

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA**  
**DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA AMBIENTAL**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL**

**AVALIAÇÃO DE ELEMENTOS-TRAÇO EM AMOSTRAS DE SEDIMENTO**  
**MARINHO AO LONGO DO LITORAL CATARINENSE.**

**José Julio Barrios Restrepo**

**Orientador: William Gerson Matias, Dr.**

**Co-orientadora: Cátia Regina Silva de Carvalho Pinto, Dra.**

**Florianópolis, Novembro de 2007.**

## **AGRADECIMENTOS**

O Deus por minha existência.

A meus pais e irmãos: Antonio Barrios Herrera, Carmen Restrepo de Barrios, Marco, Orlando, Ronal, Regina, Marina e Marta.

A minha namorada Fabiana Gomes Cardoso por seu amor compreensão e ajuda na revisão final deste trabalho.

A minha família brasileira: Maurino, Cida, Franciely, Letícia e José Vitor, pelo apoio e companhia nos momentos difíceis.

A meu Orientador e Co-orientadora: William Gerson Matias e Catia Regina Silva de Carvalho Pinto por seu apoio e por acreditar nas minhas capacidades.

A meus amigos: Renato Strelau, Denyo Silva, Fábio Roehrs, Flávia Tavares, Iracema Maia, Mariele Jungles, José Gregório Martinez, Heriberto Liberato, Gabriel da Silveira, Raquel de Sá, Rosa Félix, Thiago de Sá, Daniel Machado e Muñeca.

A meus amigos do LIMA e LABTOX: Arlete, Dona Eliane, Marlon Capanema, Cristina da Costa, Silvia Meregani, Luiz e Anderson.

## SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURA

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1. INTRODUÇÃO.....	15
1.1. HIPÓTESE.....	18
2. OBJETIVOS .....	19
2.1. Objetivo Geral.....	19
2.2. Objetivos Específicos.....	19
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA. ....	20
3.1. Processo de Absorção Atômica. ....	20
3.1.2. Absorção Atômica de Chama. ....	20
3.1.3. Combustíveis e Oxidantes.....	20
3.1.4. Absorção Atômica em forno de Grafite.....	21
3.2. Sedimentos. ....	21
3.2.1. Retenção de Produtos Tóxicos.....	23
3.2.2. Estudos Ecotoxicológicos de Sedimentos.....	24
3.2.3. Especiação Química em Sedimentos. ....	25
3.2.4. Precipitação de Compostos Específicos.....	26
3.3. Elementos-Traço. ....	26
3.3.1. Problemática dos Elementos-Traço no Meio Ambiente. ....	27

3.3.2. Elementos-Traço como Indicadores Ambientais. ....	28
3.3.3. Fontes de Elementos-Traço no Meio Ambiente. ....	29
3.3.4. Fontes Antropogênicas de Elementos-Traço. ....	31
3.4. Principais Elementos-Traço de Interesse do Trabalho.....	31
3.4.1. Cromo.....	31
3.4.1.1. Fontes do Cromo. ....	32
3.4.1.1.1. Naturais. ....	32
3.4.1.1.2. Antropogênica. ....	32
3.4.2. Efeitos Nocivos do Cromo. ....	33
3.4.2.1. Efeito no Ambiente Abiótico. ....	33
3.4.2. 2. Efeito no Meio Biótico.....	33
3.4.2. Níquel. ....	34
3.4.2.1. Fontes.....	35
3.4.2.1.1. Fontes Antropogênicas. ....	35
3.4.2.1.2. Fontes Naturais. ....	35
3.4.2.2. Papel Biológico. ....	36
3.4.2.3. Toxicidade.....	37
3.4.3. Cobre.....	38
3.4.3.1. Ciclo e Ocorrência na Natureza. ....	38
3.4.3.2. Fontes de Contaminação Ambiental. ....	38
3.4.3.2.1. Naturais. ....	38
3.4.3.2.2. Antropogênica. ....	38
3.4.3.3. Contaminação Ambiental. ....	39



3.4.3.4. Água e Sedimentos. ....	39
3.4.3.5. Toxicidade.....	40
3.4.4. Cádmio.....	41
3.4.4.1. Fontes do Cádmio. ....	41
3.4.4.1.1. Naturais. ....	41
3.4.4.2. Antropogênicas. ....	42
3.4.4.3. Efeito no Ambiente Abiótico. ....	42
3.4.4.4. Efeito no Ambiente Biótico. ....	43
3.4.4.5. Efeito no Homem. ....	43
3.4.5. Chumbo. ....	44
3.4.5.1. Fontes de Chumbo. ....	45
3.4.5.1.1. Fontes Naturais. ....	45
3.4.5.1.2 Fontes Antropogênicas.....	45
3.4.5.2. Efeito no Meio Ambiente.....	46
3.4.5.2.1. Efeito no Meio Abiótico. ....	46
3.4.5.2.2. Efeito no Meio Biótico.....	46
3.4.5.2.3. Efeito no Homem. ....	46
4. Materiais e Métodos.....	48
4.1. Fluxograma dos Procedimentos.....	48
4.2. Localização dos Pontos de Coletas.....	52
4.3. Metodologia.....	54
4.3.1. Coleta das Amostras.....	54
4.3.2. Secagem das Amostras.....	55

4.3.3. Trituração das Amostras. ....	55
4.4. Abertura da Amostra. ....	55
4.4.1. Digestão Ácida. ....	55
4.4.2. Digestão Parcialmente Ácida. ....	55
4.5. Calibração do Espectrômetro de Adsorção Atômica (AAS). ....	56
4.5.1. Chama (FAAS). ....	56
4.5.2. Forno de grafite (GFAAS). ....	57
4.6. Análise Estatística. ....	57
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO. ....	58
5.1. Análise dos Resultados das concentrações dos Elementos-Traço nas Amostras de sedimento. ....	58
5.2. Microrregião Geográfica de Tubarão. ....	58
5.2.1. Laguna. ....	59
5.2.2. Imbituba. ....	61
5.3. Microrregião de Florianópolis. ....	62
5.3.1 Ilha dos Corais. ....	63
5.3.2. Ilha das Três Irmãs. ....	64
5.3.3. Caiacangaçu. ....	66
5.3.4. Ilha do Campeche. ....	68
5.3.5. Ilha de Ratonés Grande. ....	70
5.3.6. Armação da Piedade. ....	71
5.3.7. Ganchos. ....	73
5.3.8. Ilha do Arvoredo. ....	75

5.4. Microrregião de Itajaí.....	77
5.4.1. Zimbros.....	77
5.4.2. Porto Belo.....	80
5.4.3. Laranjeira.....	81
5.4.4. Itajaí.....	83
5.4.5. Penha.....	85
5.5. Microrregião de Joinville.....	87
5.5.1. Ilha dos Remédios.....	88
5.5.2. Baía de Babitonga.....	89
5.5.3. Baía de São Francisco.....	93
5.6. Perfil dos Elementos-Traço ao Longo dos Diferentes Pontos de Coletas.....	94
6. CONCLUSÃO.....	98
7. Recomendações para Futuros Trabalhos.....	99
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
9. ANEXO ELETRÔNICO.....	110

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Movimentos dos poluentes na Hidrosfera. Fergusson, 1982. ....	30
Figura 2. Fluxograma de procedimentos dos tratamentos das amostras. ....	48
Figura 3. Coletas das amostras. ....	49
Figura 4. Processamento das amostras. ....	50
Figura 5. Leitura das amostras. ....	51
Figura 6. Mapa localizando o Estado de Santa Catarina. ....	52
Figura 7. Mapa mostrando os Pontos de coleta (10m) no litoral catarinense. ....	53
Figura 8. Localização do Ponto de Coleta em Laguna. ....	59
Figura 9. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) em Laguna. ....	59
Figura 10. Localização do Ponto de Coleta em Imbituba. ....	61
Figura 11. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) em Imbituba. ....	61
Figura 12. Localização do Ponto de Coleta na Ilha dos Corais. ....	63
Figura 13. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha dos Corais. ....	63
Figura 14. Localização do Ponto de Coleta na Ilha das Três Irmãs. ....	64
Figura 15. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha das Três Irmãs. ....	65
Figura 16. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Caiacangaçu. ....	66
Figura 17. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Caiacangaçu. ....	66
Figura 18. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Caiacangaçu. ....	67
Figura 19. Localização do Ponto de Coleta na Ilha do Campeche. ....	68

Figura 20. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha do Campeche . .....	69
Figura 21. Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Ratonés Grande. ....	70
Figura 22. Concentração de elementos-traço biodisponíveis na Ilha de Ratonés. ....	70
Figura 23. Localização do Ponto de Coleta na Armação da Piedade. ....	71
Figura 24. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía da Armação da Piedade. ....	72
Figura 25. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Ganchos. ....	73
Figura 26. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Ganchos. ....	73
Figura 27. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Ganchos. .....	74
Figura 28. Localização do Ponto de Coleta na Ilha do Arvoredo. ....	75
Figura 29. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha do Arvoredo. .....	76
Figura 30. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Zimbros. ....	77
Figura 31. Concentração de elementos-traço (mg/kg) totais na Baía de Zimbros. ....	78
Figura 32. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Zimbros. .....	78
Figura 33. . Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Porto Belo. ....	80
Figura 34. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) Porto Belo. ....	80
Figura 35. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Laranjeira. ....	81
Figura 36. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Laranjeira. ....	82

Figura 37. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Laranjeira. .....	82
Figura 38. Localização do Ponto de Coleta em Itajaí. ....	83
Figura 39. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) em Itajaí.....	84
Figura 40. Concentração de elementos-traço Biodisponíveis (mg/kg) em Itajaí. ....	84
Figura 41. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Penha.....	85
Figura 42. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) em Penha.....	86
Figura 43. Concentração de elementos-traço biodisponíveis em Penha. ....	86
Figura 44. Localização do Ponto de Coleta na Ilha dos Remédios.....	88
Figura 45. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha dos Remédios. .....	88
Figura 46. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Babitonga. ....	89
Figura 47. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Babitonga. ....	90
Figura 48. Concentração de elementos-traço biodisponível (mg/kg) na Baía de Babitonga. .....	90
Figura 49. Localização do Ponto de Coleta na Baía de São Francisco. ....	93
Figura 50. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de São Francisco. ....	93
Figura 51. Perfil de elementos-traço totais (em sete pontos de coleta) ao longo do litoral catarinense.....	94
Figura 52. Perfil de elementos-traço biodisponíveis ao longo do litoral catarinense. ....	95

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1. Temperatura máxima de várias combinações combustível-oxidante.....	21
Tabela 2. Fontes primárias dos elementos que podem contaminar o solo .....	31
Tabela 3. Fontes secundarias dos elementos que podem contaminar o solo .....	31
Tabela 4. Cromo e seus compostos. ....	33
Tabela 5. Acumulação de chumbo na Groenlândia. ....	45
Tabela 6. Pontos de coletas das amostras. ....	54
Tabela 7. Soluções de padrões para calibrar o FASS e o limite de detecção. ....	56
Tabela 8. Condições utilizadas no FAAS. ....	57
Tabela 9. Valores de referência para sedimentos marinhos. ....	58
Tabela 10. Concentração (mg/kg) de Pb e Ni biodisponíveis em diferentes trabalhos publicados. ....	58
Tabela 11. Concentrações (mg/kg) de elementos-traço totais desta pesquisa comparados com trabalhos anteriores. ....	92

## INDICE DE ABREVIATURAS

mg/kg	- Miligrama por kilograma
AA	- Absorção Atômica
h $\nu$	- Luz ultravioleta
M <sup>+</sup>	- Íon Metálico
M	- Elementos-traço
nm	- Nanômetro
$\mu$ m	- Micrometro
XRD	- Difração de Raios X
pK <sub>s</sub>	- Produto da Solubilidade
MX <sub>n(s)</sub>	- Complexo Metálico Sólido
K <sub>sp</sub>	- Constante do Produto da Solubilidade
Å	- Angstrom
LT50	- Tempo Letal
$\mu$ m/L	- Micrograma por Litro
g	- Grama
ppm	- Parte por Milhão
ppb	- Parte por Bilhão
Eh	- Potencial Redox
pH	- Potencial de Hidrogênio
PETAR	- Parque Estadual turístico do Alto Ribeira
GESAM	- Grupo Misto Intergerencial das Nações Unidas Sobre Problemas Científicos de contaminação no Meio Marinho
mg/ml	- Miligrama por Mililitro
AAS	- Espectrômetro de Absorção Atômica
FAAS	- Espectrômetro de Absorção Atômica de Chama
GFAAS	- Espectrômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite



## **RESUMO.**

Este trabalho teve como principal objetivo determinar a concentração de elementos-traço (Cr, Cu, Pb, Ni e Cd) biodisponíveis no sedimento marinho em dezoito pontos de coleta ao longo do litoral de Santa Catarina. As amostras foram coletadas em pontos pré-determinados entre Laguna e São Francisco do Sul. Processadas pelo método de digestão ácida total e parcial, posteriormente analisadas pelo método de absorção atômica de chama e forno de grafite. Os resultados obtidos mostraram presença de elementos-traço em todas as amostras analisadas, destacando-se as concentrações de chumbo e níquel as quais chegam a superar, em alguns casos, os valores de referência e da literatura. A análise do perfil das concentrações dos elementos-erção nos pontos de coleta das amostras ao longo do litoral catarinense mostrou que a foz do Rio Itajaí é o ponto de maior concentração de cobre total e biodisponível (14,18mg/kg e 6,38mg/kg), respectivamente. Além disso, na região de Itajaí foi encontrada a maior concentração biodisponível de cromo (1,81mg/kg), além da maior concentração total e a segunda concentração biodisponível de cádmio 2,03mg/kg. Na Baía de Babitonga foram encontradas as maiores concentrações totais e biodisponíveis de chumbo (36,21mg/kg, 26,48mg/kg respectivamente), e também a maior concentração biodisponível de níquel (25,63mg/kg). A segunda maior concentração total de níquel (35,56mg/kg) foi observada na Baía de Zimbros onde também foi encontrada a maior concentração de cromo total (54,45mg/kg). As maiores médias das concentrações de todos os elementos-traço analisados foram observadas no litoral norte do estado. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) para se verificar a existência de diferenças estatísticas significativas entre as médias das repetições para cada amostra analisada, ao nível de significância de  $p < 0,0001$ . O teste de Tukey foi aplicado quando necessário. Este trabalho mostra também as possíveis fontes Antropogênicas para cada um dos elementos-traço analisados, em cada ponto de coleta.

**Palavra Chave:** elementos-traço, sedimento marinho, absorção atômica, fonte antropogênicas.

## **ABSTRACT.**

The present study aimed to quantify trace metals (Cr, Cu, Pb, Ni and Cd) concentrations and bioavailability in marine sediment of eighteen locations along Santa Catarina coast. Samples were collected in predetermined points between Laguna and São Francisco do Sul, processed by total and partial acid digestion method and analyzed through graphite furnace atomic absorption. The results have shown the presence of heavy metals in all analyzed samples. It was observed that lead and nickel concentrations were higher than reference values in some cases. Considering the analyzed locations, Itajaí showed the highest total and bioavailable copper levels (14,18mg/kg and 6,38mg/kg respectively). Besides, it presented the highest bioavailable chromium concentration (1,81mg/kg) and the second highest bioavailable cadmium concentration (2,03mg/kg). In Babitonga bay the highest total and bioavailable lead concentrations were found, being 36,21mg/kg, 26,48mg/kg respectively. Moreover, the most elevated bioavailable and second highest nickel concentration were also found 25,63mg/kg and 35,56mg/kg, respectively. In Zimbros bay, the highest chromium concentration was found, being 54,45mg/kg. In general, the most elevated heavy metals concentrations were found in the north coast. The results were obtained through Analyses of Variance (ANOVA) to verify statistical differences among data averages from each sample analyzed. The significance level adopted was 1% ( $p < 0,0001$ ). Tukey test was used when necessary. The present study also gives information towards anthropogenic sources of heavy metals contamination at each point analyzed.

Key-words: heavy metals, marine sediment, atomic absorption, anthropogenic source.

## 1. INTRODUÇÃO.

Uma das grandes preocupações atuais refere-se ao impacto ambiental causado pela liberação antropogênica de elementos-traço nos diversos ambientes naturais e sua interação com os ecossistemas.

Os elementos-traço depositados no sedimento podem sofrer alterações devido a processos biológicos e físico-químicos e podem ser disponibilizados aos seres humanos através de moluscos bivalves e peixes iliofagos. Sua determinação pode ser efetuada através do método da absorção atômica.

Elevados níveis de íons de elementos-traço no ambiente aquático tendem a se concentrar em todas as matrizes (matéria suspensa, sedimento e biota), resultando em uma presença definitiva na cadeia alimentar, envolvendo os seres humanos, como consequência do consumo dos produtos marinhos (peixes, mexilhões, ostras, etc.) LOCATELLI et al, 2001.

No Brasil, vários estudos foram feitos para avaliar os níveis de contaminação em peixes e outras espécies marinhas, comumente encontradas e consumidas em regiões litorâneas, que apresentam grande desenvolvimento industrial e alta densidade populacional, como Baía de Santos, Estuário de Santos e São Vicente (Amaral et al., 1983), Baía de Guanabara, Baía de todos os Santos (TOLEDO et al, 1983). E, recentemente, na região costeira de Santa Catarina foi avaliado contaminação em mariscos e ostras (CURTIUS et al, 2003).

Elementos-traço como cobre, chumbo, zinco, cádmio, ferro, manganês e alumínio estão fortemente associados com sedimentos, e é por esta razão que a determinação da concentração destes elementos, as diferentes profundidades da coluna do sedimento trazem informações ligadas a data de contaminação, e conseqüentemente, ao histórico de contaminação do ecossistema aquático (LOCATELLI et al., 1998).

Os elementos-traço diferem de outros agentes tóxicos porque não são sintetizados nem destruídos pelo homem. A presença de elementos-traço muitas vezes está associada à localização geográfica, seja na água ou no solo e, pode ser controlada, limitando o uso de

produtos agrícolas e proibindo a produção de alimentos em solos contaminados com elementos-traço.

Todas as formas de vida são afetadas pela presença de elementos-traço dependendo da dose e/ou concentração e da forma química. Muitos elementos-traço, em baixas concentrações, são essenciais para o crescimento de todos os tipos de organismos, desde bactérias até seres humanos, mas em determinadas concentrações podem danificar sistemas biológicos.

Os efeitos tóxicos dos elementos-traço sempre foram considerados como eventos de curto prazo, agudos e evidentes, como anúria (estado patológico caracterizado pela ausência completa ou quase completa de urina na bexiga) e diarreia sanguinolenta, decorrentes da ingestão de mercúrio. Atualmente, ocorrências a médio e longo prazo são observadas, e as relações causa-efeito são pouco evidentes e quase sempre subclínicas. Geralmente esses efeitos são difíceis de serem distinguidos e perdem em especificidade, pois podem ser provocados por outras substâncias ou por interações entre esses agentes químicos.

A manifestação dos efeitos tóxicos está associada à dose e/ou concentração e pode distribuir-se por todo o organismo, afetando vários órgãos, alterando os processos bioquímicos, organelas e membranas celulares.

Os sedimentos têm sido considerados como um compartimento de acumulação de espécies poluentes a partir da coluna de água devido às altas capacidades de absorção e acumulação (FÖSTNER; WITTMANN, 1981; CARVALHO; LACERDA, 1992), onde as concentrações tornam-se maiores do que na água, possibilitando o uso dos mesmos como um bom indicador de poluição ambiental, tanto atual quanto remota (por exemplo, através de estratificação, possibilitando ainda o conhecimento das principais fontes de poluição dentro de um sistema aquático GODOY; MOREIRA, 1998).

Assim, o objetivo deste trabalho é contribuir com conhecimentos sobre as concentrações de elementos-traço, em pontos estratégicos situados na costa catarinense para subsidiar a gestão costeira. A importância de avaliar a concentração de elementos-traço em sedimentos marinhos, em regiões do litoral catarinense, está no fato de que a presença dessas substâncias pode indicar contaminações de origem antropogênica. Este tipo de contaminação pode afetar atividades que dependem intimamente da qualidade da água

como, a malacocultura, atividades de recreação, esportivas, turísticas e causar efeitos toxicológicos na biota.

Neste contexto, o Laboratório de Toxicologia Ambiental da Universidade Federal de Santa Catarina, vem desenvolvendo pesquisas aplicáveis à gestão da malacocultura em Santa Catarina desde 1998. O primeiro estudo mostrou a dinâmica de eliminação do ácido ocadáico (toxina marinha produzida por dinoflagelados) acumulado em hepatopâncreas de mexilhões *Perna perna* (Lemieszek, 2000). CARVALHO, Catia et al. 2003 e 2005, estudaram a frequência de micronúcleos, induzidos pelo ácido ocadáico, em hemócitos de mexilhões *Perna perna*.

Os estudos se aprimoraram a partir de 2002, com projeto de monitoramento da costa catarinense, cuja implementação foi possível pelo convênio existente entre o **IBAMA** (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis)-**CEPSUL** (Centro de Pesquisa e Gestão de Recursos Pesqueiros do Litoral Sudeste e Sul) e a **UFSC-ENS** (Universidade Federal de Santa Catarina-Engenharia Sanitária e Ambiental). Esta pesquisa teve como objetivo estudar as florações de algas tóxicas através de análise de amostras de água, sedimentos e moluscos, utilizando técnicas físico-químicas e biológicas, como resultados, diversos trabalhos foram realizados. CARVALHO PINTO - SILVA et al., 2005, estudou a incidência de fitoplâncton tóxico na Costa Catarinense e relacionou com possíveis impactos à saúde pública e ao meio ambiente, através de ensaios citotóxicos e genotóxicos. Em outro estudo, Torres (2005) estimou a quantidade de matéria sólida orgânica produzida por mexilhões *Perna perna* em áreas de produção na Baía da Babitonga. (CARVALHO PINTO – SILVA et al., 2006), compararam os efeitos genotóxicos entre o ácido domóico e ácido ocadáico, aplicando metodologias de citotoxicidade. O último trabalho desenvolvido foi o diagnóstico sobre a malacocultura catarinense em apoio à gestão costeira, foram apresentados subsídios ao zoneamento à atividade, ordenamento pesqueiro, licenciamento ambiental e a autorização de uso de espaço físico marinho em águas de domínio da União (Torres, 2007). Este trabalho complementa esta série de estudos realizados pelo laboratório de toxicologia ambiental (Labtox) em pontos de cultivos de malacocultura. Por este motivo foram escolhidos os mesmos pontos de amostragem.

