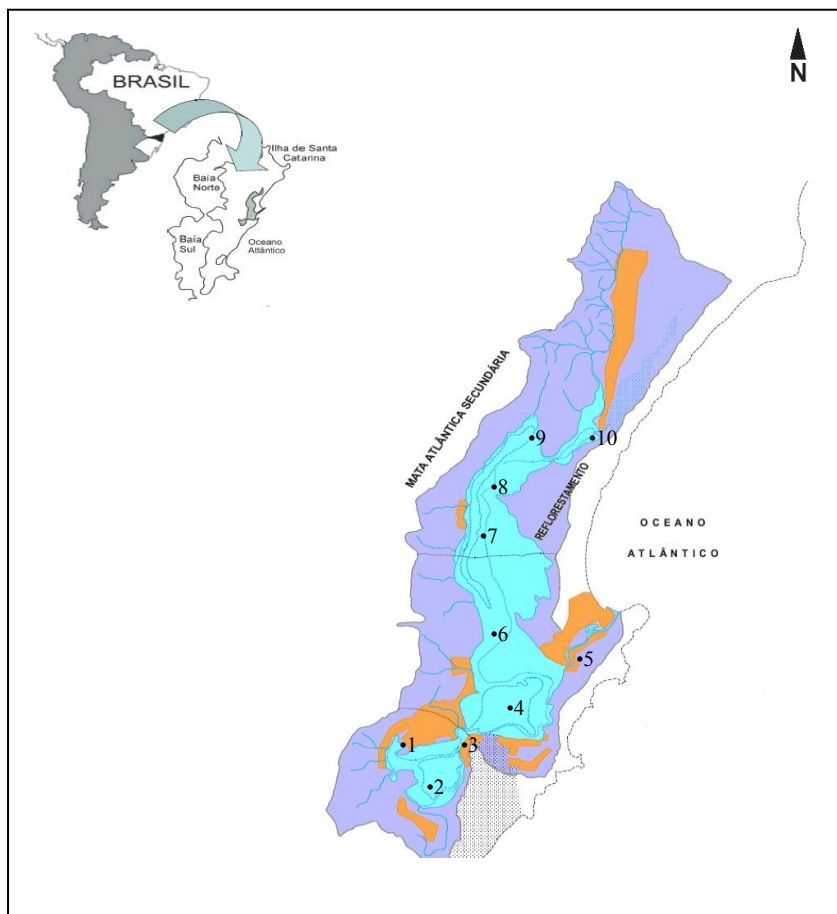


Figura 01: Bacia de drenagem da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina (SC) e localização das estações amostrais, adaptado de FONSECA (2004).

2.3 - Variáveis e Métodos

2.3.1- Variáveis Analisadas

Para a proposta de compartimentação da Lagoa da Conceição foram utilizadas as variáveis, descritas na Tabela 01.

Tabela 01 – Parâmetros analisados nas amostras de água da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.

Parâmetro	Método	Referência
Temperatura (°C)	Termômetro de Filamento de Mercúrio	-
Transparência (m)	Disco de Secchi	APHA (1998)
Oxigênio Dissolvido (mg/L)	Winkler Modificação Azida	APHA (1998)
Salinidade	Refratômetro Micronal	-

2.4 - Tratamento estatístico

A análise de componentes principais (PCA) é um método de ordenação multivariado baseado numa matriz de correlação, onde as diversas dimensões dos dados são projetadas em diversas dimensões, sem haver uma grande perda das informações originais. Além do mapa gráfico, o resultado desta análise é dado em porcentagem da variância total, onde se determina a representatividade de todas as dimensões dos dados no eixo em questão. Esta análise foi processada pelos programas Statistic 6.0 e Spad-n 3.5.

Foram construídas duas planilha das 23 coletas efetuadas, utilizando-se das siglas para diferenciar cada um dos dados analisados transparência (T), salinidade (S), temperatura (E) e oxigênio dissolvido (O). Na primeira foram analisadas todas as coletas (sigla: parâmetro, mês de coleta e último dígito do ano) e a segunda tomou-se as médias das coletas de cada inverno e verão.

3 – RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na primeira análise comparativa entre as estações amostrais (Figura 02), o dendograma (dissimilaridade) resultante da análise de agrupamentos (clusters) entre os parâmetros físico-químicos analisados mostra dois grupos principais separando os mesmos. No primeiro a salinidade (S) do inverno e verão e temperatura (E) no inverno e verão, estão mais próximas (e similares) entre si. Indiretamente, salinidade e temperatura atuam controlando o metabolismo dos organismos e a produtividade do ecossistema, pois a variação destes parâmetros pode estabelecer estratificação química da coluna d'água. No segundo grupo encontram-se altamente próximas (e similares) oxigênio (O) no inverno e verão e transparência (T) no inverno e verão, pois quanto maiores forem os valores de transparência, maior será a extensão da zona eufótica, favorecendo os processos fotossintetizantes e produção de oxigênio no interior do corpo d'água.

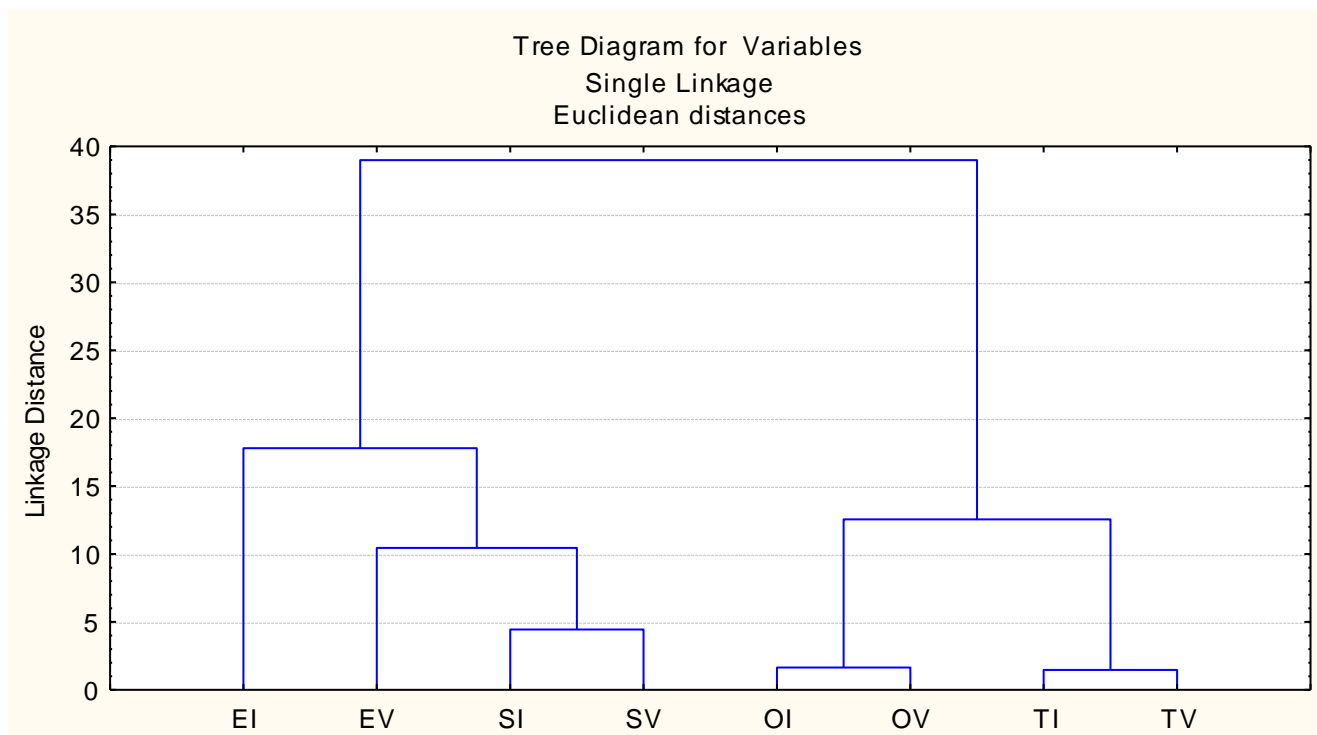


Figura 02: Dendrograma resultante da análise de agrupamento a partir da média da distância Euclidiana da média dos parâmetros físico-químicos, caracterizando inverno e verão. (Legenda: transparência (T), salinidade (S), temperatura (E), oxigênio dissolvido (O), inverno (I) e verão (V)).

