

**UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA REGIONAL DE CHAPECÓ**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**Nádia Cristina Bonai**

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS  
DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE  
ITÁ E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE *Eichhornia  
crassipes* NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS  
CONTAMINADAS PELA ATIVIDADE AGRÍCOLA DE  
CRIAÇÃO DE SUÍNOS**

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

**Chapecó – SC, 2007**

**UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA REGIONAL DE CHAPECÓ**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS  
DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE  
ITÁ E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE *Eichhornia  
crassipes* NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS  
CONTAMINADAS PELA ATIVIDADE AGRÍCOLA DE  
CRIAÇÃO DE SUÍNOS**

**Nádia Cristina Bonai**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade Comunitária Regional de Chapecó, como parte dos pré-requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientador: Prof. Dr. Jacir Dal Magro.

**Chapecó – SC, dezembro, 2007**

FICHA CATALOGRÁFICA A SER ELABORADA PELA BIBLIOTECA DA  
UNOCHAPECÓ



**UNIVERSIDADE COMUNITÁRIA REGIONAL DE CHAPECÓ**  
**Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais**

**DISTRIBUIÇÃO DE METAIS PESADOS NOS SEDIMENTOS  
DO RESERVATÓRIO DA USINA HIDRELÉTRICA DE  
ITÁ E AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE *Eichhornia  
crassipes* NA REMEDIAÇÃO DE ÁGUAS  
CONTAMINADAS PELA ATIVIDADE AGRÍCOLA DE  
CRIAÇÃO DE SUÍNOS**

**Nádia Cristina Bonai**

Esta dissertação foi julgada adequada para a obtenção do grau de

**Mestre em Ciências Ambientais**

sendo aprovada em sua forma final.

---

Prof<sup>o</sup>. Jacir Dal'Magro, Dr. em Química Orgânica  
Orientador

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof<sup>a</sup>. Gilza M. Souza Franco, Dra. em Ciências Ambientais

---

Prof<sup>a</sup>. Janet Higuti, Dra. em Ciências Ambientais

## DEDICATÓRIA

À nova razão da minha vida, meu bebê Felipe.  
Aos meus pais, pelo apoio incondicional que me  
permitiu abraçar mais um desafio.  
Ao Éder, pelo carinho e compreensão no decorrer  
desta etapa.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao professor Dr. Jacir Dal' Magro, não apenas pela orientação prestada nesta dissertação, mas pela confiança, aprendizado e apoio demonstrados ao longo de vários anos de orientação;

À professora Dra. Gilza M. Franco pelas sugestões feitas no decorrer da dissertação;

À valiosa e incondicional ajuda prestada pelos acadêmicos Odinei Fogolari e Douglas Mocelin.

Às minhas irmãs, por toda a compreensão e respeito ao meu afastamento durante a realização desta etapa;

À família Rodrigues, pela presença e carinho;

Aos amigos Edina Ruaro, Alessandro Antonioli, Sandra Agne e Vera Zeni pelo companheirismo e incentivo;

Aos órgãos financiadores desta pesquisa, obrigada à UNOCHAPECÓ, pela concessão da bolsa de estudo.

E agradeço por fim, àquele que é minha fonte de fé, esperança e força: Deus...

## RESUMO

BONAI, Nádía Cristina. Distribuição de Metais Pesados nos Sedimentos do Reservatório da Usina Hidrelétrica de Ita e Avaliação da Eficiência de *Eichhornia crassipes* na Remediação de Águas Contaminadas pela Atividade Agrícola de Criação de Suínos. Dissertação (Mestrado). Universidade Regional Comunitária de Chapecó, 2007. (66 Páginas)

Este estudo teve por objetivo avaliar a composição química dos sedimentos do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ita - SC em termos de metais pesados e matéria orgânica, bem como, a qualidade da água e a eficiência de *Eichhornia crassipes* na absorção de metais pesados e nutrientes na água do tributário rio Fragosos. As amostragens corresponderam a duas fases da pesquisa, durante a primeira fase de estudo, foram desenvolvidas as análises químicas do sedimento nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 entre os meses de novembro/2004 e agosto/2005 (3 campanhas). Na segunda etapa procedeu-se uma análise mais detalhada do rio Fragosos, contribuinte principal em termos de poluição para o reservatório. Que compreendeu análises físicas e químicas da água e análise de metais pesados em macrófitas, nos pontos 6, 7, 8, 9 e 10 entre os meses de março/2007 e outubro/2007 (3 campanhas). Os resultados demonstram que o sedimento do reservatório de Itá (Itá-SC), pode ser caracterizado na maioria dos pontos amostrais como orgânico. Foram registradas altas concentrações de Fe em todos os pontos e valores elevados de Zn e Cu no Rio Fragosos. Para a avaliação da qualidade da água, verifica-se que, a maioria das variáveis analisadas esteve com valores significativamente menores nos pontos que sucederam a presença de *E. crassipes*. Verificou-se nas análises do rio Fragosos, que o ponto 6 possui as maiores concentrações de metais pesados, demonstrando a grande entrada de poluentes oriundas das atividades antrópicas desenvolvidas ao longo da bacia. Conclui-se que a macrófita aquática *E. crassipes* foi eficiente na remoção dos metais pesados Cr, Cu, Fe, Pb, Zn, Mn e Cd, sendo as maiores concentrações encontradas no sistema radicular do que na parte aérea da macrófita. Os dados evidenciam a importância das áreas alagadas como filtro biológico nos reservatórios, pois grande parte dos nutrientes que entram no sistema é retida pelas plantas, garantindo a melhoria da qualidade da água. Assim sendo, os resultados obtidos sugerem a entrada de contaminantes oriundos da má conservação e manejo do solo da bacia de drenagem, bem como de atividade agropecuária na área de influência.

Palavras-chave: Reservatórios, elementos-traço, contaminantes, sedimento, macrófitas.

## ABSTRACT

BONAI, Nádia Cristina. Heavy Metal Distribution in the Sediments of the Hydroelectric Power Station Reservoir and Evaluation of the Efficiency of the *E. crassipes* in the Water Remediation Contaminated for the Agricultural Activity of Swine Creation. Dissertação (Mestrado). Universidade Regional Comunitária de Chapecó, 2007. ( 66 Páginas)

This study had as its aim to evaluate the chemical composition of sediments from the Itá -SC Hydroelectric Power Station reservoir in terms of heavy metal and organic matter as well as cytotoxicity of sediments, quality of water and the *E. crassipes* efficiency in absorption of heavy metals and nutrients in water in tributary Fragosos River. The samples corresponded to two phases of research where the first one was developed in the 1,2,3,4 and 5 sample points among November 2.004 to August 2.005 (three campaigns). In the second one a more detailed analysis was done in the Fragosos river, the great contributor on the pollution of the reservoir. There were physics and chemical as well as heavy metal analysis in macrofitas at the points 6,7,8,9 and 10 among March/2007 to October 2007(three campaigns). The results showed that the sediment of Itá reservoir (Itá - SC), can be characterized in most sample points as organical. They showed high concentrations of Fe in all points and, high values of Zn and Cu mainly in the correspondent point to the Fragosos river.to the water quality evaluation, it seen that in the most analyzed variables had less values in points which followed the presence of *E. crassipes*. It was seen in Fragosos river analyses that the point. Has the biggest concentration of heavy metal, showing a great entrance of pollutants which came from antropic activities developed along the basin. It was concluded that aquatic macrophyte *E. crassipes* is efficient in the removal of this heavy metals: Cr, Cu, Fe, Pb, Zn, Mn and Cd, and the higher concentrations were more found in the radicular system than in the aerial part of macrophyte. The data proved the importance of flooded areas as biological filters in the reservoirs, because the most parts of the nutrients which enter in the system is held back by the plants, assuring the water quality. This way, the results suggest the entrance of contamination originated from the bad conservation and handle of soil in the drainage basin, as well as the mixed farming activity in the influencing area.

Key words: Reservoirs, trace-elements, contaminator, sediment, macrophyte.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 4.1 - Localização dos pontos de amostragem na área de estudo.....	20
Figura 4.2 - Localização dos pontos de amostragem na área de estudo.....	21
Figura 5.1 – Valores médios e desvio padrão de concentração de Mn nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.....	26
Figura 5.2 – Valores médios e desvio padrão de concentração de Fe nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.....	27
Figura 5.3 – Valores médios e desvio padrão de concentração de Cu nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.....	28
Figura 5.4 – Valores médios e desvio padrão de concentração de Zn nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.....	29
Figura 5.5 – Valores médios e desvio padrão de concentração de Cr nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.....	30
Figura 5.6 – Valores médios e desvio padrão de concentração de Cd nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.....	31
Figura 5.7 – Valores médios e desvio padrão de concentração de Pb nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.....	32
Figura 5.8 – Valores médios e desvio padrão de condutividade elétrica dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	34
Figura 5.9 – Valores médios e desvio padrão da temperatura da água dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	35
Figura 5.10 – Valores médios e desvio padrão do pH dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	36
Figura 5.11 – Valores médios e desvio padrão de O.D. dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	37
Figura 5.12 – Valores médios e desvio padrão de alcalinidade dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	38
Figura 5.13 – Valores médios e desvio padrão de D.Q.O. dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	39

Figura 5.14 – Valores médios e desvio padrão de amônia dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	40
Figura 5.15 – Valores médios e desvio padrão de nitrato dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	40
Figura 5.16 – Valores médios e desvio padrão de nitrito dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	41
Figura 5.17 – Valores médios e desvio padrão de fósforo dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	41
Figura 5.18 – Valores médios e desvio padrão de Zn nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	42
Figura 5.19 – Valores médios e desvio padrão de Pb nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	43
Figura 5.20 – Valores médios e desvio padrão de Fe nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	44
Figura 5.21 – Valores médios e desvio padrão de Cd nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	44
Figura 5.22 – Valores médios e desvio padrão de Mn nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	45
Figura 5.23 – Valores médios e desvio padrão de Cu nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos .....	46
Figura 5.24 – Valores médios e desvio padrão de Cr nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.....	47
Figura 5.25 – Concentração de Cr nos pontos 2 e 3 e nas folhas e raízes de <i>E. crassipes</i> do rio Fragosos.....	48
Figura 5.26 – Concentração de Cu nos pontos 2 e 3 e nas folhas e raízes de <i>E. crassipes</i> do rio Fragosos.....	49
Figura 5.27 – Concentração de Mn nos pontos 2 e 3 e nas folhas e raízes de <i>E. crassipes</i> do rio Fragosos.....	49
Figura 5.28 – Concentração de Fe nos pontos 2 e 3 e nas folhas e raízes de <i>E. crassipes</i> do rio Fragosos.....	49

Figura 5.29 – Concentração de Cd nos pontos 2 e 3 e nas folhas e raízes de <i>E. crassipes</i> do rio Fragosos.....	50
Figura 5.30 – Concentração de Pb nos pontos 2 e 3 e nas folhas e raízes de <i>E. crassipes</i> do rio Fragosos.....	50
Figura 5.31– Concentração de Zn nos pontos 2 e 3 e nas folhas e raízes de <i>E. crassipes</i> do rio Fragosos.....	51

## LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Comparação de valores estabelecidos por diversos autores para avaliar a qualidade de sedimentos para metais.....	8
Tabela 3.2 - Limites estabelecidos pela Resolução do Conama 344/04 para a qualidade dos sedimentos em metais pesados.....	12
Tabela 4.1 - Relação dos pontos de coletas no reservatório da UHE Itá e seus tributários .....	19
Tabela 5.1 - Comparação da concentração de metais totais ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) do sedimento nos pontos amostrais do reservatório de Itá (Itá, SC) com o limite estabelecido pela resolução do Conama 344/04 e valores da concentração de matéria orgânica (M.O) do reservatório de Ita.....	25
Tabela 5.2 – Valores mínimos e máximos das principais variáveis limnológicas do reservatório do tributário rio Fragosos.....	34

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Ca	Cálcio
Cd	Cádmio
CDA	Centro de Divulgação Ambiental
CEPA	Instituto de Planejamento e Economia Agrícola
Co	Cobalto
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Cr	Cromo
Cu	Cobre
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EPA	Environmental Protection Agency
EPAGRI	Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina S.A.
ERL	Faixa de Efeito Baixo
ERM	Faixa de Efeito Mediano
Fe	Ferro
GSH	glutathiona
GSTS	Glutathionas S-transferases
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido Sulfúrico
HClO <sub>4</sub>	Ácido Perclórico
HNO <sub>3</sub>	Ácido Nítrico
LEL	Nível de Efeito Brando
MEL	Nível de Efeito Mínimo
MENVIQ/EQ	Ministère de l'Environnement du Quebec et Environnement Canadá
MFO	Flavina Monooxygenase
MO	Matéria Orgânica
NADPH	Nicotinamida Adenina Dinucleotídeo
ND	Dado não disponível
OD	Oxigênio Dissolvido

P	Fósforo
P450	Sistema Enzimático
PAHs	Polycyclic Aromatic Hydrocarbons
PCBs	Bifenil Policlorado
pH	Potencial Hidrogeniônico
Pb	Chumbo
PEL	Nível de Efeito Provável
PEL-HA28	Nível de Efeito Provável
SEL	Nível de Efeito Severo
TEL	Nível de Efeito Limiar
TOEL	Nível de Efeito Tóxico
UHE	Usina Hidrelétrica
WHO	World Health Organization
Zn	Zinco

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
2.1 Objetivo Geral.....	3
2.2 Objetivos Específicos.....	3
<b>3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>4</b>
3.1 Ambientes Aquáticos Artificiais.....	4
3.2 Metais Pesados.....	8
3.3 Macrófitas Aquáticas.....	12
3.4 Ocupação e Uso do Solo na Área de Abrangência.....	16
<b>4. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>19</b>
4.1 Área de estudo.....	19
4.2 Análises químicas do sedimento e de <i>E. crassipes</i> .....	21
4.3 Análises físicas e químicas da água.....	22
4.4 Análise estatística.....	23
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>24</b>
5.1 Concentração de Metais Pesados e Matéria Orgânica no Sedimento do Reservatório da UHE de Ita	24
5.2 Qualidade da água do rio Fragosos	33
5.3 Concentração de Metais Pesados no Sedimento do rio Fragosos	42
5.4 Concentração de Metais Pesados presentes em <i>E. crassipes</i> no rio Fragosos	47
<b>6. CONCLUSÃO.....</b>	<b>52</b>
<b>7. PERSPECTIVAS.....</b>	<b>54</b>
<b>8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>55</b>
<b>9. ANEXOS.....</b>	<b>61</b>

## 1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento da sociedade humana está diretamente relacionado ao uso dos recursos naturais entre eles, à água. No entanto, a utilização irracional destes recursos tem provocado grandes e sérias alterações na estrutura e funcionamento dos ecossistemas, gerando muitos problemas para a humanidade.

A água é essencial à vida e todos os organismos vivos do planeta Terra dependem da água para sua sobrevivência. O suprimento de água doce de boa qualidade é essencial para o desenvolvimento econômico, para a qualidade de vida das populações humanas e para a sustentabilidade dos ciclos no planeta (TUNDISI, 2003).

A quantidade e a qualidade da água estão sendo alteradas. Lagos, rios, reservatórios, áreas alagadas são fontes permanentes de água para as necessidades humanas, para a produção de alimentos e para as atividades industriais (TUNDISI, 1999).

A qualidade da água em lagos e reservatórios é determinada por um conjunto de fatores relacionados com processos físicos, químicos e biológicos que ocorrem na bacia de drenagem do próprio corpo d'água. A poluição que atinge os recursos hídricos é ocasionada por diversos fatores entre eles, destaca-se, o lançamento de efluentes industriais, águas pluviais, esgoto urbano e rural, deposição de resíduos sólidos, uso de pesticidas entre outros.

O material inorgânico e orgânico nos sedimentos de rios e lagos pode ser um importante meio de avaliação da poluição, pois estes nutrientes estão predispostos a rápidas trocas na composição com a coluna d'água. A troca dos íons do sedimento para a coluna d'água enriquece o sedimento na fração argila (2 - 4  $\mu\text{m}$ ). Nesta fração os poluentes se agregam com maior facilidade por existir uma maior área superficial e nesta fração existem diferentes grupos argilominerais

com capacidade de troca iônica distinta. Desta forma, amostras de sedimento podem ser um fundamental para a avaliação da história da poluição de um corpo d'água (BRADY, 1989).

De acordo Mudroch e Macknight (1994), atualmente, os sedimentos de rios e lagos contaminados têm-se tornado um assunto de importância. O sedimento está associado a contaminantes que podem ser transportados por ressuspensão de partículas do próprio sedimento, podem acumular uma cadeia alimentar ou afetar a biota ou ainda a qualidade no ecossistema aquático. Para avaliar a contaminação do sedimento no ambiente aquático é necessário coletar amostras para definir as características químicas e físicas do sedimento adequadamente.

Existe ainda, uma necessidade de se detectar e avaliar o impacto de poluentes em organismos expostos em condições estressantes, e não somente avaliar a quantidade de poluentes presentes no ambiente e nos animais. Essa necessidade origina o estudo e desenvolvimento de biomarcadores morfológicos, moleculares, bioquímicos ou fisiológicos, que detectam efeito biológico nos organismos que possibilita detectar precocemente efeitos deletérios de poluentes, antes de serem evidenciadas alterações em níveis de organizações biológicas superiores (MELETTI, 1999).

Devido a necessidade de avaliar de forma integrada o comportamento dos recursos hídricos foi realizada uma avaliação química do sedimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá (SC), bem como análise da qualidade da água, determinação dos metais pesados presente no sedimento e nas macrófitas aquáticas no tributário rio Fragosos, buscando desta forma, um diagnóstico da qualidade ambiental do reservatório de Itá (SC), para contribuir no subsídio ao desenvolvimento de estudos de manejo e serviços ecológicos do reservatório.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral**

Avaliar a composição química dos sedimentos do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá - SC em termos de metais pesados e matéria orgânica, bem como, a eficiência de *Eichhornia crassipes* (Mart) Solm na absorção de metais pesados e nutrientes na água do tributário rio Fragosos.

### **2.2. Objetivos Específicos**

- Determinar a concentração de metais pesados (Mn, Fe, Cu, Cd, Cr, Zn e Pb) no sedimento do reservatório de Ita;
- Determinar a concentração de metais pesados (Mn, Fe, Cu, Cd, Cr, Zn e Pb) no sedimento do tributário rio Fragosos;
- Avaliar a qualidade da água do tributário rio Fragosos;
- Avaliar a eficiência de *E. crassipes* no tributário na absorção de metais pesados e nutrientes da água;
- Avaliar a presença de metais pesados nas raízes e folhas de *E. crassipes* presentes no tributário;

### **3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **3.1 Ambientes Aquáticos Artificiais**

A construção de reservatórios é uma das mais antigas intervenções humanas nos sistemas naturais e tem sido uma importante atividade no Brasil nas últimas décadas (TUNDISI, 1999). Fato explicado pelas condições encontradas nos mais diversos sistemas fluviais, que favorecem os represamentos de água para diversas finalidades, como abastecimento, produção de energia elétrica, irrigação, navegação, recreação, saneamento, entre outros (PAIVA, 1992).

No Brasil, ressalta Esteves (1998), que são usadas várias terminologias para designar os lagos artificiais, oriundos do represamento de um rio, tais como: represas, reservatórios, lagos, etc., que nada mais são do que sinônimos, pois são ecossistemas que possuem a mesma origem e finalidade.

De acordo com Agostinho e Gomes (1997), os reservatórios podem ser considerados sistemas intermediários entre rios e lagos naturais, apresentando processos mais complexos e variáveis que os desses ambientes.

Em função de suas características morfométricas e de sua posição na bacia, o reservatório funciona como um depositário de todos os eventos presentes e passados de sua bacia de drenagem, e a dinâmica, estrutura, funcionamento e caracterização do ecossistema aquático repousa, em parte, sob a influência externa.

Em conseqüência do desenvolvimento econômico do Brasil, foram e continuam sendo construídas inúmeras barragens, cujo objetivo principal consiste na geração de energia elétrica. A construção dessas barragens resultou na formação de um grande número de ecossistemas lacustres artificiais. Atualmente constata-se que muitos rios brasileiros tiveram grande parte de seu curso segmentado em represas.

Uma represa apresenta gradientes horizontais e verticais e um contínuo fluxo de água em direção à barragem. Devido ao fluxo de água e das diferenças de nível que ocorrem durante as diversas épocas do ano, esses gradientes apresentam variações temporais. Além disso, os diferentes tempos de residência

da água durante o ciclo estacional propiciam modificações na altura do nível da água, interferindo na estrutura e na composição da comunidade (TUNDISI, 1995).

Dependendo de suas características hidráulicas, especialmente o tipo de tomada de água da barragem, as represas apresentam grande instabilidade limnológica. Estes ecossistemas, por apresentarem baixo tempo de residência da água, podem ser considerados na sua grande maioria, como um estágio intermediário entre um rio e um lago. Outra característica das represas é a grande variação do nível d'água que pode ocorrer em pouco tempo, em função das necessidades de uso da água de uma usina (ESTEVES, 1998).