## **1.1. HIPÓTESE**

Existem concentrações significativas de elementos-traço no sedimento ao longo do litoral catarinense que representam riscos ao desenvolvimento do cultivo da malacocultura no Estado de Santa Catarina.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo Geral.**

O principal objetivo deste trabalho foi avaliar os elementos-traço totais e biodisponíveis (Cr, Cu, Pb, Cd e Ni.) em amostras de sedimento marinho do litoral Catarinense, compreendendo pontos de amostragem no trecho entre Laguna e São Francisco do Sul.

### **2.2. Objetivos Específicos.**

A partir do objetivo geral pretendeu-se:

- Estabelecer um perfil das concentrações dos elementos-traço ao longo do litoral catarinense;
- Relacionar as possíveis fontes antropogênicas de contaminação por elementos-traço no sedimento.
- Avaliar a relação da concentração total e biodisponível dos elementos-traço no sedimento marinho em alguns pontos de interesse.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.

#### 3.1. Processo de Absorção Atômica.

A absorção de energia pelos átomos no estado fundamental no estado gasoso é base da AA. A compreensão deste processo de absorção de energia tem seu fundamento no estudo das linhas escuras de Fraunhofer no espectro do sol. Quando a radiação de um comprimento de onda apropriado passa através de um vapor contendo átomos no estado fundamental, parte da radiação pode ser absorvida pela excitação dos átomos, portanto,  $M + h\nu \rightarrow M^+$ . A intensidade da radiação no comprimento de onda correspondente a energia  $h\nu$ , decresce, se a concentração de M no vapor aumenta, o decréscimo da energia radiante será maior. Como cada espécie de átomo só pode existir em alguns estados excitados específicos, as energias do fóton necessário para cada espécie atômica serão diferentes e, portanto ocorrerão em diferentes comprimentos de onda. Somente os fótons nos comprimentos de onda correspondente aos estados de excitação específicos serão absorvidos em cada caso. Portanto, os fótons de comprimento de onda de 589,0 nm podem excitar átomos de sódio, enquanto que os comprimentos de onda de 285,2 nm podem excitar o magnésio. Cada elemento, portanto requer fótons de energia específica para produzir átomos excitados daquele elemento.

#### 3.1.2. Absorção Atômica de Chama.

Os componentes fundamentais de um espectrofotômetro de absorção atômica compreendem uma fonte, que fornece as raias de emissão da espécie atômica interessada; um nebulizador-combustor, para induzir a amostra na forma de um aerossol na chama; um monocromador, para isolar o comprimento de onda desejado e um sistema apropriado para medir a potência do sinal que alcança o detector fotossensível.

#### 3.1.3. Combustíveis e Oxidantes.

Muitas combinações de combustíveis e oxidantes podem ser usadas. As temperaturas da chama e as razões entre o combustível e o oxidante são os parâmetros mais importantes. A



Tabela 1 mostra as temperaturas máximas obtidas para várias combinações. As combinações mais comumente usadas são as de ar-acetileno e óxido nitroso-acetileno.

Tabela 1. Temperatura máxima de várias combinações combustível-oxidante.

Combustível	Oxidante	Tem. Máxima °C
Propano	ar	1725
Hidrogênio	ar	2025
Acetileno	ar	2300
Hidrogênio	oxigênio	2650
Propano	oxigênio	2900
Acetileno	oxigênio	3050
Acetileno	óxido nitroso	2950

#### 3.1.4. Absorção Atômica em forno de Grafite.

L' Vov desenvolveu um forno de grafite de longo percurso para a produção de um vapor atômico. O tubo de grafite é aquecido com energia elétrica. A amostra está na extremidade de um eletrodo vertical. O eletrodo é levado ao tubo de grafite e é aquecido com um arco elétrico entre o eletrodo e o tubo. O tubo de grafite recoberto de grafite pirolítico para minimizar a difusão do vapor atômico no mesmo. O tempo necessário para a evaporação da amostra é de cerca de 0,1s. As sensibilidades são cerca de duas ordens de grandeza melhores do que com os métodos de chama. (CURTIS, 2000).

#### 3.2. Sedimentos.

De acordo com Esteves (1998), o sedimento pode ser considerado como o compartimento resultante da integração de todos os processos que ocorrem em um ecossistema aquático. Do ponto de vista de ciclagem de matéria e fluxo de energia, o sedimento é um dos compartimentos mais importantes dos ecossistemas aquáticos continentais. Nele ocorrem processos biológicos, físicos e químicos, que influenciam no metabolismo de todo o sistema. Além disso, o sedimento, devido à sua composição química e biológica (por exemplo, restos de animais e vegetais) é de fundamental importância no estudo da evolução histórica de ecossistemas aquáticos e terrestres adjacentes. Ainda, é importante na avaliação

da intensidade e formas de impactos a que os ecossistemas aquáticos estão ou estiveram submetidos.

Sedimentos de fundo desempenham papel muito importante na avaliação da poluição de mananciais. Eles refletem a qualidade atual do sistema aquático e podem ser usados para detectar a presença de contaminantes, os quais não permanecem solúveis após o seu lançamento em águas superficiais (ALLOWAY et al., 1997). Além disso, os sedimentos podem agir como possíveis fontes de poluição, como, por exemplo, elementos-traço, os quais não são permanentemente fixados por eles, podendo ser novamente disponibilizados para a coluna de água, através de variações nas condições ambientais tais como mudanças de pH, de potencial redox, ou pela presença de quelantes orgânicos. Para se ter uma correta interpretação das quantidades de elementos-traço presentes nos sedimentos de fundo de um corpo d'água deve-se distinguir os processos de origem natural, como geológicos, biológicos ou hidrológicos, daqueles de ação antrópica. Nos sedimentos de rios e lagos, os materiais inorgânicos, como óxidos, hidróxidos, silicatos, carbonatos e fosfatos, assim como os materiais orgânicos, como detritos orgânicos, colóides, bactérias e algas, podem ser um importante meio para avaliação do nível de contaminação ambiental, pois permitem a ocorrência de trocas químicas com a coluna de água (WETZEL et al., 1983). A troca de íons da coluna de água com o sedimento aumenta na fração granulométrica  $< 4 \mu\text{m}$ , denominada fração argila, não só pela existência de uma maior área superficial, como também porque nesta fração ocorrem argilominerais de diferentes grupos, alguns com elevada capacidade de troca de cátions.

Sedimento de rios, lagos e oceanos são importantes porque neles se encontram principalmente localizado os elementos-traço na hidrosfera. Os sedimentos têm sido classificados de diferentes modos e diferentes critérios de acordo a fonte, o tamanho da partícula, e a composição.

O tamanho limite superior do sedimento é de  $> 256 \text{ mm}$ , chamados de pedregulhos grandes para  $< 2 \mu\text{m}$  ( $< 0,002 \text{ mm}$ ) chamado de argilas. Os grupos mais importantes são classificados segundo o tamanho de agrupamento; lixe 63-2000  $\mu\text{m}$ , lodo 2-63  $\mu\text{m}$  e argila  $< 2 \mu\text{m}$  (TUREKIAN, 1968; SALOMON; FÖRSNER, 1984 apud FERGUSON, 1990).

Entre os maiores componentes estão, quartzo, feldspato, vários minerais de silicato, gibbsita e carbonato de cálcio.

Em estuários, o movimento e a deposição de sedimentos dependem do tipo do processo de mistura do estuário. Quando uma cunha salina está presente, a maioria dos sólidos é carregada para o mar e dissolvida no leito salino. Para um estuário parcialmente misturado os sedimentos ficam circulando e são depositados no próprio estuário, e para estuários bem misturados, o sedimento é depositado perto da margem.

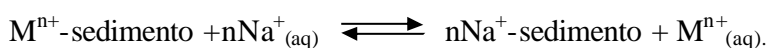
A dinâmica dos sedimentos compreende três fases em seqüência:

- a) o arraste de partículas ou decomposição de seres vivos;
- b) a sedimentação desses materiais ou a precipitação de elementos;
- c) acúmulo, deposição ou armazenagem dos mesmos no leito dos lagos e reservatórios.

### 3.2.1. Retenção de Produtos Tóxicos.

A retenção de produtos tóxicos no ambiente é o maior dano ecológico, depois da eutrofização. Os sedimentos podem ser considerados a memória de um lago, é neles que a poluição, já ocorrida, fica acumulada e armazenada. (DO COUTO: ECOLOGIA).

Adiluição do sedimento fluvial pode terminar contaminando o sedimento marinho menos contaminado. Isto acontece em todo o sistema e os elementos-traço de interesse são conservados (SALOMON; FÖRSNER, 1984). A mobilização pode ser alcançada por efeito da ação das massas incrementando-se a concentração de cátions na água salina. Por exemplo, na reação abaixo o complexo elementos-traço/sedimento pode-se dissociar e se deslocar da esquerda para direita com o incremento da concentração de  $\text{Na}^+$ .



A decomposição da matéria orgânica no estuário produzida por ligações orgânicas pode liberar os elementos-traço do sedimento e disponibilizá-los na coluna de água. Neste sentido, é importante saber a série de estabilidade crescente de complexos metálicos de Irving-William ( $\text{Mn} < \text{Fe} < \text{Co} < \text{Ni} < \text{Cu} > \text{Zn}$ ) que está de acordo com a mobilização

crecente de Aston (ASTON, 1978; DE GROOT, 1975. FÖRSTNER, 1980; SALOMON; FÖRSNER, 1984). No entanto, cabe ressaltar que a alteração dos elementos-traço na forma sólida e a mudança na distribuição do diâmetro do grão do sedimento podem também influenciar na mobilização dos elementos-traço.

### **3.2.2. Estudos Ecotoxicológicos de Sedimentos .**

A presença de cidades, complexos industriais e portos nas zonas costeiras têm sido relacionados à capacidade do sedimento de acumular compostos fazendo deste compartimento um dos mais diversos impactos sobre os ecossistemas costeiros, dos quais destaca-se o lançamento de contaminantes no mar, tais como elementos-traço, tensoativos, matéria orgânica, hidrocarbonetos, organoclorados e pesticidas (REISH, 1993). Esses despejos são pontuais e localizam-se em áreas rasas, onde a circulação local não permite a diluição infinita dos poluentes (WEBER, 1992). A maior parte dos contaminantes, lançados no mar, acaba depositando-se nos sedimentos, produzindo efeitos tóxicos sobre a fauna e afetando o equilíbrio ecológico.

Após atingirem os sedimentos, os contaminantes podem ser alterados por diversos processos químicos, físicos e biológicos, que podem aumentar ou diminuir o seu poder tóxico, ou ainda ocasionar a sua deposição ou liberação (BURGESS; SCOTT, 1992), fazendo com que os sedimentos tornem-se não só um depósito, mas também uma fonte crônica e não pontual de contaminantes (BURTON, 1992; SALOMONS; FORSTNER, 1984), para as comunidades aquáticas (CHAPMAN, 1989).

Os efeitos da exposição direta aos contaminantes presentes no sedimento podem ser inúmeras, e podem ser, desde letalidade aguda até a bioacumulação das substâncias, passando por efeitos crônicos letais e subletais. A liberação de poluentes do sedimento para a coluna d'água pode provocar o florescimento de dinoflagelados produtores de toxinas (marés vermelhas), causando mortandade de peixes e contaminação dos invertebrados (FREITAS, 1994).

Testes de toxicidade com fases líquidas, extraídas do Sedimento, podem ser conduzidos com água intersticial, elutriatos, estratos orgânicos ou com sedimentos em suspensão

(BURTON; SCOTT, 1992; LAMBERSON et al., 1992). São mais rápidos que os testes com sedimento total, podendo ser conduzidos com vários organismos em estágios larvais. Os métodos empregados nesses testes são semelhantes aos descritos para amostras de água e efluentes.

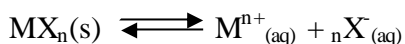
Entre os testes mais utilizados estão os de desenvolvimento larval de bivalves (*Mytilus edulis*, *Crassostrea virginica*, *Ostrea* sp.), e de ouriço-do-mar (algumas espécies de *rongylocentrotus*, *Arbacia punctulata*, *Lytechinus variegatus*, *L.pictus*), ambos subletais (observação de desenvolvimento anormal) e com duração de até 48 horas, e testes letais de 48 ou 96 horas com misidáceos (*Mysidopsis* sp., *Neomysis* sp., *Holmesimysis costata*) (KOBAYASHI, 1974; PRÓSPERI, 1993; WILLIAMS et al., 1986). Apresentam, porém, limitações causadas pela extração da fase líquida, que pode alterar profundamente as características dos contaminantes, levando a uma interpretação errônea dos resultados, e por isso devem ser utilizados conjugados com testes de toxicidade com sedimento total (ADAMS et al., 1992). Nesse tipo de ensaio, é essencial o monitoramento dos níveis de amônia não ionizada, pois este é um importante interferente nesse tipo de ensaio (PRÓSPERI, 2002).

### **3.2.3. Especiação Química e m Sedimentos.**

A determinação da especiação de elementos-traço no sedimento é mais difícil que para substâncias dissolvidas, isto porque para o estado sólido as técnicas de avaliação não são tão sensíveis como os métodos aplicados para soluções. Sabe-se que os métodos químicos usados para determinar a especiação no estado sólido, podem alterar a química e a especiação. Há três caminhos principais para pesquisar a especiação em sólidos, (a) o uso direto de técnicas instrumentais, como a XRD (difração de raios X), análise da micro-prova de elétrons e análises térmicas, (b) Fracionamento de amostra por métodos físicos como peneiração, densidade e magnetismo, e (c) por o método de extração química.

### 3.2.4. Precipitação de Compostos Específicos.

O produto da solubilidade, ( $K_s$ ), é baixo nos compostos de elementos-traço quando associados com sulfetos, carbonatos e fosfatos:



$$K_{sp} = [M^{n+}] \cdot [X^{-}]^n$$

No exemplo acima, podemos observar que quando a reação de equilíbrio se desloca para esquerda acontece precipitação dos compostos, no caso contrário permanecem os íons dos elementos-traço em solução. No entanto, isto é pouco provável devido a seu baixo  $k_s$ . O pH do meio também tem um papel importante na precipitação dos compostos metálicos. A sorção pode acontecer por atração eletrostática, a qual é de caráter específico. Uma capa elétrica dupla é fixa entre a superfície carregada. (e.g. no lodo ou hidróxido Mn/Fe) e o material adsorvido, o qual pode ser uma espécie iônica ou polar como a água. A sorção de elementos-traço por lodo é controlada pelo número de sítios de sorção livres da superfície do lodo. O número está influenciado pelas posições livres ou quebra das ligações e pela proporção de átomos substituídos por outros de diferentes valências no lodo (PICKERING, 1980; SCRUDATO, 1975). O pH, a natureza da espécie do elemento traço, sua energia e hidratação, também influenciam na sorção. O tipo de lodo também é significativo dependendo de sua habilidade em acumular elementos-traço.

### 3.3. Elementos-Traço.

O termo elemento-traço tem sido usado para definir elementos-traço catiônicos e aniônicos presentes em baixas concentrações (usualmente  $< 0,1 \text{ dag kg}^{-1}$ ) em solos e plantas (Pierzynski et al., 1994; SPARKS, 1995; ESSINGTON, 2004), muito embora Al, Fe e Ti, os quais ocorrem em concentrações mais elevadas na litosfera (principalmente em ecossistemas tropicais), também sejam tratados como elementos-traço por alguns autores (MCBRIDE, 1994; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001). Este termo tem sido preferido em diversas publicações recentes que tratam desse assunto (MCBRIDE, 1994; SPARKS, 1995; STUMM & MORGAN, 1996; HAYES & TRAINA, 1998; KABATA-PENDIAS & PENDIAS, 2001; ESSINGTON, 2004), em detrimento da expressão

elementos-traço pesado, a qual nunca foi definida por nenhum órgão oficial na área de química (p.e. IUPAC), tendo se tornado, por isso, sem sentido (DUFFUS, 2001).

Elementos-traço são elementos químicos que possuem peso específico maior que  $5 \text{ g/cm}^3$  ou número atômico maior do que 20. Entretanto, o termo “elementos-traço” é utilizado para elementos químicos que contaminam o meio ambiente, provocando diferentes danos à biota, podendo ser elementos-traço, semi-elementos-traço e mesmo não elementos-traço como o selênio. Os principais elementos químicos enquadrados neste conceito são: alumínio, antimônio, arsênio, cádmio, chumbo, cobre, cobalto, cromo, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, selênio e zinco. Esses elementos são encontrados naturalmente no solo em concentrações inferiores àquelas consideradas como tóxicas para diferentes organismos vivos. Entre os elementos-traço, o arsênio, o cobalto, o cromo, o cobre, o selênio e o zinco são essenciais para os organismos vivos (TSUTIYA, 1999).

As definições baseadas na densidade são fracas, pois a concepção de ser ou não elemento traço está mais ligada às propriedades químicas que a densidade. Assim pode-se argumentar que os elementos-traço enquadram-se no conjunto de elementos localizados entre o grupo 3 e o 7 a partir do 4º período, da Tabela periódica (HAWKES, 1997).

### **3.3.1. Problemática dos Elementos-Traço no Meio Ambiente.**

A característica de toxicidade dos elementos-traço não está relacionada com suas características essenciais, se não principalmente com as concentrações e estado de oxidação nos quais se podem apresentar, por exemplo,  $\text{Cr}^{6+}$ . Cabe lembrar que os seres vivos “necessitam” (em pequenas concentrações) de muitos destes elementos para a regulação de seu metabolismo. Exemplos de elementos-traço requeridos pelo organismo incluem o cobalto, cobre, ferro, manganês, molibdênio, vanádio, estrôncio e zinco. O caso do ferro é notável entre estes, sendo vital para a formação da hemoglobina.

Todos os elementos-traço se encontram presentes nos meios aquáticos (a água quimicamente pura não existe na natureza), embora suas concentrações em ausência de contaminação sejam muito baixas. Os elementos-traço estão presentes nestas águas como

colóides, partículas minerais (sólidos em suspensão), ou fases dissolvidas (cátions ou íons complexos). As formas coloidais podem dar lugar à formação de hidróxidos, entretanto as partículas sólidas incluem uma grande variedade de minerais. As fases dissolvidas podem ser por sua vez capturadas através da adsorção ou absorção em argilas ou hidróxidos. Posteriormente, os compostos orgânicos podem constituir fases com grande capacidade de captura de cátions metálicos, que em certas ocasiões dão lugar a fases extremadamente tóxicas (p.ex., metilmercurio:  $\text{CH}_3\text{Hg}$ ).

Por sua vez a química do sistema aquoso regula as trocas de adsorção-absorção no sistema água-sedimento. A adsorção remove o elemento-traço da coluna de água; a desorção o incorpora novamente a estas. Os parâmetros que regulam o sistema são: a salinidade, o potencial redox (Eh), e o pH, assim, pode-se observar que:

- Um incremento da salinidade leva a uma competição, entre elementos-traço e elementos-traço dos grupos I e II, pelos sítios de ligação (p.ex., espaço interlaminar nas argilas), o que se traduz na expulsão dos elementos-traço, ou seja, sua devolução a coluna de água.
- Um incremento do Eh gera a instabilidade dos compostos reduzidos (p.ex., sulfetos), colocando o elemento-traço em solução.
- Um decréscimo do pH tem dois efeitos: 1) induz a dissolução de compostos elementos-traço-carbonato (p.ex., cerussita:  $\text{PbCO}_3$ ); e 2) aumenta a solubilidade dos elementos-traço dissolvidos.

### **3.3.2. Elementos-Traço como Indicadores Ambientais.**

Uma das grandes preocupações ecológicas atuais refere-se ao impacto causado pela liberação antropogênica de elementos-traço nos diversos ambientes naturais e, de maior importância, naqueles de maior interação com populações humanas. Tanto águas, materiais particulados, sedimentos como organismos aquáticos têm sido utilizados para avaliar a presença destes elementos, sendo que os três últimos compartimentos bióticos são preferíveis devidos as facilidades de coleta, estocagem e tratamento das amostras (minimização de contaminação ou perdas), também são escolhidos por apresentarem



maiores concentrações, dispensando tarefas de pré-concentração e facilitando os procedimentos de análise (PHILLIPS, 1977; SALOMONS; FÖRSTNER, 1984).

Os sedimentos têm sido considerados um compartimento de acumulação de espécies poluentes a partir da coluna d'água, devido às altas capacidades de sorção e acumulação associadas (FÖRSTNER; WITTMANN, 1981; CARVALHO; LACERDA, 1992).

As concentrações tornam-se várias ordens de grandeza maiores do que nas águas correspondentes, o que possibilita o uso dos sedimentos como bons indicadores de poluição ambiental, tanto atual como remota (por exemplo, através da estratificação GODOY; MOREIRA, 1998). Este fato possibilita ainda o conhecimento das principais fontes de poluição dentro de um determinado sistema aquático.

Contudo, diversos processos bióticos e abióticos podem remover tais espécies, constituindo-se em fontes de poluição secundárias (FERNANDES; CONTI, 1994; LITHEATY et al., 1987). Isto pode afetar a qualidade da água e originar bioacumulação e trocas de transferências na cadeia trófica. Em consequência, a contaminação de sedimentos é um importante problema ambiental em todo o mundo.

### **3.3.3. Fontes de Elementos-Traço no Meio Ambiente.**

Os elementos traço formam menos que 1% dos constituintes da crosta terrestre. Os macros elementos O, Si, Al, Fé, Ca, K, Mg, Ti, H, P e S compreendem 99% da crosta terrestre. Os elementos traço ocorrem como impurezas de muitos cristais de minerais primários. Estes minerais primários ocorrem em rochas ígneas resultantes do resfriamento e posterior solidificação do magma. Em rochas sedimentares os elementos traço ocorrem adsorvidos aos minerais secundários, os quais são produtos do intemperismo, desintegração e decomposição química de rochas primárias. Minerais primários e secundários diferem muito no conteúdo de elementos-traço nas rochas ígneas e sedimentares (ALLOWAY; AYRES, 1993).

Aproximadamente 70 e 75% da contaminação marinha global é fruto das atividades humanas na superfície terrestre. Já 90% do material contaminado são transportados pelos rios até o mar. Sabe-se que, entre 70% a 80% da população mundial (aproximadamente 3,6 bilhões de pessoas) vivem nas costas litorâneas ou em torno delas, especialmente em zonas urbanas, e em consequência uma parte importante de dejetos produzidos é depositada diretamente no oceano. Em consequência desses atos, muitos ecossistemas críticos, alguns únicos no mundo, como os bosques de mangues, recifes de corais, lagunas costeiras e outros lugares situados entre a terra e o mar, são alterados muito além de sua capacidade de recuperação (ESCOBAR, 2002).