Ao se analisar os Eigensvalues na tabela 02, os dois primeiros fatores explicam 62,8773% dos resultados. Esta característica está presente em todas as figuras, tendo sido as mesmas elaboradas utilizando-se estes dois fatores, pois a adição de um terceiro fator não apresentou resultados relevantes à análise.

Tabela 02: Autovalores – Programa *Statística 6.0*.

	Eigenvalue	% Total	Cumulative	Cumulative
1	40,83	45,88	40,83	45,88
2	15,13	17,00	55,96	62,88
3	11,91	13,38	67,87	76,25

O fator 1 é explicado pela transparência (T), salinidade (S) e temperatura (E), pois são os dados que mais aparecem com fator acima de 0,7. Transparência e a salinidade apresentaram valores negativos, pois são correlatas. Segundo ESTEVES (1998), um aspecto importante da elevação das concentrações de sais, é a floculação e precipitação de materiais particulados em suspensão e de íons dissolvidos, aumentando consideravelmente a transparência da água à medida

que aumentam os valores de salinidade. A temperatura apresenta-se de forma inversamente proporcional, pois possui valores positivos, já que o aumento de salinidade dá-se pela entrada de água marinha na Lagoa da Conceição, água esta de temperatura mais baixa. O fator 2 é representado pela concentração de oxigênio dissolvido (O), que segundo KJERFVE (1994) é influenciada pelos ventos principais responsáveis pela oxigenação da lagoa da Conceição, como verificado em ambientes rasos.

Em virtude das características dos subsistemas da Lagoa, percebem-se quatro grupos distintos (Figura 02). Os dois primeiros e mais nítidos, formados pelas estações “4 e 5” e “6, 7, 8 e 9”, pertencentes ao subsistema Norte e Central, respectivamente, possuem em comum, valores mais altos de transparência e salinidade do que os demais pontos de coleta, o terceiro grupo é formado pelas estações “1, 2 e 3”, cuja característica principal são os menores valores médios de salinidade e maiores temperaturas médias de verão, ocasionadas pela localização geográfica dos mesmos e o quarto grupo formado pela estação “10” com as maiores concentrações médias de oxigênio dissolvido em relação às outras estações.

O primeiro grupamento formado pelas estações 4 e 5 apresentam maior influência do mar adjacente, verificando alta correlação com a transparência e salinidade, com concentrações médias de 28,23 no inverno e 27,87 no verão (Tabela 03), tais concentrações podem ser explicados pela alta pluviosidade característica do verão na área de estudo, o que favorece o fator diluição, além da diminuição da intensidade dos ventos do quadrante-sul e predominância dos ventos do quadrante-norte. As condições hidrográficas em lagoas costeiras são influenciadas pelas forças das marés, dos ventos e pelas taxas de evaporação e precipitação (KJERFVE, 1994). Na Lagoa da Conceição, a força da maré é reduzida 90% pelo canal meândrico que liga a laguna ao mar adjacente (SIERRA DE LEDO & SORIANO-SIERRA, 1994). Os ventos do quadrante sul, que ocorrem em maior intensidade e frequência no outono-inverno sobre esta região, favorecem o aporte de água marinha para a laguna (ODEBRECHT & CARUSO Jr., 1987), período em que se encontram as maiores concentrações de salinidade. As chuvas, típicas do período de primavera-verão (CRUZ, 1998), favorecem a drenagem continental aumentando o fator diluição dos sais, diminuindo assim os valores da salinidade. Outro aspecto importante da concentração de sais é a floculação e precipitação de materiais particulados em suspensão e de íons dissolvidos, de grande importância biológica. A floculação faz com que os gradientes verticais e horizontais de salinidade possam ser facilmente visualizados pelo sensível aumento de transparência da água, à medida que aumentam os valores de salinidade (ESTEVES, 1998), como observado nos valores de transparência média no período amostral com 2,93 m no verão e 3,08 m no inverno, coincidindo com as maiores salinidades encontradas no período de inverno.

As estações 6, 7, 8 e 9 formam o segundo grupamento e são caracterizadas como áreas intensamente urbanizadas, distantes da fonte marinha apresentando proximidade com áreas de deságüe pluvial e possuem alta correlação com a salinidade média, 26,29 no inverno e 25,05 no verão (Tabela 03), confirmando a importância da sazonalidade nos valores de salinidade. A diminuição dos valores de transparência observado no período de inverno deve-se à maior intensificação dos ventos do quadrante-sul neste período, que provoca desestratificação da coluna d'água e conseqüentemente ressuspensão do sedimento, tal fato aliado às baixas temperaturas médias encontradas no mesmo período, favorecem a oxigenação da água elevando assim as concentrações de oxigênio dissolvido médio no inverno. A intensa urbanização da região aliado ao incremento do turismo nos períodos de verão e maiores temperaturas da água podem ter sido a causa das menores concentrações médias de oxigênio dissolvido nos períodos de verão.

O terceiro grupo é formado pelas estações 1, 2 (subsistema Sul) e 3 (local de embarque dos floripinhas, caracterizado pela média de temperatura mais alta dentre os grupos (Tabela 03), este subsistema encontra-se no 3º quadrante (Figura 3) e as flechas de correlação (Figura 4) apontadas para este quadrante são as de temperatura. MCGLATHERY *et al* (2001), cita que a principal fonte de água doce em lagoas pode ser o lençol freático superficial. Em seus estudos na Lagoa da Conceição ODEBRECHT & CARUSO JR, (1987), FONSECA *et al.* (2002) e FONSECA (2004), relatam que ocorre esta entrada de água doce pelo sedimento da laguna, sendo mais evidente na região sul do ecossistema lagunar. A região sul caracterizada pelas estações 1 e 2, é a mais isolada, em relação às interações com a água do mar adjacente ao sistema, apresentando longo tempo de residência de água em relação ao seu volume, a estação 3, assim como as demais deste compartimento, além de sofrer grande impacto provocado pela intensa urbanização de seus entornos, recebe saídas de água pluvial e esgoto, o que justifica as menores salinidades encontradas. Segundo FONSECA (2004) o confinamento natural, menor circulação das águas, o grande aporte de efluentes domésticos, além de outras forçantes, como presença de matéria orgânica, podem estar relacionados aos baixos valores de oxigênio dissolvido nesta área da lagoa. Devido ao confinamento das águas nas lagoas costeiras, a falta de oxigênio pode ocorrer durante a degradação da matéria orgânica natural, principalmente nos períodos noturnos e sem vento, porém a entrada de material de origem alóctone pode intensificar esta situação (CHEM *et al.*, 2001; GRAY *et al.*, 2002).

O quarto compartimento é representado pela estação 10, ponto este atípico dos demais, pois se localiza na foz do maior tributário de águas doces para o corpo lacustre o Rio Gualberto. Neste compartimento foram observados altos valores de transparência associados a maiores concentrações de oxigênio dissolvido, indicando, segundo FONSECA (2004) que esta variável é mais influenciada pelos processos de produção e decomposição da matéria orgânica do que por processos físicos de mistura e circulação da água na Lagoa da Conceição. Os menores valores de

salinidade encontrados no verão podem ser explicados pela eficiência da diluição da água marinha empurrada para a região mais interna da lagoa, aumento da pluviosidade neste período e a maior predominância dos ventos do quadrante norte. Observou-se um decréscimo dos valores de transparência associado ao ingresso de matéria orgânica de origem alóctone carregadas no período de chuva.