Do ponto de vista biológico, os reservatórios constituem uma rede interativa dinâmica e complexa entre os organismos e o seu ambiente físico-químico, resultado de permanentes processos de respostas às funções de forças climatológicas e aos efeitos produzidos pela manipulação do sistema de barragens (TUNDISI, 1999).

Segundo Baxter (1977), a construção de barragens produz diversas alterações no ambiente, não apenas o aquático, mas também no ambiente terrestre adjacente. Estas modificações tanto podem ser benéficas como prejudiciais, evidenciando desta forma, a expressiva necessidade de estudos que avaliem os impactos ambientais causados no ambiente devido à transição de um ecossistema lótico para lêntico.

Espíndola *et al.* (2004), descreve que antes do represamento, ocorre o desmatamento, o desvio do rio, a retirada da vegetação, a captura e translocação da fauna silvestre e a remoção da população ribeirinha ou de áreas verdes que serão inundadas. Devido à mudança no fluxo d'água, da decomposição da vegetação inundada e de outros processos que dependem da vazão e do tempo de residência da água ocorridos durante o enchimento e após o início do funcionamento da represa, decorrem várias alterações físicas, químicas e biológicas no ecossistema.

PAIVA (1992) e ESTEVES (1998) ressaltaram principalmente, os efeitos negativos decorridos após a formação do lago, destacando entre eles: aumento da transpiração e evapotranspiração, ocasionando alterações climáticas locais e

regionais; maior possibilidade de deslizamento e tremores de terra em virtude do peso das águas represadas; elevação do lençol freático com efeitos prováveis na agricultura regional e na epidemiologia; aumento da taxa de sedimentação à montante em seus afluentes; inundação de áreas florestais ou agrícolas, que pode causar alterações físicas e químicas no ambiente aquático; inundações de possíveis reservas minerais desconhecidas; alterações nas condições de reprodução das espécies aquáticas; modificações substanciais nos habitats em torno da represa afetando a fauna e flora silvestre; aumento desordenado das comunidades de macrófitas aquáticas; grande risco de extinção de espécies vegetais e animais; profundas modificações na ictiofauna; aumento da ocorrência de processos de eutrofização; inundações de áreas férteis para a agricultura e pecuária, sítios arqueológicos e obras arquitetônicas de valor histórico; desaparecimento de recursos naturais como florestas, rios, lagos, cavernas entre outros.

Destaca-se ainda, que o crescente desenvolvimento urbano e a agricultura intensiva ao longo da bacia hidrográfica, promovem o enriquecimento de nutrientes nos corpos de água, favorecendo o acelerado processo de eutrofização causando sérios problemas econômicos e ambientais, comprometendo a qualidade de água e seus usos.

Os sedimentos podem ser definidos como coleção de partículas minerais e orgânicas encontradas no fundo de lagos, reservatórios, rios, baías, estuários e oceanos, importantes por fornecer substrato para grande variedade de organismos, bem como funcionar como reservatório de inúmeros contaminantes aquáticos de baixa solubilidade, desempenhando, desta forma, importante função nos processos de assimilação, transporte e deposição dos mesmos. Constitui-se, portanto, em fonte primária de contaminação para os organismos bentônicos e, secundária para a coluna d'água (ADAMS, 1995).

Zagatto e Bertolletti (2006) ressaltam que em estudos de avaliação da qualidade dos ecossistemas aquáticos tem sido dada ênfase cada vez maior aos sedimentos, pois podem apresentar elevados níveis de poluentes, resultantes da prática de disposição de resíduos ou efluentes líquidos, tanto no passado como no

presente. Nestes casos, torna-se necessário avaliar o grau de contaminação, de forma a obter informações úteis para o diagnóstico e o gerenciamento ambiental.

O transporte e a deposição de sedimentos são processos dominantes em reservatórios, influenciando de forma significativa os mecanismos e processos de funcionamento do sistema. O sedimento, por seu peso e volume, não é somente o maior poluente da água, mas também grande transportador e catalisador de defensivos agrícolas, resíduos orgânicos, nutrientes e organismos patogênicos provenientes das atividades desenvolvidas na bacia hidrográfica.

A sedimentação também contribui para o processo de eutrofização em lagos e reservatórios, pois o material orgânico transportado para dentro do lago é decomposto e, durante esse processo, o oxigênio disponível é utilizado e os nutrientes são liberados. Estes e outros nutrientes transportados pelos sedimentos aceleram a atividade biológica e a superprodução de plantas e animais, que ao morrerem se acumulam no fundo do reservatório, aumentando a parcela de sedimentos de origem autóctone (BONDURANT & LIVESEY, 1973).

Para avaliar a contaminação de sedimentos, é necessário estabelecer diretrizes para determinar até que nível os mesmos podem ser considerados não contaminados e, desta forma, aceitáveis para a proteção da vida aquática, ou contaminada o suficiente para justificar medidas e ações que promovam a recuperação do ecossistema (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2006).

Existem diversas formas para estabelecer critérios de qualidade dos sedimentos, levando-se em consideração um ou mais dos seguintes fatores: efeitos biológicos, através da análise da estrutura da comunidade bentônica e dos níveis de contaminantes presentes nos tecidos; nível de contaminação química; e testes de toxicidade com sedimentos (Long & Morgan, 1990).

Segundo Chapman (1989), os testes de toxicidade com sedimento podem contribuir para a avaliação da qualidade do mesmo, comparando-se os diversos efeitos observados a várias espécies nos testes de toxicidade, realizados em campo ou em laboratório, com amostras coletadas em campo ou com amostras contaminadas no laboratório, com base nos resultados das análises químicas.

Entretanto, Krantzberg (1994) realizou estudo no porto de Hamilton, onde os sedimentos foram considerados altamente contaminados por metais, em níveis capazes de acarretar efeitos adversos para as comunidades locais, todavia, não foi observada toxicidade dessas amostras para as espécies testadas em laboratório.

Na tabela 3.1 observa-se uma comparação entre diversos autores, para avaliar a qualidade dos sedimentos.

Tabela 3.1 - Comparação de valores estabelecidos por diversos autores para avaliar a qualidade de sedimentos para metais. Modificado de Smith *et al.* (1996).

Substância	Smith et al. (1996)		Persaud et al. (1992)		MENVIQ/EQ (1992, apud Smith, 1996)		Long & Morgan (1990)		Ingersoll et al. (1996)	
	TEL	PEL	LEL	SEL	MEL	TOEL	ERL	ERM	TEL- HA28	PEL- HA28
<b>Metais (mg/Kg)</b>										
PE	5,9	17	3	33	7	17	33	85	11	48
Cd	0,596	3,53	0,6	10	0,9	3	5	9	0,58	3,2
Cr	37,3	90	26	110	55	100	80	145	36	120
Cu	35,7	197	16	110	28	86	70	390	28	100
Pb	35	91,3	31	250	42	170	35	110	37	82
Hg	0,174	0,486	0,2	2	0,2	1	0,15	1,3	ND	ND
Ní	18	36	16	75	35	61	30	50	20	33
Zn	123	315	120	820	150	540	120	270	98	540

### 3.2 Metais pesados

Segundo Forstner (1983), devemos considerar dois grupos de substâncias que possuem relevância no equilíbrio natural dos ecossistemas aquáticos: os nutrientes, que promovem o crescimento biológico e, conseqüentemente, a depleção do oxigênio, e a escassa degradação de dejetos e substâncias químicas sintéticas que podem causar múltiplos e adversos efeitos no ecossistema aquático. Entre essas substâncias, encontram-se os aromáticos policíclicos, pesticidas, materiais radioativos e metais, podendo afetar e colocar em risco a vida dos organismos que habitam esse meio. Sendo que dentre as substâncias citadas, os metais, merecem atenção especial, pois não são facilmente eliminados do ecossistema aquático por processos naturais, em contraste com os poluentes orgânicos, e porque formam complexos com minerais e substâncias orgânicas.

Alguns metais são componentes naturais dos organismos, sendo que a maioria é encontrada em concentrações traço. Estes elementos podem ser classificados como essenciais e não-essenciais, devido a alguns deles possuírem funções biológicas conhecidas (RODRIGUES, 2005).

Elementos como Cu, Fe e Zn, participam dos processos enzimáticos, fazendo parte do sistema aceptor/doador de elétrons em muitos organismos. Enquanto os elementos não-essenciais como Cd, Hg e Pb, por não serem necessários às funções biológicas, podem apresentar efeitos tóxicos crônicos ou agudos, mesmo quando em baixas concentrações (MAGIOLI, 1980). Hg, Cd, Pb, Au, Cu, Ni e Cr são os elementos-traço mais tóxicos para a maioria dos organismos, incluindo o homem (FÖRSTNER & MÜLLER, 1974).

Salgado (1996) acrescenta que o Pb está na água devido às descargas de efluentes industriais como, por exemplo, os efluentes das indústrias de acumuladores (baterias), bem como devido ao uso indevido de tintas e tubulações e acessórios à base de chumbo. Constitui veneno cumulativo, provocando um envenenamento crônico denominado saturnismo, que consiste em efeito sobre o sistema nervoso central com conseqüências bastante sérias.

Enquanto o Fe é um dos elementos mais abundantes na crosta terrestre, por isso, seus compostos são encontrados em todos os corpos d'água, mesmo em concentrações reduzidas. O Zn é também bastante utilizado em galvanoplastias na forma metálica e de sais tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. A presença de zinco é comum nas águas naturais. O Zn é um elemento essencial para o crescimento, porém, em concentrações acima de 5,0 mg/L, confere sabor à água e uma certa opalescência às águas alcalinas (TORTORA, 2000).

Em rios, a carga total de elementos – traço depende das características geológicas das bacias de drenagem e do tipo de atividade humana nelas presente. No caso de lançamentos diretos, a carga total dos efluentes depende do tipo de indústria e da intensidade humana responsável pelo lançamento (ESTEVES, 1998).

Rodrigues (2005) complementa que os metais pesados podem ser levados diretamente por despejo de efluentes ou transportados indiretamente pela chuva

ou pela atmosfera. Ultimamente, devido ao crescimento populacional e à intensificação de atividades humanas que envolvem estes elementos, a concentração de metais pesados tem aumentado de forma generalizada nos corpos d'água em níveis que ameaçam a biota aquática bem como os organismos terrestres, incluindo o homem, que dela suprem.

Sendo as principais fontes antrópicas de metais no ambiente, os fertilizantes, pesticidas, água de irrigação contaminada e queima de biomassa na zona rural, combustão a carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais e atividades de mineração, fundição e refinamento.

A agricultura por sua vez, constitui uma das mais importantes fontes não pontuais de poluição por metais (ALLOWAY *et al.*, 1997), as principais fontes são:

- Impurezas em fertilizantes: Cd, Cr, Mo, Pb, U, V, Zn;
- Pesticidas: Cu, As, Hg, Mn;
- Preservativos de madeira: As, Cu, Cr;
- Dejetos de produção intensiva de porcos e aves: Cu, As, Zn.

A mobilização dos metais pesados, presentes no material suspenso e no sedimento são potencialmente perigosos, não somente para o ecossistema, mas também para o suprimento de água potável. Para Förstner e Wittmann (1981), além dos solos, essa mobilidade pode ser causada por diversos processos de transformação os quais os metais sofrem, porém quatro tipos de processos que ocorrem em mudanças químicas na água possuem uma importância destacada, sendo eles: elevada concentração de sal; mudanças na condição redox, juntamente com a diminuição do potencial de oxigênio devido aos processos de eutrofização avançada; queda do pH e o aumento do uso de agentes naturais e sintéticos.

A biodisponibilidade dos contaminantes no sedimento está associada a seu comportamento de partição com a matéria orgânica presente, além dos processos absorptivos que ocorrem entre metais e as partículas de granulação fina, como exemplo, as argilas. Os metais de associação fraca que geralmente se encontram ligados ao sedimento, podem ser facilmente rompidos pela biota, recebendo a

denominação de biodisponíveis (FÖRSTNER & WITTMANN, 1981; WETZEL, 1983).

Muitos organismos aquáticos podem bioconcentrar metais pesados. De acordo com Baird (2002), ostras e mexilhões podem conter níveis de mercúrio e cádmio 100 mil vezes maiores que os das águas nas quais vivem. As concentrações da maioria dos metais pesados encontrados na água são normalmente pequenas e não causam problemas diretos à saúde, entretanto, ocorrem exceções. Assim como o caso dos produtos químicos orgânicos tóxicos, as quantidades de metais ingeridas através de nossa dieta alimentícia são normalmente muito mais importantes que as quantidades atribuíveis à água que bebemos.

A legislação ambiental determina os níveis permissíveis de metais através do equilíbrio entre a toxicidade biológica e a necessidade dietética do meio ambiente. Segundo Pires *et al.* (2000), a toxicidade dos metais é uma questão de dose e tempo de exposição, da forma física e química do elemento e da via de administração/absorção. Os níveis máximos permitidos pelos órgãos de controle ambiental, CONAMA, EPA WHO, quanto à qualidade da água variam entre si, apresentando diferenças nos reflexos do potencial toxicológico do metal e da qualidade ambiental de cada país.

Para a contaminação de metais pesados em sedimentos, o único documento legal no Brasil, refere-se à Resolução do Conama 344/04. Entre outras considerações, a resolução destaca a necessidade de subsidiar e harmonizar a atuação dos órgãos ambientais no que diz respeito ao processo de licenciamento ambiental de dragagens, o que pressupõe a adoção de padrões comuns de qualidade ambiental (ZAGATTO & BERTOLETTI, 2006).

É importante destacar que a Resolução 344/04 torna-se apropriada devido à ausência de um instrumento legal específico que estabeleça a qualidade aceitável dos sedimentos. Os padrões numéricos de qualidade dos sedimentos são apresentados na tabela 3.2.

Tabela 3.2 - Limites estabelecidos pela Resolução do Conama 344/04 para a qualidade dos sedimentos em metais pesados.

Poluentes		Níveis de classificação (em unidade do material seco)			
		Água doce		Água salina/salobra	
		Nível 1 <sup>a</sup>	Nível 2 <sup>b</sup>	Nível 1	Nível 2
	As	5,9	17	8,2	70
Metais	Cd	0,6	3,5	1,2	9,6
Pesados	Pb	35	91,3	46,7	218
e	Cu	35,7	197	34	270
Arsênio	Cr	37,3	90	81	370
(mg/Kg)	Hg	0,17	0,486	0,15	0,71
	Ni	18	35,9	20,9	51,6
	Zn	123	315	150	410

Segundo Zagatto e Bertoletti (2006), apesar da utilização de análises ecotoxicológicas com sedimentos ser bastante recente no Brasil, a Resolução 344/04 destaca no artigo 7, inciso III, que o material cuja concentração de Hg, Cd, Pb ou As, ou de PAHs do grupo A, estiver entre os níveis 1 e 2, ou se a somatória das concentrações de todos os PAHs estiver acima do valor correspondente à soma de PAHs, deverá ser submetido a ensaios ecotoxicológicos. Assim sendo, a caracterização ecotoxicológica, além de obrigatória no local de disposição do material dragado, é utilizada como complemento indispensável na tomada de decisão sobre a qualidade dos sedimentos.

### 3.3 Macrófitas Aquáticas

Segundo Thomaz e Bini (2003), os estudos sobre ecologia de macrófitas no Brasil são relativamente escassos. As justificativas para a necessidade atual do aumento do número de estudos podem ser resumidas considerando-se os seguintes aspectos: existe uma grande quantidade de ecossistemas que abrigam várias espécies de macrófitas aquáticas; desempenham diferentes funções ecológicas; constituem um grupo de organismos especialmente adequado, devido à alta biodiversidade e ao rápido crescimento para o teste de hipóteses ecológicas

e para estudos experimentais; em ambientes alterados por atividades humanas, as macrófitas aquáticas podem ocasionar efeitos indesejáveis.

As macrófitas aquáticas podem ser definidas como “plantas macroscópicas que habitam ambientes aquáticos ou terras úmidas”. Mitchell, 1974, inclui entre as ações e funções desempenhadas pelas macrófitas no ecossistema aquático, as elevadas taxas de produtividade primária, ciclagem de nutrientes, filtro ecológico, adubo, alimentação para o gado, fabricação de tijolos, habitat e refúgio para algumas espécies (NOGUEIRA, 1989; FARIA, 2002; ESTEVES, 1998).

Distinguem-se, três tipos principais de plantas aquáticas quanto à posição na superfície da água: a) submersas: plantas que ocupam áreas marginais de rios, lagos e reservatórios e até zonas mais profundas; porém, não superiores a 10 m, devido à pressão hidrostática e à limitação de luz. Podem estar fixas aos sedimentos por meio de raízes, como *Potamogeton*, *Egeria*, *Hydrilla* e *Mayaca*; ou livres, acumulando-se nos estratos próximos à superfície, tais como a *Utricularia* e *Ceratophyllum*. Ao realizarem fotossíntese, o oxigênio despreendido se dissolve na água auxiliando a aeração do ambiente. Esse processo, todavia, pode não compensar os déficits de oxigênio originados pelo acúmulo de detritos produzidos por esses vegetais; b) emergentes: vegetais enraizados, suas folhas e flores, porém, são flutuantes (*Nymphaea*, *Nymphoides*, *Votoria amazônica*) ou emergentes eretas (*Typha*, *Pontederia*, *Cyperus*, *Juncus*, *Eleocharis*). As espécies emergentes, além de sombrear o meio, impedem o desenvolvimento de outros vegetais e liberam o oxigênio, gerado na fotossíntese, para fora da água; c) flutuantes: as espécies flutuantes podem cobrir extensas áreas de lagos e reservatórios, impedindo a penetração de luz e, conseqüentemente, o desenvolvimento de algas e da vegetação submersa. Entre os gêneros mais comuns de plantas aquáticas flutuantes destacam-se: *Salvinia*, *Lemna*, *Azolla*, *Eichhornia* e *Pistia* (CAMARGO, 2003).

No Brasil as macrófitas aquáticas flutuantes mais estudadas são o aguapé (*E. crassipes*), a alface ou repolho d'água (*Pistia stratiotes* L.) e a salvinia (*Salvinia auriculata*). Estas espécies são nativas e as mais reportadas causando problemas de crescimento em reservatórios (THOMAZ, 2002).

Muitos reservatórios apresentam vastas áreas colonizadas por macrófitas, as quais atingem grande desenvolvimento em decorrência da alta disponibilidade de nutrientes. Em reservatórios construídos recentemente, os nutrientes provenientes de decomposição da vegetação terrestre inundada permitem alta produtividade de macrófitas no período subsequente ao enchimento do lago (CAMARGO; ESTEVES, 1995). Em reservatórios mais antigos, a abundância é decorrente da eutrofização cultural, em função da introdução de nutrientes oriundos dos ecossistemas terrestres adjacentes por escoamento superficial ou pela introdução direta de despejos domésticos e industriais nos corpos d'água (TAVARES *et al.*, 2004). É importante ressaltar que, o assoreamento que ocorre principalmente pela erosão do solo nas áreas próximas ao reservatório também contribuem para o aparecimento das macrófitas.

Nas regiões de remanso dos reservatórios, as condições limnológicas geralmente diferem das dos corpos centrais no que se refere à velocidades de circulação, às profundidades médias e às variáveis físicas, químicas e biológicas. É comum observar, nesses ambientes, a propagação de macrófitas aquáticas.

A produtividade primária das macrófitas aquáticas está diretamente relacionada à temperatura, à luminosidade e à disponibilidade de nutrientes, incluindo carbono, fósforo e oxigênio dissolvido. De acordo com as estratégias de sobrevivência adotadas pelas espécies, as variações temporais de cada uma das funções de força interferem de forma diferente entre os organismos. Os modos pelos quais as espécies de macrófitas respondem aos fatores abióticos, em conjunto com os efeitos das relações intra e interespecíficas determinam as bases da diversidade e abundância das comunidades. Algumas espécies em condições próximas aos limites de tolerância podem realizar os processos fotossintéticos apenas o suficiente para sua sobrevivência. As variáveis ambientais podem influenciar, em conjunto ou isoladamente, nas características fotossintéticas do vegetal, tanto sazonalmente quanto diariamente. Se as características ambientais são favoráveis, pode ocorrer um acréscimo da produtividade e um conseqüente aumento da produção (CAMARGO, 2003).

Esteves (1998) destaca que as espécies emersas e flutuantes são as que apresentam os maiores valores de produtividade primária e elevada capacidade de estocarem nutrientes e biomassa, principalmente quando comparadas com macrófitas aquáticas submersas e flutuantes.

As macrófitas aquáticas flutuantes freqüentemente ocorrem em ambientes eutrofizados, apresentando altos valores de biomassa e cobrindo extensas áreas. Os lagos e represas submetidos a eutrofização artificial possuem elevadas concentrações de nutrientes na água, especialmente nitrogênio e fósforo, que propiciam o crescimento e a proliferação dessas macrófitas aquáticas (CAMARGO, 2003).