Entende-se por “contaminação do meio ambiente” a introdução pelo homem, direta ou indireta, de substâncias ou energia no meio marinho, incluindo os estuários que produzem ou podem produzir efeitos nocivos, tais como danos aos recursos vivos e a vida marinha, perigosos para a saúde humana, a obstrução das atividades marítimas, incluindo a pesca e outros usos legítimos do mar, deteriorização da qualidade da água do mar para sua utilização e menosprezo das áreas de lazer (NAÇÕES UNIDAS, 1984, apud ESCOBAR 2002). De acordo com esta definição, a contaminação das bacias hidrográficas é considerada com a inclusão dos “estuários”. A figura 1 mostra o movimento dos poluentes na hidrosfera.

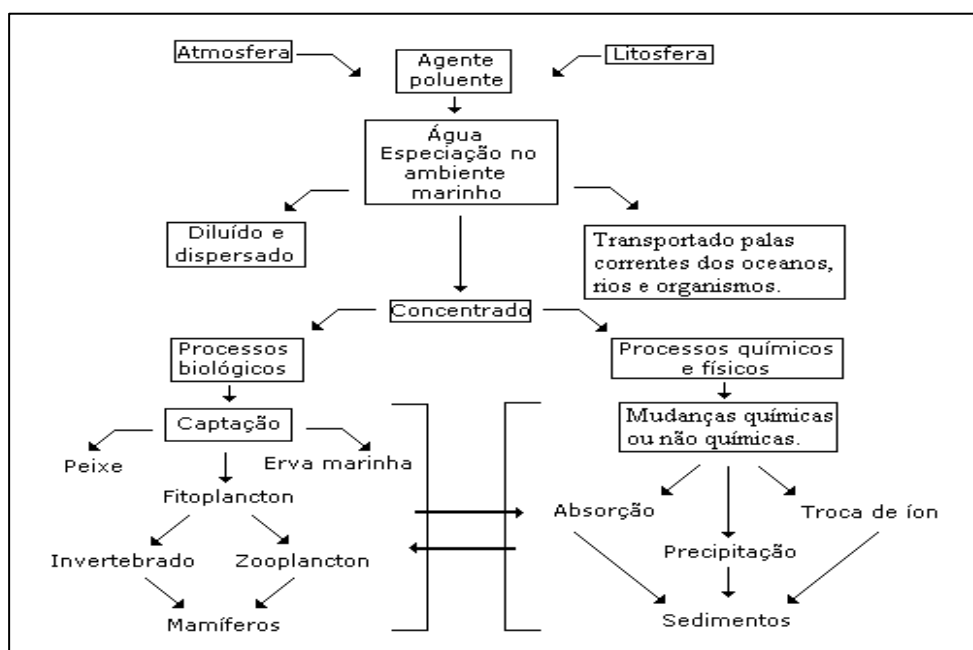


Figura 1. Movimentos dos poluentes na Hidrosfera. Fergusson, 1982.

### 3.3.4. Fontes Antropogênicas de Elementos-Traço.

As fontes antropogênicas dos elementos-traço, como resultado das atividades humanas na terra, como fertilizantes e pesticidas são fontes primárias. Existem também as fontes secundárias provenientes de atividades como fundições e pulverizações. Algumas fontes de elementos-traço estão mostradas na Tabela 2 e 3.

Tabela 2. Fontes primárias dos elementos que podem contaminar o solo (Fergusson, 1982).

Fontes	Elementos particulares
<b>Fontes primárias</b>	
Fertilizantes (e.g. fosfatos)	Cd, Pb, As.
Limo	As, Pb.
Pesticidas	Pb, As, Hg.
Lama das águas de esgoto	Cd, Pb, As.
Irrigação	Cd, Pb, Se.
Adubo	As, Se.

Tabela 3. Fontes secundárias dos elementos que podem contaminar o solo (Fergusson, 1982).

Fontes	Elementos particulares
<b>Fontes secundárias</b>	
Aerossóis do automóvel	Pb.
Fundidores	Pb, Cd, Sb, As, Se, In, Hg.
Incineradores do lixo	Pb, Cd.
Áreas de minado	Pb, Cd, As, Hg.
Desgaste dos pneus	Cd.
Pintura à intempérie	Pb, Cd.
Marina	Se.
Disposição final do lixo e desperdício	Pb, Cd, As, +.
Aerossol da escala longa	Pb, As, Cd, Se.
Combustão de carvão	As, Se, Sb, Pb.
Pilha de cloroalcali	Hg.

### 3.4. Principais Elementos-Traço de Interesse do Trabalho.

#### 3.4.1. Cromo.

Segundo Figueroa (1988) apud ALBERT, (1988) o cromo é um elementos-traço branco azulado muito duro, pertencente ao grupo VI dos elementos de transição. O cromo Hexavalente ( $\text{Cr}^{6+}$ ) é mais tóxico que o trivalente ( $\text{Cr}^{3+}$ ). Este último se encontra na

cromita, mas ao entrar em contato com o oxigênio do ar, se oxida convertendo-se em  $\text{Cr}^{6+}$ . O cromo nunca se encontra em estado livre na natureza, porém seus compostos estão muito disseminados. Alguns minerais e pedras preciosas devem sua cor ao cromo. A fonte mineral mais importante de cromo é a cromita ( $\text{FeOCr}_2\text{O}_3$ ) utilizada para fins comerciais. Os compostos de cromo desempenham funções conhecidas nos processos vitais de alguns organismos e, inclusive, encontra-se em cinzas de animais e vegetais. Não obstante, sabe-se também que estes compostos têm efeitos nocivos nos seres humanos quando se encontram em concentrações acima das naturais.

Na civilização moderna, o cromo e seus compostos são muito importantes para diversos usos, dentre eles a utilização como corantes, pigmentos e mordentes de tecidos; porém é primordial considerar sua toxicidade no meio de trabalho e no meio ambiente geral, pois os vapores e dejetos de cromo se espalham através da atmosfera pelo mundo todo e ocasionam danos desde leves como irritações, até graves como câncer. Assim torna-se indispensável conhecer a toxicologia do cromo.

#### **3.4.1.1. Fontes do Cromo.**

##### **3.4.1.1.1. Naturais.**

Como citado anteriormente, o cromo está na cromita e em outros minerais presentes na crosta terrestre. Por isto, o cromo sempre esteve presente no solo, no ar e na água do planeta. Na água doce, encontra-se nas concentrações de 0,1 a 6  $\mu\text{g/l}$ , e na água do mar de 0,2 a 50  $\mu\text{m/l}$  e por fim, no solo de 5 a 1500  $\text{mg/kg}$ .

##### **3.4.1.1.2. Antropogênica.**

Entre as fontes antropogênicas de cromo encontra-se a extração de compostos de cromo a partir da cromita, a indústria química, corantes, pigmentos, praguicidas, o cromato eletrolítico ou galvanoplastia e o curtume do couro e peles, o uso de composto de cromo como mordente em tingidos de telas e outros usos menores como conservação de madeira, cerâmica metálica, fotografado, fabricação de fósforos, explosivos, linóleo, etc. A Tabela 4 mostra alguns compostos do cromo.

Tabela 4. Cromo e seus compostos.

Acido crômico	Galvanoplastia
Dicromato de sódio	Curtido de peles
Trifluoreto de sódio	Mordente para tingidos
Cloreto crômico	Mordente para tingidos
Sulfeto crômico	Corante de gemas sintéticas
Fluoreto crômico	Tingido de telas
Dicromato de sódio	Mordente
Acetato de cromo	Estampados de textiles
Ion trivalente ( $Cr^{3+}$ )	Corante de vidro
Íon hexavalente ( $Cr^{6+}$ )	Corante de vidro

Além das aplicações antes mencionadas, existem outras de menor escala, porém também importantes, como seu uso em fungicidas, fertilizante e detergente.

### 3.4.2. Efeitos Nocivos do Cromo.

#### 3.4.2.1. Efeito no Ambiente Abiótico.

Nos lugares pertos a indústrias que trabalham com compostos do cromo, observa-se a presença de pó, de dejetos no processo da fabricação de cromato e também em chaminés. Produz também, corrosão nas pinturas de casas, automóveis e, além disso, os compostos de cromo podem entrar no organismo por exposição acidental.

#### 3.4.2. 2. Efeito no Meio Biótico.

O cromo VI é liberado na atmosfera, solo e água durante a manufatura e eliminação de produtos e insumos contendo cromo VI, ou na queima de combustíveis fósseis (carvão, petróleo ou gás). As partículas de cromo VI assentam em menos de 10 dias, dependendo das suas dimensões, da chuva e do vento, e ligam-se fortemente às partículas do solo. Pequenas quantidades podem ser levadas até corpos d'água. O cromo VI na água adere-se as partículas em suspensão que sedimentam, com dissolução muito pequena. Na Austrália o nível máximo permitido em água doce é de 0,01 mg/L e na água do mar de 0,05 mg/L. Nos EUA o limite na água potável é de 100 mg/L.

O cromo VI penetra facilmente nas membranas biológicas, formando complexos com o DNA, tendo ainda potencial ação oxidante sobre o mesmo. Altera a função de enzimas, os parâmetros químicos do sangue, diminui a resistência a agentes patogênicos, causa alterações de comportamento, perda de apetite, alterações histopatológicas, inibição da fotossíntese e alterações populacionais.

No ecossistema o cromo VI pode ter efeitos tóxicos entre moderados e agudos sobre plantas, aves, peixes, mamíferos, etc. O cromo VI não degrada facilmente, havendo um grande potencial para sua acumulação em peixes (BOLETIM MENSAL DA COMISSÃO INTERNA DE SEGURANÇA QUÍMICA, 2004).

Os principais danos na saúde humana são:

- Dano gastrintestinal.
- Insuficiência hepato-renal.
- Lesões nasais, cutâneas, hepáticas e renais.

Ademais, os compostos de cromo podem penetrar no organismo por exposição crônica e afetar vários sistemas. Quando os compostos de cromo são ingeridos por longo tempo produzem irritações, úlceras, hepatite, etc.

### **3.4.2. Níquel**

O níquel é um elemento-traço branco-prateado, dúctil, maleável, peso específico  $8,5 \text{ g/cm}^3$ , dureza escala de Mohs 3,5; tem seu ponto de fusão em aproximadamente  $1.453^\circ \text{ C}$ , calor de fusão  $68 \text{ cal/g}$ , possuindo grande resistência mecânica à corrosão e a oxidação; o sistema de cristalização é isométrico. Os minerais de níquel são: os sulfetos milerita ( $\text{NiS}$ ) e pentlandita ( $\text{FeNi}_3\text{S}_8$ ), que se apresentam associados a outros sulfetos metálicos em rochas básicas, freqüentemente acompanhados de cobre e cobalto.

O sulfeto é o principal mineral utilizado, contribuindo com mais de 90% do níquel extraído. O outro mineral é a garnierita ou silicato hidratado de níquel e magnésio, que se encontra associado a rochas básicas (peridotitos), concentrando-se por processos de intemperismo nas partes alteradas, onde forma veias e bolsas de cor verde maçã (BALANÇO MINERAL BRASILEIRO 2001).

Estima-se que na crosta terrestre o níquel não exceda os 0,01%, sendo o vigésimo quarto elemento mais abundante na Terra. Contudo, existem poucos depósitos naturais de níquel que justifiquem a sua exploração (SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA).

### **3.4.2.1. Fontes.**

#### **3.4.2.1.1. Fontes Antropogênicas.**

Aproximadamente 65% do níquel consumido é empregado na fabricação de aço inoxidável austenico e outros 12% em superligas de níquel. O restante 23% é repartido na produção de outras ligas metálicas, baterias recarregáveis, reações de catálise, cunhagens de moedas, revestimentos metálicos e fundição. Entre outras ligas de níquel temos:

- Alnico (Liga de forte magnetização permanente composta de alumínio, níquel, ferro, e um ou mais dos seguintes elementos: cobalto, cobre e titânio), ligas para imãs.
- O mu-elementos-traço (75% níquel, 15% ferro, mais cobre e molibdeno) se usa para proteger campos magnéticos por sua elevada permeabilidade magnética.
- As ligas níquel-cobre (monel) são muito resistentes a corrosão, utilizando-se em motores marítimos e indústria química.
- A liga níquel-titânio (nitinol-55) apresenta o fenômeno memória de forma e é usado em robótica, também existem ligas que apresentam superelasticidade.
- Cadinhos de laboratórios químicos.
- Catalisador da hidrogenação de óleos vegetais

#### **3.4.2.1.2. Fontes Naturais.**

O níquel aparece na forma de elementos-traço nos meteoros junto com o ferro ( formando as ligas kamacita e taenita ), e acredita-se que exista no núcleo da Terra junto com o mesmo elementos-traço. Combinado é encontrado em diversos minerais como garnierita, millerita, pentlandita e pirrotina.

As minas da Nova Caledônia, Austrália e Canadá produzem atualmente 70% do níquel consumido. Outros produtores são Cuba, Porto Rico, Rússia, China e Brasil. No Brasil, as

minas estão concentradas no Estado do Pará e são exploradas pela Companhia Vale do Rio Doce.

Baseando-se em evidências geofísicas e análises de meteoritos é suposto que o níquel ocorra em abundância no núcleo terrestre, formando ligas metálicas com o ferro. O níquel, assim como o vanádio são os elementos-traço mais comuns encontrados na composição química do petróleo, em geral estando mais enriquecidos nos óleos pesados (NÍQUEL).

O níquel forma uma grande quantidade de compostos e complexos nos quais apresentam os estados de oxidação -1, 0, +1, +2, +3, +4. Os compostos de Ni (0) são estáveis, tendo particular interesse o carbonilo Ni (CO)<sub>4</sub>, líquido incolor muito volátil que se utiliza na niquelagem de diversos materiais. O estado de oxidação +2 é o normal, conhecendo-se um grande número de compostos em que o elementos-traço se encontra neste estado, nomeadamente o hidróxido Ni (OH)<sub>2</sub>, o óxido NiO, sais de todos os ácidos inorgânicos e de grande número de ácidos orgânicos. Entre estes se salientam o sulfato, normalmente usado nas soluções de niquelagem, o acetato, usado como catalisador e mordente para a indústria têxtil, o formiato, intermediário na produção de catalisadores, o isodecilortofosfato e o naftenato, aditivos de óleos de motores e de lubrificantes e muitos outros com aplicações diversas nos laboratórios e na indústria química.

#### **3.4.2.2. Papel Biológico.**

Muitas, porém não todas, as enzimas hidrogenases contém níquel, especialmente aquelas cuja função é oxidar o hidrogênio. Parece que o níquel sofre mudanças no seu estado de oxidação indicando que o núcleo de níquel é a parte ativa da enzima. O níquel também está presente na enzima metil CoM redutase e em bactérias metanogênicas. O níquel tem papel biológico parecido com o ferro por serem muito próximos.



### 3.4.2.3. Toxicidade.

A exposição ao elementos-traço níquel e seus compostos solúveis não deve superar aos 0,05 mg/cm<sup>3</sup>, medidos em níveis de níquel equivalente para uma exposição laboral de 8 horas diárias e 40 horas semanais. Os vapores e o pó de sulfeto de níquel suspeita-se que sejam cancerígenos. O (Ni(CO)<sub>4</sub>), gerado durante o processo de obtenção do elementos-traço, é um gás extremamente tóxico.

As pessoas sensíveis podem manifestar alergias ao níquel. A quantidade de níquel admissível em produtos que podem entrar em contato com a pele está regulamentada na União Européia. Apesar disso, a revista *Nature* publicou em 2002 um artigo em que os pesquisadores afirmaram haver encontrado em moedas de 1 e 2 euros níveis superiores aos permitidos, acreditando-se que devido a uma reação galvânica poderia vir a causar câncer. O mesmo vale para algumas moedas de Real, de R\$ 1,00, R\$ 0,50, R\$ 0,25, R\$ 0,10 e R\$0,05(SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA).

Em pequenas quantidades o níquel é essencial, porém quando ingerido em grandes quantidades, pode ser perigoso para a saúde humana. A ingestão de altas quantidades de níquel origina as seguintes conseqüências: elevadas probabilidades de desenvolver câncer de pulmão, nariz, laringe e próstata, enfermidades e náuseas após da exposição ao gás de níquel, embolia pulmonar, falhas respiratórias, defeitos de nascimento, asma e bronquite crônica, reações alérgicas e desordens cardíacas. Desconhece-se o acúmulo do níquel em plantas ou animais, como resultado o níquel não se biomagnifica na cadeia alimentar (NÍQUEL). Os compostos que contém níquel podem precipitar a secreção da mucosa produzida pelas brânquias dos peixes, que morrem por asfixia. Por outro lado, o níquel complexado (niquelcianeto) é tóxico quando em baixos valores de pH. Concentrações de 1,0 mg/L desse complexo são tóxicas aos organismos de água doce (TOXICOLOGIA DOS ELEMENTOS-TRAÇO, 2007).

### **3.4.3. Cobre.**

O cobre apresenta quatro estados de oxidação: metálico ( $\text{Cu}^0$ ), íon cuproso ( $\text{Cu}^+$ ), íon cúprico ( $\text{Cu}^{2+}$ ) e íon trivalente ( $\text{Cu}^{3+}$ ). Sua abundância isotópica natural é de 69,17% para o  $^{63}\text{Cu}$  e de 30,83% para  $^{66}\text{Cu}$ . Dentre suas propriedades destacam-se a elevada condutividade térmica e elétrica, maleabilidade, baixa corrosividade (ou resistência à corrosão), capacidade de se amalgamar e aspecto agradável (WHO, 1998; ATSDR, 1990; BARCELOUX, 1999). Pode ser encontrado em vários sais minerais e com postos orgânicos, apresentando-se na natureza tanto na forma elementar como metálica.

#### **3.4.3.1. Ciclo e Ocorrência na Natureza.**

O cobre é amplamente distribuído à natureza no estado elementar, como sulfetos, arsenitos, cloretos e carbonetos. Na crosta terrestre, apresentam uma abundância natural de aproximadamente 60 mg/kg (50ppm) e  $2,5 \times 10^{-4}$  mg/l nos mares. Ocorre em muitos minerais, na forma de óxidos ou sulfetos. A malaquita, a calcopirita são as principais fontes de cobre. O conteúdo de cobre nos depósitos minerais varia de 0,5 a 5% do peso; as rochas ígneas contêm 0,010% e as rochas cristalinas, 0,0055% do peso (ATSDR, 1990; HSDB, 2000; WHO, 1998); os arenitos apresentam entre 10 a 40ppm (HSDB, 2000).

#### **3.4.3.2. Fontes de Contaminação Ambiental.**

##### **3.4.3.2.1. Naturais.**

A exposição ambiental ao cobre é inevitável. Estima-se que mais de 75000 toneladas sejam liberadas para atmosfera anualmente, das quais um quarto decorre de fontes naturais e o restante é decorrente de atividades antropogênicas (MOORE et al., 1997).

##### **3.4.3.2.2. Antropogênica.**

As fontes antropogênicas de cobre incluem a emissão pelas atividades de mineração e fundição, pela queima de carvão como fonte de energia e pelos incineradores de resíduos municipais. Outras fontes de menor relevância incluem seu uso como agente antiaderente

em pinturas, na agricultura (fertilizantes, algicidas, suplemento alimentar) e excretas de animais e humanos (esgotos) (ATSDR, 1990; WHO, 1998). Em Santa Catarina também contamos com este tipo de indústrias, especialmente na região sul do Estado.

As atividades de mineração e refino de cobre são as fontes emissoras mais importantes. Várias ligas metálicas contêm cobre, como o latão (amálgama com o zinco) e o bronze (amálgama com cerca de 10% de estanho) (WHO, 1998). De modo geral, o fluxo de cobre atmosférico decorrente de fontes antropogênicas é três vezes maior do que o fluxo dos elementos-traço proveniente de fontes naturais (HSDB, 2000).

A utilização de resíduos sólidos, como lixo doméstico e aqueles precedentes da agricultura em processos de compostagem, são fontes riquíssimas de elementos metálicos, sendo o lixiviado oriundo desses processos ricos em elementos-traço.

#### **3.4.3.3. Contaminação Ambiental.**

A concentração média de cobre na atmosfera varia de 5 a 200 ng/m<sup>3</sup> (BARCELOUX, 1999). A emissão de cobre no ar representa somente uma pequena fração de 0,4% do cobre liberado para o meio ambiente (ATSDR, 1990).

As condições meteorológicas, como temperatura do ar, velocidade dos ventos e umidade relativa do ar influenciam as concentrações de elementos-traço na atmosfera.

#### **3.4.3.4. Água e Sedimentos.**

As principais formas solúveis de cobre encontradas nas águas doces e salinas são de Cu<sup>2+</sup>, Cu (HCO<sub>3</sub>) e Cu (OH)<sub>2</sub>. Em valores de pH e concentrações de carbonato características de água naturais a maior parte do Cu (II) dissolvido acha-se preponderantemente na forma de complexo, e não como íon cúprico livre (WHO, 1998).

A concentração de cobre dissolvido depende do pH, do potencial oxirredução da água, da presença de cátions competidores (Ca<sup>2+</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, por exemplo), ânions de sais cúpricos insolúveis (OH<sup>-</sup>, S<sup>2-</sup>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>) e agentes complexantes orgânicos e inorgânicos. Se a

concentração de um ânion, em particular, exceder a solubilidade do sal de cobre, ocorrerá à precipitação deste sal. Os principais precipitados formados em água naturais são malaquita  $[\text{Cu}_3(\text{OH})_2(\text{CO}_3)_2]$ . Em águas com baixa demanda bioquímica de oxigênio, forma-se  $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{Cu}_2\text{O}$  e cobre metálico, os quais sofrem deposição. A combinação dos processos de complexação, adsorção e precipitação controlam a concentração de Cu (II) livre, na maioria das águas naturais, as condições químicas são tais que, mesmo em concentrações relativamente elevadas de cobre, estes processos reduzem o cobre livre para valores extremamente baixos (ATSDR, 1990).

O cobre é constituinte natural do solo atingindo as águas ribeirinhas por ação das chuvas ou movimentação do solo, principal fonte de contaminação das águas e responsável por cerca de 70% do total do cobre ali presente. A maior parte do cobre liberado para a água encontra-se como material particulado, o qual é precipitado ou adsorvido a matéria orgânica, ferro hidratado, óxidos de manganês e depositado em sedimento ou colunas e corpos de água (ATSDR, 1990).

#### **3.4.3.5. Toxicidade .**

A toxicidade do cobre geralmente decresce com aumento da dureza da água, provavelmente pela competição entre cálcio e cobre pelos sítios de adsorção em superfícies biológicas. Assim, quanto maior a concentração de cálcio menor a adsorção de cobre. Vários estudos correlacionam à toxicidade do cobre a atividade do íon cúprico.