Conclusivamente, este trabalho propõe uma nova compartimentação da Lagoa da Conceição, baseados na Análise de Componentes Principais de 23 coletas. Esta nova divisão, apresentada na figura 03, mostra quatro (4) grupos circulos: um deles abrangendo quase a totalidade da região norte, o primeiro abrangendo a estação amostral da região central (04 e 05), o segundo com as estações 06, 07, 08 e 09 na região da Costa da Lagoa, um terceiro com as estações amostrais 01, 02 e 03 na porção sul e em quarto a estação amostral 10, na região norte da lagoa. A compartimentação proposta vem através de um estudo de longa duração comprovar que a compartimentação utilizada anteriormente, que dividia a lagoa em três subsistemas não representava a dinâmica do ecossistema.

Tabela 03: Média das variáveis agrupadas

PONTOS	TV	TI	OV	OI	SV	SI	EV	EI
1, 2 e 3	1,87	1,91	6,69	6,96	20,73	21,72	27,34	19,76
4 e 5	2,93	3,08	6,38	6,56	27,87	28,23	26,68	19,31
6,7,8 e 9	3,59	2,99	6,57	7,21	25,05	26,29	26,91	18,91
10	1,81	1,57	7,22	7,08	22,61	25,50	26,52	19,52
geral	2,79	2,54	6,63	6,99	24,07	25,23	26,95	19,31

Legenda: Transparência (T), Oxigênio Dissolvido (O), Salinidade (S), Temperatura (E), Inverno (I) e Verão (V).

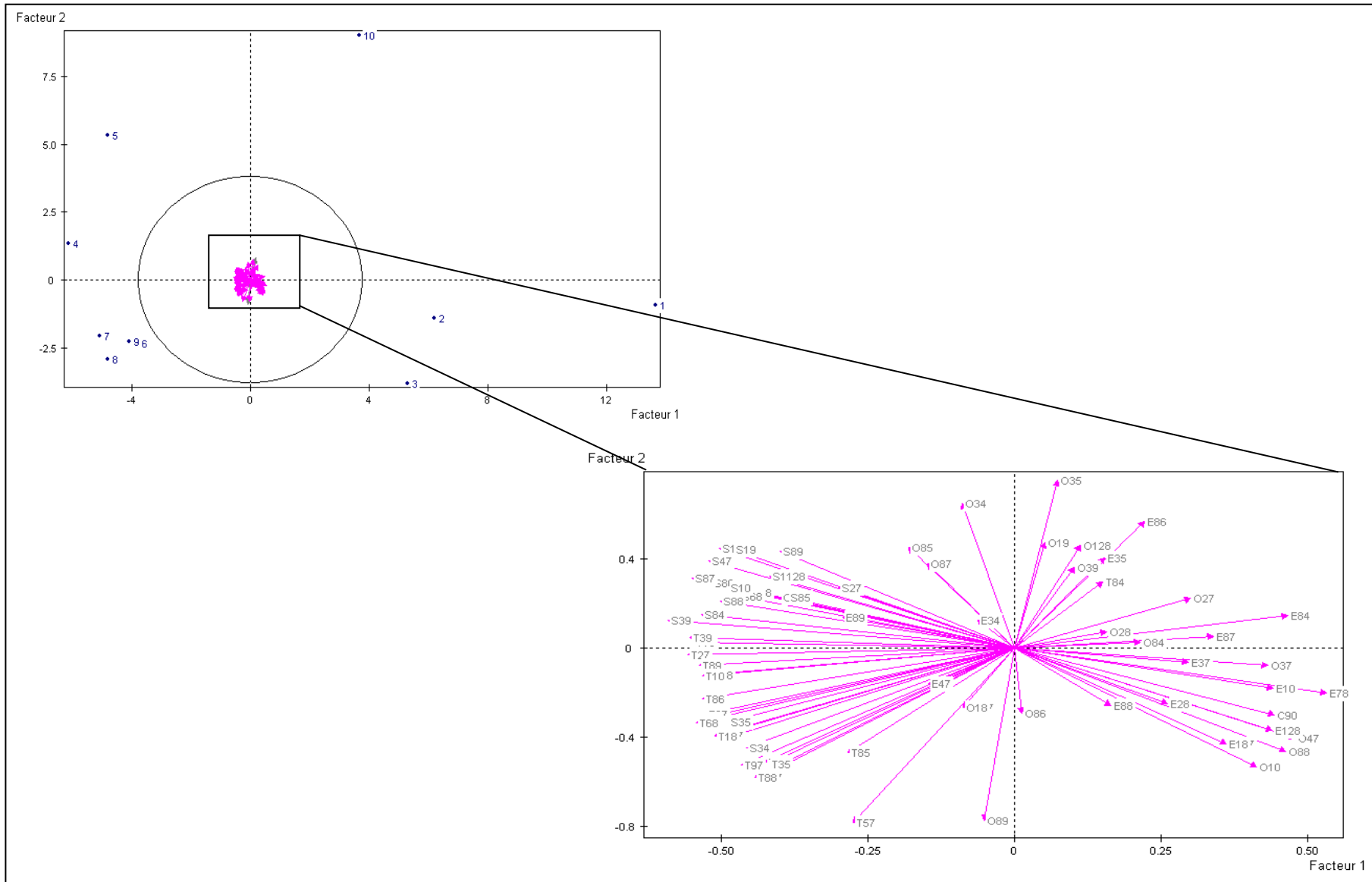


Figura 03. Análise e ampliação das análises dos dados das coletas, apresentado pelo programa *Spad-n*.