As macrófitas aquáticas possuem um papel importante nos processos físicos e químicos do ecossistema aquático, com isto torna-se necessário o conhecimento da área de ocupação por macrófitas aquáticas e os motivos que levam a expansão ou retração destas plantas ao longo do tempo. A macrófita aquática é considerada atualmente como um dos principais problemas nas pesquisas limnológicas.

O crescimento desordenado de macrófitas aquáticas em reservatórios provoca uma série de conseqüências negativas para o ecossistema aquático, dificultando ou até mesmo impedindo o seu uso múltiplo. Segundo Esteves (1998), as macrófitas são capazes de produzir grande quantidade de biomassa, que entre outros efeitos negativos, contribuem para aumentar ainda mais o déficit de oxigênio e, com isso, criar condições para a formação de  $H_2S$ , além de ser um dos principais responsáveis pelos baixos valores de pH da água destes ambientes. Welch (1980) afirma que as macrófitas aceleram o envelhecimento de um lago provocando aumento na velocidade do processo de assoreamento.

A possibilidade da utilização de macrófitas aquáticas para reduzir a concentração de compostos orgânicos, metais pesados, fósforo e compostos nitrogenados tem sido atualmente muito discutida.

Com relação à eliminação de metais pesados do ambiente aquático, várias espécies foram testadas, como por exemplo, *Scirpus lacustris* que obteve altas taxas de absorção de cobre, chumbo, manganês e zinco (ESTEVES, 1998).

De acordo com Duarte *et al.* (2006), o uso de plantas aquáticas para a remoção de metais pesados apresenta vantagens como sua alta eficiência na descontaminação de efluentes industriais, minimização do volume de lama química e/ou biológica a ser descartada, baixo custo, facilidade de transporte e manuseio, além da possibilidade de recuperação dos metais.

Para a eliminação de metais pesados de efluentes, obtêm-se melhores resultados após um tratamento secundário. Segundo Jorga *et al.* (1979), um grama de biomassa de *E. crassipes* absorve 0,67 mg de cádmio e 0,5 mg de níquel. A absorção de metais pesados pelas macrófitas aquáticas deve ser encarada como alternativa para eliminação destes no meio aquático, desde que os vegetais sejam periodicamente retirados e substituídos por outros não contaminados.

Recentemente, os prejuízos causados por macrófitas aquáticas em várias partes do Brasil incentivaram a criação de programas de monitoramento das populações desses vegetais. Programas de monitoramento representam uma alternativa segura, econômica e cientificamente justificável para avaliar as necessidades reais das intervenções humanas que visam minimizar os impactos ambientais em diferentes ecossistemas aquáticos. Estes programas são, também, essenciais na avaliação da eficiência dessas intervenções e, em conjunto com análises de riscos, são necessários para o abalancamento dos impactos indiretos derivados do manejo (THOMAZ & BINI, 1998).

### **3.4 Ocupação e Uso do Solo na Área de Abrangência**

A área de estudo possui como base econômica à agropecuária, sendo que o setor primário é predominante em praticamente toda a região Oeste Catarinense, mesmo o setor secundário, dominado por agro-indústrias, e o setor terciário por atividades comerciais e serviços, estão diretamente ou indiretamente ligados à agropecuária. O setor agropecuário regional se caracteriza, portanto, pelo trinômio milho/suíno/aves, com espaço também para a produção de feijão e soja, caracterizando desta forma o uso múltiplo como pode ser visualizado em Anexo 1.

Os principais sistemas de produção da região são a suinocultura com uma representatividade expressiva de 78% dos estabelecimentos, seguida dos cereais com 7% dos estabelecimentos e diversas atividades (avicultura, fruticultura, bovinocultura, fumo e outras) com 15% dos estabelecimentos. Estes dados mostram que a atividade ligada à suinocultura é predominante na área de estudo (WELTER, 2006).

Testa *et al.* (1996), ressaltam que o desenvolvimento e ocupação do Oeste de Santa Catarina, estiveram profundamente relacionados com os processos de agroindustrialização. Como exemplo, têm-se as cidades de Chapecó, Concórdia, Videira, Joaçaba, São Miguel d'Oeste que abrigam unidades agroindustriais. Portanto, foi a base agrícola e agroindustrial que desenvolveu a economia regional. E, em consequência destes fatos, surgiram na região indústrias e um conjunto de serviços ligados ao processo de agroindustrialização.

A criação de suínos tem sido a principal causa do esgotamento dos recursos naturais, principalmente solo e água de toda a região. O lançamento de grande quantidade de dejetos em rios e lagos tem provocado uma série de desequilíbrios ecológicos e poluição. Pois, de acordo com Perdomo (2000), o lançamento de dejetos animais não tratados ou manejados de forma imprópria no solo, rios, lagos e açudes, constitui em riscos potenciais para o aparecimento de doenças, desconforto para a população (proliferação de vetores, mau cheiro, etc.) e degradação dos recursos naturais.

Desta forma, considerando que a interação do homem com o meio ambiente determina a qualidade de vida, torna-se necessário que as pessoas envolvidas com o processo produtivo, devem tomar consciência da gravidade dos fatos e passem a adotar medidas de controle, para a proteção e conservação da água e do meio ambiente de forma geral.

O relevo que abrange o oeste catarinense é representado pelas regiões denominadas de Campos Gerais e Planalto Dissecado do Rio Iguaçu-Rio Uruguai. A primeira delas apresenta um relevo pouco dissecado e distribui-se nos blocos conhecidos como Planalto de Palmas, Planalto de Capanema, Planalto de Campos Novos e Planalto de Chapecó e a segunda caracteriza-se por relevo

bastante dissecado, com vales profundos e vertentes escalonadas em patamares (EPAGRI, 1999).

A rede hidrográfica da região é composta pelo sistema de drenagem integrado da Vertente do Interior, comandado pela Bacia do Paraná. Neste sistema, destaca-se a bacia do Rio Uruguai ocupando 49.573 Km<sup>2</sup>. Sendo a maior bacia hidrográfica que banha o Estado, drenando toda a porção centro-oeste. O maior rio da bacia é o Uruguai que possui uma extensão de 2.300 km e seus principais afluentes, no trecho pertencente a região de estudo, são os rios Peperi-Guaçú, Antas, Chapecó, Irani e do Peixe (WELTER, 2006).

De acordo com CEPA (1991), a temperatura média anual do Oeste é inferior a 20°C. No verão as temperaturas máximas muito dificilmente ultrapassam os 38 °C e no inverno, as temperaturas mínimas são inferiores a 0°C. Segundo Nímer (1977), o clima predominante na região é o Clima Temperado Mesotérmico Brando Superúmido.

De acordo com Welter (2006), a área de estudo é constituída pelos tipos de solo latossolos, cambissolos e solos litólicos. O tipo latossolo é caracterizado por solos profundos, porosos e bem drenados, normalmente apresentam baixa fertilidade natural. O tipo cambissolo apresentam menor profundidade, ocupa a maior porção de solo do Oeste, de fertilidade natural variável, de baixa á alta. Enquanto, os solos litólicossão rasos, com relevo forte e ondulado.

#### **4. MATERIAIS E MÉTODOS**

#### 4.1 Área de estudo

A usina hidrelétrica (UHE) de Itá (141 km<sup>2</sup>) está localizada entre os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina, seu fechamento ocorreu no ano 2000 com capacidade instalada de 1450 MW. O lago é constituído pelas águas dos rios do Peixe e Pelotas, os quais convergem próximo ao município de Marcelino Ramos (RS), dando origem ao rio Uruguai.

Foram demarcados 10 pontos de coletas, representando tanto as condições lóticicas – englobando os principais tributários – como as lênticas – compreendendo as principais regiões do reservatório (Tabela 4.1).

Tabela 4.1 Relação dos pontos de coletas no reservatório da UHE Itá e seus tributários

Pontos	Descrição
Ponto 1	Zona de transição
Ponto 2	Rio Rancho Grande
Ponto 3	Região central do reservatório
Ponto 4	Rio Fragosos
Ponto 5	Zona lacustre
Ponto 6	Rio Fragosos
Ponto 7	Rio Fragosos
Ponto 8	Rio Fragosos
Ponto 9	Rio Fragosos
Ponto 10	Foz do rio Fragosos

Visando atender aos principais objetivos da pesquisa, que foram além das análises químicas do sedimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá, realizar também análises físicas e químicas da água, e análise da eficiência em *E. crassipes* do rio Fragosos foram estabelecidas duas principais etapas.

Durante a primeira fase de estudo, foram desenvolvidas as análises químicas do sedimento nos pontos 1, 2, 3, 4 e 5 entre os meses de novembro/2004 e agosto/2005 com 3 campanhas (Figura 4.1).

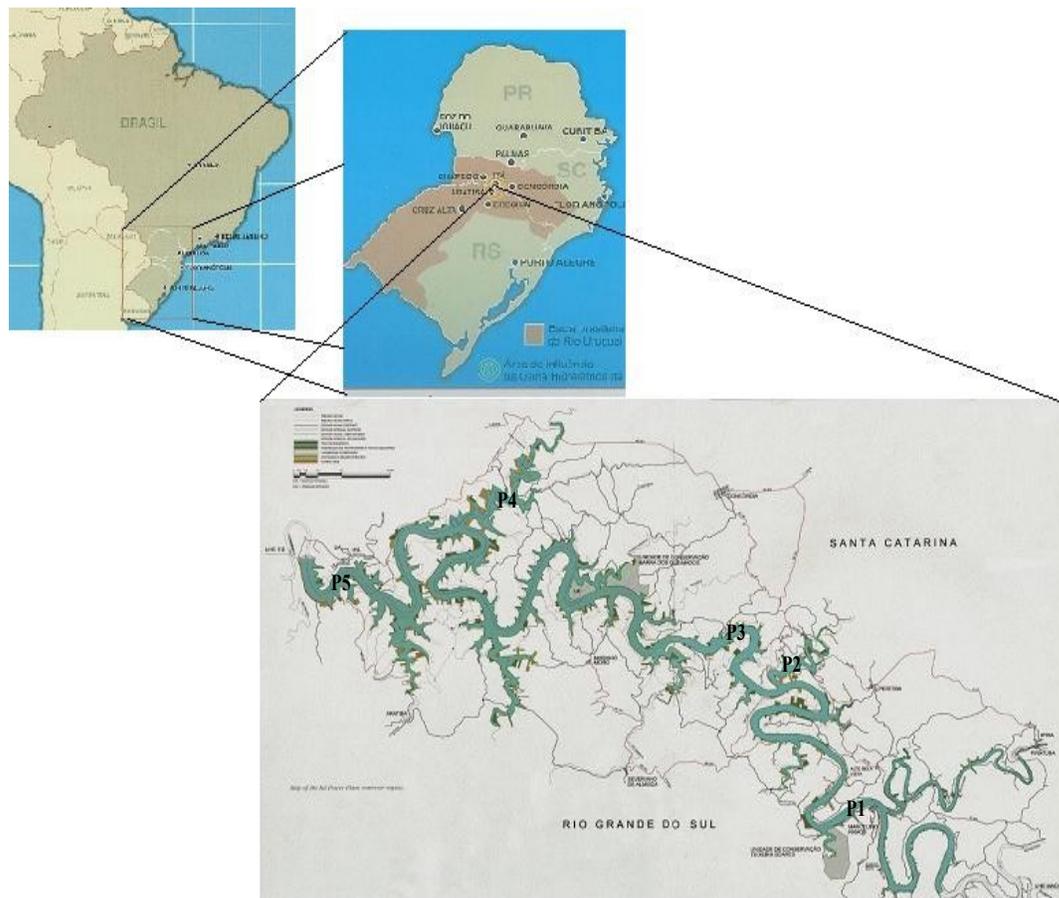


Figura 4.1 - Localização dos pontos de amostragem na área de estudo.

Na segunda etapa procedeu-se uma análise mais detalhada do rio Fragosos, contribuinte principal em termos de poluição para o reservatório. Que compreendeu análises físicas e químicas da água e análise de metais pesados em macrófitas, nos pontos 6, 7, 8, 9 e 10 entre os meses de março/2007 e outubro/2007 com 3 campanhas (Figura 4.2).

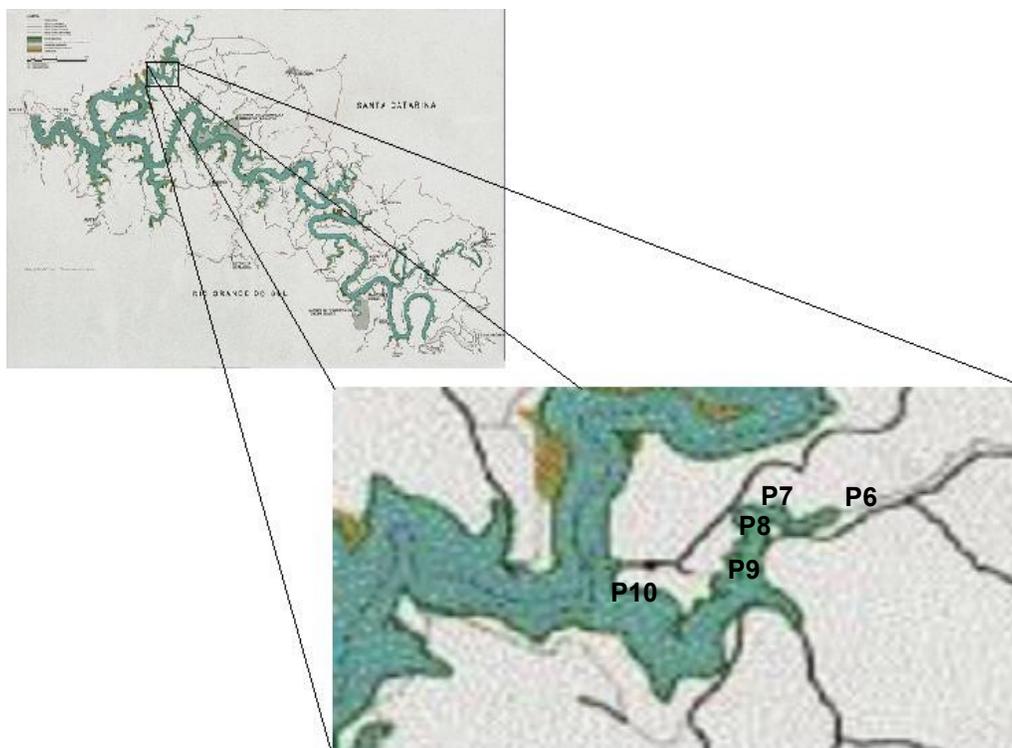


Figura 4.2 - Localização dos pontos de amostragem na área de estudo.

#### 4.2 Análises químicas do sedimento e de *E. crassipes*

As amostras de sedimento superficial foram coletadas através de draga de *Petersen* de aço inoxidável, acondicionadas em sacos plásticos, e armazenadas em freezer até processamento, que constituiu na secagem (em estufa a 80 °C por 24 h), moagem e peneiramento (62  $\mu$ m). As amostras de *E. crassipes* foram pesadas (massa e fresca final) e separadas em parte aéreas e raiz, as quais foram secas e trituradas.

Para a determinação dos metais pesados foram realizadas três porções (triplicata) de 250 mg de cada amostra peneirado (a) e seco (a) foram digeridas em meio ácido, para posterior análise. Três porções (triplicata) de 250 mg de cada amostra foram digeridos em Becker de teflon sobre chapa elétrica com 10 mL de HNO<sub>3</sub> concentrado e 10 mL de HF (48%) e deixado reagir por 12h. Posteriormente, foi adicionado 3 mL de HClO<sub>4</sub> (70%) sob aquecimento numa

temperatura máxima de 120°C, até quase a secura. Depois foi adicionado 1 mL de HNO<sub>3</sub> na amostra, esperando que atinja quase a secura novamente. Este procedimento foi repetido mais de uma vez. Ao terminar a digestão, foi adicionado 2 mL de HNO<sub>3</sub> 10% e aproximadamente 10 mL de água deionizada, transferindo esta solução para um balão volumétrico e completando o volume para 25 mL e realizado leitura dos metais no espectrofotômetro de absorção atômica.

Para a determinação do teor de matéria orgânica presente nas amostras foi pesado 10 g de sedimento em cadinho seco e incinerado a 550 °C em forno mufla por 4 horas.

### **4.3. Análises físicas e químicas da água**

Para cada amostra de água coletada, foram determinados os seguintes fatores: potencial hidrogeniônico (pH), transparência da água; oxigênio dissolvido (OD); temperatura da água, condutividade elétrica; alcalinidade total; amônia; nitrito; nitrato; fósforo total; nitrogênio; demanda química de oxigênio (DQO); metais pesados em água e teor de matéria orgânica.

A temperatura da água (°C) e oxigênio dissolvido (mg/L) foram medidos com auxílio de oxímetro; a transparência da água com auxílio de disco de Secchi (metros); pH da água foi determinado através de pHmetro digital; a condutividade elétrica (µS/cm) sua medida através de condutivímetro digital; a alcalinidade total (mg/L) foi determinada pelo método de APHA (1998), utilizando H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,01N. A demanda química de oxigênio (DQO; mg/L) foi determinada pelo método de APHA (1998); O fósforo total (mg/L), nitrito (mg/L) e nitrato (mg/L), foram determinados por espectrofotometria, segundo APHA (1998). O nitrogênio amoniacal foi medido através do medidor de amônia (mg/L). As análises de metais pesados foram feitas em absorção atômica.

### **4.4. Análise estatística**

Análises de variância (ANOVA) foram utilizadas para testar diferenças nos valores dos metais pesados do sedimento e das macrófitas aquáticas, bem como nas variáveis físicas e químicas da água entre os diferentes pontos de

amostragem do reservatório de Ita e do rio Fragosos. No caso de diferenças significativas, foi realizado o teste a posteriori de Tukey.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

### **5.1 Concentração de Metais Pesados e Matéria Orgânica do Sedimento do Reservatório da UHE - Itá**

O sedimento do reservatório de Itá (Itá-SC), pode ser caracterizado na maioria dos pontos amostrais como orgânico, demonstrado pelos pontos 1, 3, 4 e 5, devido a possuir mais de 10% de matéria orgânica em seu peso seco (ESTEVES, 1998).

Na tabela 5.1, estão representados os resultados das porcentagens de matéria orgânica que apresentaram valores mínimos de 8,57% para o ponto 2 correspondente ao Rio Rancho Grande e na região central do reservatório que compreende ponto 3, verifica-se maiores porcentagens de matéria orgânica em relação às margens, apresentando valores máximos de 17,29%.

Quando se compara os resultados encontrados de matéria orgânica neste estudo com outros reservatórios como em Salto Grande (Americana-SP) por Dornfeld (2002), observa-se que, de maneira geral, a média das porcentagens estão muito similares à concentração máxima avaliada em Salto Grande (1,0 % à 17,47 %). Da mesma forma, comparando com os demais estudos da literatura como os de Zanatta (1999) com valores máximos de 12,71 %, verifica-se que o reservatório de Itá apresenta valores elevados de matéria orgânica.

A matéria orgânica está intimamente ligada á alguns metais pesados, principalmente Cu, Zn e Fe nos sedimentos dos lagos. Segundo Forstner; Wittmann (1981), a matéria orgânica tem uma boa capacidade de adsorção para metais pesados, esta afinidade pode concentrar metais no ambiente, impactando-o. O material orgânico pode absorver entre 1% e 10% do peso seco dos metais Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Mo, Ni, Ag e Zn.

Após complexados, os metais pesados são arrastados para o sedimento e ao longo do tempo, devido à característica bio-acumulativa que apresentam, os sedimentos tendem a tornarem-se efetivamente tóxicos para o ecossistema.

A Tabela 5.1 apresenta o resultado das médias das concentrações de Cr, Cu, Mn, Fe, Cd, Pb e Zn das estações amostradas no reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá (Itá-SC) e valores das concentrações da matéria orgânica (M.O). Como comparativo para metais, utilizamos as concentrações limite estabelecidas pela Resolução do Conama 344/04 constituindo-se no único documento legal no Brasil que se refere à contaminação de sedimentos.

Tabela 5.1 - Comparação da concentração de metais totais ( $\text{mg.Kg}^{-1}$ ) do sedimento nos pontos amostrais do reservatório de Itá (Itá, SC) com o limite estabelecido pela resolução do Conama 344/04 e valores da concentração de matéria orgânica (M.O) do reservatório de Itá (Itá-SC).