A disponibilidade do cobre em sedimentos é influenciada pela presença de sulfetos, comuns nas águas doces e salgadas. Esses sulfetos solúveis em solução ácida fraca, denominados sulfetos ácidos voláteis (SAV), são um fator-chave no controle da toxicidade de vários elementos-traço, entre eles o cobre. A toxicidade dos elementos-traço não é observada quando estes se ligam aos sedimentos e quando a concentração de SAV é maior do que a soma da concentração molar dos elementos-traço ali presentes (WHO, 1998).

A toxicidade aguda decorrente da ingestão de cobre não é freqüente em seres humanos e usualmente relacionados à ingestão acidental por alimentos (WHO, 1998). Vários casos de

exposição aguda única foram relatados na literatura. Tais relatos referem-se ao uso de sulfato de cobre nas doses de 0,4 a 100 mg Cu e os sintomas apresentados foram vômito, sensação de ardor epigástrico, diarreia, letargia, anemia hemolítica aguda, dano renal e hepático, neurotoxicidade, aumento da pressão sanguínea e frequência respiratória (BARCELOUX, 1999; WHO, 1998).

Níveis excessivos de cobre inibem os grupos sulfidrilas das enzimas, tais como glicose-6-fosfatase e glutathione redutase, os quais são responsáveis por proteger o organismo contra os danos provocados pelos radicais. A inibição da glicose-6-fosfatase leva a hemólise. A intoxicação aguda por cobre causa erosão do epitélio gastrointestinal associado à necrose centrilobular do fígado e necrose tubular dos rins (BARCELOUX, 1999; WHO, 1998).

A exposição crônica pode levar a um espessamento e esverdeamento da pele, dentes e cabelo. Em nível pulmonar, pode-se observar a irritação das fossas nasais, úlceras e perfuração de septo, além de hepatotoxicidade. Pode diminuir a fertilidade em animais de experimentação, tanto em machos como em fêmeas.

#### **3.4.4. Cádmiu.**

Este elemento pertence ao II B da Tabela periódica e se encontra no subgrupo onde incluem também o zinco e o mercúrio. Sua Valência é 2. As solubilidades dos sais de cádmio na água são variáveis, já que os halogênios, o sulfato e o nitrato são relativamente solúveis. Entretanto, o óxido, o hidróxido e o carbonato são praticamente insolúveis na água Badillo (1988 apud ALBERT, 1988, P145).

##### **3.4.4.1. Fontes do Cádmiu.**

###### **3.4.4.1.1. Naturais.**

Segundo Badillo (1988) o cádmio está presente como um constituinte menor e, inevitável em quase todos os concentrados de zinco, os que contêm em geral de 0,1 a 0,3 de porcentagem de cádmio. Nos concentrados de chumbo e cobre pode-se encontrar concentrações muito mais baixas destes elementos-traço.

Estes elementos provêm principalmente do desgaste e erosão das rochas. Seus depósitos estão associados, geoquimicamente, aos de zinco e outros mais. Na asfalerita (ZnS), o cádmio se encontra em solução sólida como sulfeto. Alguns concentrados de blenda de zinco chegam a conter até 1% de cádmio. Porém, o conteúdo médio pode ser muito pequeno. Cabe lembrar que os processos naturais pelos quais se libera cádmio são insignificantes como fontes de contaminação em comparação com aquele que procede das atividades humanas.

#### **3.4.4.2. Antropogênicas.**

Como o cádmio é relativamente volátil, se elimina na etapa de cocção ou desulfuração de todos os produtos de zinco e é capturado para submeter a um tratamento posterior, em geral para obter cádmio metálico de alta pureza como produto final. Em certos casos, sua relação com o arsênio é similar ao do cobre com muitos concentrados de cobre já que ambos são contaminantes menores inevitáveis. Porém, diferente do arsênio, tem-se descoberto muitas aplicações para o cádmio e seus compostos no mundo industrializado atual.

Os minerais de zinco constituem a principal fonte de cádmio, obtendose o cádmio durante os processos eletrolíticos de fundição que se utilizam para a refinação de zinco e outros elementos-traço. As principais fontes antropogênicas pelas quais se libera cádmio ao meio ambiente são pelo uso destes elementos. Seus derivados se utilizam em pigmentos e pinturas, baterias, como estabilizadores do cloreto de polivinil (PVC), recobrimento de outros elementos-traço, processos de galvanoplastia, eletro prateado, acumuladores, soldaduras, reatores nucleares, joalheria, etc.

#### **3.4.4.3. Efeito no Ambiente Abiótico.**

A maior parte de cádmio que se emite para atmosfera se deposita na terra e nas águas da região circundante na fonte de emissão. A partir desta, o cádmio é ingerido pelos organismos e transportado a todos os níveis da cadeia alimentar, esta via de assimilação é a principal rota do cádmio para os animais e o homem.

#### **3.4.4.4. Efeito no Ambiente Biótico.**

Existem restrições constantes no uso do cádmio, tanto para as aplicações existentes como para o desenvolvimento de novas tecnologias. Os estudos comprovam que o cádmio é um tóxico persistente ainda em concentrações muito pequenas e se concentra fortemente nas cadeias alimentares.

Seu tempo de média vida nos organismos (especialmente nos mamíferos) é indefinido e podem durar vários anos. Nos organismos aquáticos, zooplâncton, moluscos, e outros organismos principalmente filtradores, as concentrações de cádmio são muito mais elevadas que na água do mar; os fatores de concentração estão no intervalo de  $10^3$  a  $10^4$ . Os mariscos também acumulam cádmio, e a carne de certas espécies de siri contém entre 5 e 15 mg/kg.

Mesmo concentrações pequenas de cádmio, quando comparada às concentrações que resultam tóxicas para os peixes adultos, afetam sua reprodução e são tóxicas para os alevinos. Nos peixes adultos, a toxicidade é acumulativa e a morte geralmente se atribui à hipoxia pela precipitação de mucina nas brânquias.

#### **3.4.4.5. Efeito no Homem**

A ingestão de alimentos ou bebidas contaminados com cádmio pode originar transtornos agudos no trato gastrintestinal. Os sintomas incluem náuseas, salivação, vômito, dor abdominal tipo cólica e dor de cabeça. Nos casos mais severos pode apresentar diarreia e choque.

No sistema ósseo os efeitos se relacionam com o dano ao rim, já que o cádmio interfere no metabolismo do cálcio. Em animais de experimentação com deficiência de cálcio, a retenção de cádmio foi mais elevada que nos animais com uma dieta normal de cálcio. O cádmio acelera também o processo de osteoporose causado pela deficiência de cálcio.

### 3.4.5. Chumbo.

Chumbo é um elemento-traço carente de valor biológico, ou seja, não requerido para o funcionamento normal de dos seres vivos. Devido a seu tamanho e carga, o chumbo pode substituir o cálcio ( $Pb^{2+}$ : 0.84 Å;  $Ca^{2+}$ : 0.99 Å), e ademais de maneira preferencial, sendo seu sítio de acumulação, os tecidos ósseos. Estas situações são particularmente alarmantes nas crianças, que durante seu crescimento requerem altas quantidades de cálcio. Altas doses de cálcio fazem que o chumbo seja "removido" dos tecidos ósseos, e que passe a incorporar à corrente sanguínea. Neste caso pode induzir nefrotoxicidade, neurotoxicidade e hipertensão. Os níveis de chumbo no sangue acima de 0.48 µg/l podem induzir nas crianças danos durante no desenvolvimento dos órgãos do feto, sistema nervoso central, Redução das habilidades mentais e iniciação de desordem do comportamento, dano nas funções do cálcio (anteriormente mencionado). Por sua vez, níveis da ordem de 1.2 µg/l podem induzir: decréscimo do coeficiente intelectual (QI), Problemas de desenvolvimento cognitivo e do comportamento, déficits neurológicos que podem persistir até a adolescência, elevação dos limites auditivos, peso reduzido em recém nascido, desenvolvimento cognitivo cedo anormal.

Em adultos que trabalham em ambientes expostos a contaminação com chumbo, sabe-se que este elemento-traço pode acumular-se nos ossos, onde sua média vida é superior aos 20 anos. A osteoporose, gravidez e as enfermidades crônicas podem fazer que este chumbo se incorpore mais rapidamente no sangue. Os problemas relacionados sobre exposição ao chumbo em adultos incluem (OYARZUN; HIGUERAS): danos nos rins, trato gastrintestinal, sistema reprodutor, nos órgãos produtores de sangue, neurológicos e abortos.

A concentração de chumbo no meio ambiente eleva-se conforme o aumento de sua utilização. Este aumento torna-se notório, sobretudo a partir de 1750, como indicado na Tabela 5, e é paralelo ao desenvolvimento da Revolução Industrial. No final da segunda Guerra Mundial, a contaminação ambiental por chumbo elevou-se um pouco mais, entre outras causas, pela introdução de compostos orgânicos de chumbo como aditivo para gasolina segundo Badillo (1988 apud ALBERT, 1988, P.105).



Tabela 5. Acumulação de chumbo na Groenlândia.

Ano	Concentração de chumbo (µg/g)
1750	20
1800	40
1850	50
1900	90
1950	180
2000	500

### 3.4.5.1. Fontes de Chumbo.

#### 3.4.5.1.1. Fontes Naturais.

O chumbo é um elemento relativamente abundante que se encontra no ar, água, solo, plantas e animais. Suas fontes naturais são as erosões de solos, os desgastes dos depósitos dos minerais de chumbo e as emissões vulcânicas. Sua proporção na crosta terrestre é aproximadamente de 15 pp (mg/kg) e a quantidade total se estima em  $3,8 \times 10^{14}$  toneladas. Do ponto de vista comercial, os minerais mais importantes são a galena (sulfeto de chumbo, PbS), a cerussita (carbonato de chumbo,  $PbCO_3$ ). A galena é a principal fonte de produção de chumbo e se encontra geralmente associada com diversos minerais de zinco e, em pequenas quantidades, com cobre, cádmio, ferro, etc.

As fontes naturais de chumbo emitem anualmente ao ambiente perto de 200.000 toneladas destes elementos-traço.

#### 3.4.5.1.2 Fontes Antropogênicas.

Na atualidade, se utiliza, principalmente, na produção de acumuladores e baterias, pigmentos, inseticidas, explosivos, reagentes químicos, soldadura, aditivo antidetonantes para gasolina, auferiria decorativa vidrada em folha metálica em barro, cobertas para proteger dos raios X, tuberias.

Mais dos 50% da produção se utiliza na indústria automotiva, para a fabricação de baterias e para a produção de compostos antidetonantes derivados do tetraetilo.

O chumbo atmosférico tem grande importância, não só porque uma vez neste meio, o contaminante chega a outras regiões por ação do vento e porque é uma fonte de exposição

por inalação para os seres vivos. Também por este meio o chumbo chega a se depositar em diversos substratos como o solo, a água e a vegetação. Como se pode observar, o transporte de chumbo entre os diferentes substratos é muito complexo e muito mais nos ecossistemas.

#### **3.4.5.2. Efeito no Meio Ambiente.**

##### **3.4.5.2.1. Efeito no Meio Abiótico.**

Uma vez que o chumbo chega ao solo, permanece ali indefinidamente e só uma pequena parte é transportada pelas chuvas, por isso, se deve considerar o solo como um dos principais depósitos deste contaminante. Em resumo, o principal efeito do chumbo no meio ambiente abiótico é a acumulação nos diversos substratos, o qual, por sua vez provoca desequilíbrio em seu ciclo biogeoquímico.

##### **3.4.5.2.2. Efeito no Meio Biótico.**

Em concentração de 0,1 a 0,5 mg/ml, este elemento retarda a ruptura heterocíclica da matéria orgânica. As plantas que crescem em solos contaminados por este elemento tendem a concentrá-lo, sobretudo em seu sistema radicular.

Alguns organismos, como as minhocas, tendem a acumular chumbo. Desta forma podem ser considerada uma das vias pelo qual este elemento entra na cadeia alimentar. Como um dado adicional, sabe-se que de milhões de patos morrem cada ano em Norte América por ingerir acidentalmente perdigões de chumbo.

##### **3.4.5.2.3. Efeito no Homem**

Segundo Larine (1997). Às quantidades de chumbo introduzidas diariamente no organismo humano se tem valor de 300 a 460 µg, que corresponde fundamentalmente aos alimentos (220 a 400 µg), água (10 a 100 µg) e ar urbano (20 a 80 µg).

No homem, a intoxicação depende do tipo de composto do chumbo, A intoxicação crônica se apresenta geralmente pela absorção de óxidos, carbonatos e outros compostos solúveis em água através do trato digestivo. A intoxicação aguda é menos freqüente e pode resultar

da inalação de partículas de óxido de chumbo. A intoxicação por chumbo orgânico geralmente se deve à inalação de tetraetilo de chumbo, o qual é altamente volátil e lipossolúvel.

Um dos sintomas mais comuns de intoxicação aguda é a dor típica da cólica gastrintestinal. A princípio existe um estado de anorexia, com sintomas de dispepsia e prisão de ventre e, depois, um ataque de dor abdominal generalizado. Outros sintomas que se pode apresentar é diarreia, sabor metálico na boca, náusea e vômitos, fadiga insônia, debilidade, etc. As concentrações de chumbo no sangue associadas com a intoxicação se encontram num intervalo de 80 a 100  $\mu\text{g}/100\text{ ml}$  e em outras ocasiões encontra-se até  $300\mu\text{g}/100\text{ml}$  do sangue Badillo (1988 apud ALBERT, 1988, P.117).

## 4. Materiais e Métodos.

### 4.1. Fluxograma dos Procedimentos.

Os procedimentos dos tratamentos das amostras estão apresentados nas figuras 2, 3, 4 e 5.

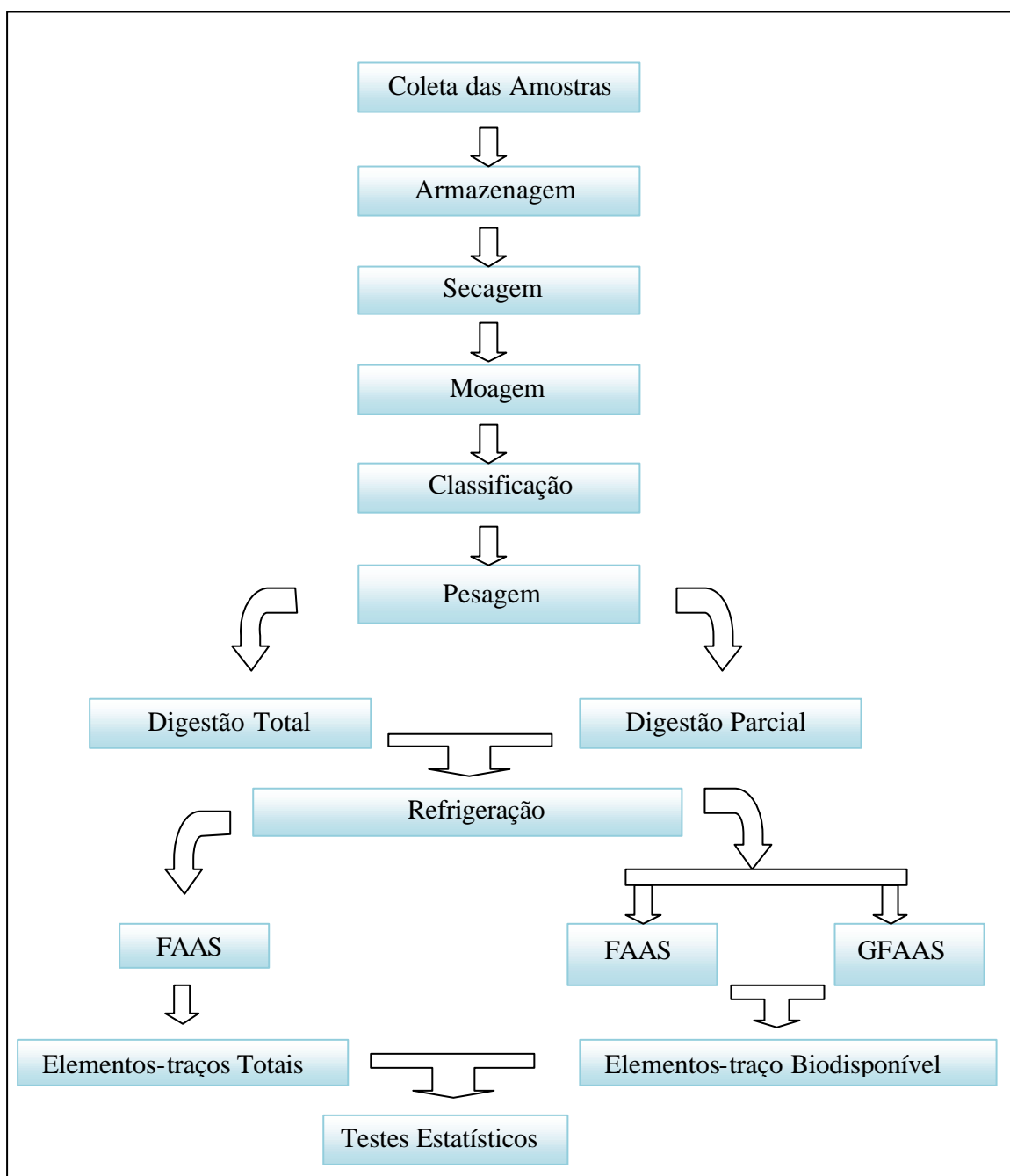


Figura 2. Fluxograma de procedimentos dos tratamentos das amostras.

FAAS: espectrômetro absorção atômica de chama.

GFAAS: espectrômetro de absorção atômica em forno de grafite.



Navio de Apoio Oceanográfico Soloncy Moura.



Coleta de Amostra.



Alíquota de Amostra.

Figura 3. Coletas das amostras.



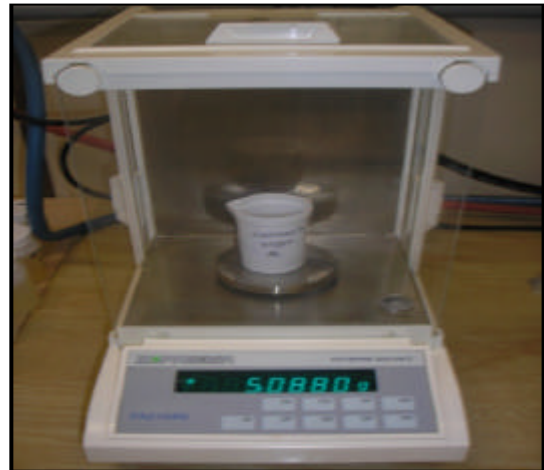
Armazenamento.



Secagem.



Moagem.



Pesagem.



Digestão.



Filtração.

Figura 4. Processamento das amostras.





Amostras Processadas.



Refrigeração.



Espectrômetro de Absorção Atômica de Chama.



Espectrômetro de Absorção Atômica com Forno de Grafite.

Figura 5. Leitura das amostras.

#### 4.2. Localização dos Pontos de Coletas.

O Estado de Santa Catarina está localizado na região Sul do Brasil (Figura 3). Ao longo dos 561,4 km de extensão do seu litoral (figura 4), entre as latitudes de 25° 57' 41"S e 29° 23' 55" S, desenvolvem-se importantes atividades do setor marítimo, entre elas a pesca artesanal, em diferentes níveis de organização, e a pesca industrial. O Estado destaca-se como um dos maiores na produção pesqueira nacional, e o pólo pesqueiro industrial, localizado em Itajaí, é o maior do Brasil. Próximo à ilha de São Francisco do Sul, está localizada uma mono bóia de operações da Petrobrás S.A., onde navios-tanque descarregam petróleo bruto. Entre os portos em atividade, destaca-se o Porto de Itajaí, operando carga de container, de alto valor agregado, e contribuindo com 65% da receita cambial do Estado. Além deste, outros dois portos estão localizados em Santa Catarina, nos municípios de São Francisco do Sul e de Imbituba (GUIMARÃES; FRANCO; SUGARA 2004).

O litoral de Santa Catarina apresenta formação de baías, promontórios e estuários, sendo que, nesses estuários, em virtude de condições físicas específicas, se formam os manguezais. Os mais expressivos estão localizados na Baía da Babitonga, situada ao norte do Estado, envolvendo em total de 72 km<sup>2</sup>, o que equivale a 80% dos mangues existentes em todo o litoral catarinense. (PLANO DIRETOR DO ESTADO DE SANTA CATARINA 1995).

Os pontos de coleta (Tabela 6) das amostras foram escolhidos de acordo a ausência ou a possível influência dos centros indústrias (pequeno, médio e grande porte) e pontos aparentemente fora da influência dos mesmos.



Figura 6. Mapa localizando o Estado de Santa Catarina.



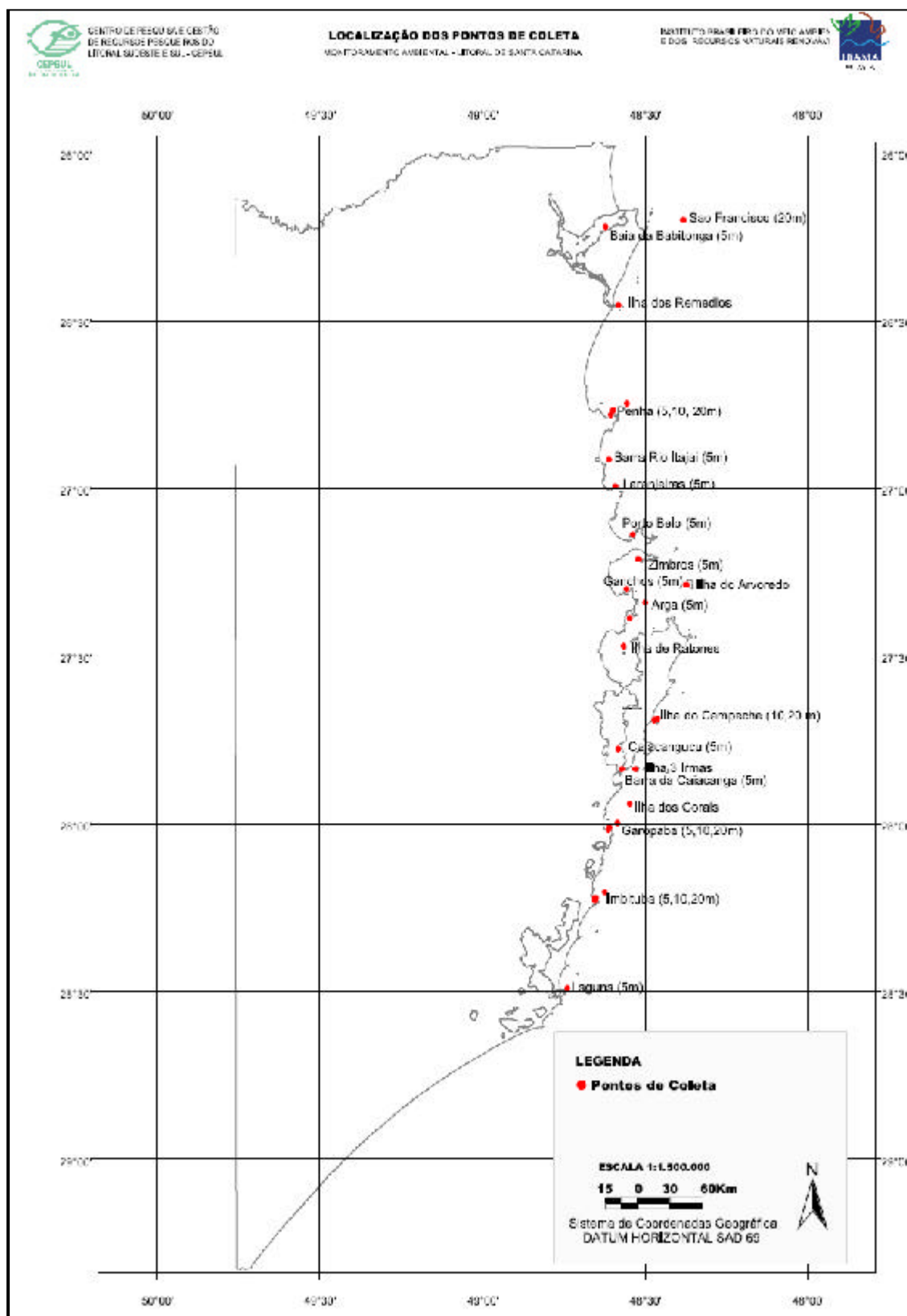


Figura 7. Mapa mostrando os pontos de coleta (10m) no litoral catarinense.