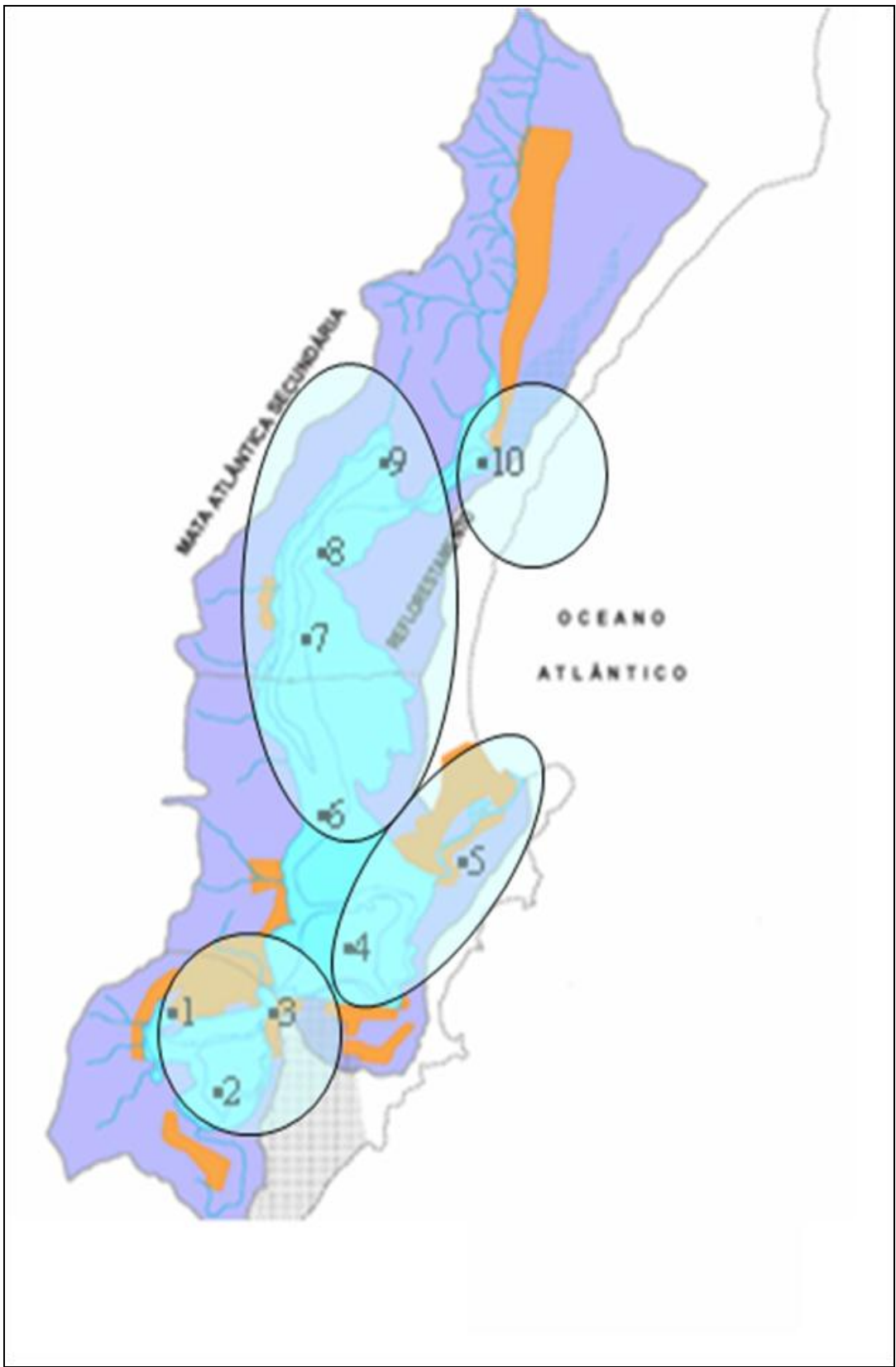


Figura 04: Mapa da Lagoa da Conceição com a nova proposta de compartimentação.

4 - BIBLIOGRAFIA:

- ASSUMPÇÃO, D.T.G. 1979. **Alguns aspectos da química ambiental da Lagoa da Conceição.** Florianópolis, SC. Trab. Conc. prof. Titular, Depto. de Química, UFSC. 65p
- ASSUMPÇÃO, D. T. G.; TOLEDO, A. P. & D'AQUINO, V. A. 1981. **Levantamento ecológico da Lagoa da Conceição. I: Caracterização dos Parâmetros Ambientais.** Ciência Cultura, 33: 1096-1101.
- CHEN, N.; T. BIANCHI; B.A. MCKEE & J.M. BLAND. 2001. **Historical trends of hypoxia on the Louisiana shelf: application of pigments as biomarkers.** Organ. Geochem., 32: 543-561
- CRUZ, O. 1998. **A Ilha de Santa Catarina e o continente próximo; um estudo de geomorfologia costeira.** Florianópolis, Editora da UFSC. 276p
- ESTEVES, F.A. 1988. **Fundamentos de limnologia.** Ed. Interciência, São Paulo. 575p.
- FONSECA, A.; E.S. BRAGA & B.B. EICHLER. 2002. **Distribuição espacial dos nutrientes dissolvidos e pigmentos fotossintetizantes no sistema pelágico da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil.** (setembro 2000). Atlântica, 24 (2): 15-29.
- FONSECA, A. 2004. **Variação sazonal e espacial das características hidroquímicas, dos fluídos de nutrientes e do metabolismo na interface sedimento água da Lagoa da Conceição; Santa Catarina, Brasil.** Tese de doutorado em Ciências área de Oceanografia química e Geológica.
- GRAY, J.S.; R.S. WU & Y.Y. OR. 2002. **Effects of hypoxia and organic enrichment on the coastal marine environment.** Mar. Ecol. Progr. Ser., 238: 249-279.
- KJERFVE, B. 1994. **Coastal lagoons processes.** In: Kjerfve, B., ed. Coastal lagoon processes. Elsevier Science Publishers B.V., P. 1-7
- KNOPPERS, B. A.; OPITZ, S.S.; SOUZA, M.P. & MIGUEZ, C.F. 1984. **The Spatial Distribution of Particulate Organic Matter and some Physical and Chemical Water Properties in Conceição Lagoon, SC Brazil.** Arq. Biol. Tecnol., 27(1): 59-77.
- MCGLATHERY, K.J.; I.C. ANDERSON & A.C. TYLER. 2001. **Magnitude and variability of benthic and pelagic metabolism in a temperate coastal lagoon.** Mar. Ecol. Progr. Ser. 216: 1-15
- NIMER, E. 1966. **Circulação atmosférica do Brasil.** Revista Brasileira de Geografia, 28(3):232-250.

- ODEBRECHT, C. & CARUSO GOMES Jr., F. 1987. **Hidrografia e matéria particulada em suspensão na Lagoa da Conceição**, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil. *Atlântica*, 9(1):83-104.
- PERSICH, G. R. 1990. **Parametros fisico-químicos, seston e clorofila a na Lagoa da Conceição, SC** Trabalho de conclusão do curso de Pós-Graduação, especialização em Hidroecologia. UFSC, Florianópolis, SC. Brasil. 9-39 p.
- RODRIGUES, R.M. 1990. **Avaliação do Impacto do Sistema de Esgoto Sanitário na Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**. Dissertação. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina. 97 pp.
- SIERRA DE LEDO, B. & SORIANO, S.E. 1985. **Mangrove swamps and coastal lagoons: uses and stressors**. NEMAR, Série Contribuição Científicas, 14: 10 p.
- SIERRA DE LEDO, B. & E.J. SORIANO-SIERRA. 1994. **Atributos e processos condicionantes da hidrodinâmica na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, Brasil**. *ACIESP*, 2: 113-121.

8 - CONCLUSÕES

- Podemos afirmar que os altos valores obtidos para o Carbono Orgânico Total nos sedimentos de fundo são diretamente ligados às áreas de urbanização abrigadas do vento e não sujeitas à correntes, observou-se também que a profundidade influi também de forma significativa.
- O nitrogênio um dos elementos mais importantes no metabolismo de ecossistemas aquáticos atua como fator limitante da produção primária. Os baixos valores de nitrogênio encontrados na água estão diretamente relacionados com a hidrodinâmica do corpo lagunar e seu volume d'água resultando numa maior diluição de nutrientes.
- O coeficiente de atenuação da luz, expresso pela equação de Lambert-Bouger, determinou que a laguna não tem a luminosidade como fator limitante.
- Os altos valores de fósforo total encontrados nos provam o acréscimo de nutrientes originados pela ocupação desordenada dos entornos da laguna.
- Foi observada estratificação térmica nas estações amostrais mais profundas, profundidade superior a 3 metros.
- As concentrações de oxigênio dissolvido (OD) variaram de forma distinta nos períodos amostrais, tendo sido as maiores concentrações médias encontradas na estação 05 (canal da Barra). A estagnação das águas ocasionadas pelo confinamento natural da região sul da laguna, além do grande aporte de nutrientes provenientes dos efluentes domésticos podem estar relacionados aos baixos valores de oxigênio dissolvido, além da forte presença de matéria orgânica nesta região.
- Os valores de silicatos encontrados sugerem que se encontram menores concentrações deste elemento justamente em áreas de menor salinidade, sendo o aporte fluvial e os ventos da região as maiores fontes de silicatos do ecossistema.
- Observou-se uma visível estratificação das concentrações de oxigênio dissolvido, obtendo-se um perfil clinogrado na área de estudo.