	P1	P2	P3	P4	P5	CONAMA
<b>Cr</b> <b>(<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>	80,98	89,55	74,63	86,70	119,50	37,3
$\pm$ SD	18,45	7,28	11,26	20,93	14,39	
	151,60	182,30	155,47	233,95	176,00	35,7
<b>(<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>						
$\pm$ SD	16,12	31,53	24,40	21,70	7,04	
<b>Mn</b> <b>(<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>	2611,38	1937,65	2217,35	2663,60	1895,60	-
$\pm$ SD	792,30	429,85	348,49	843,29	617,32	
	82552,72	116098,00	94952,50	137243,5	95663,00	-
<b>(<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>						
$\pm$ SD	36007,66	42659,75	20490,57	21860,20	15280,48	
<b>Cd</b> <b>(<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>	5,33	5,40	7,87	6,45	6,60	0,6
$\pm$ SD	2,43	0,56	2,02	1,62	1,50	
<b>Pb</b> <b>(<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>	18,03	17,60	31,58	18,65	17,00	35
$\pm$ SD	3,14	1,41	15,94	0,49	4,62	
<b>Zn</b> <b>(<math>\text{mg.Kg}^{-1}</math>)</b>	177,52	240,65	188,80	307,65	245,60	123
$\pm$ SD	28,67	4,73	41,87	11,80	61,89	
<b>M.O.</b> <b>%</b>	16,57	8,57	17,29	15,76	16,36	
$\pm$ SD	0,25	0,30	0,54	0,11	0,27	

Os resultados de metais totais no sedimento do reservatório da Usina Hidrelétrica de Itá demonstraram que as maiores concentrações entre os metais foram o Fe e Mn. Comparando com estudos desenvolvidos em outros reservatórios, como o de Dornfeld (2002), verificou-se que as concentrações de Mn estiveram compreendidas entre  $357,40 \text{ mg.Kg}^{-1}$  e  $781,40 \text{ mg.Kg}^{-1}$ , com valor máximo bem inferior ao obtido no presente estudo (Figura 5.1), o que indica maior aporte de Mn no reservatório de Itá.

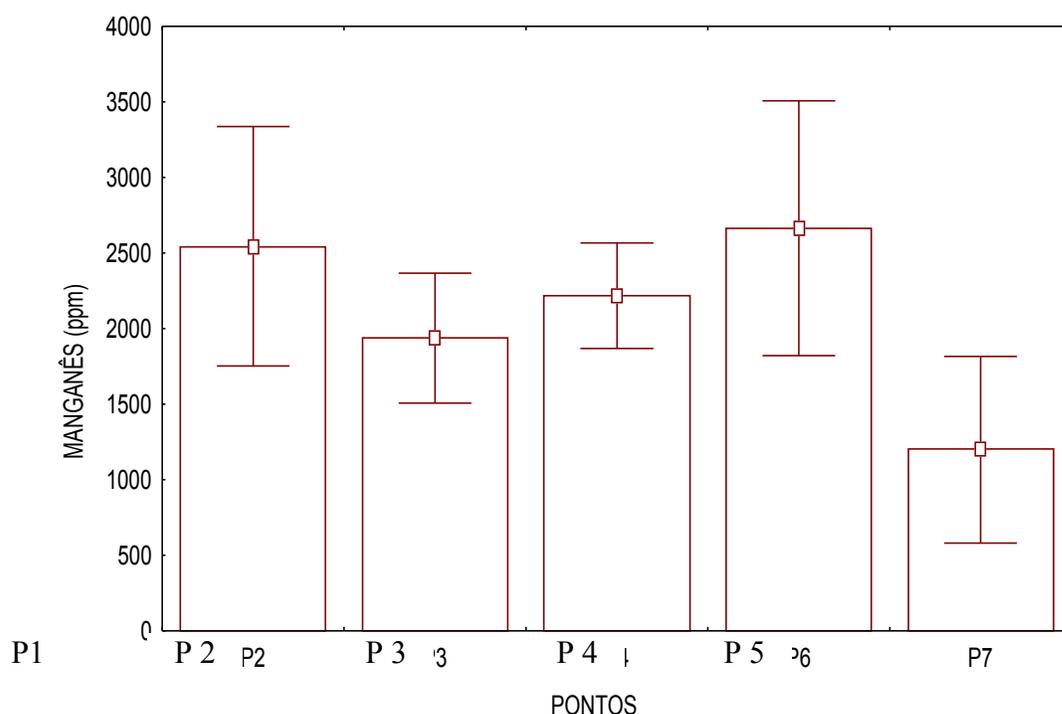


Figura 5.1 - Valores médios e desvio padrão de concentração de Mn nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.

As concentrações de Fe no reservatório de Salto Grande apresentou um valor de  $56.617,00 \text{ mg.Kg}^{-1}$ , valor bem inferior ao verificado no reservatório de Itá ( $137.243,50 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ), conforme a tabela 5.1. Estes teores verificados para todos os pontos indicam grande influência do solo sobre a constituição do material coletado, em função das características do material de origem, associada à geologia local, pois é característico da formação geológica da bacia de drenagem (tipo solo roxo). Visualiza-se ainda, pela figura 5.2, que a maior concentração de

Fe ( $137243,50 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ), ocorreu no ponto 4 correspondente ao Rio Fragosos, sendo um rio tributário com entorno caracterizado pela intensiva atividade agrícola ligada principalmente à criação de suínos e pelo descarte de efluentes domésticos. Da mesma forma, as concentrações de Zn e Cu foram significativamente superiores aos demais pontos.

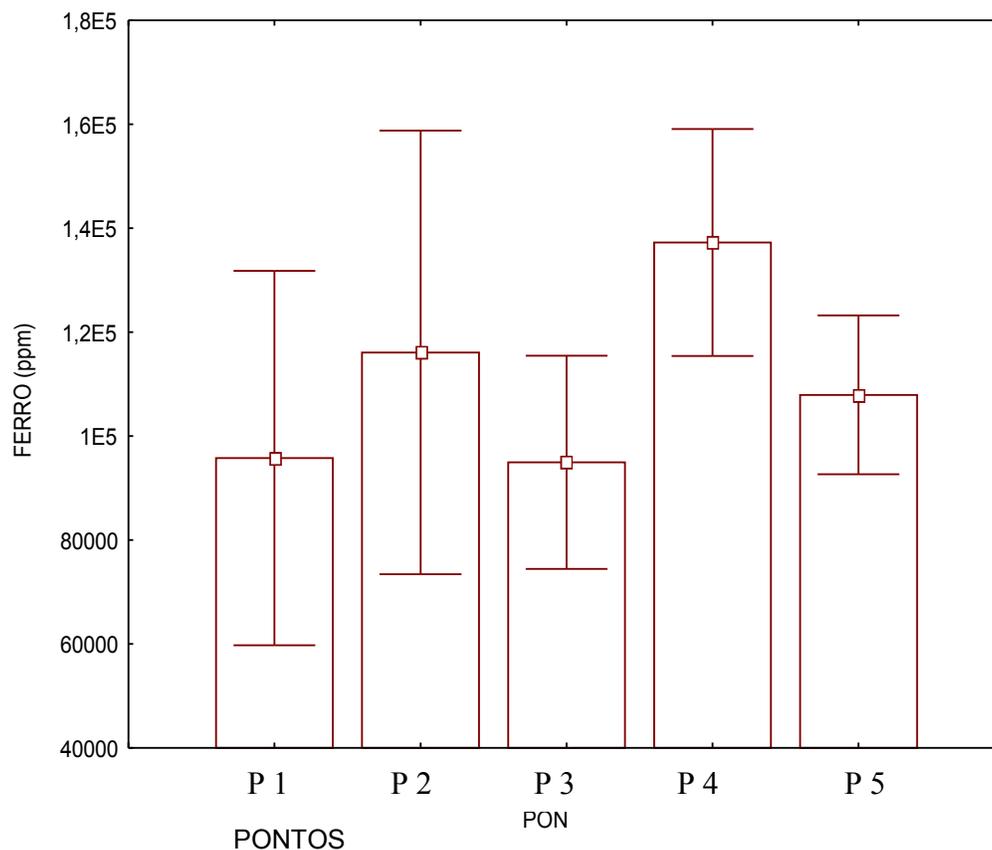


Figura 5.2 - Valores médios e desvio padrão de concentração de Fe nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.

As concentrações obtidas para Cu observado na figura 5.3 estiveram próximas quando comparadas ao estudo de Dornfeld (2002) no reservatório de Salto Grande ( $46,00 \text{ mg.Kg}^{-1}$  –  $225,84 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ), entretanto foram superiores às concentrações estabelecidas pela resolução do Conama 344/04.

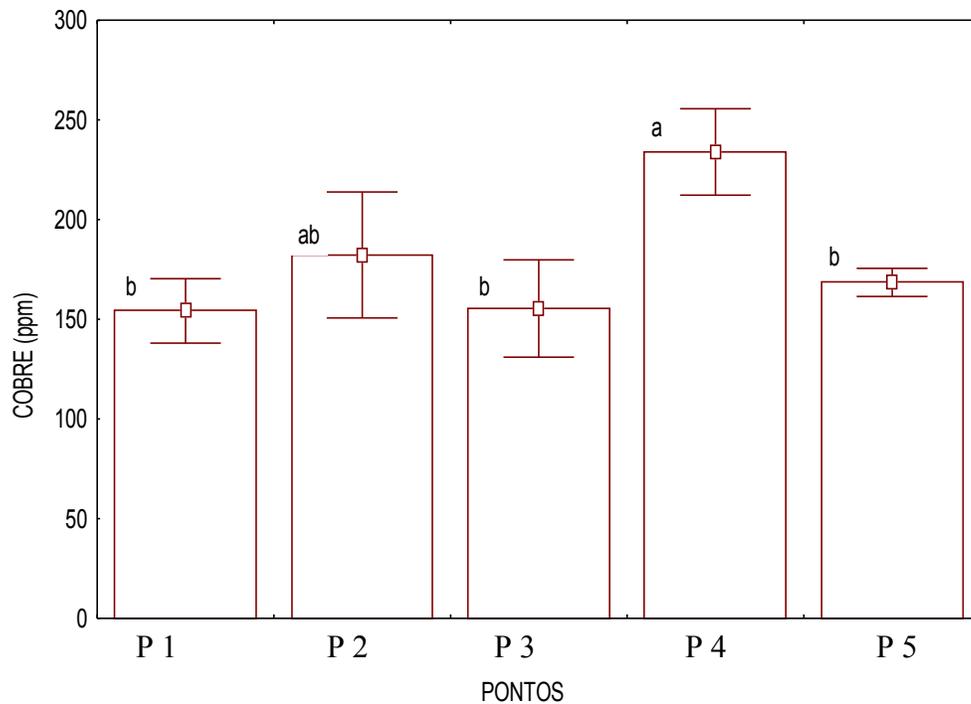


Figura 5.3 - Valores médios e desvio padrão de concentração de Cu nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.

Para as concentrações de Zn (Figura 5.4), os valores obtidos estiveram novamente superiores ao constatado no reservatório de Salto Grande por Dornfeld (2002), bem como estudos desenvolvidos em regiões temperadas como do lago Schöh (Alemanha) por Groth (1971), onde a concentração média foi de 200 mg.Kg<sup>-1</sup>. O Cu e Zn são considerados elementos biologicamente essenciais, com papel enzimático nos processos fisiológicos dos organismos, porém podem causar danos à saúde se ingeridos em altas concentrações (COTTA, 2006). Fica evidente, no presente estudo, a grande influência da atividade agrícola desenvolvida no entorno dos pontos amostrados, ocasionando desta forma, elevadas concentrações de Cu e Zn, metais pesados diretamente relacionados com a impureza de fertilizantes e dejetos de produção intensiva de porcos e aves.

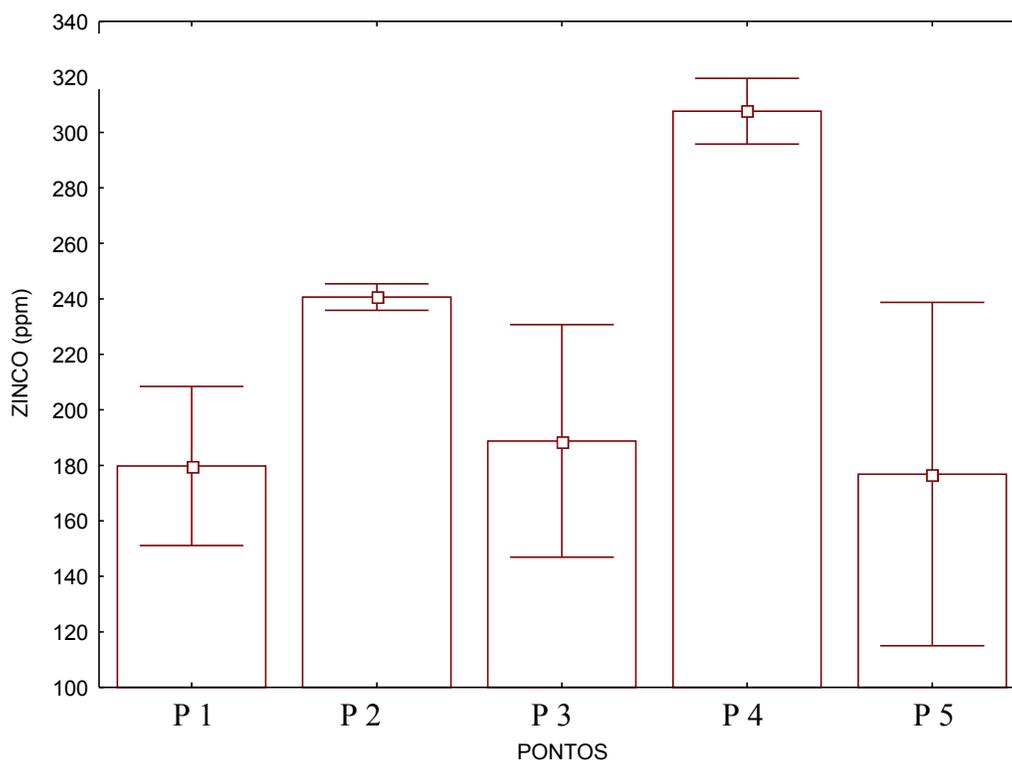


Figura 5.4 - Valores médios desvio padrão de concentração de Zn nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.

As concentrações de Cr obtidas no reservatório de Itá estão apresentadas na figura 5.5 Os valores variaram entre  $74,63 \text{ mg.Kg}^{-1}$  no ponto 3 e  $119,50 \text{ mg.Kg}^{-1}$  no ponto 5 (Tabela 5.1). Todos os pontos amostrados apresentaram concentrações superiores ao permitido segundo resolução do Conama 344/04.

Os teores verificados dos metais Pb, Cr e Cu analisados neste estudo foram superiores quando comparados aos resultados de Carneiro *et al.* (2003) no reservatório de Irai em Curitiba-PR.

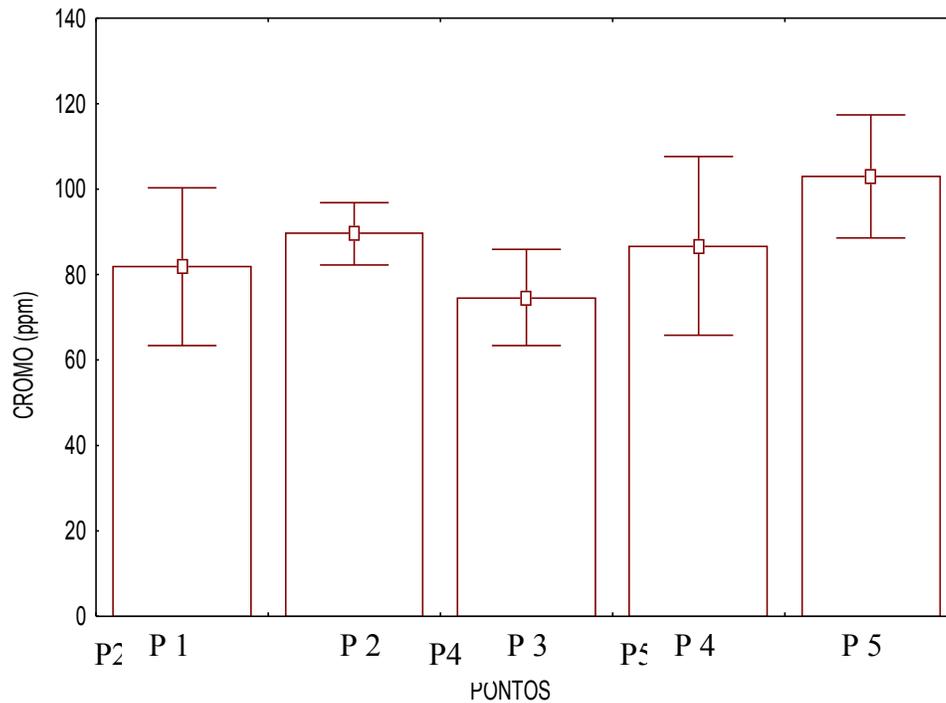


Figura 5.5 - Valores médios e desvio padrão de concentração de Cr nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.

Com um padrão diferente dos demais metais, a figura 5.6 mostra que as menores concentrações de Cd foram obtidas no ponto 1 enquanto as maiores foram verificadas no ponto 3, não apresentando grande variação entre os diferentes pontos. Na literatura não há descrição para o Cd como elemento que tenha benefícios, ou seja, essencial para os seres vivos, ao contrário, acumula-se nos tecidos apresentando efeito crônico e agudo, sendo que uma única dose de 9,0 gramas pode levar a morte. Deve-se lembrar, que o chumbo é um metal tóxico ligado à poluição, bioacumulativo e sem função biológica conhecida, tanto para as plantas como para os seres humanos (COTTA, 2006).

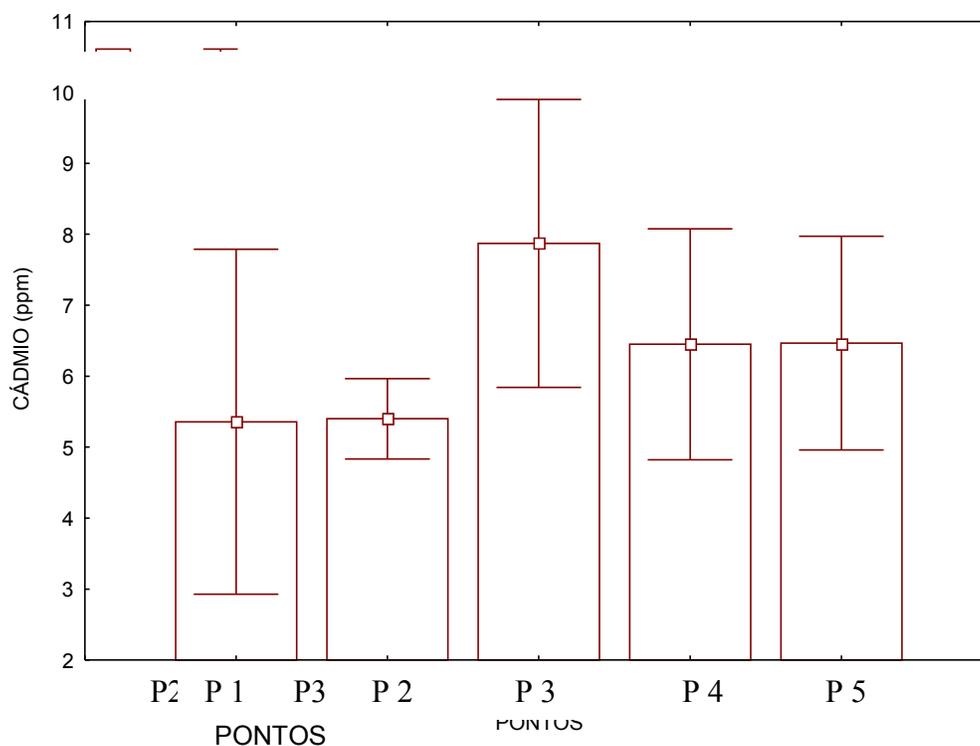


Figura 5.6 - Valores médios e desvio padrão de concentração de Cd nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.

As maiores concentrações de Pb também foram observadas no ponto 3 ( $31,58 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ), e as menores no ponto 5 ( $17,00 \text{ mg.Kg}^{-1}$ ) (Tabela 5.1). Para todos os pontos amostrais, o Pb foi o único metal que apresentou concentrações que estão de acordo com as estabelecidas pela legislação, que é de  $35,00 \text{ mg.Kg}^{-1}$ , indicando que o reservatório não possui contaminação para este metal (Figura 5.7).

As concentrações obtidas demonstram que as concentrações máximas geralmente são superiores às recomendadas pela legislação, podendo caracterizar um sistema contaminado, com possíveis efeitos tóxicos para a biota aquática.