**Tabela 6.** Pontos de coletas das amostras.

Laguna	Ilha de Ratoes Grande	Laranjeiras
Imbituba	Armação da Piedade	Barra do Rio Itajaí
Ilha dos Corais	Ganchos	Penha
Ilha das Três Irmãs	Ilha do Arvoredo	Ilha dos Remédios
Caiacangaçu	Zimbros	Baía da Babitonga
Ilha do Campeche	Porto Belo	Baía de São Francisco

### 4.3. Metodologia.

#### 4.3.1. Coleta das Amostras.

As amostras de sedimento foram coletadas em 18 pontos do litoral catarinense entre 22/08/02 até 25/01/03 durante o período de viagem de pesquisas sobre floração de algas tóxicas. Posteriormente, foram congeladas até o presente estudo. As coletas das amostras foram realizadas a bordo do Navio de Pesquisa do CEPSUL/IBAMA Soloncy Moura.

As concentrações de elementos-traço biodisponíveis foram avaliadas nos 18 pontos de coleta (mesmos pontos da pesquisa sobre floração de algas tóxicas e demais pesquisas realizadas pelo LABTOX). No entanto, desses 18 pontos somente 7 pontos (Caiacangaçu, Ganchos, Zimbros, Laranjeira, Itajaí, Penha e Babitonga) foram escolhidos para análises da determinação dos elementos-traço totais e biodisponíveis. Esses pontos foram escolhidos por apresentar cultivos de ostras e mariscos e sua proximidade aos grandes centros urbanos e industriais. Os resultados obtidos de elementos-traço totais e biodisponíveis a partir das análises das amostras estão apresentados no anexo 2.

O sedimento foi coletado utilizando-se uma draga e, posteriormente foi retirado com ajuda de uma espátula de teflon da parte central, aproximadamente 1 kg de amostra, e acondicionado em saco plástico, previamente etiquetado. Logo após, as amostras foram preservadas no freezer (- 40 °C) até o processamento.

#### **4.3.2. Secagem das Amostras.**

As amostras a processar foram retiradas do freezer, identificadas e colocadas em bandejas de plástico para descongelar, em torno de 5 a 6 horas, dependendo da constituição do sedimento. Após o descongelamento, foram pesadas 30 g de sedimento, e colocadas em um crisol de porcelana para secagem em estufa a 120°C.

#### **4.3.3. Trituração das Amostras.**

O sedimento seco foi triturado em um grão de ágata e transferido para uma peneira de 45 e 75 mesh. O sedimento peneirado foi colocado em sacos de plásticos devidamente identificados.

### **4.4. Abertura da Amostra.**

#### **4.4.1. Digestão Ácida.**

O método de digestão ácida foi baseado nos métodos do EPA 3050 e 3051(WEL, 1997). Pesou-se 5 gramas de sedimento (triplicata) em um vidro de relógio de 50 mm. Transferiu-se para um béquer de teflon de 50 ml e agregou-se 1 ml de ácido fluorídrico (HF) 48 % por cada grama de amostra a ser analisada. Depois se aqueceu na chapa à 200°C até secar o HF. Logo em seguida, adicionou-se 12 ml de água régia (3HCl e 1HNO<sub>3</sub>) e 2 ml de HF em cada béquer. Durante esta etapa, quando foi observada muita matéria orgânica foi adicionado HNO<sub>3</sub> até a amostra ficar branca. Após resfriar, o extrato digerido foi filtrado em papel filtro de 28 µm de porosidade com água *Milli-Q*. Depois de todo este processo a amostra está pronta para a leitura, muitas vezes foi preciso fazer de diluições para efetivação da leitura.

#### **4.4.2. Digestão Parcialmente Ácida.**

Pesou-se 1 grama (triplicata) da amostra em um vidro relógio de 50 mm. Transferiu-se para um erlenmeyer de 125 ml e adicionou-se 25 ml de HCl 0,1 mol/L, vedou-se o erlenmeyer com filme plástico e colocou-se na mesa agitadora por 4 horas. Após esta etapa, filtrou-se

(filtro de 28  $\mu\text{m}$  de porosidade) para um balão volumétrico, lavando os resíduos do filtro com água *Milli-Q* até completar 100 ml. A partir deste momento, segundo Mozeto et al (1997) a amostra está pronta para injetar.

As amostras injetadas no forno de grafite apresentaram interferências que prejudicaram a leitura. Para corrigir este problema foi necessário a utilização de modificadores de matrizes como o nitrato de Magnésio hexahidratado P.A. 2% ( $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ ) para a leitura de cromo e níquel. No caso do cobre, chumbo e cádmio foram utilizados di-Amônio oxalato monohidrato 1% ( $(\text{NH}_4)_2\text{C}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ). Os dois modificadores utilizados foram da marca Merck.

#### 4.5. Calibração do Espectrômetro de Adsorção Atômica (AAS).

##### 4.5.1. Chama (FAAS).

Para a calibração do FAAS, foram preparadas soluções (Tabela 7) a partir de padrões marca Aldrich Chemical Company (1.000 mg/L) para cada elementos-traço a ser lido.

Tabela 7. Soluções de padrões para calibrar o FASS e o limite de detecção.

<b>Cr</b> *0,271	<b>Cu</b> *0,060	<b>Pb</b> *0,190	<b>Ni</b> *0,073	<b>Cd</b> *0,038
2mg/L	1mg/L	5mg/L	5mg/L	1mg/L
4mg/L	2mg/L	10mg/L	10mg/L	2mg/L
8mg/L	4mg/L	15mg/L	15mg/L	3mg/L
16mg/L	8mg/L	30mg/L	20mg/L	4mg/L

\*Limite de detecção.

Todas as diluições foram feitas em HCl 3% (v/v) e a água utilizada foi *Milli-Q*.

As condições de calibração estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Condições utilizadas no FAAS.

Elementos-traço	Chama	Comprimento De onda	Corrente da Lâmpada (mA)	Fenda (nm)	Fluxo de Combustível (l/min) *	Fluxo (l/min) e Pressão (kpa) do Oxidante **
Cr	Ar-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	357,9	7,0 (posição 1)	0,2	2,90	10,00
Cu	Ar-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	324,8	4,0 (posição 2)	0,5	1,50	3,50
Pb	Ar-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	217,0	10,0 (posição 1)	1,0	2,00	10,00
Ni	Ar-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	232,0	4,0 (posição 2)	0,2	1,50	3,50
Cd	Ar-C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	228,8	4,0 (posição 1)	0,5	2,00	10,00

\* Acetileno, \*\* Oxigênio.

#### 4.5.2. Forno de grafite (GFAAS).

A partir de padrões da marca Aldrich Chemical Company, foram preparadas soluções multielementares em HNO<sub>3</sub> 0,1% contendo os elementos-traço Cr, Cu, Pb, Ni, Cd. De interesse do trabalho. O GFAAS realiza automaticamente as diluições. Os parâmetros de calibração estão apresentados no anexo 1.

#### 4.6. Análise Estatística.

Os resultados foram avaliados através do programa estatística 6.0, no qual foram calculados os valores médios, desvio padrão, análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.

### 5.1. Análise dos Resultados das concentrações dos Elementos-Traço nas Amostras de sedimento.

Neste trabalho foram utilizados como referência os valores segundo as normas da EPA apud Long et al (1996). Tabela 9 e valores de trabalhos publicados (Tabela 10).

Elemento	TEL	PEL	ERL	ERM
Cromo	52,30	160,40	81,00	370,00
Cobre	18,70	108,20	34,00	270,00
Chumbo	30,20	112,20	46,70	218,00
Níquel	15,90	42,80	20,90	51,60
Cádmio	0,68	4,20	1,20	9,60

Tabela 9. Valores (mg/kg) de referência para sedimentos marinhos.

Níveis limites de efeito (TEL), nível provável de efeito (PEL), limite baixo de efeito (ERL), nível médio de efeito (ERM).

Tabela 10. Concentração (mg/kg) de Pb e Ni biodisponíveis em diferentes trabalhos publicados.

Localização	Pb (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Referências
Manguezal de Camocim <sup>1</sup>	47,78	38,48	Koch, 2007
Baía de Guanabara <sup>2</sup>	40,00	15,50	Baptista, 2000
PETAR (Parque Estadual do Alto Ribeira SP) <sup>1</sup>	21,66 <sup>2</sup>	3,10	De Oliveira, 2003
Baía de Carpentaria Austrália <sup>2</sup>	6,00	6,00	Cox & Preda, 2003
Baía de Sepetiba <sup>2,3</sup>	6,50	-	Lacerda, 1987
Baía da Florida <sup>2,3</sup>	1,90	4,90	González-Caccia, 2002

Concentração. <sup>2</sup> total. <sup>3</sup> mínima. <sup>1</sup> média

### 5.2. Microrregião Geográfica de Tubarão.

Laguna, Imbituba e Garopaba pertencem à mesma microrregião geográfica de Tubarão. Esta microrregião apresenta significativa área litorânea, onde a agricultura é pouco expressiva e a pesca é abundante. O interior caracteriza-se pela produção suína e agricultura, principalmente com a cultura de arroz, mandioca e fumo. As Principais indústrias desta microrregião estão ligadas ao sistema carbonífero (SEPLNASC 1991).

### 5.2.1. Laguna.

O ponto de coleta está localizado nas coordenadas 28°29, 567'S e 048°44, 394'W (Figura 8).

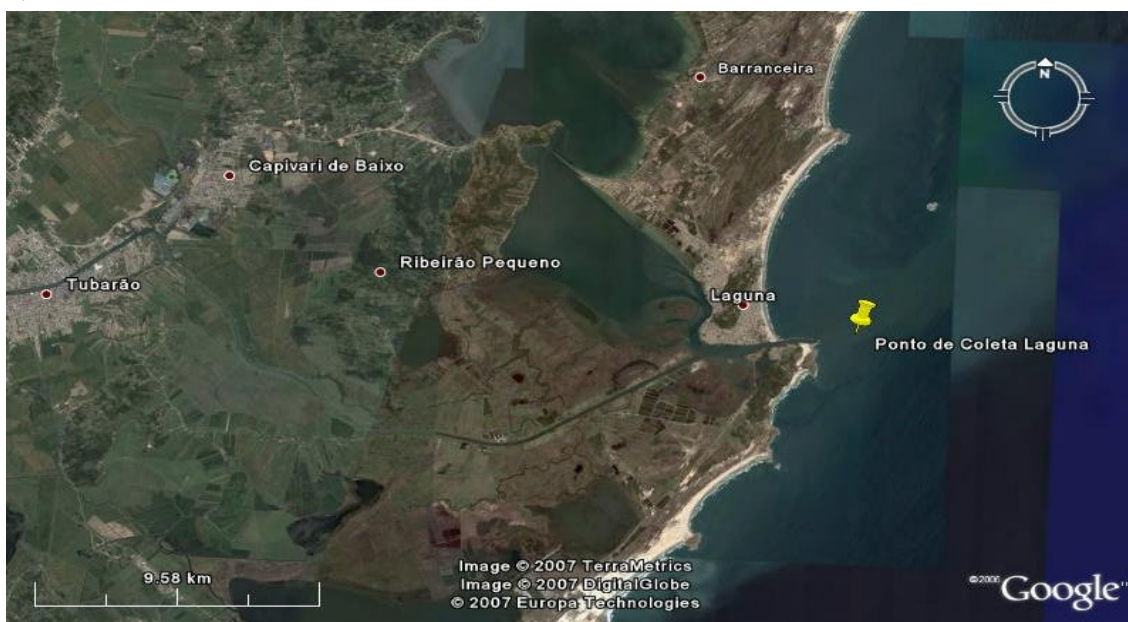


Figura 8. Localização do Ponto de Coleta em Laguna.

A concentração dos elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) no sedimento marinho está apresentada na figura 9, para um melhor entendimento foram realizadas as respectivas conversões de unidades e expressas em forma logarítmica.

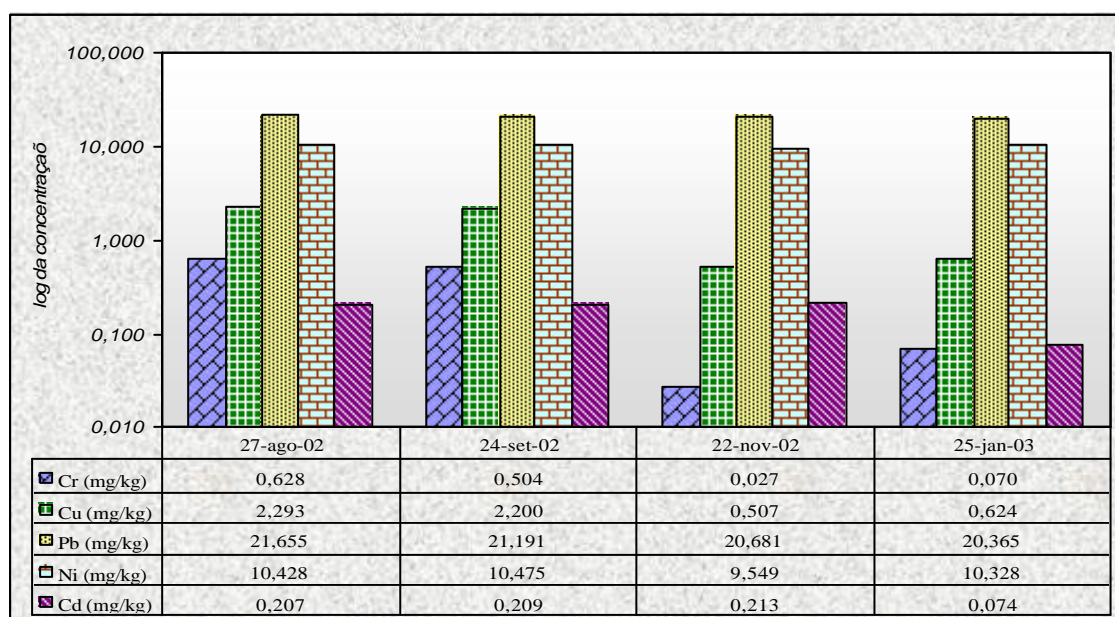


Figura 9. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) em Laguna.

Foram realizados testes por análise de variância (Anova) para verificar a existência de diferenças estatísticas significativas entre as médias das repetições (triplicata) das concentrações dos elementos-traço nas diversas amostras. Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações biodisponíveis de cromo, cobre e cádmio,  $p < 0,0001$  (Anexo 3). Dos elementos-traço avaliados, somente o níquel e chumbo apresentaram valores consideráveis quando comparados com outros trabalhos científicos já publicados (Tabela 10). Os dados para níquel e chumbo mostraram serem inferiores aos encontrados nos trabalhos desenvolvidos no Manguezal de Camocim e Baía de Guanabara (KOCH, 2007 e Baptista 2000). Por outro lado, os resultados médios foram superiores aos mostrados nos trabalhos desenvolvidos nas localidades da Baía de Carpentaria Austrália, Baía de Sepetiba, Baía da Florida (COX & PREDA, 2003; LACERDA 1987; Gonzáles & Caccia, 2002). Estas diferenças podem estar ligadas diretamente com aspectos geológicos ou atividades antropogênicas.

Outro aspecto a ser analisado é referente às concentrações dos elementos-traço nas quatro campanhas realizadas. Observa-se que as concentrações de cobre, chumbo e níquel se mantêm, praticamente, constante ao longo do tempo e o cádmio somente nas três primeiras coletas. O mesmo não é observado com o cromo que diminuiu, consideravelmente nas amostras coletadas nos meses de novembro de 2002 e janeiro de 2003. Este fato pode estar relacionado com a localização, pois o GPS (sistema global de localização) do Navio Soloncy Moura, alimentado por satélite, pode apresentar erro importante na faixa de até 20 m, dependendo dos aspectos meteorológicos. Ainda, pode-se encontrar em áreas restritas diferenças na composição geológica e físico-química do solo (PROENÇA 1994).

Os níveis das concentrações biodisponíveis de elementos-traço determinados são menores se comparados aos níveis limites de efeito (Tabela 9), segundo as normas da Environmental Protection Agency (EPA) para sedimentos. Porém, os valores das médias das concentrações de chumbo e níquel biodisponíveis podem ser considerados significativos se comparados com os valores dos níveis limite de efeito.



### 5.2.2. Imbituba.

O ponto de coleta das amostras se encontra localizado nas coordenadas 28°13, 170' S e 048°39, 168' W (Figura 10).



Figura 10. Localização do Ponto de Coleta em Imbituba.

As concentrações dos elementos-traço biodisponíveis determinados estão mostradas na figura 11.

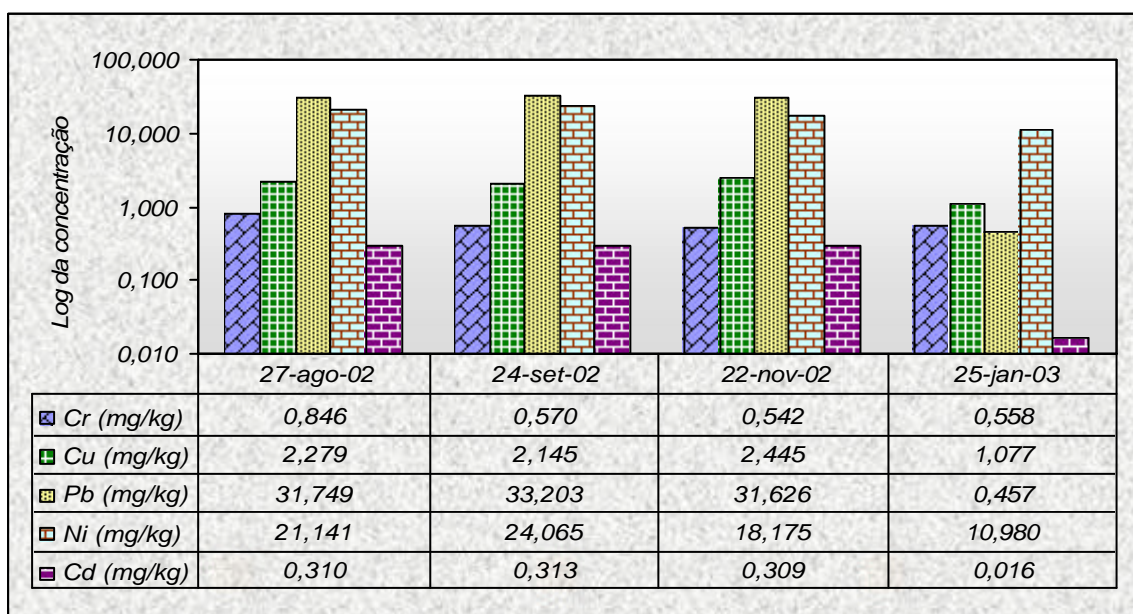


Figura 11. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) em Imbituba.

Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações biodisponíveis de chumbo, níquel e cádmio. O cromo e o cobre não apresentaram diferenças significativas (Anexo 4). Apesar de Imbituba pertencer à microrregião geográfica de Tubarão, as concentrações médias de elementos-traço biodisponíveis apresentaram um ligeiro aumento em relação à Laguna, sendo significativo no chumbo e no níquel. A concentração média biodisponível de níquel supera o valor do nível limite de efeito segundo a EPA (Tabela 9) afetando à biota circundante. Este aumento, provavelmente, é devido à presença do porto já que o chumbo e o níquel são componentes encontrados nas tintas navais.

Com relação aos diferentes valores das concentrações durante as diversas coletas pode-se observar que as concentrações de cromo se mantiverem constantes, da mesma forma que as concentrações de cobre, chumbo, níquel e cádmio nas primeiras três campanhas, porém na quarta coleta as concentrações diminuíram drasticamente, especialmente com respeito ao chumbo e níquel, as variações das concentrações pode-se justificar devido a um possível erro de leitura no GPS, já que as concentrações de pH, salinidade e precipitações, segundo Torres 2007, não tiveram variações consideráveis durante este período. As concentrações biodisponíveis de cromo, cobre e cádmio são insignificantes quando comparadas com os valores de referência e trabalhos publicados.

### **5.3. Microrregião de Florianópolis.**

Área que abrange nove municípios, força da economia reside nas atividades de comércio e serviços. Existe também alguma expressão na indústria de transformação, além das atividades ligadas ao turismo (SEPLANSC, 1991).

### 5.3.1 Ilha dos Corais.

O ponto de coleta das amostras se encontra localizado nas coordenadas 27°56, 399' S e 48°36, 827' W (Figura 12).