- A relação N/P maior que 41,4 demonstra que o sistema lagunar possui como nutriente limitante fósforo.
- Quanto ao padrão de circulação da Lagoa da Conceição a mesma classifica-se como polimítica, isto se deve ao resfriamento da camada superficial da coluna d'água durante a noite e à pouca profundidade, que facilita a sua homotermia, o que ocorre na maioria das lagoas costeiras de Santa Catarina e Rio Grande do Sul
- A interferência ambiental ocasionada pela ocupação humana na laguna, tanto da faixa junto à orla do sistema lacustre, quanto da restinga, têm sido bastante problemática pela falta de ordenamento, infra-estrutura e critérios que orientem uma utilização adequada, levando em conta a fragilidade do ecossistema existente e a necessidade de se proteger e conservar as condições ambientais. Com o decorrer do tempo a laguna terá uma degradação da qualidade de suas águas o que é um reflexo da intensa urbanização, sem planejamento, precária infra-estrutura sanitária e modificações fisiográficas na sua bacia de drenagem (desmatamentos, terraplanagens e loteamentos, sendo muitos clandestinos).
- Observou-se uma relação direta com maiores teores de carbono orgânico, para os sedimentos de textura mais fina e menores correlações com os de textura mais grossa com o sedimento arenoso.
- Observou-se uma relação direta do potencial hidrogeniônico com a granulometria dos sedimentos de fundo sendo os menores valores encontrados em fácies siltosas e argilosas.
- Houve uma nítida diferenciação sazonal entre as concentrações de metal nas estações amostrais, sendo os maiores valores encontrados nos meses de inverno, exceto o metal chumbo que apresentou maiores concentrações no verão, tal fato deve-se à intensificação das atividades náuticas na laguna.
- A Lagoa da Conceição deve ser classificada como pouco a moderadamente poluída. Porém, deve-se salientar que apesar do enquadramento como pouco a moderadamente poluída, os valores apresentados representam um enriquecimento de até dez vezes em metais como cobre, chumbo, manganês, zinco e níquel, excetuando-se cádmio que não apresentou valores significativos.

- Foram encontradas concentrações médias acima das estabelecidas por BOWEN (1966), do metal cobre nos organismos *Calinectes danae* (Siri azul) e *Mugil curema* (Tainha), chumbo foi detectado em *Calinectes danae* (Siri azul), *Anomalocardia brasiliana* (Berbigão) e *Brachidontes darwininus* (Marisco), concentrações de manganês foi detectada em *Anomalocardia brasiliana* (Berbigão) e *Brachidontes darwininus* (Marisco). Os demais organismos *Penaeus paulensis* e *Penaeu brasiliensis* (Camarão rosa), *Diapterus rhombeus* (Carapeba) e *Micropogonias furnieri* (Corvina) não apresentaram valores médios acima das concentrações estabelecidas pela literatura.
- Todos os organismos estudados mostraram-se bons bioindicadores.
- Propõe-se uma nova compartimentação da Lagoa da Conceição, dividindo-a em quatro (4) subsistemas.
- Conclusivamente, a Lagoa da Conceição vem sofrendo um acelerado processo de eutrofização antropogênica, ocasionada pela ocupação inadequada de seus entornos e mal uso de seus recursos, tal fato está sendo minimizado pelo seu grande volume d'água e hidrodinâmica do seu corpo lagunar. Mas, podemos afirmar que o ingresso de nutrientes está sendo maior que a ciclagem de água do corpo lagunar e que medidas preventivas devem ser tomadas.

9 – PERSPECTIVAS PARA TRABALHOS FUTUROS

- Avaliar o papel da água subterrânea na hidrodinâmica da Laguna.
- Quantificar o impacto do “input” de nutrientes de origem antrópica no ecossistema lagunar.
- Analisar o fluxo de nutrientes, material particulado e clorofila, entre as diferentes regiões da laguna e entre esta e o mar adjacente.
- Relacionar as variações sazonais nas concentrações de nutrientes e biomassa macroalgal.
- Promover estudos de longa duração para a compreensão da dinâmica dos nutrientes na laguna.
- Avaliar a variação sazonal da comunidade bacteriana, dando ênfase no entendimento de seus processos metabólicos.

10 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, J.B.S; FILOMENO, M.J.B, SIERRA DE LEDO, B. 1993 **Ocorrência e distribuição espaço-temporal da Sciaenidae na Lagoa da Conceição e na área litorânea adjacente, Ilha de Santa Catarina, Brasil.** In: II Simpósio de Ecossistemas da Costa Brasileira subsídios a um gerenciamento ambiental.
- ALISSON, L. E. 1935 **Organic soil carbon by reduction of chromic acid.** Soil Science, 40 (4): p 311-320.
- ALLEN-GIL, S.M.; MATYNOV, V.G. 1995 **Heavy metal burdens in nine species of freshwater and anadromous fish from the Pechora River, Northern Russia.** The Science of the Total Environment, v. 160/161, p. 653-659
- ALLOWAY, B.J . & AYRES, D.C. 1993. **Chemical principles of environmental pollution,** London. Blackie Academic & Professional
- AMINOT, A. & CHAUSSEPIED, M. 1983 **Manuel des analyses chimique en milieu marin.** Brest: CNEXO, 395 p.
- AMUNDSEN, P.A.; STALDVIK, F.J.; LUKIN, A.A.; KASHULIN, N.A.; POPOVA, O.A.; RESHETNIKOV, Y.S., 1997 **Heavy metal contamination in freshwater fish from the border region between Norway and Russia.** The Science of the Total Environment, v. 201, p. 211-224
- APHA, 1995, **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater** 12 th Edition.
- ASSUMPÇÃO, D. T. G.; TOLEDO, A. P. & D'AQUINO, V. A. , 1981b **Levantamento ecológico da Lagoa da Conceição. I: Caracterização dos Parâmetros Ambientais.** Ciêc. Cult., 33: 1096-1101.
- AVELAR, W.E.P.; ROMA, F.; LONGO, L.L. , 1997 **Poluição por metais pesados na Bacia do Rio Sapucaí-Mirim (Nordeste do Estado de São Paulo), pela indústria do couro.** Arquivos de Biologia e Tecnologia, v. 40, n.1, p. 205-212.
- BAIRD, C. 2002. **Química ambiental.** 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 622p.
- BARNES, R. H. & MANN. 1980. **Fundamentals of aquatic ecosystems.** Oxford, Blackwell Scientific Publications,
- BEDFORD, J.W.; ROELOFS, E.W.; ZABIK, M.J. 1968 **The freshwater mussel as a biological monitor of pesticide concentration in a lotic environment.** Limnology and Oceanography, v. 13, p. 118-126
- BENDO, A.; CAMPOS, MLAN.; SIMONASSI, J.C; SNOEIJER, E.& SIERRA E.S. 1997 **Anais XII Semana Nacional de Oceanografia,** Itajaí, SC, Brasil. P. 249-251