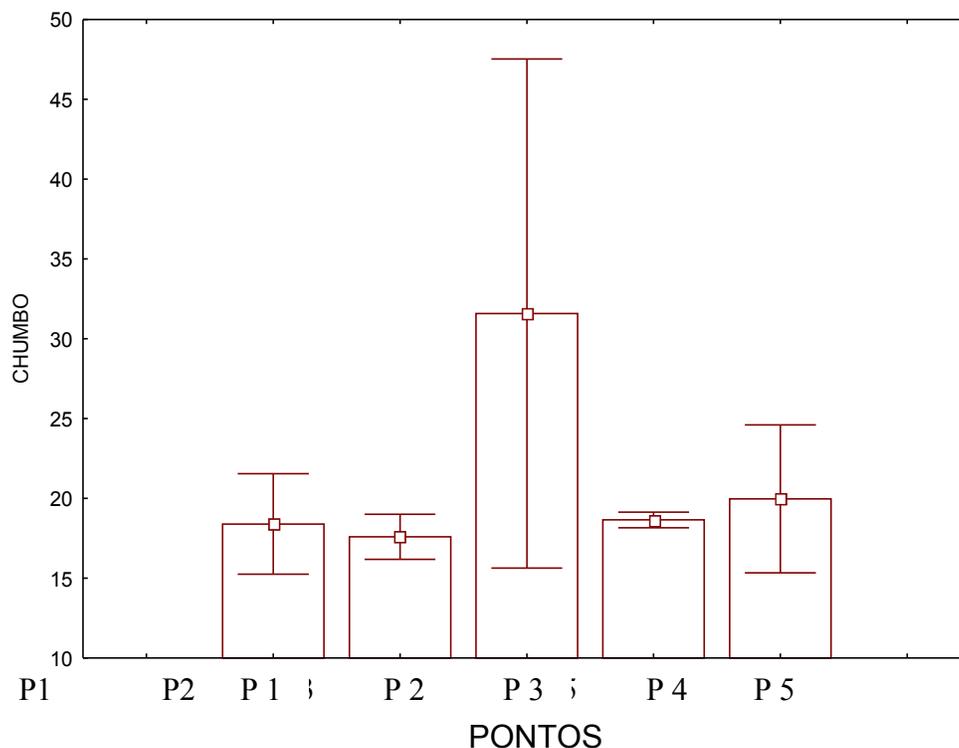


Figura 5.7 - Valores médios e desvio padrão de concentração de Pb nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no reservatório.

A qualidade das águas do reservatório de Itá-SC reflete as condições naturais e das cargas de poluentes geradas pelas atividades humanas que são lançadas diretamente nos rios que contribuem para a formação do lago. Em ambas as margens, além do transporte de sólidos contendo biocidas resultado das atividades de cultivo observou-se a existência de pecuária intensiva principalmente de suínos e aves.

A região em estudo apresenta a maior densidade de suínos do estado de Santa Catarina e tal situação faz com que ocorra uma grande concentração de dejetos por unidade de área que não conseguem ser adequadamente aproveitados, ocasionando sérios problemas de poluição aos recursos hídricos da região. Problemas que são caracterizados especialmente pelo lançamento dos dejetos nos rios e riachos que drenam o Rio Uruguai, ocasionando entre outros desequilíbrios ecológicos, além do aumento da matéria orgânica do curso d'água.

Desta forma, verificou-se neste estudo que os elevados teores de matéria orgânica bem como as concentrações de metais pesados estão relacionadas com

a intensa atividade agropecuária desenvolvida ao longo da bacia e ao uso e ocupação do solo. É sabido que índices elevados de alguns metais pesados são provenientes de áreas cultivadas com defensivos agrícolas e que altos teores de matéria orgânica demonstram a grande entrada de dejetos provenientes de atividades desenvolvidas no entorno da área avaliada.

## 5.2 Qualidade da água do rio Fragosos

Na tabela 5.2 estão apresentados os resultados para a qualidade da água nos pontos 6, 7, 8, 9 e 10 e correspondem aos valores de média e desvio padrão dos pontos amostrados no tributário rio Fragosos, referentes a três campanhas.

Os maiores valores de condutividade elétrica foram registrados no período correspondente à estação chuvosa (março 2007). Não foi verificado para todos os pontos amostrados altas concentrações de condutividade (Figura 5.8), entretanto, os valores encontrados no presente estudo são superiores aos valores encontrados em estudos similares, pois é característico da geologia da bacia de drenagem, equivalendo-se desta forma aos rios mais poluídos da região, caso demonstrado pelo ponto 6, correspondente ao rio Fragosos que antecede à área com alta densidade de *E. crassipes*.

A condutividade elétrica depende das concentrações iônicas e da temperatura e indica a quantidade de sais existentes na coluna d'água e, portanto, representa uma medida indireta da concentração de poluentes. Em geral, níveis superiores a 100  $\mu\text{S}/\text{cm}$  indicam ambientes impactados. A condutividade também fornece uma boa indicação das modificações na composição de uma água, especialmente na sua concentração mineral, mas não fornece nenhuma indicação da quantidade relativa de vários componentes. À medida que mais sólidos dissolvidos são adicionados, a condutividade da água aumenta (CETESB, 2007).

Tabela 5.2 - Valores médios e desvio padrão das principais variáveis limnológicas do tributário rio Fragosos

Variáveis	P 6		P 7		P 8		P 9		P 10	
	Média	± SD	Média	± SD	Média	± SD	Média	± SD	Média	± SD
Alcalinidade (mg/L)	17,42	9,59	17,64	10,76	25,57	2,80	18,46	13,25	19,20	12,53
Amônia (mg/L)	0,26	0,21	0,06	0,06	0,10	0,09	0,08	0,11	0,10	0,07
Condutividade (µS/cm)	82,70	20,15	62,89	8,30	64,73	8,77	61,82	12,95	56,55	7,96
pH	7,18	0,52	6,65	0,60	7,04	0,25	6,81	0,32	7,02	0,78
Temperatura (°C)	15,63	3,06	17,59	4,00	16,30	1,04	18,97	3,32	18,89	2,72
Água (°C)										
OD (mg/L)	7,07	3,10	4,89	2,14	5,8	2,30	4,93	2,45	6,17	2,62
DQO (mg O <sub>2</sub> /L)	9,70	2,75	49,70	41,17	510,00	831,35	85,39	107,35	123,74	119,81
Nitrito (mg/L)	0,07	0,06	0,08	0,07	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
Nitrato (mg/L)	3,49	0,55	1,91	1,29	1,57	0,61	2,00	0,89	1,35	0,66
Fósforo (mg/L)	0,79	0,77	0,66	0,32	0,66	0,40	0,73	0,44	0,48	0,18

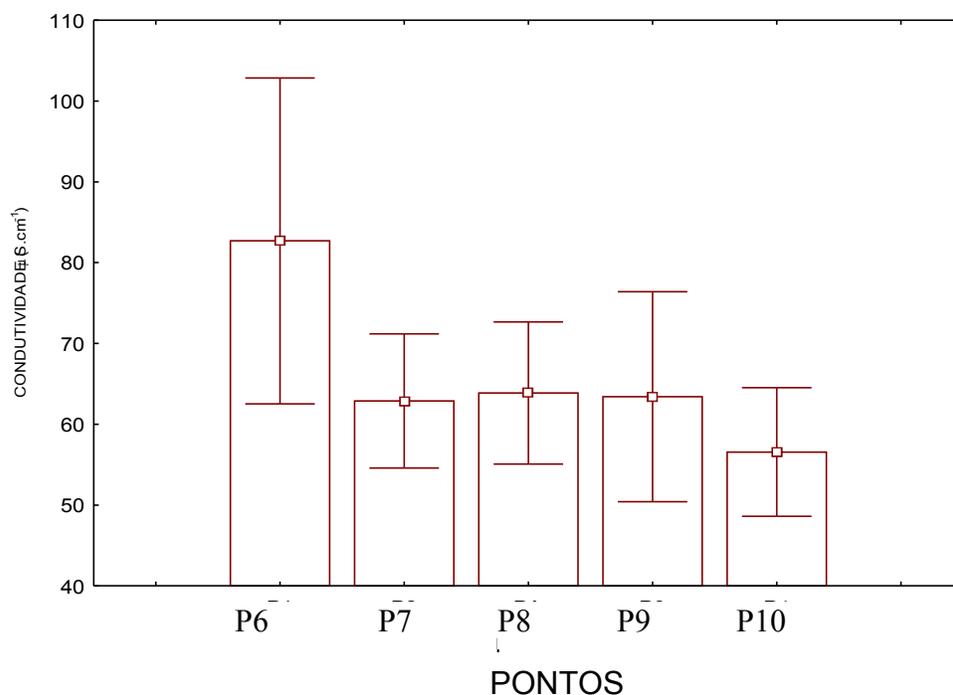


Figura 5.8 - Valores médios e desvio padrão de condutividade elétrica dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos

Os dados de temperatura da água apresentaram variações, principalmente ao período que compreende a primeira coleta (março 2007) e segunda coleta (junho de 2007) as quais são conseqüências das estações ano. A temperatura da

água também sofre interferência de latitude, altitude, taxa de fluxo, profundidade e intensidade luminosa. De maneira geral, as diferenças entre superfície e fundo estiveram entre 17,0 e °C e 20,0 °C, apesar de não apresentar grandes variações, os resultados demonstraram estratificação térmica. Verifica-se ainda, que as menores temperaturas foram registradas nos primeiros pontos que apresentam grande quantidade de *E. crassipes* (Figura 5.9).

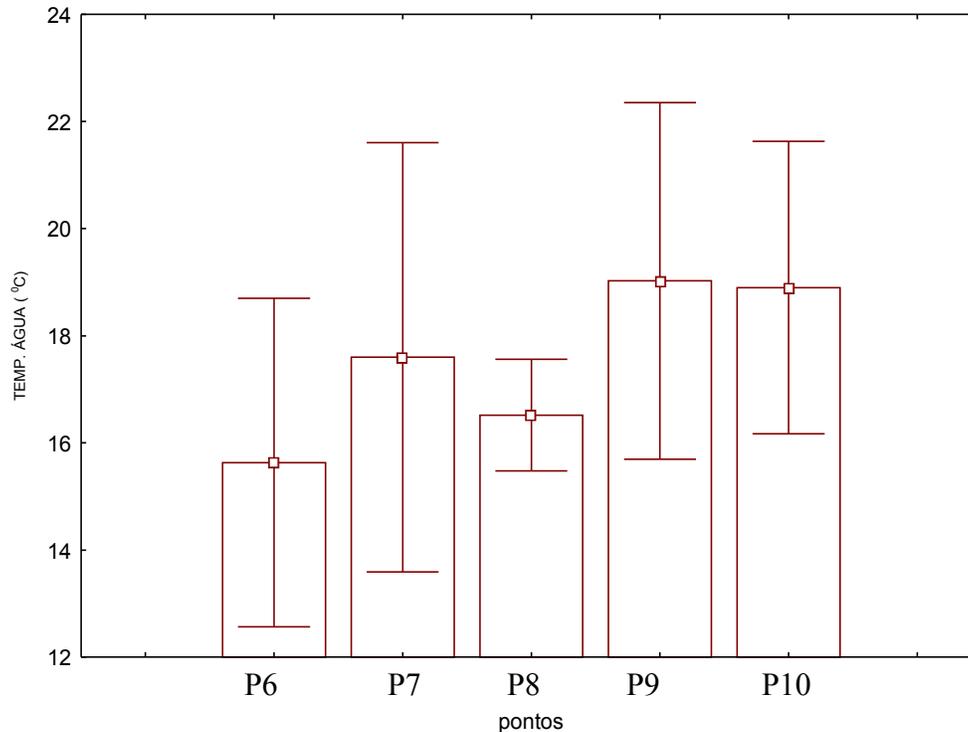


Figura 5.9 – Valores médios e desvio padrão de temperatura dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos

A influência do pH sobre os ecossistemas aquáticos dá-se diretamente devido a seus efeitos sobre a fisiologia das diversas espécies. Ressalta-se ainda o importante efeito indireto podendo em determinadas condições de pH contribuir para a precipitação de elementos químicos tóxicos como metais pesados.

Os valores de pH se situaram entre 5,90 e 8,72. Destaque para o ponto 7 (Figura 5.10), que apresenta alta densidade de *E. crassipes*, as quais sofrem processos de decomposição e provocam a acidez da água. Enquanto que os demais pontos, que constituem áreas abertas apresentam pH neutro e com tendência a alcalinidade.

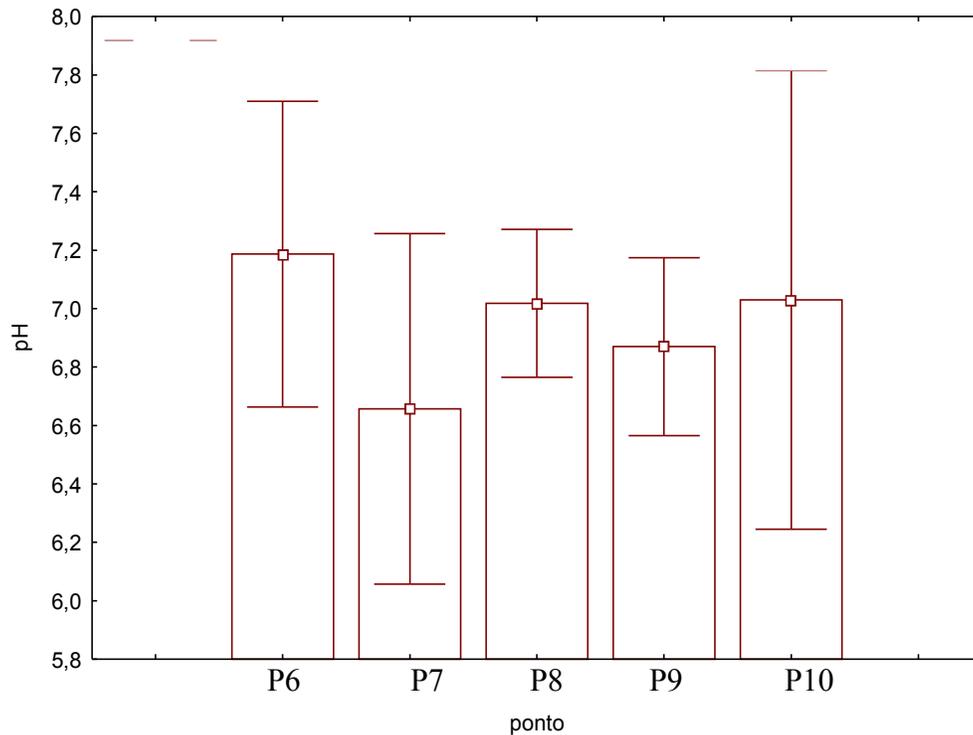


Figura 5.10 – Valores médios e desvio padrão dos valores de pH dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos.

Os valores de oxigênio dissolvido estão representados na Figura 5.11. Observa-se que os valores médios ficaram situados em entre 3,7 e 7,9 mg/L. (Tabela 5.2). Verificou-se que na estação seca (Junho 2007), ocorreu um aumento na concentração de oxigênio dissolvido para todos os pontos amostrados, possivelmente devido à redução dos níveis de temperatura da água. Ficou evidenciado que o ponto 6 apresentou os maiores valores, justificado por constituir-se de ambiente simi-lótico, o qual sofre maior interferência dos processos físicos, tais como, correnteza e vento. Enquanto que para o ponto 7, área com maior densidade de *E. crassipes*, foram registrados os menores valores de oxigênio dissolvido, pois apresenta grande influência do sombreamento, dificultando a entrada da luz e a intensa proliferação de macrófitas aquáticas que produz elevada quantidade de matéria orgânica, a qual, quando se decompõe, altera a disponibilidade de oxigênio disponível no corpo d'água.

O oxigênio dissolvido é de essencial importância para os organismos aeróbicos, que fazem uso do oxigênio nos seus processos respiratórios durante a estabilização reduzindo a sua concentração no meio. É o principal parâmetro de caracterização dos efeitos da poluição das águas por despejos orgânicos (VON ESPERLING, 1996).

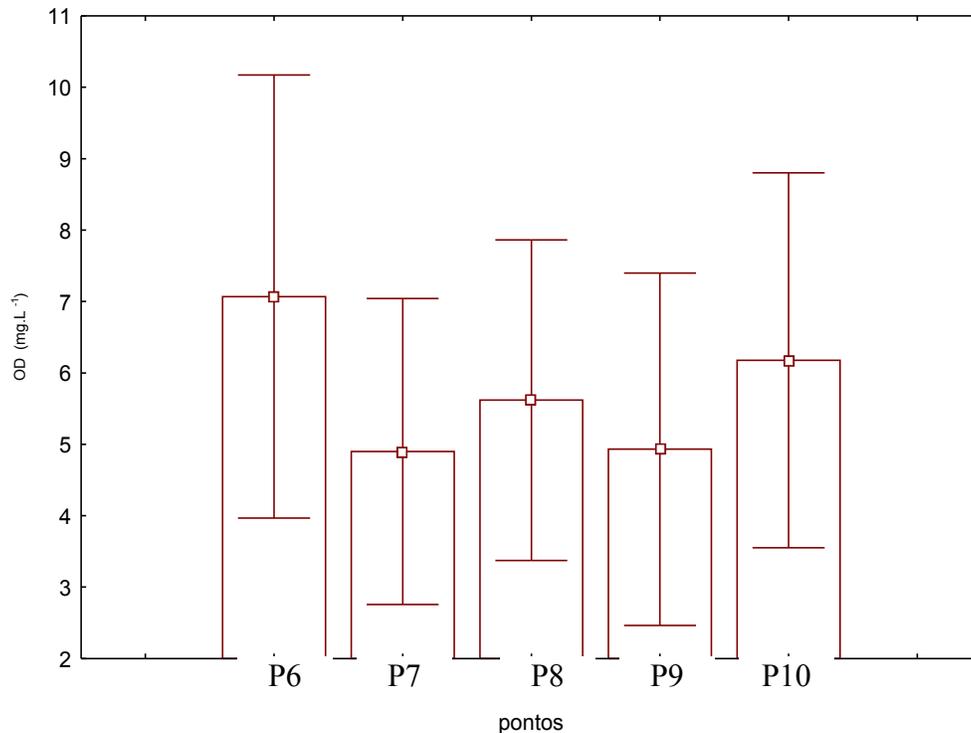


Figura 5.11 – Valores médios e desvio padrão de O.D dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos.

Com relação aos valores obtidos para alcalinidade, foram observadas situações distintas entre o período de seca e chuva. No período seco, a água variou entre 4,1 e 6,4 mg/L e, no período chuvoso houve a amplitude de valores, registrando-se entre 21,67 e 23,54 mg/L. Fato ocorrido pelo aumento do escoamento superficial ocorrido no período chuvoso, que provoca um maior carregamento de nutrientes para a área de estudo. As concentrações de alcalinidade podem ser visualizadas na figura 5.12.

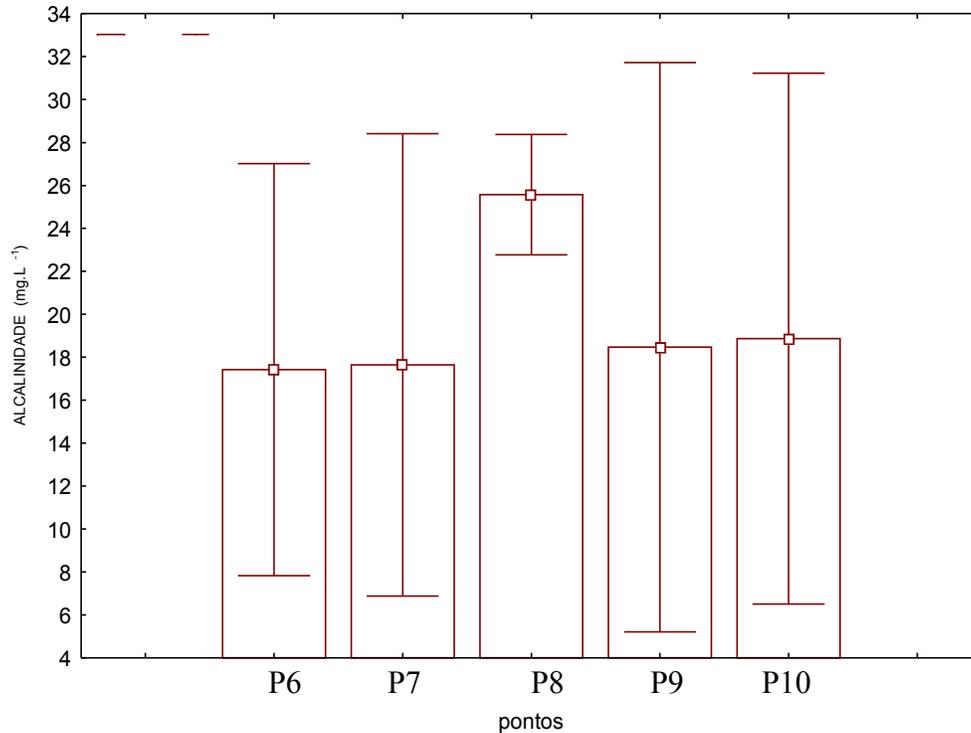


Figura 5.12: Valores médios e desvio padrão de alcalinidade dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos

Observou-se na figura 5.13 concentrações elevadas de DQO para todos os pontos amostrados e para todas as coletas, isso se dá pelo despejo de nutrientes que ocorre em um dos tributários do reservatório, tendo seu entorno caracterizado pela atividade agropecuária, especialmente a criação de suínos, demonstrando desta forma, que a bacia hidrográfica da área de estudo apresenta contaminação orgânica. DQO corresponde à quantidade de oxigênio requerida para estabilizar quimicamente a matéria orgânica carbonácea utilizando fortes agentes oxidantes. Sendo um dos parâmetros de maior importância na caracterização do grau de poluição de um corpo d'água por matéria orgânica (VON SPERLING, 1996).