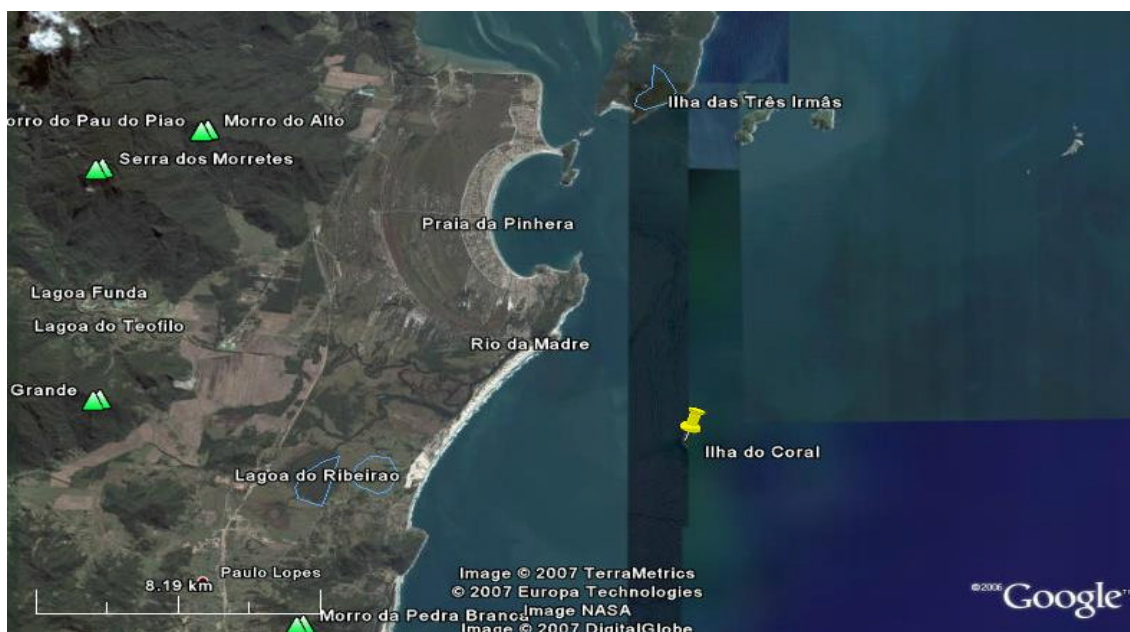


Figura 12. Localização do Ponto de Coleta na Ilha dos Corais.

As concentrações de elementos-traço biodisponíveis são mostradas na figura 13.

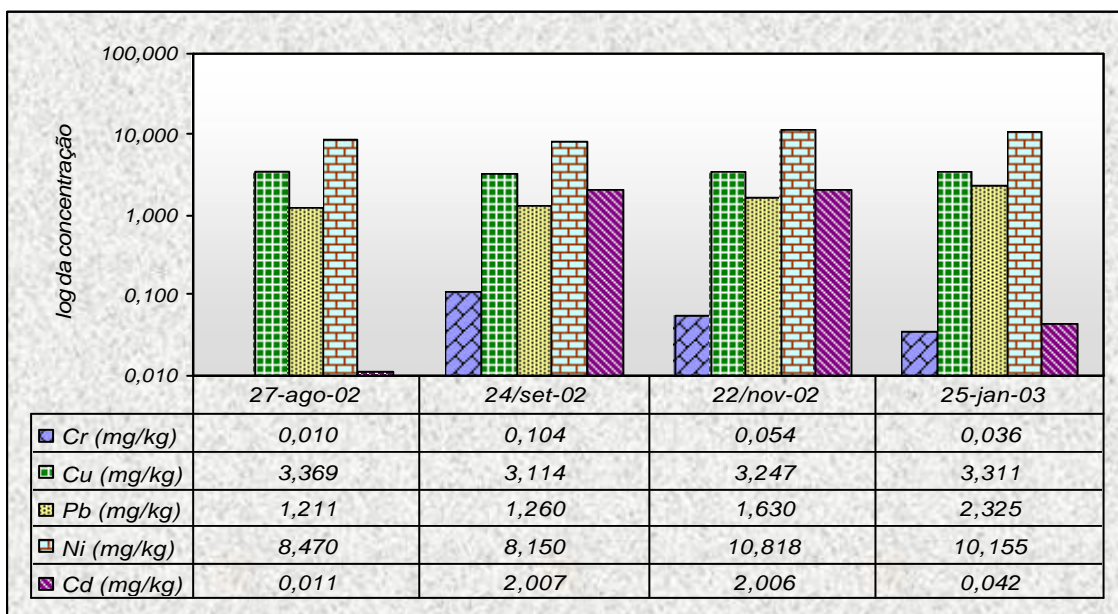


Figura 13. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha de dos Corais.



Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações de cádmio. Os resultados de cromo, cobre, chumbo e níquel não apresentaram diferenças significativas (Anexo 5).

As concentrações de cromo, cobre, chumbo e níquel se mantiveram constantes durante o período das coletas, porém com respeito ao cádmio foram observadas grandes variações das concentrações entre as amostras coletadas. Este fato pode ser explicado pelas baixas concentrações do cádmio, e por estarem muito perto do limite de detecção do aparelho, e, além disso, pela alta sensibilidade do (EAA-FG) e uma possível mudança de localização induzida pela leitura no aparelho do GPS.

Pode-se observar um ligeiro aumento na concentração média de cobre em relação à Laguna e Imbituba. Em relação aos valores de chumbo e níquel observou-se uma diminuição significativa. O valor da concentração média de cádmio supera os níveis limites de efeito segundo a EPA (Tabela 9).

### 5.3.2. Ilha das Três Irmãs.

Ao sul da ilha de Santa Catarina, o ponto de coleta localizado nas coordenadas  $7^{\circ}50', 224'S$  e  $48^{\circ}31', 773'$  (Figura 14).

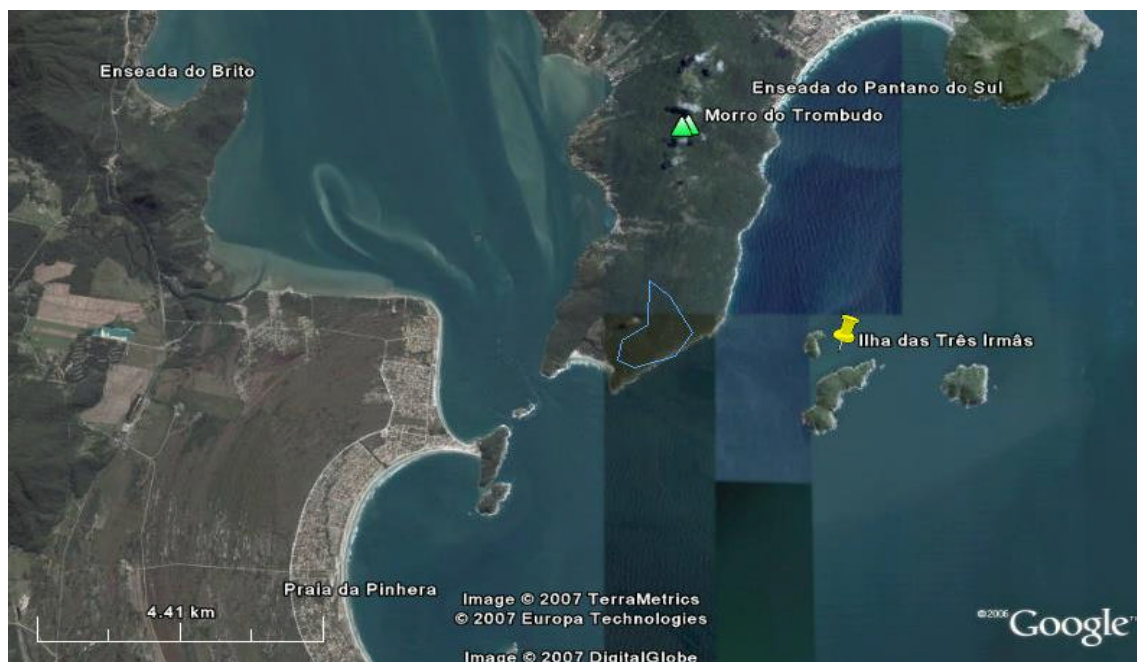


Figura 14. Localização do Ponto de Coleta na Ilha das Três Irmãs.

As concentrações dos elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) são mostradas na figura 15.

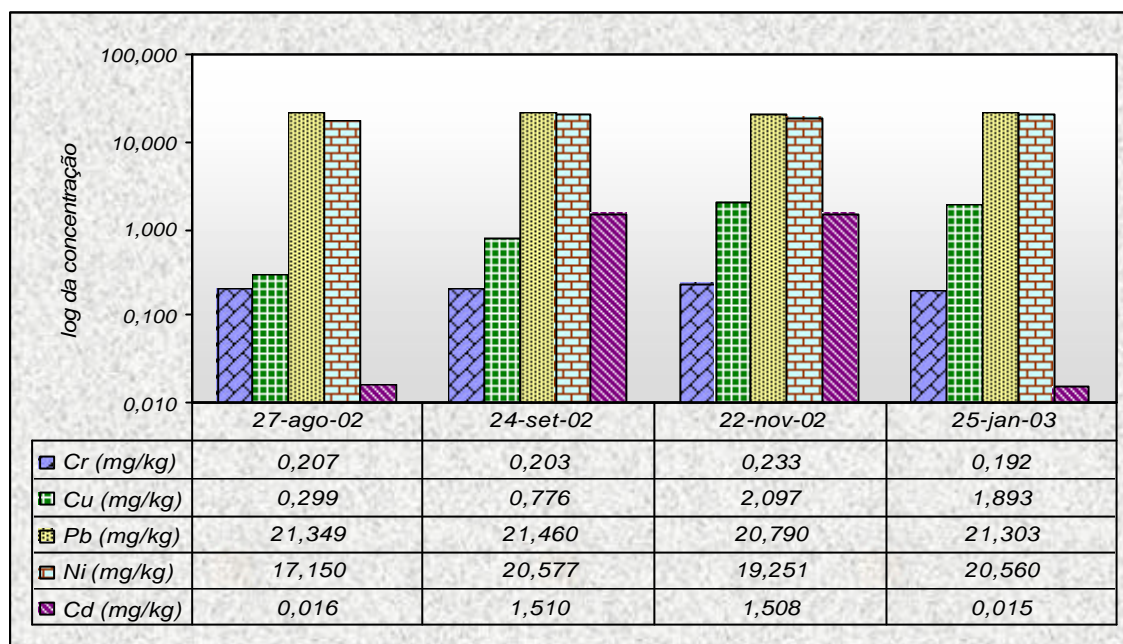


Figura 15. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha das Três Irmãs.

Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações de cádmio ( $p < 0,00010$ ). A concentração de cromo, cobre, chumbo e níquel não apresentaram diferenças significativas entre as médias (Anexo 6). Durante o período das coletas as concentrações de cromo, chumbo e níquel se mantiveram constantes. As concentrações de cobre aumentaram a partir da segunda coleta, provavelmente pelo aumento da fonte antropogênica destes elementos-traço. As diferenças das concentrações de cádmio podem ser atribuídas pela proximidade com o limite de detecção.

A concentração média de cobre apresentou uma diminuição em relação à concentração encontrada na Ilha dos Corais, porém é um dado muito importante para monitoramentos futuros. Os valores médios de chumbo e níquel aumentaram em relação à concentração encontrada na Ilha dos Corais. Em comparação com os valores dos trabalhos publicados (Tabela 10) as concentrações médias de chumbo e níquel aumentaram com relação à Baía de Carpentaria e à Baía de Miami. O valor da média da concentração de níquel supera o nível limite de efeito segundo a EPA (Tabela 9). Pode-se atribuir este aumento da concentração de chumbo e níquel à influência da baía sul, localizada perto do parque industrial de Palhoça e São José.

### 5.3.3. Caiacangaçu.

Localizada no Ribeirão da Ilha na baía sul da Ilha de Santa Catarina. O ponto de coleta está situado nas coordenadas 27°46, 712'S e 48°34, 986'W (Figura 16).

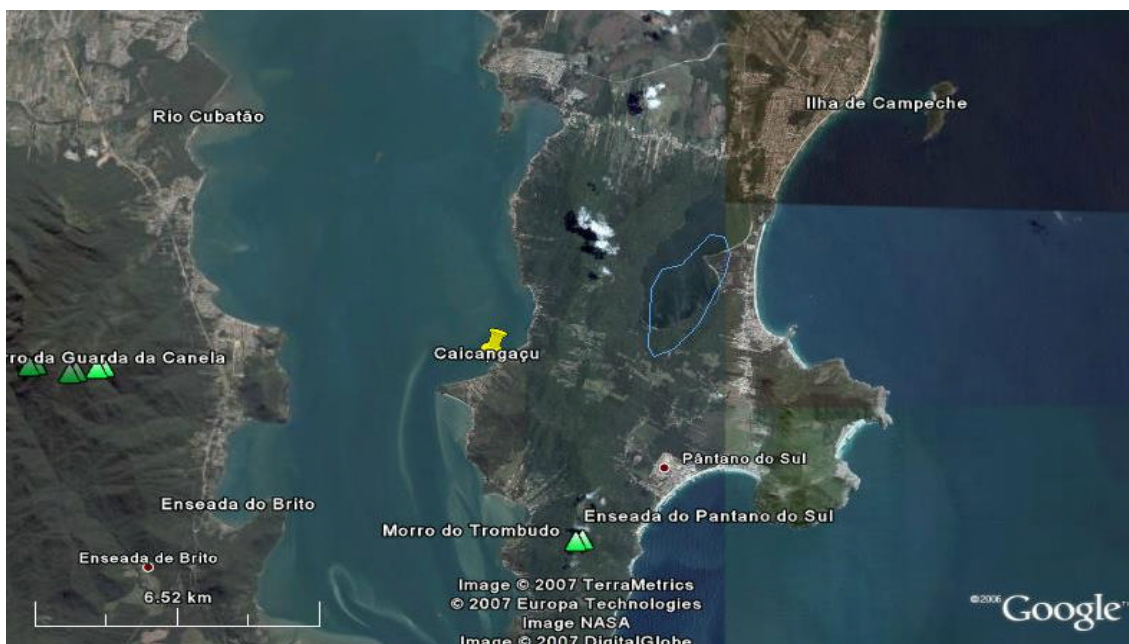


Figura 16. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Caiacangaçu.

Este ponto foi um dos pontos escolhido para determinar a concentração de elementos-traço total e comparar com a concentração biodisponível. As figuras 17 e 18 mostram a concentração (mg/kg) total e biodisponível dos elementos-traço.

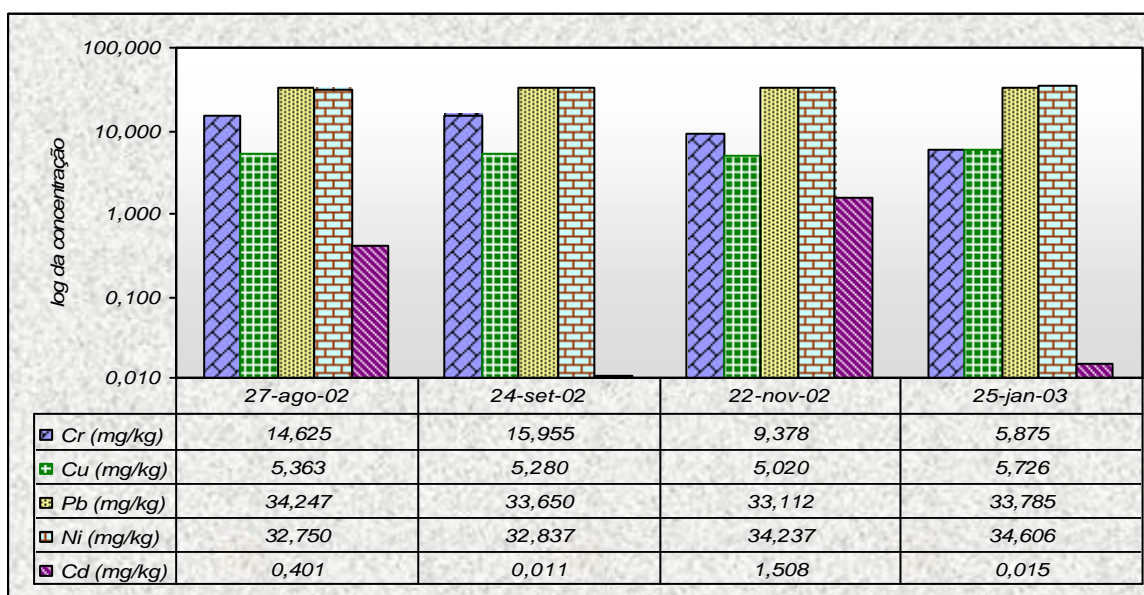


Figura 17. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Caiacangaçu.



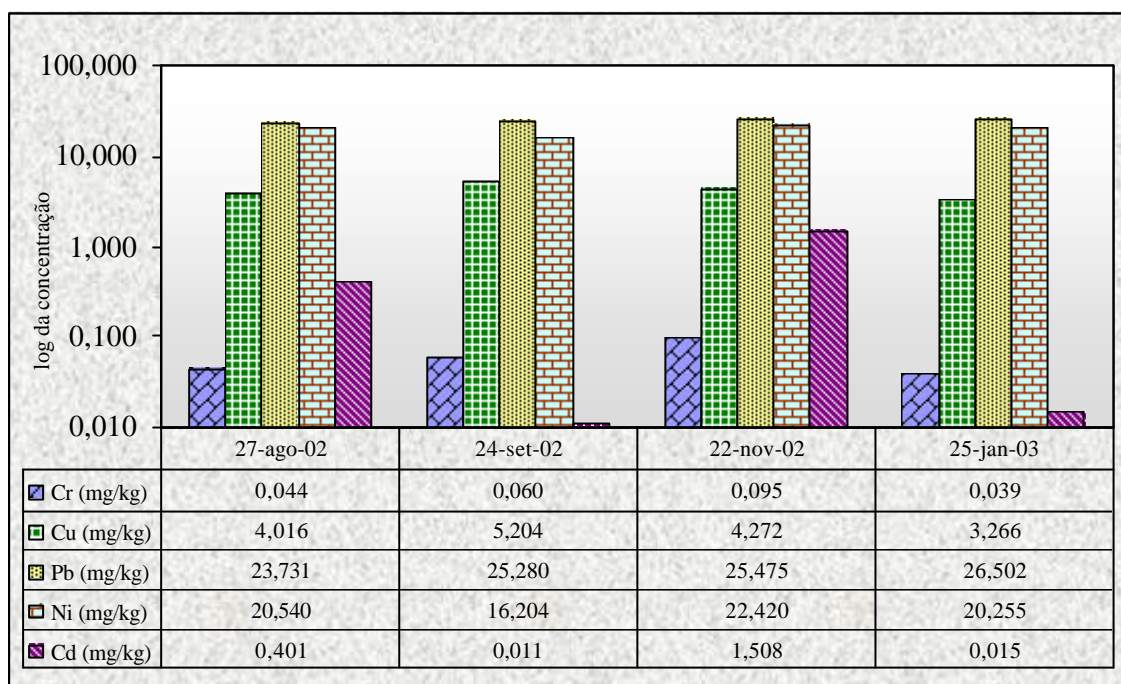


Figura 18. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Caiacangaçu.

As concentrações das médias do cromo total apresentaram diferenças significativas. Os outros elementos-traço não apresentaram diferenças (Anexo 7A). As concentrações de cobre, chumbo e níquel, durante o período de coleta, mantiveram-se constantes. Já as concentrações de cromo diminuíram, provavelmente, pela diminuição da fonte poluidora e, as concentrações de cádmio variaram da mesma maneira que as observadas para outras regiões.

Existem diferenças significativas entre as médias biodisponíveis do cobre, níquel e cádmio (Anexo 7B). O cromo e o chumbo não mostraram diferenças significativas. As concentrações de cromo, cobre, chumbo e níquel se mantiveram constantes durante as coletas. Ao longo do tempo, o cádmio biodisponível apresentou comportamento similar aos teores do cádmio total, significando que a quantidade total destes elementos-traço pode ser transferida para cadeia trófica. A concentração total dos elementos-traço está constituída por duas porções, uma biodisponível e outra não biodisponível. A parte biodisponível é a parte da concentração total que está acessível para biota. Apesar dos teores médios de cobre estarem em baixa, em relação aos dados de referência (Tabela 9), mesmo assim foi observado um aumento em relação aos valores apresentados na ilha das Três Irmãs.

Também foi observado um aumento dos valores médios de chumbo biodisponível em relação à mesma Ilha. Este aumento, provavelmente, se deve a localização deste ponto na baía Sul. Além disso, quando comparamos esses dados com os expostos em trabalhos publicados (Tabela 10) podemos observar que a concentração média de chumbo e níquel biodisponível é superior em relação à baía de Carpentaria e baía da Florida. As médias das concentrações de níquel biodisponível superamos níveis limites de efeito (Tabela 9).

A partir da análise das concentrações de elementos-traço totais e biodisponíveis na Baía de Caiacangaçu, verificou-se que o cromo se apresenta quase que totalmente na forma não biodisponível, para todas as amostras analisadas. Isto significa que as condições químicas do meio não favorecem a biodisponibilidade, tendo como consequência menor incorporação dos elementos-traço na cadeia trófica e menor risco toxicológico. Por outro lado, existe um equilíbrio das formas biodisponíveis e não biodisponíveis do cobre, chumbo e níquel e toda concentração de cádmio encontra-se na forma biodisponível, aumentando o risco toxicológico desses elementos-traço para biocenose local.

#### 5.3.4. Ilha do Campeche.

O ponto de coleta está localizado nas coordenadas 27°41, 364'S e 48°28, 344'W (Figura 19).



Figura 19. Localização do Ponto de Coleta na Ilha do Campeche.



As concentrações de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) são mostradas na figura 20.