- BERTRAND, D. 1972. **Interactions entre éléments minéraux et microorganismes du sol.** Rec. Ecol. Biol. Soc.
- BODUNGEN, B. 1981 **Sampling and Analysis of suspended and sinking particles in the Northern North Atlantic.** In: Hurd, D.C. and Spencer, D.W. (Eds.), *Marine Particles: Analysis and Characterization. American Geophysical Monograph 63*, pp. 47-56
- BRANCO, J.O. 1999 **Biologia do Xiphopenaeus kroyeri (Heller, 1862) (DECAPODA: PENAEIDAE), análise da fauna acompanhante e das aves marinhas relacionadas a sua pesca, na Região de Penha, SC - Brasil.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de São Carlos, 149 p.
- BREMNER, J. M. & EDWARDS, A. P 1965. **Determination and isotope ratio of different forms of nitrogen in soils. I – Apparatus and procedure for distillation and determination of Ammonium.** Soil. Sci. Soc. Am. Proc.
- BREMNER, J. M. & MULVANEY, C. S. 1982, **Nitrogen-Total.** In: PAGE, A.L. et al. *Methods of soil Analysis. Part 2. Ed. Agronomy series 9.* ASA, Madison, Wisc.
- BROOKS, R.R.; RUMSBY, M.G. 1965 **The biogeochemistry of trace element uptake by some New Zeland bivalves.** *Limnology and Oceanography*, v. 10, n.4., p. 521-527
- BUTTLER, P.A. 1971, **Influence of pesticide on marine ecosystems.** *Proceeding of the royal Society of London, Series B*, v. 117, p. 321-329
- CARLSON, R. E 1974, **A trophic state index for lakes.** Contribution no 141. *Limnological Research Center. University of Minesota. Mineápolis.*
- CARUSO-GOMES Jr., F..1989, **Geologia e características ambientais da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC.** Dissertação Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- _____. 1993. **Mapa geológico da Ilha de Santa Catarina.** Escala 1:100000. Texto explicativo. Notas técnicas, Porto Alegre.
- CARUSO JR., F. & FRASSON, H. 2000 **O ecossistema Praia da Barra/ Lagoa da Conceição (Ilha de Santa Catarina) e os riscos de impactos ambientais em função de empreendimentos turísticos.** In: *Anais do Simpósio Brasileiro de Praias Arenosas – Univali – Itajaí:* 410-412.
- CARRAL, E.; VILLARES, R.; PUENTE,X & CABALLEIRA, A. 1995. **Influence of watershed lithology on heavy metal levels in estuarine sediments and organisms in Galicia (North-West Spain).** *Marine Pollution Bulletin*, 30 (9), pp. 604-608.
- CENTRO DE ESTUDOS CULTURA E CIDADANIA CECCA/FNMA. 1996 **Uma cidade numa ilha: Relatório sobre os problemas sócio-ambientais da Ilha de Santa Catarina.** Florianópolis, Insula.
- CETESB. 1978 **Determinação de Pigmentos Fotossintetizantes: clorofila – A, B, C e Feofitina – A.** 1 ed. São Paulo, (NT.L5.306).

- CHEVREUIL, M.; CARRU, A.M.; CHESTERIKOFF, A.; BOET, P.; TALES, E.; ALLARDI, J. 1995 **Contamination of fish from different areas of the river Seine (France) by organic (PCB and Pesticides) and metallic (Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb and Zn) micropollutants**. The Science of the total Environment, v. 162, p. 31-42.
- CROMWELL, J. E.. 1971 **Barrier coastal distribution, a world-wide survey**. Abstr. Nat. Coast. Shallow. Water. Res. Conf.
- DIONNE, J.C.1963 **Towards a more adequate definition of the St. Lawrence estuary**. Z. Geomorphology
- DUFFS, J.H. 2002 **Heavy metals- a meaningful term** Pure and applied Chemistry. V. 74, n. 5, p. 783-887.
- DUTRA, S.J.. 1991 **Caracterização Geoambiental da Bacia de Drenagem do Rio João Gualberto, Ilha de Santa Catarina, SC**. Dissertação. Bacharelato em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina..
- ESTEVES, F. A., 1998 **Fundamentos de Limnologia**, 2ª ed. – Rio de Janeiro: Interciência.
- ETCHEBER, H. 1986 **Biogéochimie de la matière organique en milieu estuarien: comportement, bilan, propriétés. Cas de la Gironde**. Mémoires de L'institut de Géologie Du Bassin D'arquitaine, Talence, France. 19: 1-379.
- FAGIOLI, F; LOCATELLI, C.; LANDI, S. 1994 **Heavy metals in the Goro Bay: sea water, sediments and mussels**. Annali di Chimica, v. 84, p. 129-140.
- FATMA – FUNDAÇÃO DE AMPARO À TECNOLOGIA E MEIO AMBIENTE 1997 **Licença Ambiental de Implantação** (LAI no 052/97) – Porto da Barra. Santa Catarina: 80.
- FOLSOM. T.R.; YOUNG,D.R. 1965 **Silver-110m and Cobalt-60 in oceanic and coastal organism**. Nature. V. 206, p 803-806.
- FOLSOM. T.R.; YOUNG,D.R; JOHNSON, J.N.; PILLAI, K.C. 1963, **Manganese-54 and Zinc-65 in coastal organism of California**. Nature, v. 200, p 327-329.
- FONSECA, A.; BRAGA, E.S. & EICHLER, B.B. 2002 **Distribuição espacial dos nutrientes inorgânicos dissolvidos e da biomassa fitoplanctônica no sistema pelágico da Lagoa da Conceição, Santa Catarina, Brasil**. (Setembro, 2000). Atlântica, Rio Grande, v. 24, p. 69-83
- FÖRSTNER, U; WITTMANN, G.T.W. 1983 **Metal pollution in the aquatic environment**. New York: Springer-Verlag. .
- FREEDMANN, B. 1995 **Environmental ecology – The ecological effects of pollution, disturbance and other stresses**. Chapter 3, p. 62-93. 2 ed. Academic Press. San Diego.
- GARCIA, A.A.. 1999 **Diagnóstico ambiental da lagoa da Conceição e do canal da Barra através de indicadores físico-químicos de sedimentos de fundo e dos indicadores sócio-**

- ambientais** Tese de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Centro Tecnológico, UFSC. Florianópolis, SC. 298p.
- GRÉ, J.C.; HORN-FILHO, N.H. 1992 **Caracterização textural dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, S.C. Brasil**. In XXVII Congresso Brasileiro de Geologia. SBG/SP.
- GUIMARÃES, SSCP & RORIG, L.R. 1997 **Microorganismos associados à florações de cianobactérias *T. hidebrandtii* na costa de SC**. Notas técnicas Facimar. V. 1p. 43-47.
- HAKANSON, L. 1977 **The influence of wind, fetch, and water depth on the distribution of sediments in Lake Vanern, Sweden**. Can. J. Earth Sci.
- _____. 1982 **Lake bottom dynamics and morphometry: The dynamic ratio**. Water resouse. Res.
- HANSEN, D.V. & RATTRAY, M. JR. 1966 **Gravitational circulation in straits and estuaries**. Journal of Marine Researches, 23: 102-122.
- HARLEMAN, D.R.F. & ABRAHAM, G. 1966 **One-dimension analysis os salinity intrusions in the Róterdam Watrway**. Publication 44 Delft Hydraulics Laboratory, Delft, Holanda.
- HARBISSON, P. 1986 **Mangrove muds a sink and a source for trace metals**. Marine Palution Bulletin, 17 (6) p. 246-250.
- HAUFF, S.N. 1996 **Diagnóstico ambiental integrado da Baía Hidrográfica da Lagoa da Conceição**. Dissertação de Mestrado. Depto de Geociências. UFSC, SC.,Brasil.
- HERMANN DE PAULA , M; ROSA FILHO, O; REGO NETO, C; MENDONÇA M; DA SILVA T, J; SILVA D, A. 1987 **Aspectos ambientais dos entornos da porção sul da lagoa da Conceição**. Revista Geosul No 4,,2do semestre. Editora UFSC, S.C. Brasil.
- IKINGURA, J.R.; AKAGI, H. 2003 **Total mercury and methilmercury levels in fish from hydroelectric reservoirs in Tanzânia**. The Science of the Total Environment, v. 304, p. 355-368.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFÍA E ESTATÍSTICA (IBGE). 1940 **Censo demográfico de Santa Catarina**. (Município de Florianópolis), Santa Catarina, Brasil.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFÍA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2000 **Censo demográfico de Santa Catarina**. (Município de Florianópolis), Santa Catarina, Brasil.
- IPPEN, A.T. & HARLEMAN, D.R.F. 1961 **One-dimensional analysis of salinity intrusion in estuaries**. Tech Bull. No 5. Committee of tidal hydraulics, corps of engineers U.S. Army. Mississippi: 220.
- KABATA – PENDIAS & PENDIAS 1962 **Mercury in the environment ecological and analytical problEms**. A.. Warsaw.
- KARGIN, F. 1998 **Metal concentrations in tissues of the freshwater fish *Capoeta barroisi* from the seyhan River (Turkey)**. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, v. 60, p. 822-828.