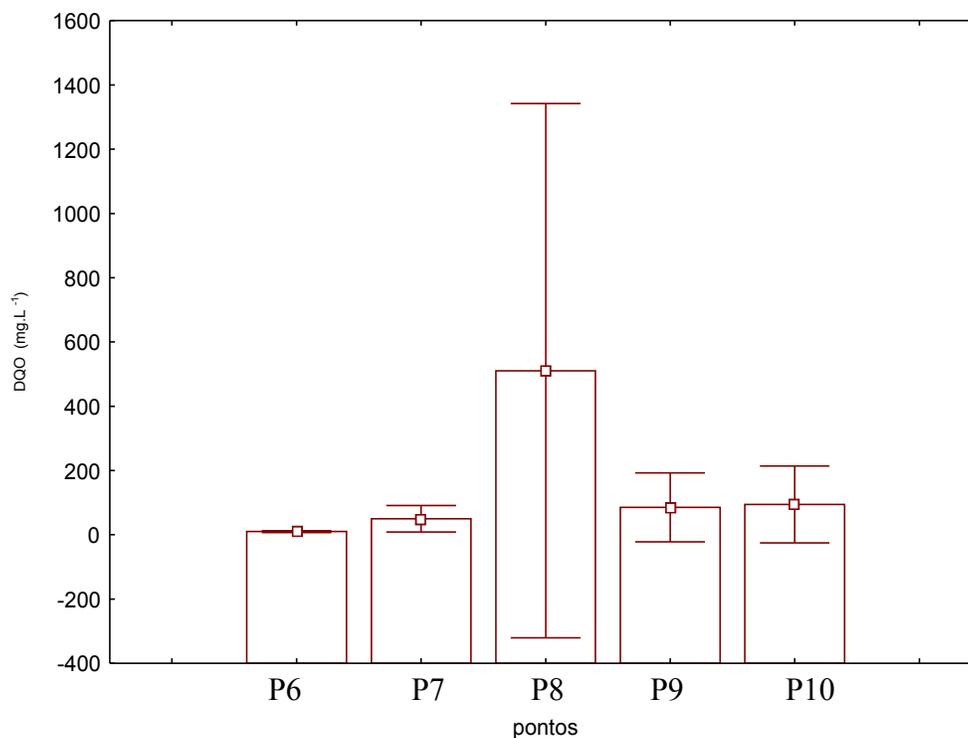


Figura 5.13 – Valores médios e desvio padrão de D.Q.O. dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos.

A análise dos dados mostra claramente que o maior nível de amônia (Figura 5.14), nitrato (Figura 5.15), nitrito (Figura 5.16) foram registrados no Ponto 6 que corresponde ao Rio Fragosos, pertencente ao município de Concórdia (SC), o qual possui em seu entorno 127 propriedades de suinocultura, demonstrando que o excesso de dejetos oriundos da atividade agropecuária no entorno do rio provocou a elevação do teor de amônia, nitrato e nitrito do tributário rio Fragosos. Para as análises de fósforo (Figura 5.17), não ocorreu diferenças significativas entre os pontos amostrados, porém, verificaram-se altas concentrações presentes em todos os pontos, ocasionada pela entrada de fósforo no ponto 6 devido às atividades agropecuárias no entorno do rio Fragosos, sendo por consequência transportado para os demais pontos. Verificou-se ainda, que os valores de amônia, nitrato, nitrito e fósforo foram significativamente menores nos 7, 8, 9 e 10, demonstrando desta forma, a eficiência da *E. crassipes* na absorção destes nutrientes.

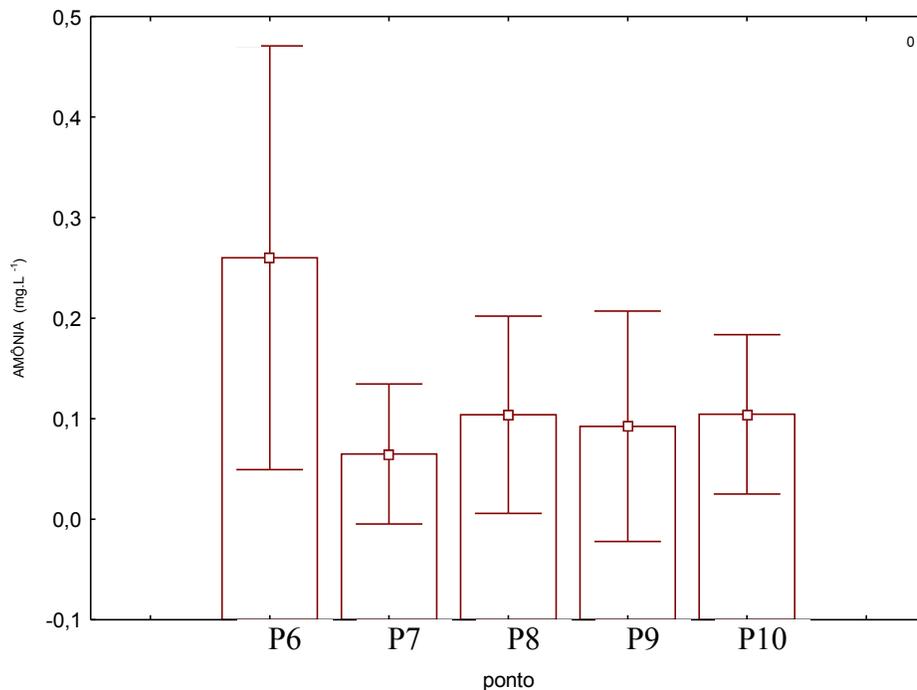


Figura 5.14 - Valores médios e desvio padrão de amônia dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos.

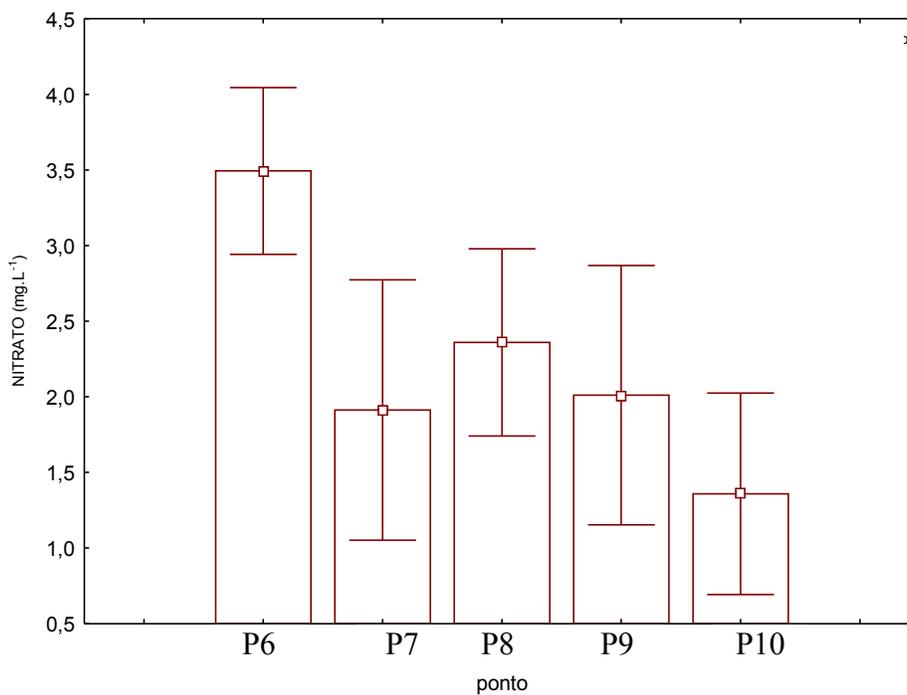


Figura 5.15 – Valores médios e desvio padrão de nitrato dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos.

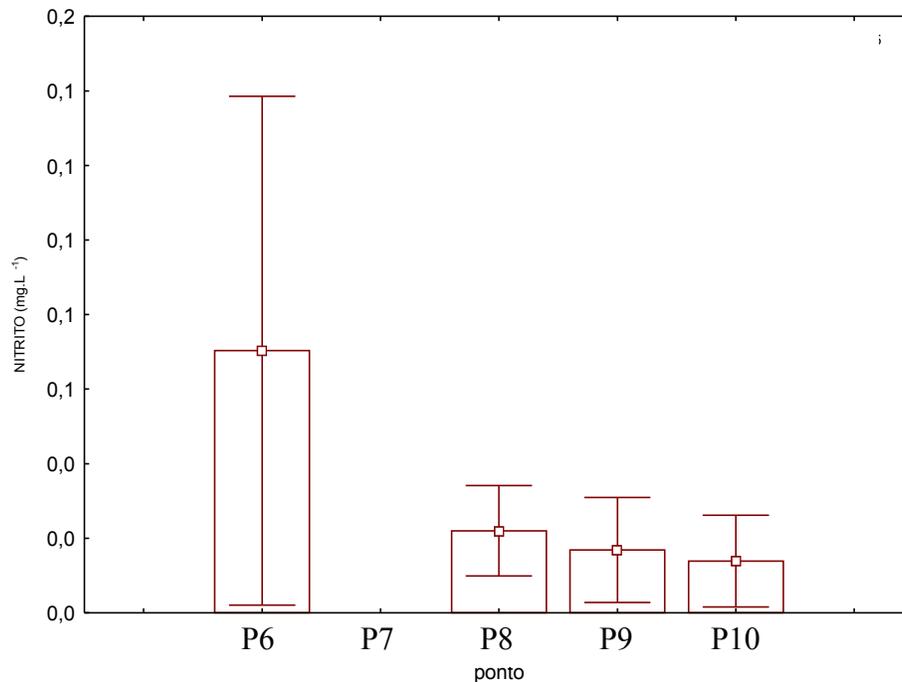


Figura 5.16 – Valores médios e desvio padrão de nitrito dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos.

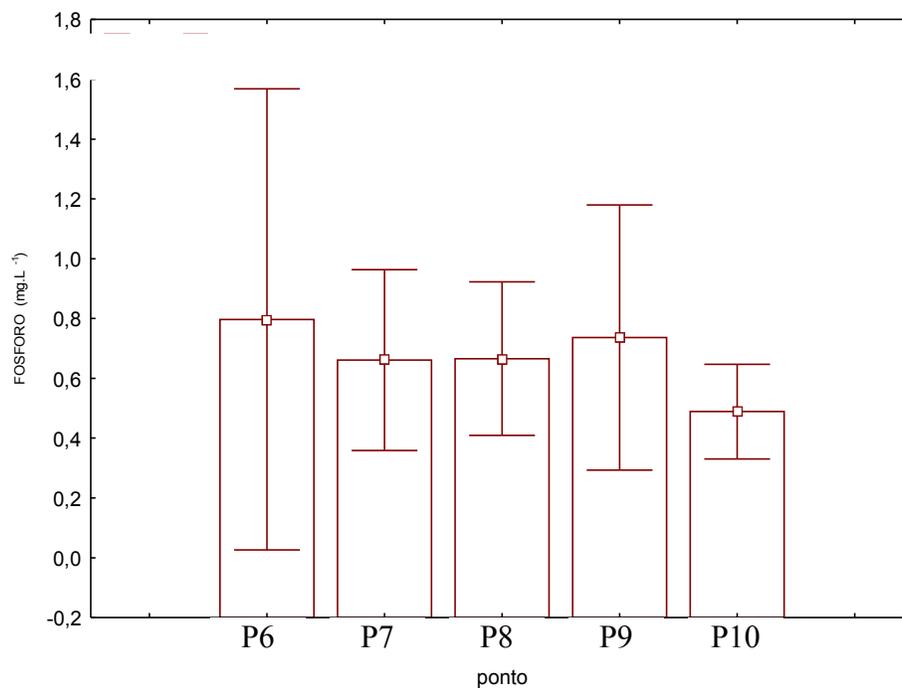


Figura 5.17 – Valores médios e desvio padrão dos valores de fósforo dos diferentes pontos de amostragem no Rio Fragosos.

### 5.3. Concentração de Metais Pesados no sedimento do rio Fragosos

Ao analisar os resultados obtidos, verifica-se que as concentrações de metais pesados apresentaram diferenças entre os pontos amostrados e que os maiores estoques corresponderam aos metais Fe, Cu, Mn e Zn. Para Zn, observa-se que os valores estiveram entre  $84,16 \text{ mg.Kg}^{-1}$  e  $331 \text{ mg.Kg}^{-1}$ , com destaque para o ponto 6 (Figura 5.18), correspondente ao Rio Fragosos que sofre efeito do aporte deste metal devido às atividades agropecuárias desenvolvidas no seu entorno.

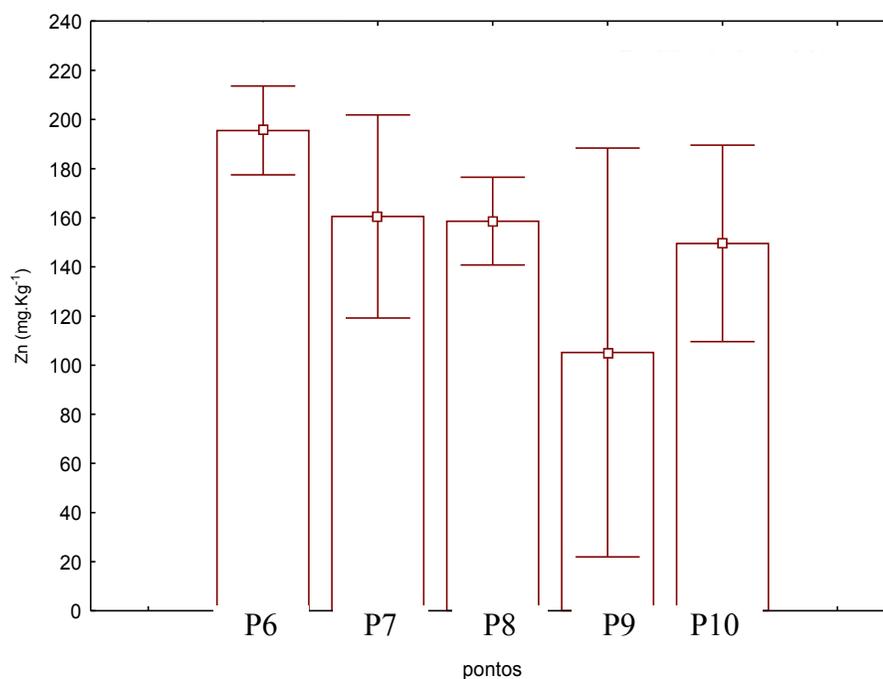


Figura 5.18 – Valores médios e desvio padrão de Zn nos sedimentos presentes em diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.

Para as concentrações de Pb, observa-se que os pontos que apresentaram maiores valores foram os pontos 6 e 7 (Figura 5.19) que compreendem um ambiente lótico (Rio Fragosos) e lêntico (Início do reservatório), com médias de  $9 \text{ mg.Kg}^{-1}$ .

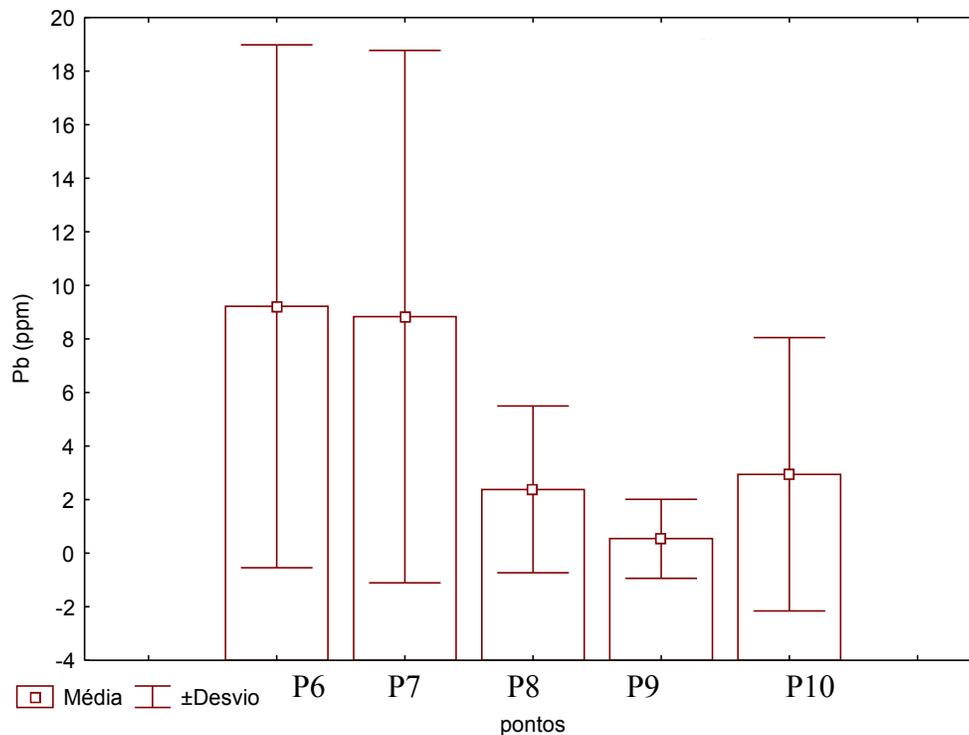


Figura 5.19 – Valores médios e desvio padrão de Pb nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem rio Fragosos.

Na Figura 5.20 estão apresentadas as concentrações de Fe, que comparadas aos demais metais, apresentou significativas concentrações principalmente no ponto 7. É sabido que a região de estudo apresenta altas concentrações de Fe seja pela característica geológica da bacia de drenagem ou pela atividade antrópica, desta forma fica demonstrado o grande aporte deste nutriente no ponto de coleta localizado no rio Fragosos.

As concentrações de Cd não apresentaram diferenças significativas entre os pontos (Figura 5.21) os valores médios estiveram entre 5 mg.Kg<sup>-1</sup> e 40 mg.Kg<sup>-1</sup>.

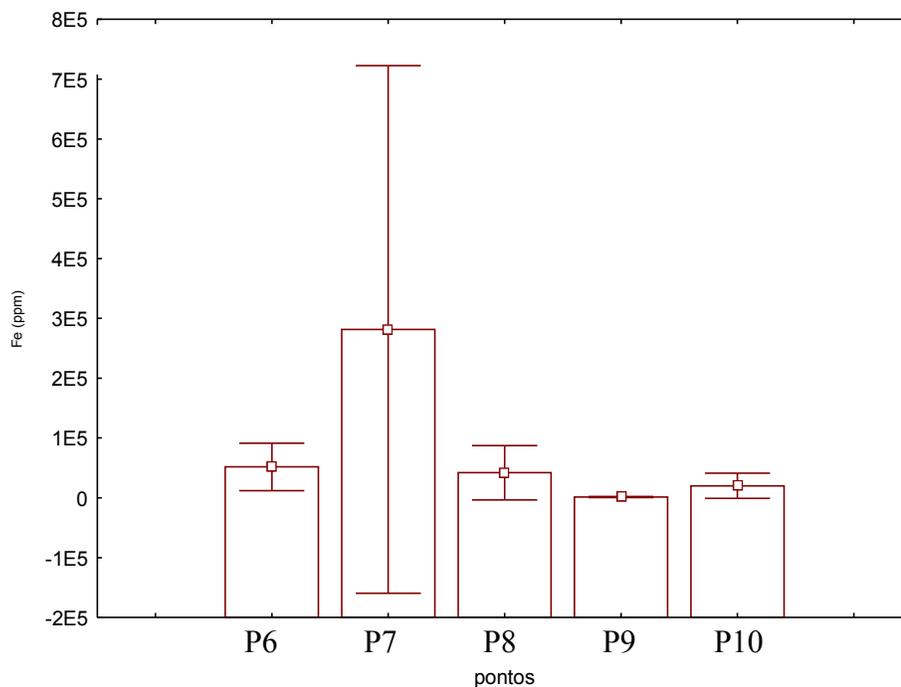


Figura 5.20 – Valores médios e desvio padrão de Fe nos sedimentos presentes dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.

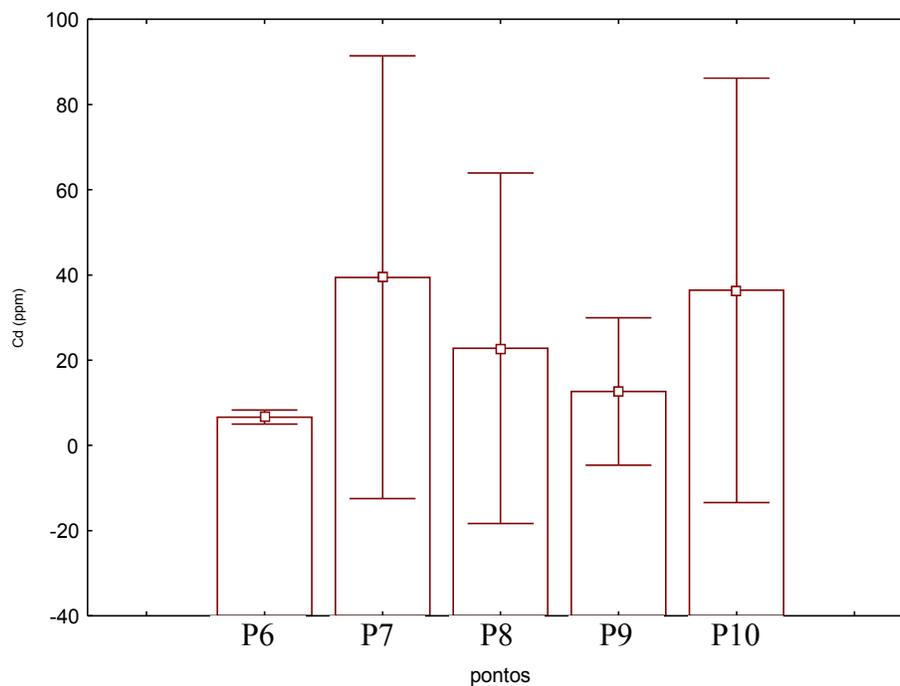


Figura 5.21 - Valores médios e desvio padrão Cd nos sedimentos em diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.