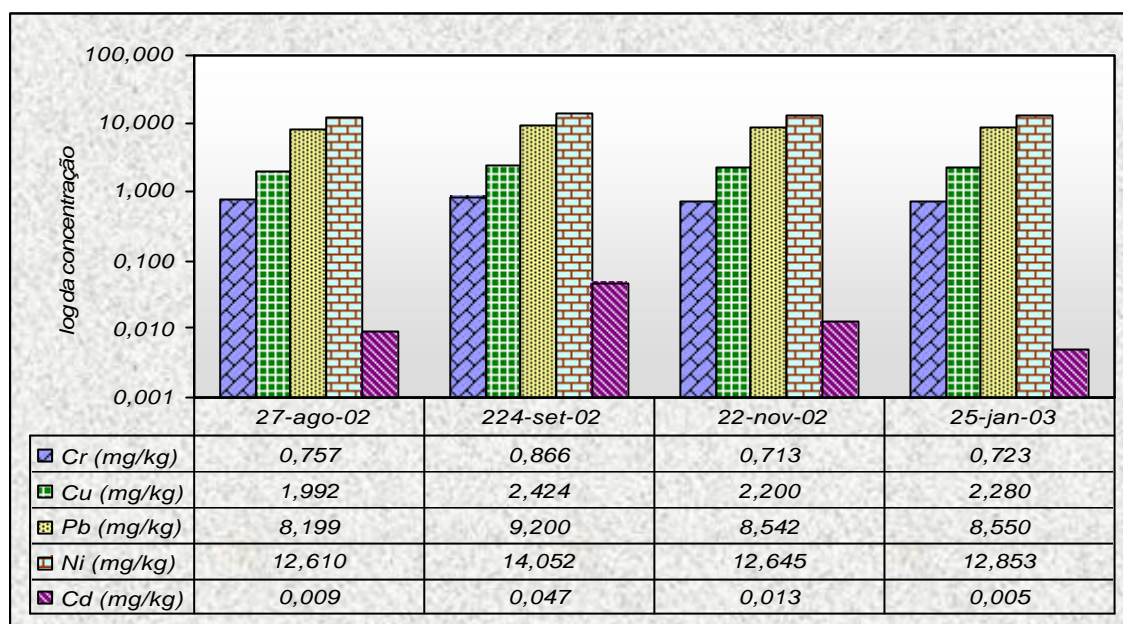


Figura 20. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha do Campeche.

Não existem diferenças significativas entre as médias das concentrações dos elementos-traço biodisponíveis (Anexo 8). As concentrações de cromo, cobre, chumbo, níquel e cádmio se mantiveram constantes durante todas as coletas nas diferentes datas.

Com exceção do cromo, os valores das médias concentrações de elementos-traço diminuíram em relação aos valores encontrados em Caiacangaçu, com consideráveis diminuições nos valores de cobre, chumbo e níquel. Os valores de chumbo encontrados na Ilha do Campeche estão acima dos valores observados na baía de Sepetiba (Tabela 10).

De maneira geral, os baixos valores de elementos-traço encontrados, provavelmente, devem-se ao fato da Ilha do Campeche estar localizada no lado oposto da baía Sul, segundo Steiner et al. 2007 as correntes marinhas do Brasil e das Malvinas influenciam nesta região, diminuindo assim, a influência de contaminação desta baía. Diante dos resultados encontrados, podemos inferir que o ponto de coleta na Ilha do Campeche pode ser considerado como padrão de referência de baixos valores de elementos-traço em Florianópolis.

### 5.3.5. Ilha de Ratores Grande.

Ilha localizada na baía norte em Florianópolis. O ponto de coleta este localizado nas coordenadas 27°28, 209'S e 48°33, 963'(Figura 21).

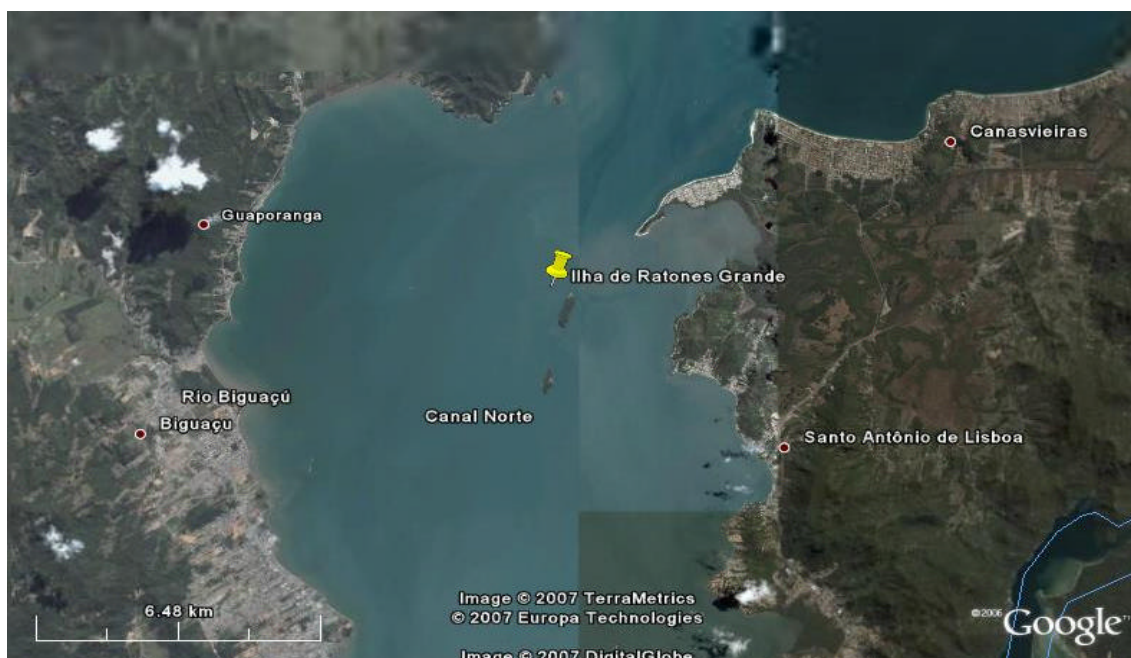


Figura 21. Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Ratores Grande.

Os dados das concentrações dos elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) são apresentados na figura 22.

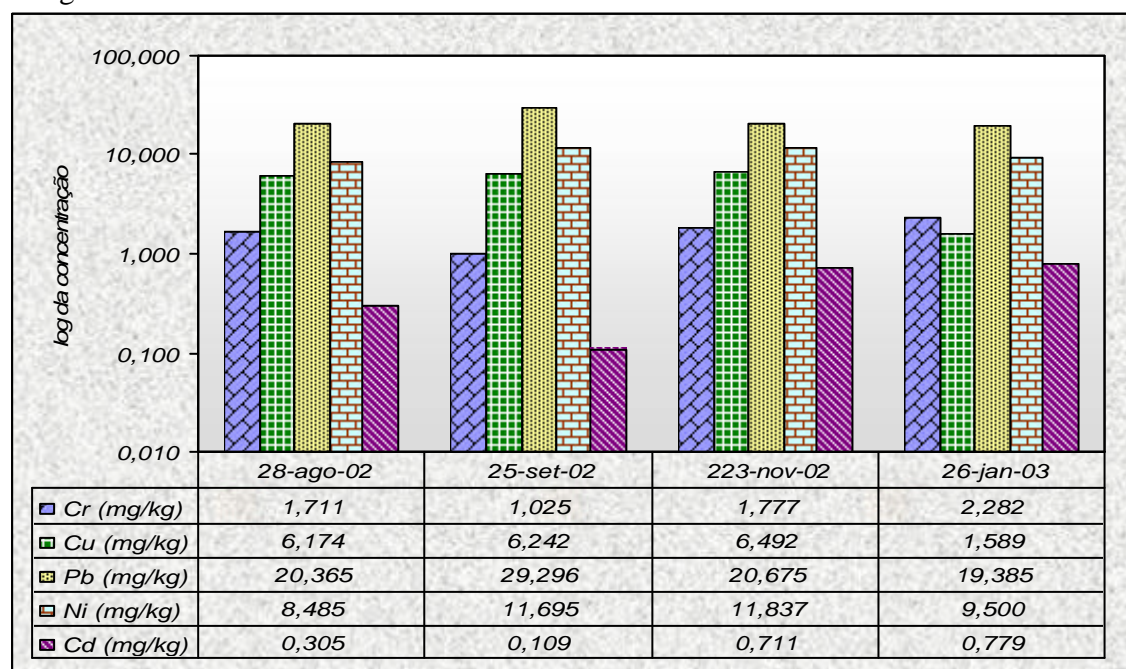


Figura 22. Concentração de elementos-traço biodisponíveis na Ilha de Ratores.

Existem diferenças entre as médias das concentrações de cromo, chumbo e cádmio. O cobre e o níquel não apresentaram diferenças significativas (Anexo 9). As concentrações de cromo, chumbo, níquel e cádmio se mantiveram constantes ao longo do tempo nas diferentes campanhas, porém as concentrações de cobre se mantiveram constantes nas primeiras três coletas e diminuíram na última, isto provavelmente deve-se a diminuição da fonte poluente ou a um erro de localização.

Com exceção do níquel que apresentou uma diminuição da concentração, o cromo, cobre, cádmio e, em especial, o chumbo tiveram um aumento em relação aos valores da Ilha do Campeche. Esses valores quando comparados aos valores da literatura, o chumbo e o níquel aumentaram em relação à baía de Carpentaria e a baía da Florida. O níquel também aumentou com relação à PETAR. Nota-se claramente que o incremento dos valores médios das concentrações dos elementos-traço provavelmente é devido à localização na baía Norte em frente ao Rio Biguaçu no município do mesmo nome, no qual há um parque industrial.

### 5.3.6. Armação da Piedade.

Este ponto está localizado no município de Celso Ramos, nas coordenadas 27°23, 153'S e 48°32, 817'W (Figura 23). As concentrações dos elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) são mostradas na figura 24.

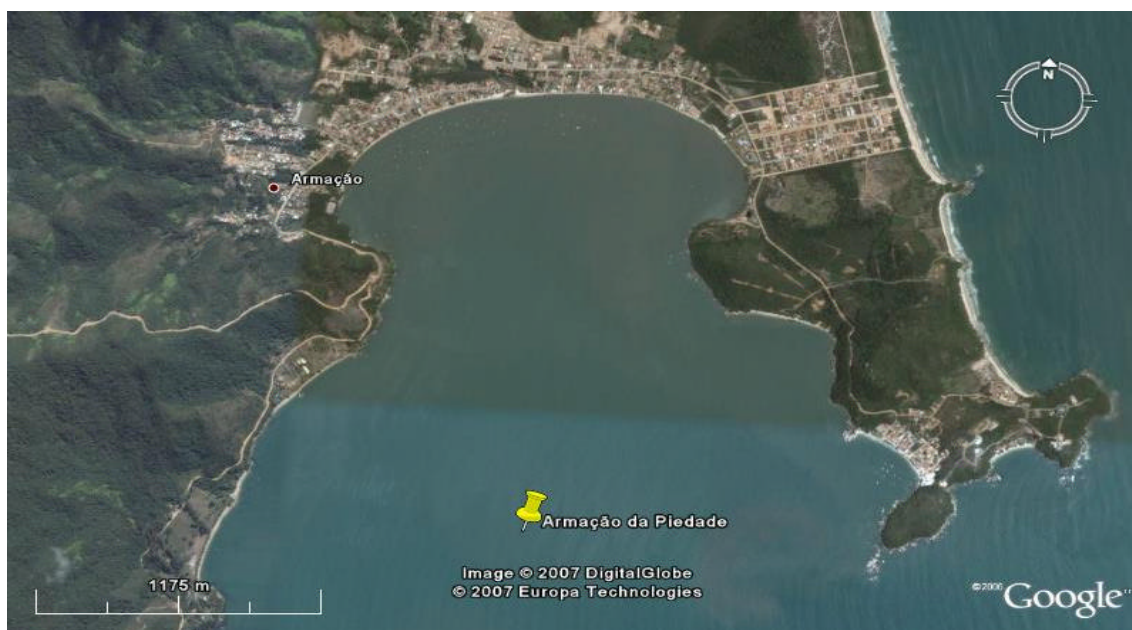


Figura 23. Localização do Ponto de Coleta na Armação da Piedade.



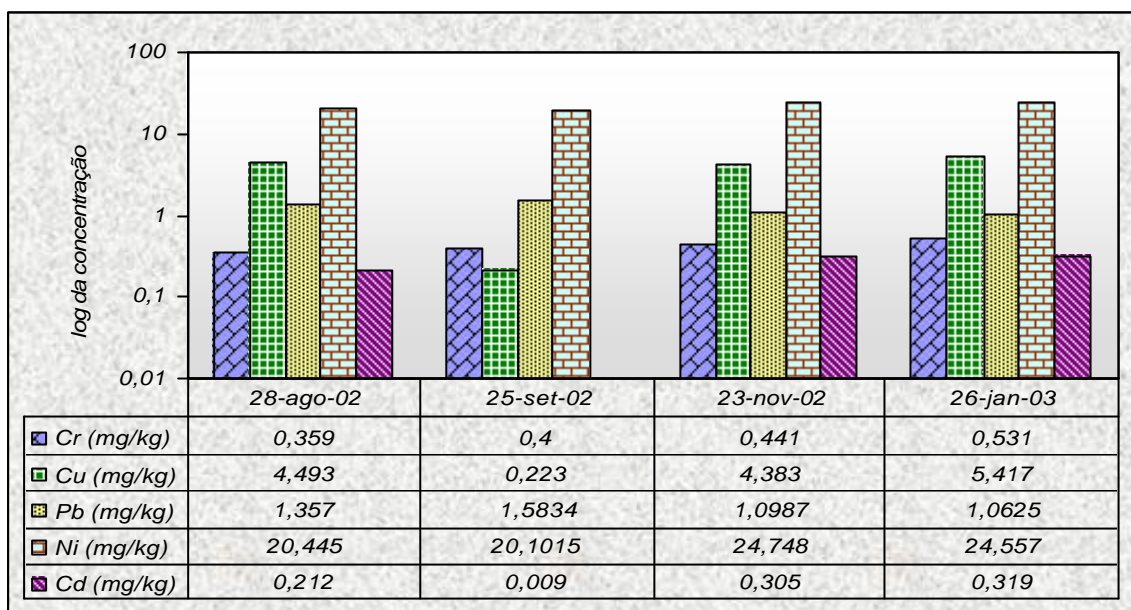


Figura 24. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía da Armação da Piedade.

Existem diferenças significativas nos valores das médias de cobre. O restante dos elementos-traço não apresentou diferenças significativas (Anexo 10). As concentrações de cromo, chumbo e níquel se mantiveram constantes durante o período de amostragem. Porém, a concentração de cobre, da segunda coleta, apresentou uma diminuição considerável se comparada com as outras coletas, provavelmente por erro de localização. Foi observada uma diminuição na concentração média do cromo, cobre, chumbo e cádmio em relação à Ilha de Ratores Grande. Somente foi observado um aumento na concentração média do níquel em relação à mesma Ilha o qual também supera os níveis limites de efeito (Tabela 9). Este aumento da concentração de níquel pode ser devido à falta de um tratamento de esgoto eficiente para a remoção destes elementos-traço, disponibilizando o mesmo ao meio ambiente.

As baixas concentrações de (Cr, Cu, Pb e Cd) observadas neste local, provavelmente, devem-se a sua localização fora da baía Norte e distante de área industrializada. Cabe ressaltar, que este local é protegido naturalmente por uma baía e este tipo de proteção pode evitar a entrada de agentes poluidores externos. Porém, quando o agente poluidor se origina no interior deste tipo de ambiente a saída é dificultada devido a pouca recirculação. Diante dos resultados encontrados podemos dizer que para esta região, este ponto pode ser considerado como local de referência de baixa concentração de elementos-traço.

### 5.3.7. Ganchos.

Este ponto de coleta está localizado na baía de Tijucas no município de Celso Ramos, nas coordenadas 27°18, 037'S e 48°33, 393'W (Figura 25).

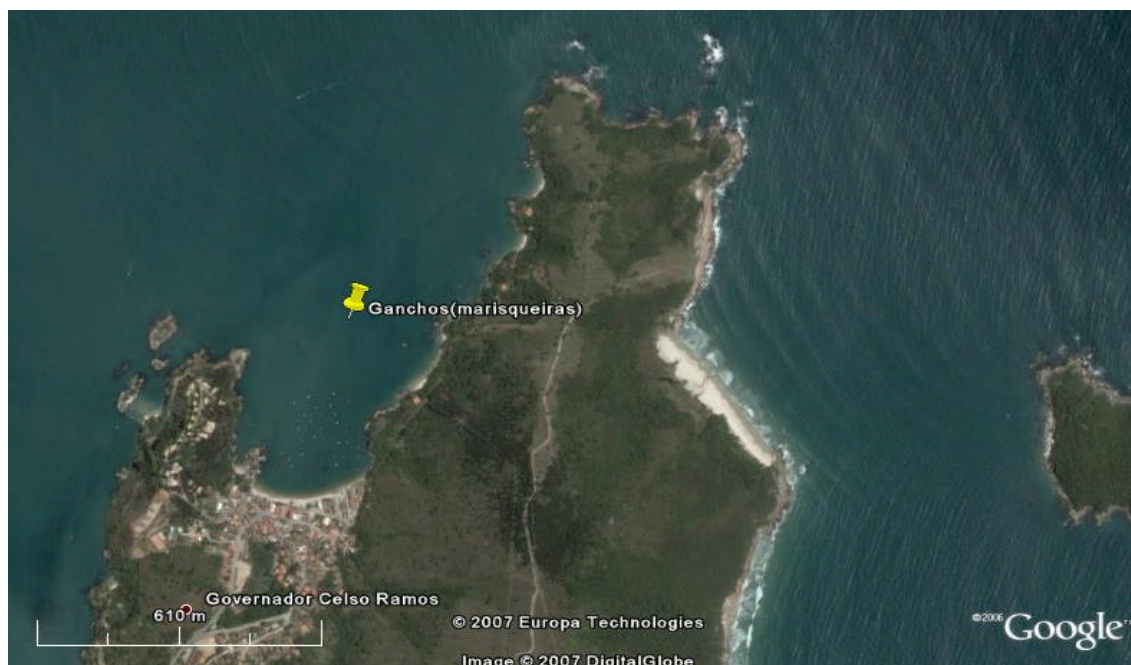


Figura 25. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Ganchos.

Por este ponto estar localizado na baía de Tijucas e sofrer influência direta do Rio “inferninho” foi escolhido para determinação e comparação das concentrações (mg/kg) totais e biodisponíveis de elementos-traço figuras 26 e 27.

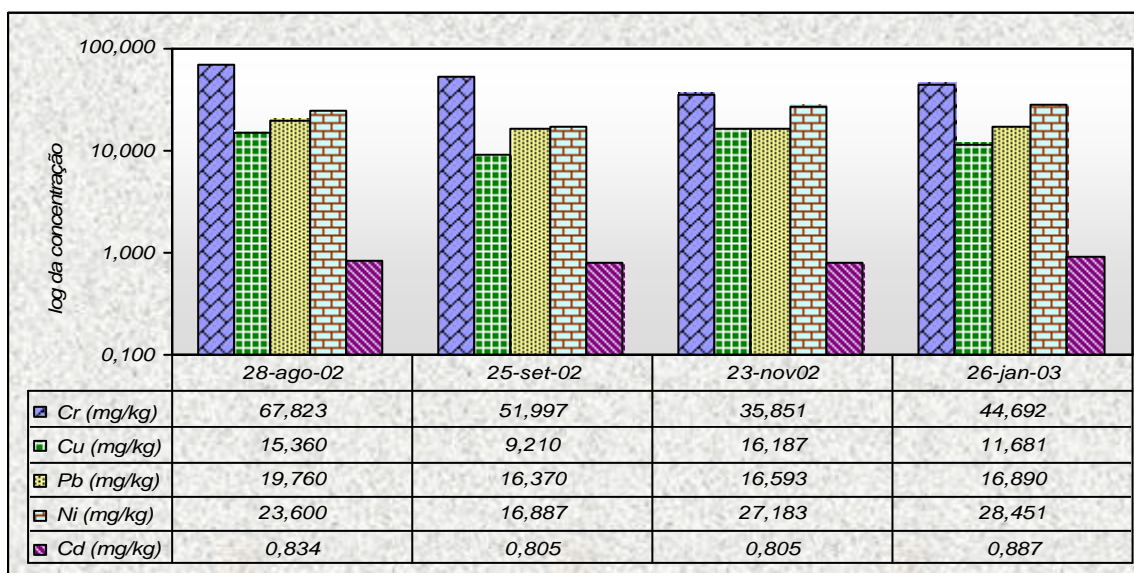


Figura 26. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Ganchos.

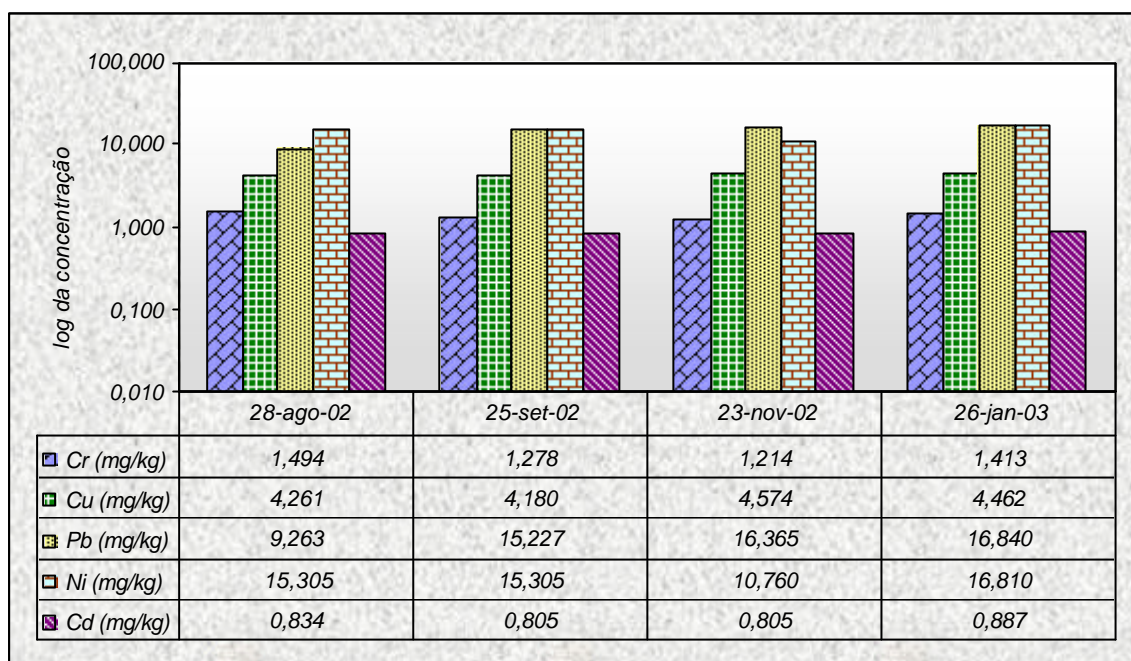


Figura 27. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Ganchos.

Os elementos-traço totais apresentaram diferenças significativas nos valores das concentrações das médias do cromo, cobre e níquel. O chumbo não apresentou diferença significativa (Anexo 11A). As concentrações de chumbo, níquel e cádmio se mantiveram constantes durante o tempo nas diversas coletas. A concentração de cromo foi maior na primeira coleta e, nas três últimas amostragens apresentou uma diminuição, o que leva a pensar em um possível controle ou diminuição do agente poluidor. Com respeito à concentração de cobre este parece acompanhar a disponibilidade do mesmo no meio.