- KETZER, J.M.; MARTINS, R.; ELIAS, A.R.D.; MARCHIORI, C.A.M. & CORRÊA, I.R.S. 1994 **Transgressão marinha na plataforma continental sul e sudeste brasileira durante o holoceno**. In: Anais do 38º Congresso Brasileiro de Geologia Balneário Camboriú: 423-424.
- KNOPPERS, B.A.; OPTIZ, S.S.; SOUZA, M.P.; NUGYEZMC, F. 1984 **The spatial distribution of particulate organic matter and some physical and chemical water properties in Conceição Lagoon, SC, Brasil**. Arq. Biol. Tecnol.
- KOCH-DIAS, J. 1999 **Avaliação do grau de Eutrofização da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC** monografia de Conclusão do Curso de Química da Universidade Federal de Santa Catarina, UFSC, 120p.
- KOCK, G.; HOFER, R.; WOGRATH, S. 1995 **Accumulation of trace metals (Cd, Pb, Cu, Zn) in Arctic char (*Salvelinus alpinus*) from oligotrophic Alpine lakes: relation to alkalinity**. Canadian Journal of fisheries and Aquatic Science, v. 52, p. 2367-2376.
- LACERDA, L.D.; REZENDE, C.E. 1987 **Metal geochemistry in mangrove sediments. Simpósio sobre Ecossistemas da Costa Sul e Sudeste Brasileira: Síntese dos Conhecimentos**, p. 123-131. Cananéia.
- LINDE, A.R.; ARRIBAS, P.; SANCHES-GALAN, S.; GARCIA-VARQUEZ, E. 1996 **El (*Anguilla anguilla*) and Brown Trout (*Salmo trutta*) target species to assess the biological impact of trace metal pollution freshwater ecosystems**. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 31, p. 297-302.
- LORENZEN, C. 1974 **Chlorophyll-degradation products in sediments of Black Sea**. The black Sea-geology, chemistry and biology. Memoir 20.
- LU, F. C.. 1996 **Basic toxicology. Fundamentals, target organs and risk assessment**. Ed. Taylor & Francis, 3º ed. Whashington.
- MASSUTI, M.B. 1999 **O Manguezal do Itacorubi como Barreira Biogeoquímica: Estudo de Caso**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental. UFSC. 199p.
- MIRANDA, L.B.; CASTRO, B.M. & KJERFVE, B. 2002 **Princípios de oceanografia física de estuários**. Editora da Universidade de São Paulo. São Paulo.
- MUEHE, D. & CARUSO GOMES Jr., F. 1989. **Batimetria e algumas considerações sobre a evolução geológica da Lagoa da Conceição, SC, Brasil**. Mem. VII Simp. Ocean. Biol. UNESCO/, Montevideo, Uruguai..
- NEUMANN, C.M.; KAUFFMAN, K.W.; GILROY, D.J. 1997 **Methylmercury I fish from the Parana River floodplain, Parana, Brazil**. Environmental Pollution, v. 98, n.1, p. 205-214.
- NICHOLS, M.M. & BIGGS, R.B., 1981 **Estuaries**. In: Coastal sedimentary environments. Ed. R.A. Davis, Springer-Verlag, New York, 77-186.
- OCHIAI, E.I. 1995 **Toxicity of heavy metals and biological defense. Principles and applications**

in bioinorganic chemistry – VII. Journal of Chemical Education, 72 (6), 479-483.

ODEBRECHT, C. & CARUSO GOMES Jr., F. 1987 **Hidrografia e matéria particulada em suspensão na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, SC, Brasil**. Atlântica.

PANITZ, C. M. N. , 1997 **Ecological description of the Itacorubi mangrove, Ilha de Santa Catarina, Brazil**. In: KJERFVE, B.; LACERDA, L.D.; DIOP, E. S. (eds), Mangrove Ecosystem Studies in Latin America and Africa. UNESCO pp. 104-225. Paris.

PANITZ, C. M. N. 2000 **EIA/RIMA do Hotel Lanai, Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC**. Documento disponível na biblioteca da FATMA, Florianópolis, SC.

PASKOFF, R. , 2001 **L'élevation du Niveau de la Mer et les Espaces Côtiers**, Institut Oceanographique, Col. Propos.

PEDROSO, F.; BONETTO, C.A.; ZALOCAR, Y.A. , 1988 **Comparative study on phosphorus and nitrogen transport in the Parana, Paraguay and Bermejo rivers**. Limnologia e Manejo de Represas. Séries: Monografias em Limnologia São Paulo. ACIESP. V.1, t.1

PEREIRA, M.L.M. , 2004 **Estudo da dinâmica das águas do canal da barra, Barra da Lagoa, Florianópolis, SC**. Dissertação de mestrado em Geografia. UFSC, SC, Brasil

PERSICH, G R. 1990 **Parametros fisico-químicos, seston e clorofila a na Lagoa da Conceição, S.C**. Trabalho de conclusão do curso de Pós-Graduação, especialização em Hidroecologia. UFSC, Florianópolis, S.C. Brasil.

PHILIPS, D.J.H.; RAINBOW, O.S. 1989 **Strategies of metal sequestration in aquatic organisms**. **Mariner** Environmental Research 28, p. 207-210.

PHILIPS, D.J.H. ; SEGAR, D.A. 1986 **Use of bio-indicators in monitoring conservative contaminants: program design imperatives**. Marine Pollution Bulletin, 17; p 10-17.

PORTO FILHO, E. 1993 **Sedimentometria e algumas considerações sobre a biogeoquímica dos sedimentos de fundo da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina**. Dissertação de Mestrado em Geografia, UFSC, SC., Brasil.

PRADO, R. B., 2004 **Geotecnologias aplicadas à análise espaço temporal do uso e cobertura da terra e qualidade da água do reservatório de Barra Bonita, SP, como suporte à gestão de recursos hídricos**. Tese de Doutorado. Ciências da Engenharia Ambiental. Universidade Federal de São Carlos, São Carlos

PRITCHARD, D.W. 1955 **Estuarine circulation patterns**. Proc. Amer. Soc. Civil Eng., (Separate 717).

REDMAYNE, A. C.; KIM, J.P.; CLOSS, G.P.; HUNTER, K.A. 2000 **Methyl mercury bioaccumulation in long-finned eels, Anguilla dieffenbachia, from rivers in Ontago, New Zealand**. The Science of the Total Environment, v. 262, p. 37-47

REEVE, R. N. 1994 **Environmental Analysis** . ACOL. Ed. John Wiley & Sons Ltd., West Sussex.