Para as concentrações de Mn e Cu não houveram diferenças significativas entre os pontos amostrados (Figura 5.22 e Figura 5.23), observou-se que os valores estiveram entre 900 mg.Kg<sup>-1</sup> e 1.600 mg.Kg<sup>-1</sup>, demonstrando grande aporte deste metal nos pontos amostrados. As concentrações de Cu no presente estudo estiveram entre 60 mg.Kg<sup>-1</sup> e 160 mg.Kg<sup>-1</sup>.

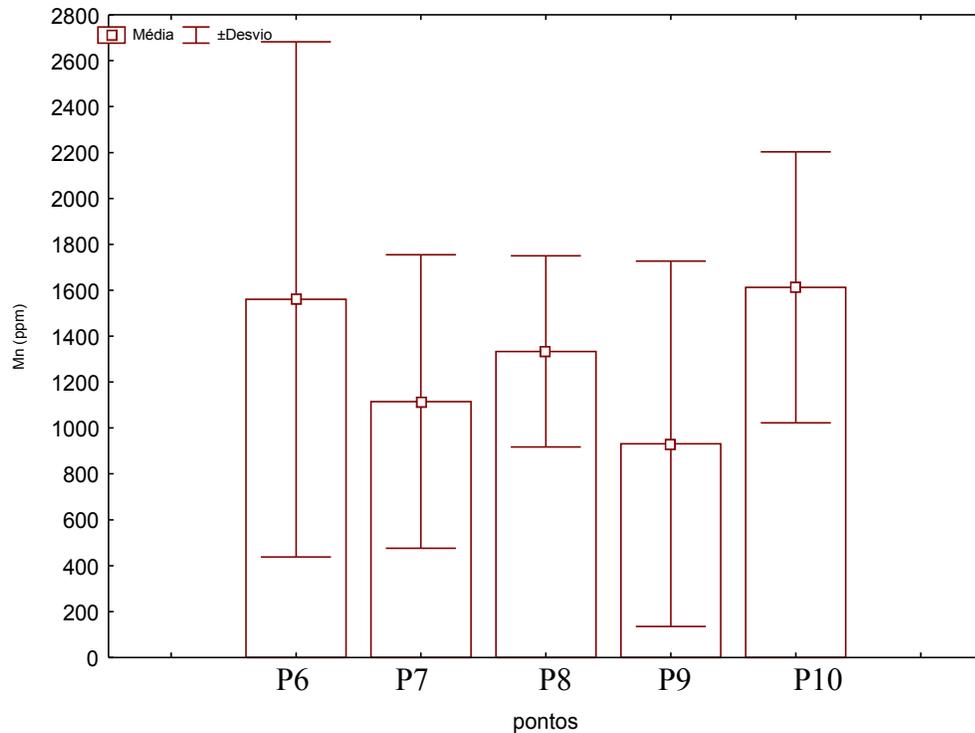


Figura 5.22 – Valores médios e desvio padrão de Mn nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.

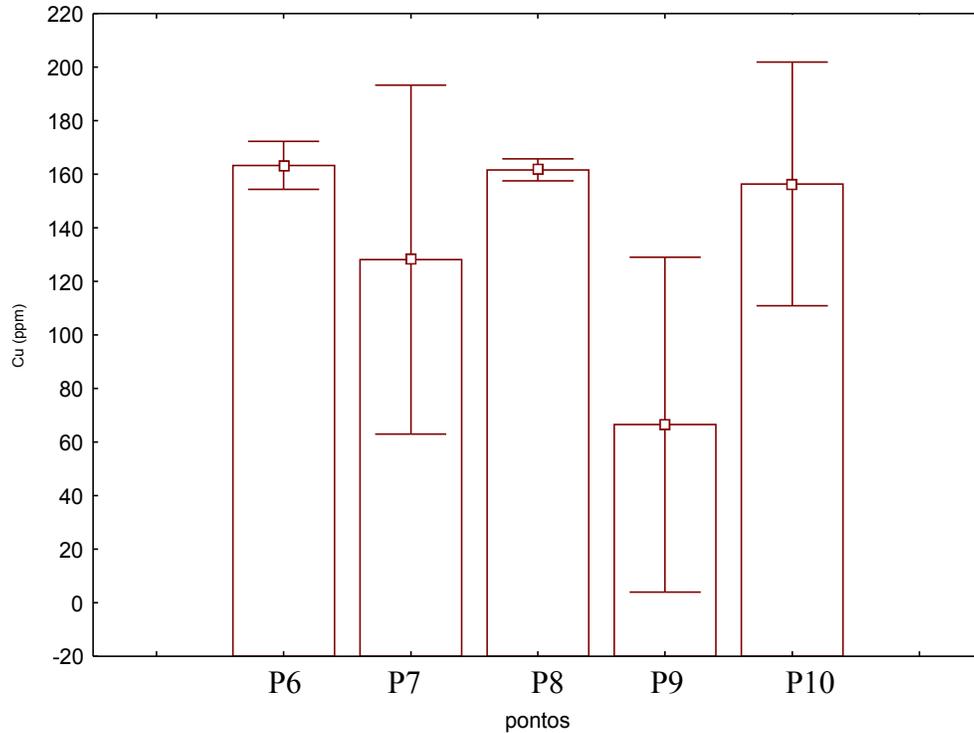


Figura 5.23 – Valores médios e desvio padrão de Cu nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.

Na figura 5.24 estão demonstradas as concentrações de Cr, que apresentaram variações significativas entre os diversos pontos amostrados. Assim como, a maioria dos metais analisados no presente estudo, ocorre destaque para o ponto 6 que sofre interferência direta da atividade antrópica desenvolvida ao longo da micro bacia.

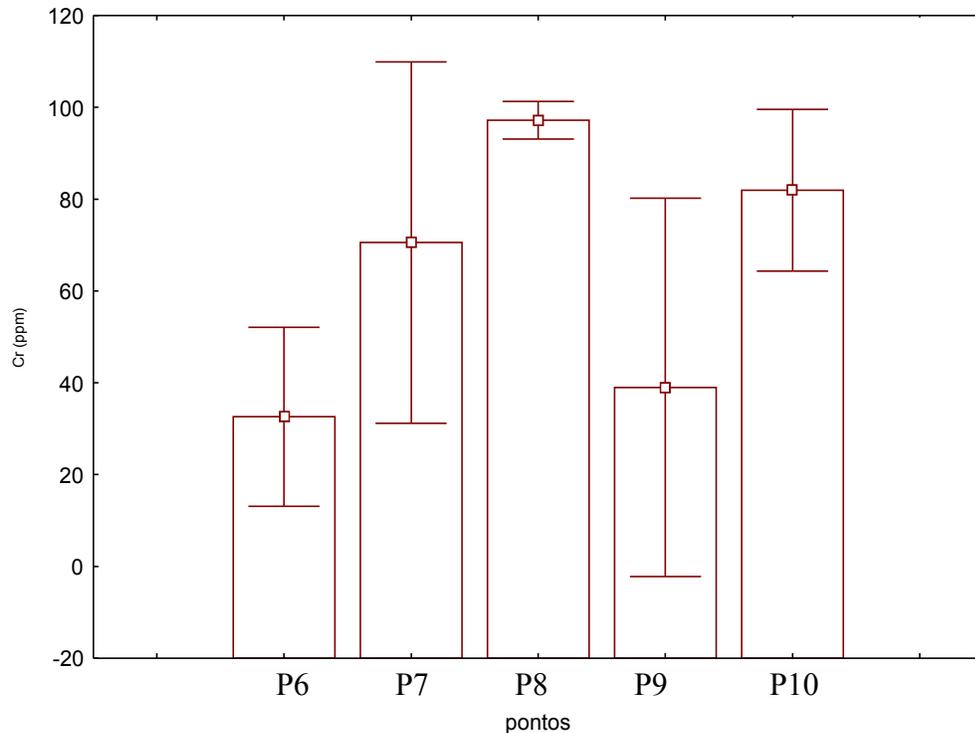


Figura 5.24 - Valores médios e desvio padrão de Cr nos sedimentos dos diferentes pontos de amostragem no rio Fragosos.

#### 5.4. Concentração de Metais Pesados em *E. crassipes* no rio Fragosos

Segundo Kantawanichkul e Anh (1998), a eficiência na retenção de metais varia de 68% a 80% em áreas alagáveis construídas e envolve processos de precipitação, sedimentação e adsorção. Tal fato pode justificar o manejo de áreas alagadas naturais e a construção de alagados artificiais como forma de remover os materiais provenientes de atividades antropogênicas.

Verificou-se no presente estudo que o ponto 6 apresenta concentrações superiores para a maioria dos metais pesados (Cr, Cu, Fe, Pb e Zn), devido à grande entrada de poluentes oriundas das atividades desenvolvidas no entorno do rio Fragosos, ocorre grande absorção destes metais pela *E. crassipes*. Além da disponibilidade de nutrientes, o ponto 7 trata-se de um ambiente semi-lótico, portanto, o movimento moderado da coluna d'água, estimula o desenvolvimento de macrófitas, provocando um aumento na renovação de nutrientes devido ao

constante transporte de íons em solução e de material particulado que se aderem às raízes.

O presente estudo demonstrou que para os metais pesados Cu, Mn, Fe, Cd e Zn, a *E. crassipes* removeu maiores concentrações no sistema radicular do que na parte aérea da macrófita. Uma característica que deve ser notada no caso da macrófita *E. crassipes* é que em seu processo metabólico, esta espécie pode absorver alguns elementos poluidores da água, e os transformar em biomassa fresca, através da fotossíntese; a matéria tóxica que é retirada por ele, é de aproximadamente 95 a 98%, que se acumula principalmente nas raízes, preservando as folhas da contaminação (MANFRINATO, 1991).

Na figura 5.25 observou-se que não houve diferença significativa na concentração de Cr entre as partes aérea e radicular. Enquanto, apenas para Pb verificou-se maiores concentrações na parte aérea da *E. crassipes* (Figura 5.30).

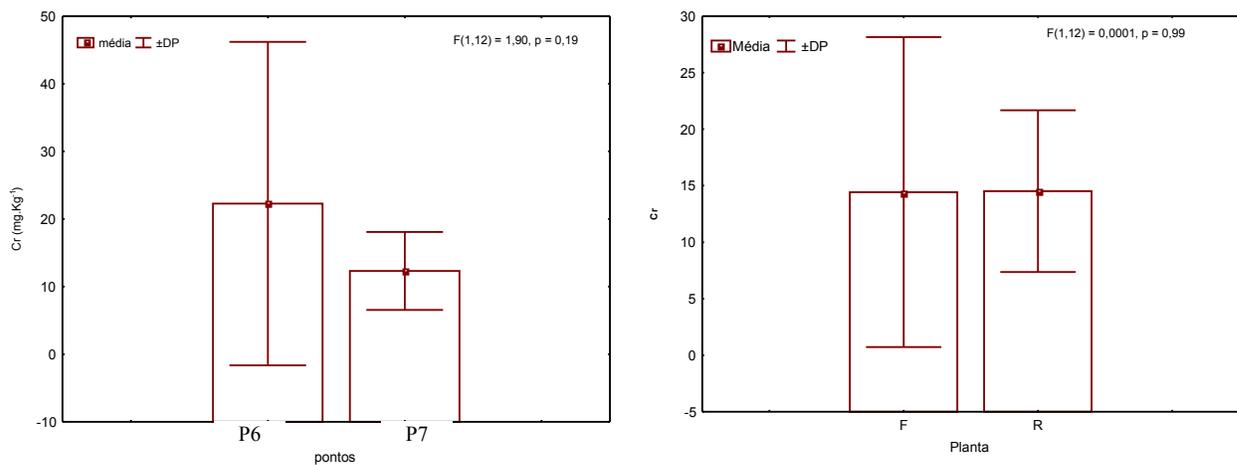


Figura 5.25 – Concentração de Cr nos pontos 6 e 7 e nas folhas e raízes de *E. crassipes* do rio Fragosos

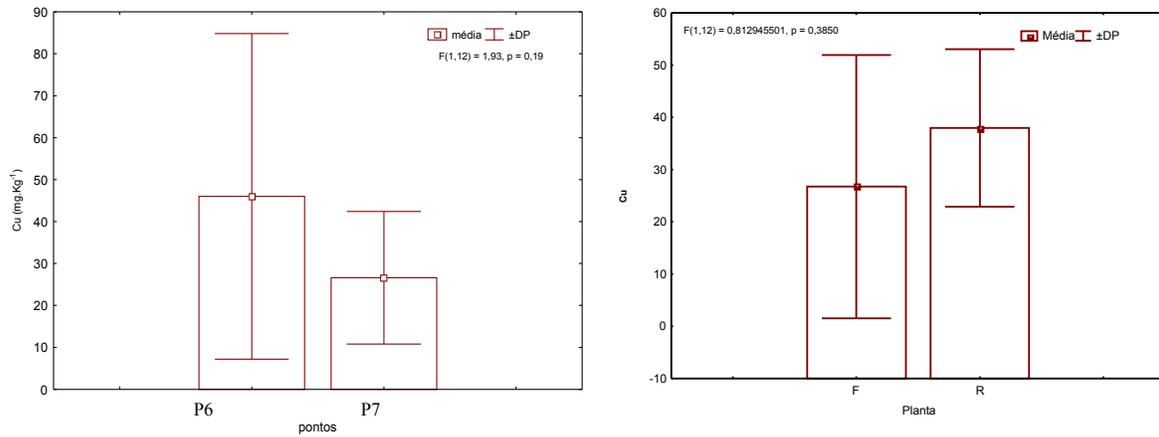


Figura 5.26– Concentração de Cu nos pontos 6 e 7 e nas folhas e raízes de *E. crassipes* do rio Fragosos

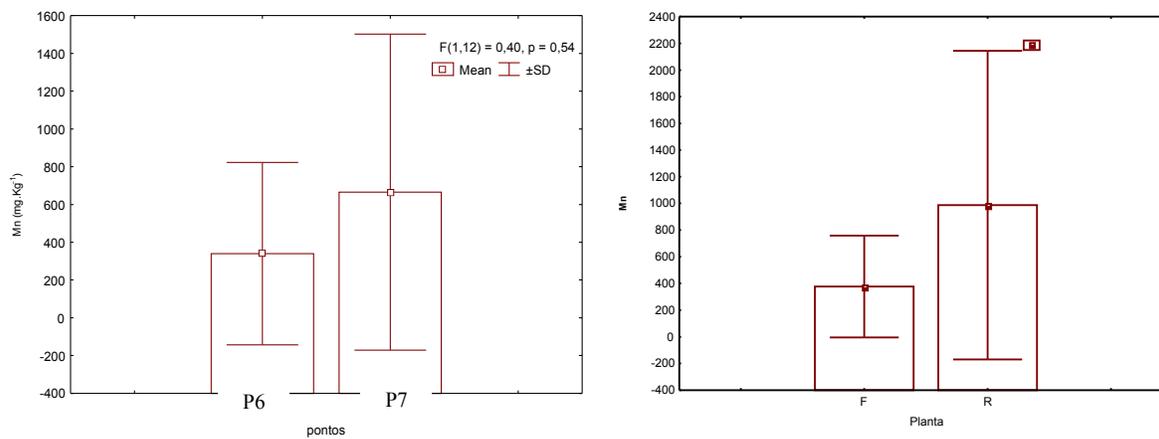


Figura 5.27– Concentração de Mn nos pontos 6 e 7 e nas folhas e raízes de *E. crassipes* do rio Fragosos.

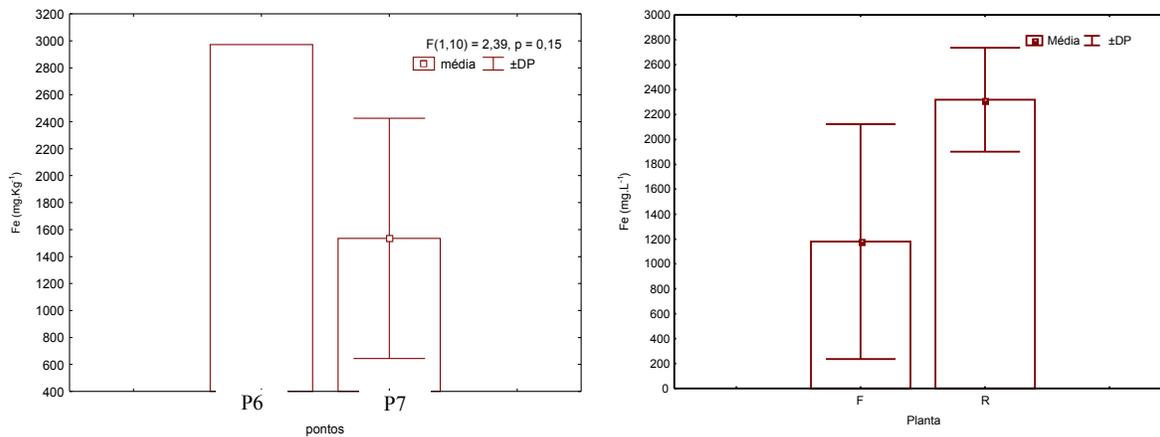


Figura 5.28– Concentração de Fe nos pontos 6 e 7 e nas folhas e raízes de *E. crassipes* do rio Fragosos.

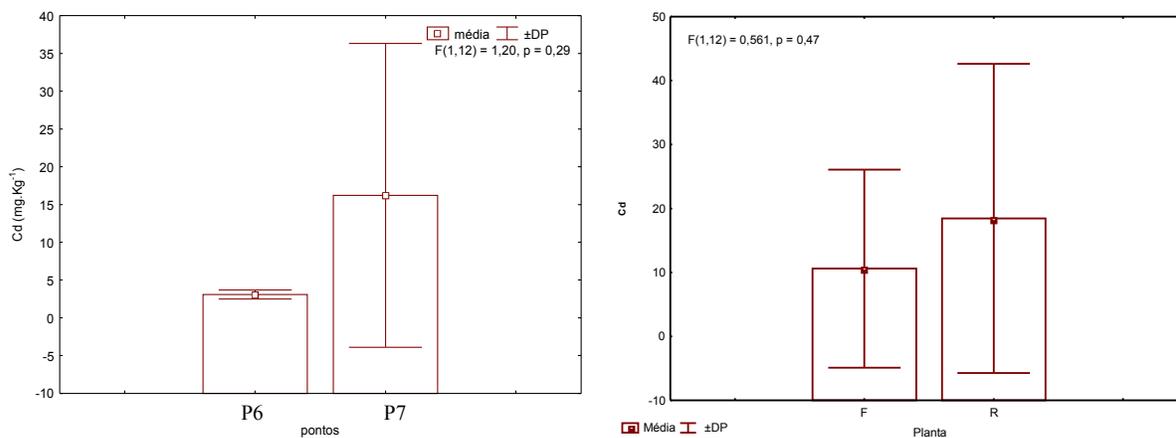


Figura 5.29– Concentração de Cd nos pontos 6 e 7 e nas folhas e raízes de *E. crassipes* do rio Fragosos.

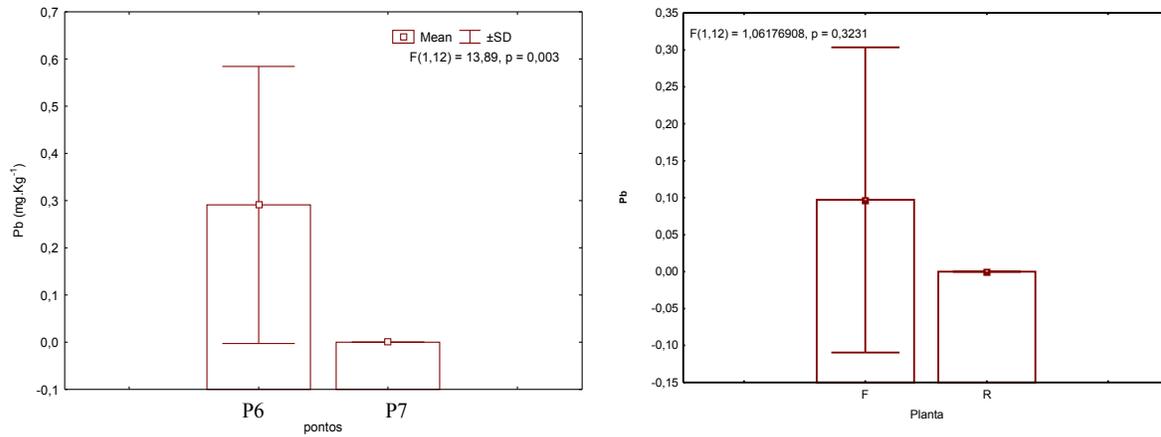


Figura 5.30– Concentração de Pb nos pontos 6 e 7 e nas folhas e raízes de *E. crassipes* do rio Fragosos.