- REID, J. W. & ESTEVES, F. A. 1984 **Considerações Ecológicas e Biogeográficas sobre a Fauna de Copépodos (Crustácea) Planctônicos e Bentônicos de 14 Lagoas Costeiras do Estado do Rio de Janeiro, Brasil, Rio de Janeiro, B. CEUFF.**
- REZENDE, C.E.; LACERDA, L.D. 1986 **Metais pesados em mexilhões (*Perna perna* L.) no litoral do Estado do Rio de Janeiro.** Revista Brasileira de Biologia, v. 46, n. 1, p. 239-247.
- HOSTIM-SILVA, M., RIBEIRO, GC, CLEZAR, L. 1999 **Ictiofauna** In: O Ecossistema da Lagoa da Conceição ed. Florianópolis : Editora FEPEMA, v.01, p. 15-423.
- RIVAIL, M DA SILVA. 1996 **Estudos potenciométricos e fluorimétricos dos equilíbrios ácido-básicos e da complexação de metais com o Obisdien e as substâncias húmicas. Contaminação pelos metais em sedimentos da ilha de Santa Catarina.** Tese para obtenção do grau de Doutor em Química. UFSC, Florianópolis, S.C., Brasil
- RODRIGUES, R.M. 1990 **Avaliação do Impacto do Sistema de Esgoto Sanitário na Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.** Dissertação. Mestrado em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina.
- SALOMONS, W.; FORSTERN, U. 1984 **Metals in the hydrocycle.** Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York Yokyo, 349
- SANTOS, E.C.; CÂMARA, V.M.; JESUS, I.M.; BRABO, E.S.; LOUREIRO, E.C.B.; MASCARENHAS, A.F.S.; FAYAL, K.F.; SAH FILHO, C.G.; SAGICA, F.E.S; LIMA, M.O.; HIGUCHI, H.; SILVEIRA, I.M. 2002 **A contribution to the establishment of reference values for total mercury levels in hair and fish in Amazonia.** Environmental Research Section A, v. 90, p. 6-11
- STAL, L.J.; BEHRENS, S.B., VILBRANDT, M.; BERGEIJK, S. VAN. & KRUYNING, F. 1996 **The biochemistry of two eutrophic marine lagoons and its effects on microphytobenthic communities, Hydrobiologia,** v. 329 p. 185-198
- SAXBY, J. D. 1973 **Diagenesis of metal organic complexes in sediments: formation of metal sulphides from cysteine complexes.** Chem. Geol., 12: 241-288.
- SCHWARZBOLD, A. 1986 **Gênese e morfologia das lagoas costeiras do Rio Grande do Sul.** Amazoniana.
- SEGERSTRALE, S.G. 1959 **Brackish water classification, a historical survey.** Arch. Oceanogr. Limnol., Vol. 17, no 07.
- SHI, B.; ALLEN, H.E; GRASSI, M.T.; HEIZHONG, M.. 1998 **Modeling copper partitioning in surface water.** Water resource, v. 32, p. 3756-3764.
- SIERRA DE LEDO, B ; GRE, J.C.R.; SORIANO, S.E. 1982 **Fishery production, anthropogenic and natural stresses in Conceição Lagoon, S.C., Brasil.** Proceeding of International Symposium on utilization of coastal ecosystems. Editado por Universidad do Río Grande - Duke University Marine

Lab. Vol 1. NEMAR, S.C., Brasil.

SHINE, J. P. IKA, R.V. & FORD, T.E. 1995 **Multivariate statistical examination of spatial and temporal paterns of heavy metals contamination in New Bedford Harbor marine sediments.** Env. Sci. Tecnol. (29), 7, 1781-1788.

SIERRA DE LEDO, B. & SORIANO-SIERRA, E. 1999 **Atributos e processos condicionantes da hidrodinâmica na Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina.** In: B. Sierra de Ledo & E.J. Soriano Sierra (eds.) O ecossistema da Lagoa da Conceição NEMAR/CCB/UFSC. Florianópolis, Brasil p. 89-100

SIMMONS, H.B. 1955 **Some effets of upland discharge on estuarine hydraulics.** Proc. Am. Soc. Civ. Eng.: 792.

SINGER, P. C. 1977 **Influence of dissolved organics on the distribution, transport and fate of pollutants on the air and water enviroment.** New York, p. 155-182.

SKINNER, F. & TUREKIAN, N.M. 1977 **O Homem e o Oceano.** São Paulo. Ed. Edgard Blucher Ltda,

SOARES, M.L.G. 1997 **Estudo da biomassa aérea de manguezais do sudeste do Brasil – Análise de modelos.** Tese de Doutorado. Instituto Oceanográfico da Universidade de São Paulo, V.1, 294pp. 1997.

SOUZA-SIERRA, SORIANO-SIERRA, STALIN. 1987 **Distribución espacial y temporal de los principales nutrientes de la Lagoa da Conceição, SC, Brasil.** An. Cient. UNALM, v.2.

STUM, W.; MORGAN, J.J. 1981 **Aquatic Chemistry.** Ed. Willey. 780 p. New York

STOMMEL, H.M. 1950 **The flushing estuaries.** Proc. Of the colloquium on the flushing estuaries. Woods Hole: W.H.Oceanografic Institution

STRICKLAND, J.D.H. AND PARSON, T.R., 1972 **A pratical handbook of seawater analysis. Fisheries research board fo Canadá.** 2a ed. Ottawa; Bulletin 167.

SUGUIO, K. 1998 **Dicionário de geologia sedimentar e áreas afins.** Ed. Bertrand, rio de Janeiro

TAM, N.F.Y.; WONG, Y.S. 1995 **Spatail and temporal variations of heavy metal contaminant im mangrove swamp in Hong Kong.** Mariner Pollution Bulletin, 31 (4-12); p. 254-261.

TEDESCO, M.J.; WOLKWEISS, S. & BOHNEN, H. 1985 **Analises de solo, plantas e outros materiais.** Depto de solos da Faculdade de Agronomia, UFRGS. Bol. Tecnico Solos.

THURMAN, H.V.1994 **Introductory oceanography.** McMillian Publishing Company. 7a ed. New York:550

TOLEDO, A.; TALARICO, M.; CHINEZ, S.J.; AGUDO, E.G. 1983 **Aplicação de modelos simplificados para a avaliação do processo de eutrofização em lagos e reservatórios tropicais.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, Camboriú, Anais.

- TOKALIOGLU, S.; KARTAL, S.; ELÇI, L. 2000 **Determination of heavy metals and their speciation in the lake sediments by flame atomic absorption spectrometry after a four-stage sequential extraction procedure.** *Analitica Chimica Acta*, v. 413, p. 33-40
- TOMAZELLI, A.C.; MARTINELLI, L.A.; AVELAR, W.E.P.; CAMARGO, P.B.; FOSTIER, A.H.; FERRAZ, E.S.B.; KRUG, F.J.; SANTOS, D.J.R. 2003 **Biomonitoring of Pb and Cd in two impacted watersheds in southeast Brazil, using freshwater mussel *Anodontites trapesialis* (Lamarck, 1819) (Bivalvia: Mycetopodidae) as a biological monitor.** *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 46, n.4
- TUNDISI, J.G. 2005 **Água no século XXI: Enfrentado a escassez** – São Carlos:RIMA, IIE, 2ª ed.
- UNEP-IETC.2001 **Lagos e reservatórios: qualidade de água: o impacto da eutrofização.** ILEC, IIE
- VIEIRA, F. 1998 **Caracterização morfológica da margem lagunar da Lagoa da Conceição, Ilha de Santa Catarina, S.C** Monografia para a obtenção do grau de Bacharel no curso de graduação em Geografia da UFSC.
- VOLLENWEIDER, R. & KERÉKES, J. 1981 **Background and summary results of the OECD cooperative programme on eutrophication'**, Appendix I in The OECD Co-operative Programme on Eutrophication, Canadian Contribution, compiled by L. L. Janus and R. A. Vollenveider, Environment Canada, Scientific Series 131.
- WATLING. L. & WATLING. L. 1982 **Seasonal variation in microbial community structure as a backdrop for the detection of anthropogenic stress.** Pp. 49-64 In, R.P. Eganhouse (Ed.) *Molecular Markers in Environmental Geochemistry.* American Chemical society, Washington, D.C.
- WATRAS, C. J.; BACH, R.C.; HALVORSEN, S.; HUDSON, R.J.M.; MORRISON, K.A.; WENTE, S. P. 1998 **Bioaccumulation of mercury in pelagic freshwater food webs.** *The Science of Total Environment*, v. 219, p. 183-208
- YOUNG, D.R.; FOLSON, T.R. 1967 **Loss of Zinc-65 from the California sea-mussel *Mytilus californianus*.** *Biological Bulletin, Marine Biological Laboratory*, v. 133, p. 438-447
- ZENKOVITCH, V.P. 1969 **Origin of barriers beaches and lagoon coast.** In: *Lagunas Costeras, um simpósio; Mem. Sim. Intrn. Lagunas Costeras.* UNAM_UNESCO. México: 27-38.
- ZWIRTES, I.R. 2003 **Uso da geocronologia e da distribuição de lipídios e fósforo na reconstituição histórica dos sedimentos da Lagoa da Conceição, Florianópolis, SC.** Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas. Programa de Pós-Graduação em Química.