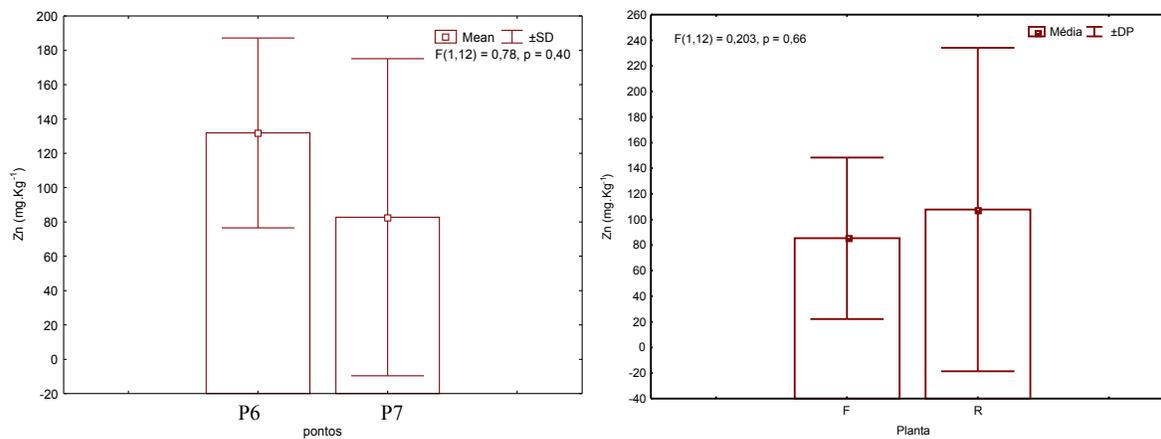


Figura 5.31– Concentração de Zn nos pontos 6 e 7 e nas folhas e raízes de *E. crassipes* do rio Fragosos.

## 6.CONCLUSÃO

O sedimento do reservatório de Itá (Itá-SC), pode ser caracterizado na maioria dos pontos amostrais como orgânico, demonstrado pelos pontos 1, 3, 4 e 5, devido a possuir mais de 10% de matéria orgânica em seu peso seco.

Os resultados de metais totais no sedimento no reservatório da Usina Hidrelétrica de Ita demonstram que as maiores concentrações entre os metais foram o Fe e Mn. Verificou-se, que o ponto 4 localizado no rio Fragosos apresentou concentrações máximas de Cu, Mn, Fe e Zn.

As concentrações médias dos metais pesados encontrados nos sedimentos para a maioria dos pontos refletiram a contribuição de origem natural, associada à geologia local, demonstrada pelas altas concentrações de ferro em todos os pontos, o que é característico da formação geológica da bacia de drenagem.

Observou-se que a contribuição antrópica demonstrada pelo descarte de efluentes domésticos e pela intensiva atividade agrícola ligada principalmente à criação de suínos, que ficou evidenciada no rio Fragosos, onde a concentração de zinco e cobre foi significativamente superior aos demais pontos amostrados.

Para a avaliação da qualidade da água, verificou-se que, a maioria das variáveis analisadas apresentou valores significativamente menores nos pontos que sucederam a presença de *E. crassipes*.

Verificou-se nas análises do rio Fragosos, que o ponto 1 possui as maiores concentrações de metais pesados, demonstrando a grande entrada de poluentes oriundas das atividades antrópicas desenvolvidas ao longo da bacia.

Conclui-se que a macrófita aquática *E. crassipes* é eficiente na remoção dos metais pesados Cr, Cu, Fe, Pb, Zn, Mn e Cd, sendo as maiores concentrações encontradas no sistema radicular do que na parte aérea da macrófita, com exceção apenas de Pb e Cr. Os dados evidenciaram a importância das áreas alagadas como filtro biológico nos reservatórios, pois grande parte dos nutrientes que entram no sistema é retida pelas plantas, garantindo a melhoria da qualidade da água.

Os resultados obtidos sugerem a entrada de contaminantes oriundos da má conservação e manejo do solo da bacia de drenagem, bem como das atividades agropecuárias na área de influência.

## 7. PERSPECTIVAS

- Continuidade da avaliação toxicológica dos sedimentos do rio Fragosos;
- Avaliação dos nutrientes em *E. crassipes*.

## 8- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

ADAMS, W. L. Aquatic toxicology testing methods. In: HOFFMAN, D. J.; RATTNER, B. A.; BURTON Jr., G. A.; CAIRNS Jr., J. **Handbook of ecotoxicology**. Ewis Publisher – CRC Press, 1995. p. 25-46.

AGOSTINHO, A. A; GOMES, L. C. **Reservatório de Segredo**: bases ecológicas para o manejo. Maringá: EDUEM, 1997.

ALLOWAY, B.J. & AYRES, D.C. **Chemical Principles of Environmental Pollution**. 2 ed. New York: Chapman & Hall, 1997.

ARAGÃO, M. A.; ARAÚJO, R. P. A. Métodos de Ensaio de Toxicidade com Organismos Aquáticos. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E.(Org). **Ecotoxicologia Aquática**: Princípios e Aplicações. São Carlos: Rima, 2006. cap. 6, p. 115-152.

BAIRD, C. **Química Ambiental**. 2. ed. São Paulo: Bookman, 2002.

BAXTER, R.M. Environmental effects of dams and impoundments. **Ann. Rev. Ecol. System.**, n. 8, p. 255-283, 1977.

BONDURANT, D. C.; LIVESEY, R. H. Reservoirs sedimentations studies. In: ACKERMANN, W. C. et al. (Ed.). **Man-made lakes: their problems and environmental effects**. Washington: American Geophysical Union, 1973. p. 364-367.

BRADY, N. C. **Natureza e Propriedades do Solo**. 7. ed. São Paulo: Livraria Freitas Bastos, 1989. 898 p.

BURATINI, V. B.; BRANDELLI, A. Bioacumulação. In: ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E.(Org). **Ecotoxicologia Aquática**: Princípios e Aplicações. São Carlos: Rima, 2006. cap. 4, p. 55-88.

BURTON, Jr. G. A. Assessing the toxicity of freshwater sediments. **Environmental Toxicology and chemistry**, n. 10, 1585-1627, 1991.

CAMARGO, A. F. M. Fatores limitantes à produção primária de macrófitas aquáticas. In: THOMAZ, S. M.; BINI, L. M. **Ecologia e manejo de macrófitas**. Maringá: UEM, 2003. p. 59-83. Maringá: Editora da Universidade de Maringá, 2003. cap. 3, p. 59-83.

CAMARGO, A. F.M.; ESTEVES, F. A. Infuency of water variation flutuacion on the fertilization of na oxbow lake of the river Mogi-Guaçu (São Paulo, Brasil). **Hidrobiologia**, Bélgica, v. 299, p. 185-193, 1995.

CARNEIRO, C.; PEGORINI, E. S.; ANDREOLI, C. V.; MADDER NETO, O. S. Caracterização de sedimentos límnicos no reservatório de abastecimento público do Irai, Curitiba-Pr. In: IX CONGRESSO BRASILEIRO DE LIMNOLOGIA, 20., 2003, Juiz de Fora. Resumos... Juiz de Fora, 2003.

CHAPMAN, P. M. Current approaches to developing sediment quality criteria. **Environmental Toxicology and Chemistry**, n. 5, p. 589-599, 1989.

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução nº 344/04. Brasília: SEMA, 2004.

COTTA, J. A. O. Avaliação do Teor de Metais em Sedimento do rio Betari no Parque Estadual Turístico do Alto Ribeira – Petar, São Paulo, Brasil. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n. 1, p. 40-45, 2006.

DORNFELD, C.B. **Utilização de análises limnológicas, bioensaios de toxicidade e macroinvertebrados bentônicos para o diagnóstico ambiental do reservatório de Salto Grande (Americana, SP)**. 2002. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

DUARTE, J. G. C.; GUANABARA, R. C. GOVEIA, D.; ROSA, A. H. Bioacumulação de Cu, Ni, Cd, Pb e Zn por *Eichhornia crassipes* (aguapé). In: 30ª REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA. **Resumos...** 2006.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA S.A. – EPAGRI. Zoneamento agroecológico e socioeconômico do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: EPAGRI/CIRAM, 1999, 1 CD-ROM.

ESPINDOLA, E.L.G.; LEITE, M.A.; DORNFELD, C.B. **Reservatório de Salto Grande (Americana, SP): Caracterização, Impactos e Propostas de Manejo**. São Paulo: Rima, 2004.

ESTEVES, F. A. **Fundamentos em Limnologia**. Rio de Janeiro: Interciência – FINEP, 1998. 545 p.

FARIA, O.B. **Utilização de macrófitas aquáticas na produção de adobe: um estudo de caso na represa de Salto Grande (Americana, SP)**. 2002. 200 p. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

FITZPATRICK, P. J. Assesment of a glutathione S-transferase and Related proteins in the gills digestive glands of *Mytilus edulis* (L), as Potential organic pollution biomarkers. **Biomarkers**. n. 2, p. 51-56. 1997.

FÖRSTNER, U. Metal transfer between solid and aqueous phases. In: FÖRSTNER, U.; WITTMANN, G.T. **Metal Pollution in the Aquatic environment**. Berlin: Springer-Verlag, 1983. p. 197-270.

FÖRSTNER, U. & WITTMANN, G. T. W. **Metal Pollution in the Aquatic Environment**. 2. ed. Berlin: Springer-Verlag. 1981.

FÖRSTNER, V. & MÜLLER, G. **Schwermetalle in Flüssen und seen**. Berlin: Springer – Verlag, 1974. 225p.

GROTH, P. Untersuchungen üther einige Spurenelemente in Senn. **Arch. Hydrobiol.** n. 68, p. 305-375.

INSTITUTO DE PLANEJAMENTO E ECONOMIA AGRÍCOLA – CEPA. Colonização e evolução econômica: breves considerações – oeste catarinense. Florianópolis: Secretaria do Estado e Desenvolvimento e da Agricultura, 1990, 33 p.

JORGA, W.; WEISE, G.; LINKE, H. Biomasse Entwycklung submerse Makrophyten und Möglichkeiten ihrer Landwirtschaflichen Verwertung als Viehfuter. **Acta Hydrochim Hydrobio.**, n. 7, p. 357-362, 1979.

KANTAWANICHKUL, S.; ANH, L. T. V. Ni and Cr removal by aquatic plants. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ARTIFICIAL WETLAND SYSTEM FOR WATER TREATMENT, 1998, São Pedro. Proceedings São Pedro, 1998.

KRANTZBERG, G. Spatial and temporal variability in metal bioavailability and toxicity of sediment from Hamilton Harbour, Lake Ontário. **Environmental Toxicology and Chemistry**, n. 13, p. 1685-1698, 1994.

LEWIS, D.F.V. **Cytochromes P450**: structure, function and mechanism. London: Springer-Verlag, 1996.

LONG, E. & MORGAN, L. G. The potencial for the biological effects of sediment-sorbed contaminants tested in the national status and trends program. Seattle: **National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)**, p. 1-7, 1990.

MAGIOLI, P.C.P. Levantamento de metais pesados no estado do Rio de Janeiro. Projeto Baía de Guanabara – Depol – FEEMA (Relatório preliminar). Rio de Janeiro:1980, 26p.

MALINS, D.C. Neoplastic and other diseases fish in relation to toxic Chemicals: an overview. **Aquatic Toxicol.** cap. 11, p. 43-67, 1998.

MANFRINATO, E. S. O. Aguapé: fatos e fofocas. **Problemas ambientais brasileiros**. São Paulo: Fundação Salim Farah Maluf, p. 109-112, 1991.

MARQUES, M. N. **Cromatografia de Íons Aplicada na Especificação do Crômio Hexavalente em Amostras de Interesse Ambiental**. 1999. Dissertação (Mestrado) – IPEN/CNEN. 1999.

MELETTI, P. C. **Avaliação da qualidade da água do sedimento na bacia do rio Piracicaba, SP, através de testes de toxicidade com invertebrados**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Hidrologia e Saneamento, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

MITCHELL, D.S., ed. **Aquatic vegetation and its use and control**: international hydrological decada. Paris, UNESCO, 1974.

MUDROCH, A. & MACKNIGHT, S. D. **Handbook of Techniques for Aquatic Sediments Sampling**. 2 ed. Ed. Lewis Publishers, p. 236, 1994.

NÍMER, E. **Clima**: Geografia do Brasil. Região Sul. Rio de Janeiro: SERGRAF-IBGE, v. 5, p. 35-79, 1977.

NOGUEIRA, F. M. B. **Importância das macrófitas Eichhornia azurea Kunth e Scirpus cubensis Poepp & Kunth na ciclagem de nutrientes e nas principais características limnológicas da lagoa do Infernã, SP**. 1989. Dissertação (Mestrado) – UFSCar, São Carlos, 1989.

PAIVA, M. M. **Grandes represas do Brasil**. Brasília, DF: Editerra, 1992.

PAMPLIM, P.A.Z. **Avaliação da qualidade ambiental da represa de Americana (SP, Brasil), com ênfase no estudo da comunidade de macroinvertebrados bentônicos e parâmetros ecotoxicológicos**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1989.

PIRES, M. A. F., KATSUÓKA, L., COTRIM, M. E. B., MARTINS, E. A. L., BITENCOURT, M., IGNÁCIO, M. **Avaliação de Riscos de Contaminação de Áreas Destinadas à Captação de Água Superficial para Abastecimento Público nos Municípios de São João da Boa Vista, Águas da Prata, Espírito Santo do Pinhal e Santo Antônio do Jardim, SP**. VI ENCONTRO DE ECOTOXICOLOGIA. São Paulo, 2000, p. 76.

RODRIGUES, L. **Biocenoses em Reservatórios**: Padrões espaciais e temporais. São Paulo: Rima, 2005.

SALGADO, P. E. T. **Toxicologia dos metais**. In: OGA, S. São Paulo, cap. 3.2, p. 154-172, 1996.

SMITH, S. L.; MacDONALD, D. D.; KEENLEYSIDE, K. A.; INGERSOLL, C. G.; FIELD, L. J. A preliminary evaluation of sediment quality assessment values for freshwater ecosystem. **Jornal of Great Lakes Research**, 22(3), p. 624-638, 1996.

SPACIE, A.; McCARTY, L. S.; RAND, G. M. **Bioaccumulation and bioavailability in multiplase systems**. In: Fundamentals of Aquatic Toxicology – Effects, Environmental Fate and Risk Assessment. Gary m. Rand Ed. Taylor & Francis, 2 ed. 1995.

STANDARD METHODS. **For examination of water and wastewater**. EATON, A.D. *et al.* 19.ed.1995.

STINE, K.E., BROWN, T.M. **Principles of toxicology**. New York: Lews publishers, 1996.

TAVARES, K. S.; ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; DORNFELD, C. B. Composição Taxonômica da Comunidade de Macrófitas Aquáticas do Reservatório de Salto Grande (Americana, SP). In: ESPÍNDOLA, E. L. G.; LEITE, M. A.; DORNFELD, C. B. **Reservatório de Salto Grande (Americana-SP): Caracterização, Impactos e Propostas de Manejo**. São Paulo: Rima, 2004. cap. 12. p. 239-264.

TESTA, V. M. *et al.* *O desenvolvimento sustentável do Oeste de Santa Catarina (Proposta para discussão)*. Florianópolis: EPAGRI, 1996, 247 p.

THOMAZ, S. M. Fatores ecológicos associados à colonização e ao desenvolvimento de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. especial, p. 21-33, 2002.

THOMAZ, S. M; BINI, L. M. **Ecologia e Manejo de Macrófitas Aquáticas**. Maringá: Editora da Universidade Estadual de Maringá, 2003.

\_\_\_\_\_ Ecologia e manejo de macrófitas aquáticas e desafios de manejo. **Planta Daninha**. Viçosa, v. 20, p. 103.116, 1998.

TORTORA, Gerard J. **Microbiologia**. 6 ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.

TUNDISI, J. G. Recursos Hídricos. **MultiCiência**. São Carlos: outubro de 2006.

\_\_\_\_\_. Reservatórios como sistemas complexos: teoria, aplicações e perspectivas para usos múltiplos. In: HENRY, R. **Ecologia de reservatórios: estrutura, função e aspectos sociais**. Botucatu: 1999. cap. 1, p. 21-38.

VON SPERLING. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. 2 ed. Belo Horizonte: DESA, UFMG, 1996. 243 p.

WELCH, P.S. **Ecological effects of wastes water**. Cambridge, Cambridge University Press, 1980.

**WELTER, L. O espaço geográfico do Oeste Catarinense e sua cartografia ambiental.** 2006. Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

WETZEL, R. G. **Limnology.** 2 ed. Chigago: Sauders College Publishing, 1983.

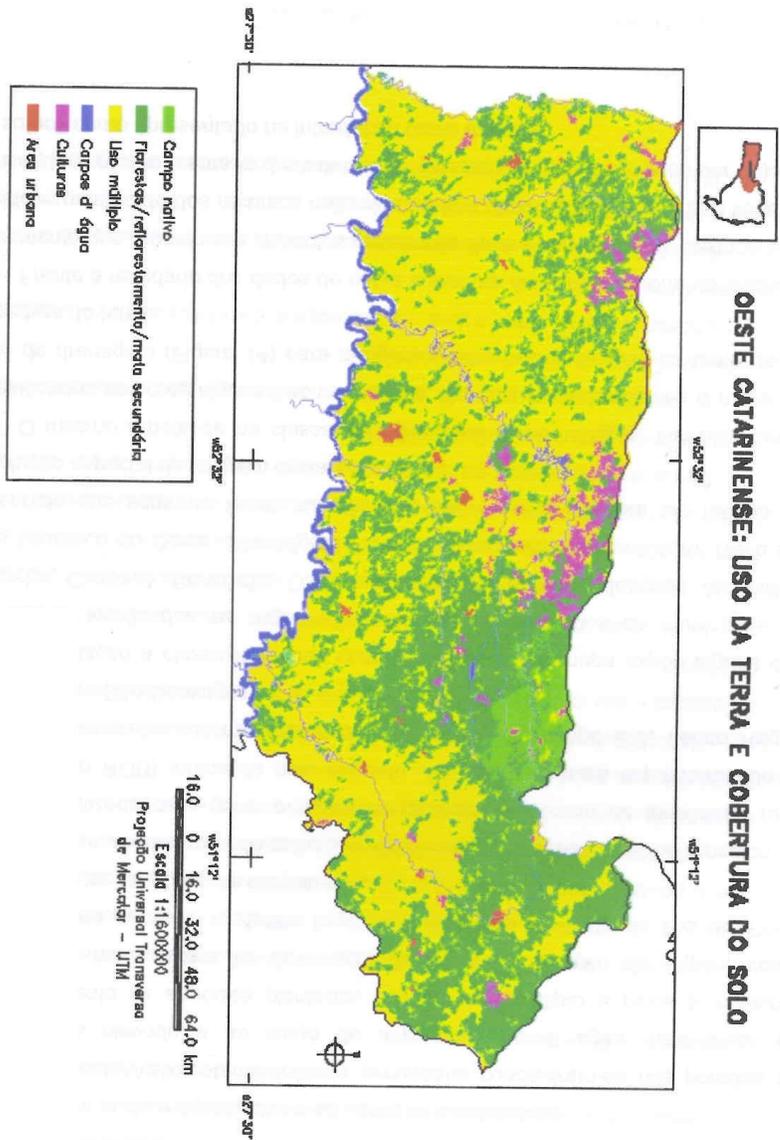
ZAGATTO, P. A.; BERTOLETTI, E. **Ecotoxicologia Aquática: Princípios e Alicações.** São Paulo: Rima, 2006.

CDA. Centro de Divulgação Ambiental. Disponível em: <http:// [www.cda.org.br](http://www.cda.org.br)>. Acesso em: 15 de junho de 2007.

CETESB. **Variáveis de qualidade das águas.** Disponível em: <http://www.cetesb.org.br>. Acesso em: 13 de setembro de 2007.

## ANEXOS

# ANEXO 1



**ANEXO 2**

Área com *E. crassipes* na Usina Hidrelétrica de Ita, foz do Rio Fragosos, Ponto 3.

Medição de oxigênio dissolvido na área com *E. crassipes* na Usina Hidrelétrica de Ita, Rio Fragosos, Ponto 2.



Coleta de sedimentos na área com *E. crassipes* na Usina Hidrelétrica de Ita, Rio Fragosos, Ponto 2.



Ponto 1 área de influência do reservatório da Usina Hidrelétrica de Ita, Rio Fragosos.

# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)