Os valores das médias das concentrações dos elementos-traço biodisponíveis apresentaram diferenças significativas. Os outros elementos-traço não apresentaram diferenças significativas (Anexo 11B). As concentrações de cromo, cobre, níquel e cádmio se mantiveram constantes ao longo do tempo. Já a concentração de chumbo foi aumentando, gradativamente no decorrer do tempo o que pode ter sido ocasionado pelo incremento da fonte antropogênica. Comparando com valores médios biodisponíveis, encontrados na Armação da Piedade, as concentrações de cobre e chumbo, em Ganchos, aumentaram e, diminuiram em relação ao níquel. As médias das concentrações de cádmio superam os níveis limites de efeito (Tabela 9).



Este ponto de coleta apesar de estar localizado numa área turística, apresentou um incremento na concentração de todos os elementos-traço com relação à Ilha do Arvoredo. O aumento da concentração dos elementos-traço, provavelmente a desembocadura do pequeno Rio “inferninho” que atravessa uma extensa área agrícola onde utilizam varios tipos de inseticidas, alguicidas, bactericidas conhecidos como “defensivos agrícolas”, os quais contêm em suas fórmulas elementos-traço como: cromo, chumbo, cobre, cádmio (BURRIEL et al., 1998).

Existe a possibilidade de este rio contaminar-se com líquidos percolados do aterro sanitário de Biguaçu, localizado perto de seu trajeto. Segundo STRELAU 2006, o leixiviado apresenta baixas concentrações de elementos traço. Além disso, este ponto é influenciado pelo Rio Tijucas que atravessa uma área industrial.

### 5.3.8. Ilha do Arvoredo.

Igualmente a Armação da Piedade, este ponto pertence ao município de Governador Celso Ramos e está localizado nas coordenadas 27°17, 185’S e 48°22, 445’W (Figura 28).



Figura 28. Localização do Ponto de Coleta na Ilha do Arvoredo.

As concentrações de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) são mostradas na figura 29.

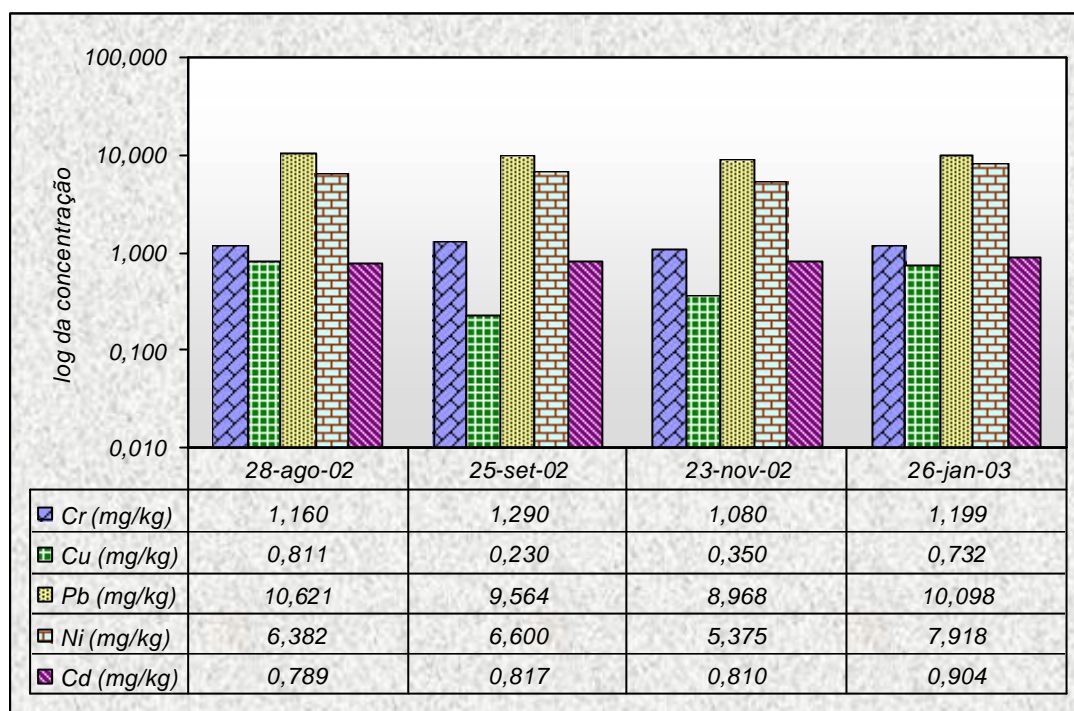


Figura 29. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha do Arvoredo.

Não existem diferenças significativas entre as médias dos teores dos elementos-traço biodisponíveis (Anexo 12) e suas concentrações permanecem constantes ao longo do tempo das diversas coletas. Apesar dos valores de chumbo encontrados (Figura 26) cabe ressaltar, que mesmo assim, estão abaixo dos teores recomendados pela EPA (Tabela 9).

Os valores das concentrações médias biodisponíveis de cromo, cobre, chumbo e níquel da Ilha do Arvoredo diminuíram em relação às concentrações encontradas na baía de Ganchos. Esta diminuição, provavelmente, deve-se a localização geográfica da Ilha do Arvoredo eis que a mesma sofre grandes influências das correntes marinhas. Por ser o encontro das correntes marítimas do Brasil com as Malvinas, a reserva está situada em uma região de grande diversidade marinha (GUIA SANTA CATARINA). Mesmo encontrando elementos-traço biodisponíveis em baixas concentrações, podemos considerar a Ilha do Arvoredo como padrões de baixos teores destes elementos com exceção dos valores médios de cádmio que supera os níveis limitemde efeito (Tabela 9).



## 5.4. Microrregião de Itajaí.

A base da economia é o porto mercante e a pesca, sendo que o comércio atacadista de combustíveis é um gênero de grande expressão. No setor industrial o destaque fica para os gêneros de produtos minerais não metálicos (principalmente produção de cimento), produto alimentares (principalmente pescados industrializados e alimentos), papel e papelão e produtos de materiais plásticos. No setor agropecuário, os principais produtos explorados são: arroz irrigado, feijão, melancia, milho, oleácea e a criação de bovinos de corte e misto, além da avicultura e suinocultura (MUNICÍPIO DE ITAJAÍ, 2006).

### 5.4.1. Zimbros.

Este ponto está localizado ao norte da Baía do Rio Tijucass, nas coordenadas 27°12,447'S e 48°31,091'W (Figura 30).

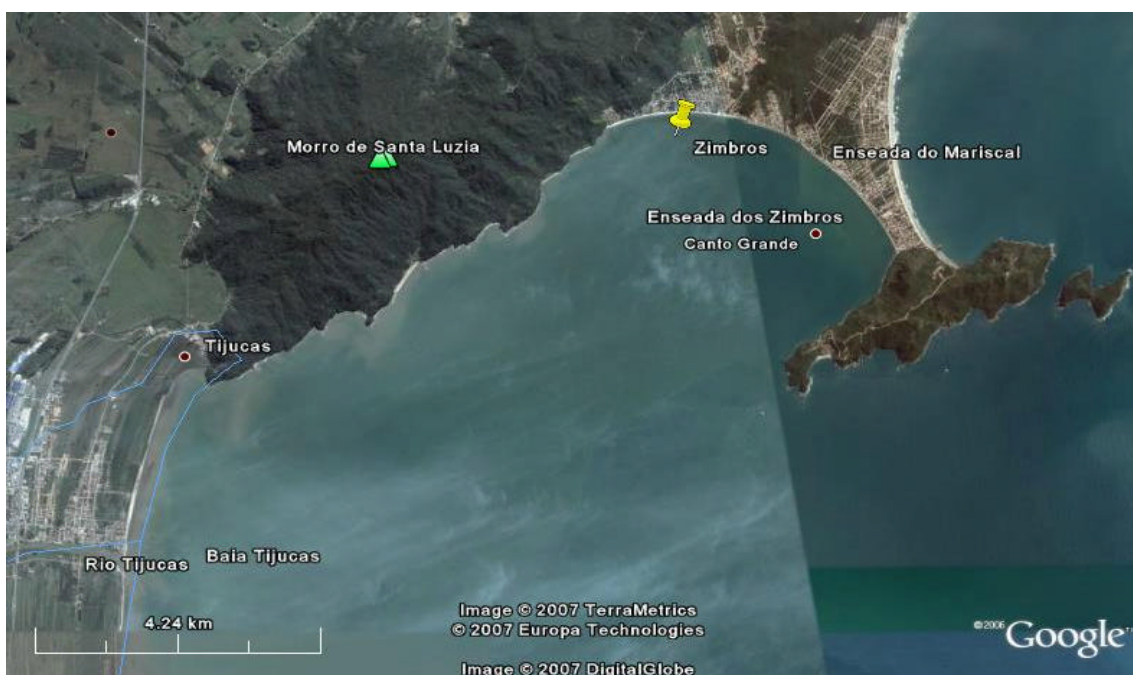


Figura 30. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Zimbros.

Este é uns dos pontos que foi escolhido para determinar as concentrações totais e biodisponíveis. As concentrações de elementos-traço (mg/kg) totais e biodisponíveis estão mostradas nas figuras 31e 32.

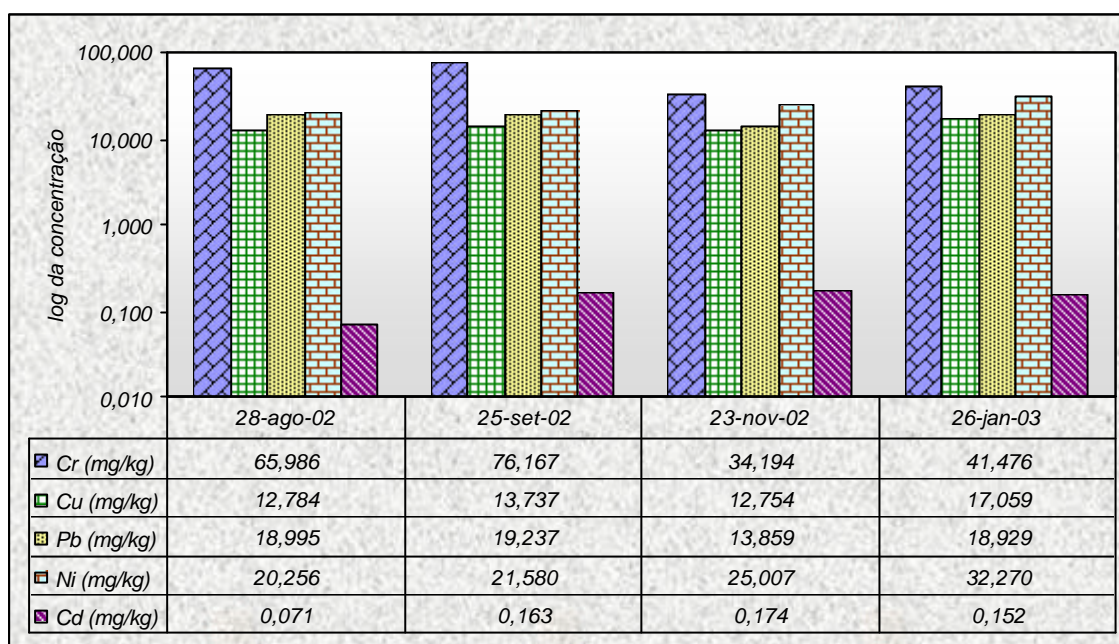


Figura 31. Concentração de elementos-traço (mg/kg) totais na Baía de Zimbros.

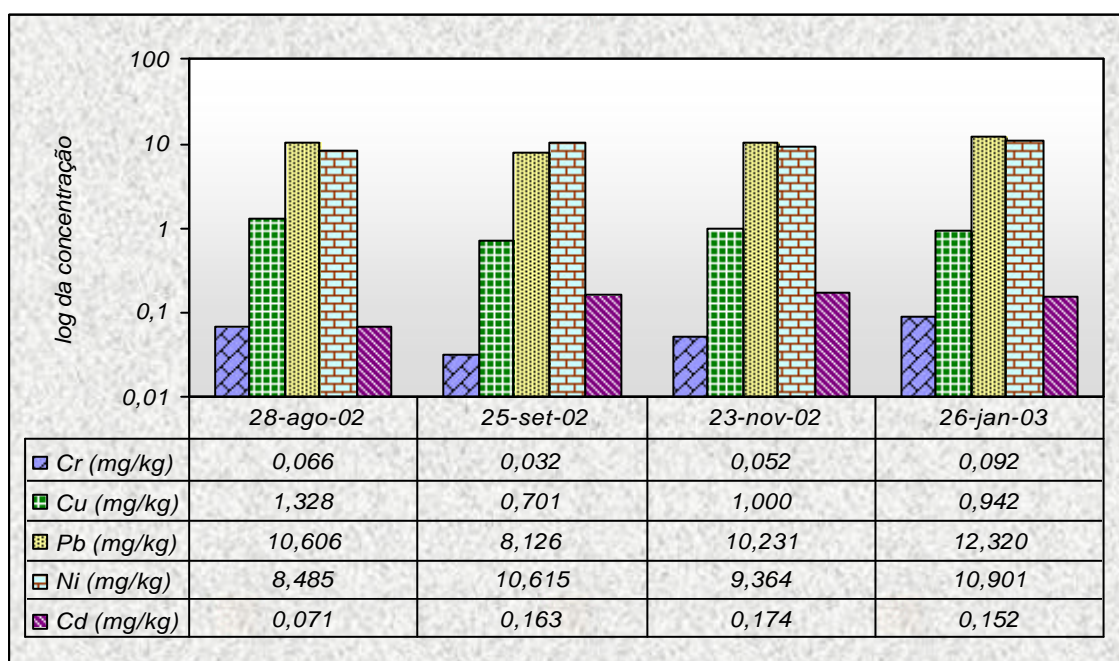


Figura 32. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Zimbros.

Não existem diferenças significativas entre as médias das concentrações dos elementos-traço totais e biodisponível (Anexo 13A, 13B). As concentrações totais de cobre, chumbo e níquel se mantiveram constantes. As variações nas concentrações de cromo podem ser

consideradas como erro de localização. Em relação ao cádmio, podemos observar que as concentrações das últimas três coletas aumentaram consideravelmente em relação aos teores apresentados na primeira amostragem o que nos leva, a concluir que houve incremento da fonte poluidora. As concentrações dos elementos-traço biodisponíveis permaneceram invariáveis com exceção do cádmio que apresentou o mesmo comportamento do cádmio total.

Os valores das concentrações médias do chumbo e níquel superam os valores relatados nos trabalhos publicados (Tabela 10). É interessante observar a comparação da concentração dos elementos-traço deste ponto com os valores encontrados em Ganchos. Apesar da concentração de elementos-traço totais em Ganchos serem menor (exceto o Cd), sua biodisponibilidade é maior comparada a Zimbros. Isto provavelmente deve-se a presença da matéria orgânica nas amostras, pois durante o processo de digestão total obtém-se a totalidade dos elementos-traço e, no processo de digestão parcial só se extrai a parte biodisponível dos elementos-traço. Além disso, os cultivos de mariscos na Baía de Ganchos estão localizados num ponto com maior recirculação de águas com o oceano, comparados aos cultivos de mariscos da baía de Zimbros, o que provavelmente, permite uma maior mobilidade de matéria orgânica em Ganchos.

Os mariscos são filtradores e se alimentam de partículas de matéria em suspensão e fitoplancton. As brânquias estão muito desenvolvidas, e são utilizadas tanto para a respiração como para a alimentação. Em condições normais, um mexilhão de tamanho médio, filtra de 4 a 5 litros de água por hora, sendo capaz de absorver, com eficiência, partículas com diâmetros entre 2-5 micras (PUERTA HENCHE, 1995).

Segundo FIGUERAS (1989) uma corda de mexilhão pode filtrar mais de 90.000 litros de água em 24 horas e, ainda, uma estrutura flutuante com 300 a 500 cordas de mexilhão pode ingerir 180 Tm de matéria orgânica em um ano, dos quais 100 Tm retornam ao meio em forma de detrito. A acumulação dessas quantidades de detritos no fundo do mar pode ser prejudicial à sobrevivência de outras espécies bentônicas (TIRADO; MACIAS, 2002). As concentrações médias biodisponíveis de cobre, chumbo e níquel aumentaram em Zimbro em relação à Ilha do Arvoredo e diminuíram na concentração do cromo.



### 5.4.2. Porto Belo.

Este ponto está localizado nas coordenadas 27°08, 251'S e 48°32, 264'W (Figura 33).



Figura 33. . Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Porto Belo.

As concentrações de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) são mostradas na figura 34.

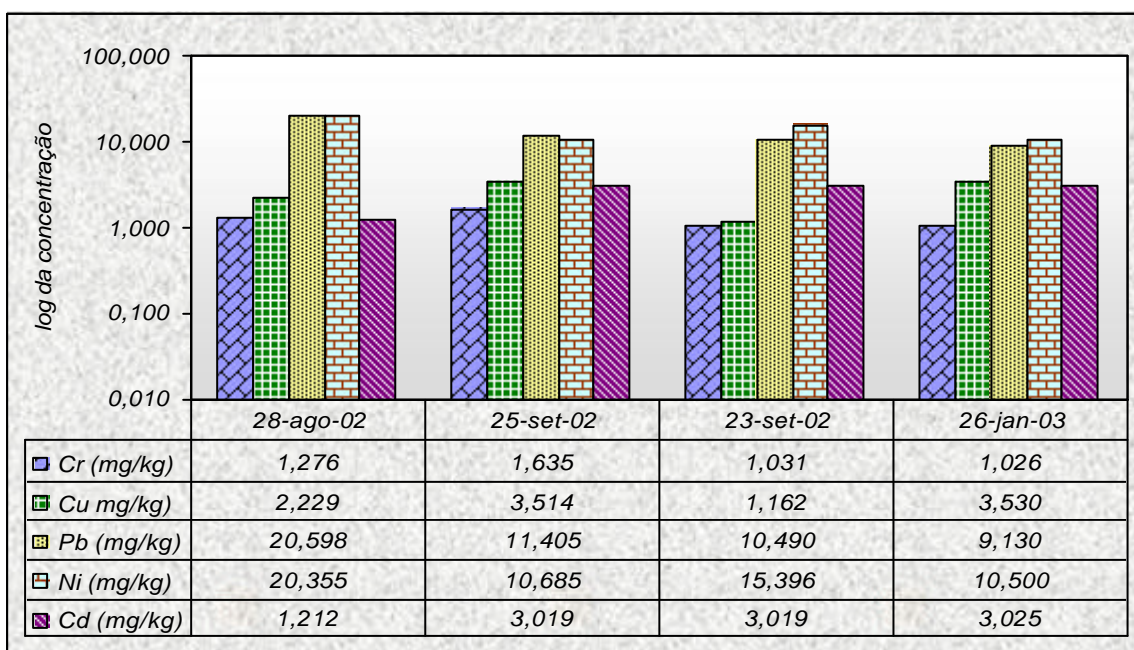


Figura 34. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha de Porto Belo.

Existem diferenças significativas entre as concentrações médias de chumbo, níquel e cádmio. As médias das concentrações de cromo e o cobre não apresentaram diferenças significativas, (Anexo 14). As concentrações de cromo e cobre, durante o tempo de coleta permaneceram constantes, porém as concentrações de chumbo diminuíram no transcurso do tempo. Isto provavelmente deve-se a diminuição gradativa da fonte contaminante. A concentração do níquel, nas três últimas coletas, diminuíram em relação aos teores da primeira amostragem o que pode indicar que a fonte poluidora pode ter emitindo menores quantidades. Por sua vez, os valores de cádmio das três últimas coletas aumentaram em relação à primeira e superam os níveis limites de efeito (Tabela 9). Mesmo com a presença de extensos cultivos de mariscos, as concentrações médias biodisponíveis de cromo, cobre, chumbo, níquel e cádmio, em Porto Belo, aumentaram em relação aos valores da baía de Zimbros.

#### 5.4.3. Laranjeiras.

Ponto localizado no Balneário de Camboriú, nas coordenadas  $26^{\circ}59,562'S$  e  $48^{\circ}35,531'W$  (Figura 35).

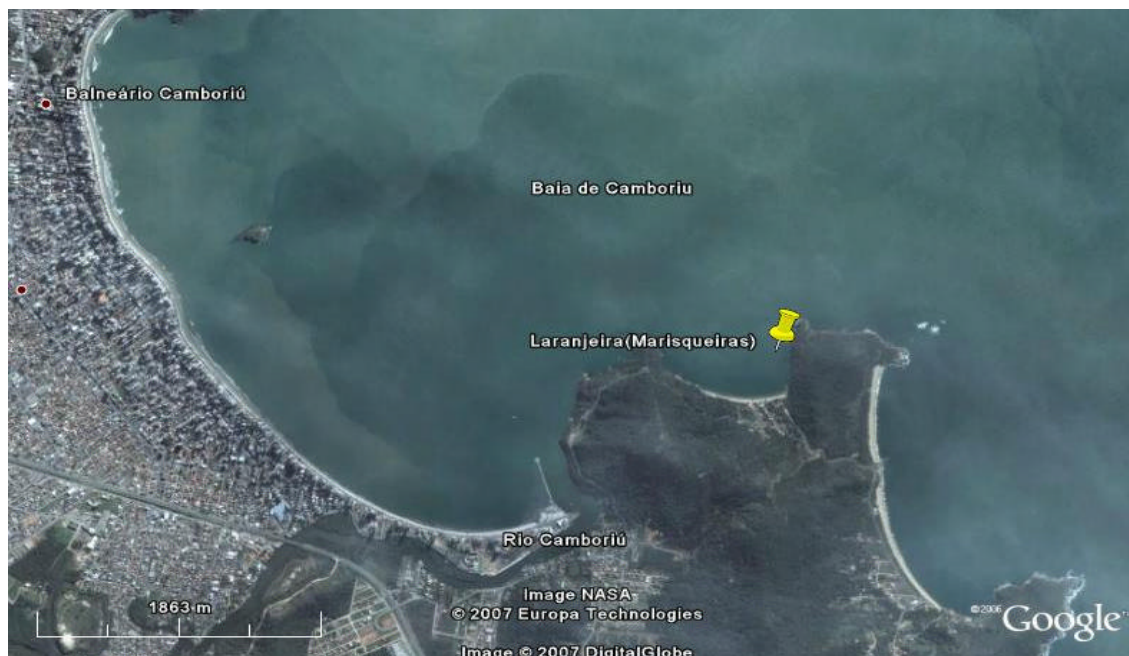


Figura 35. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Laranjeiras.

As concentrações dos elementos-traço (mg/kg) totais e biodisponíveis estão apresentadas nas figuras 36 e 37.



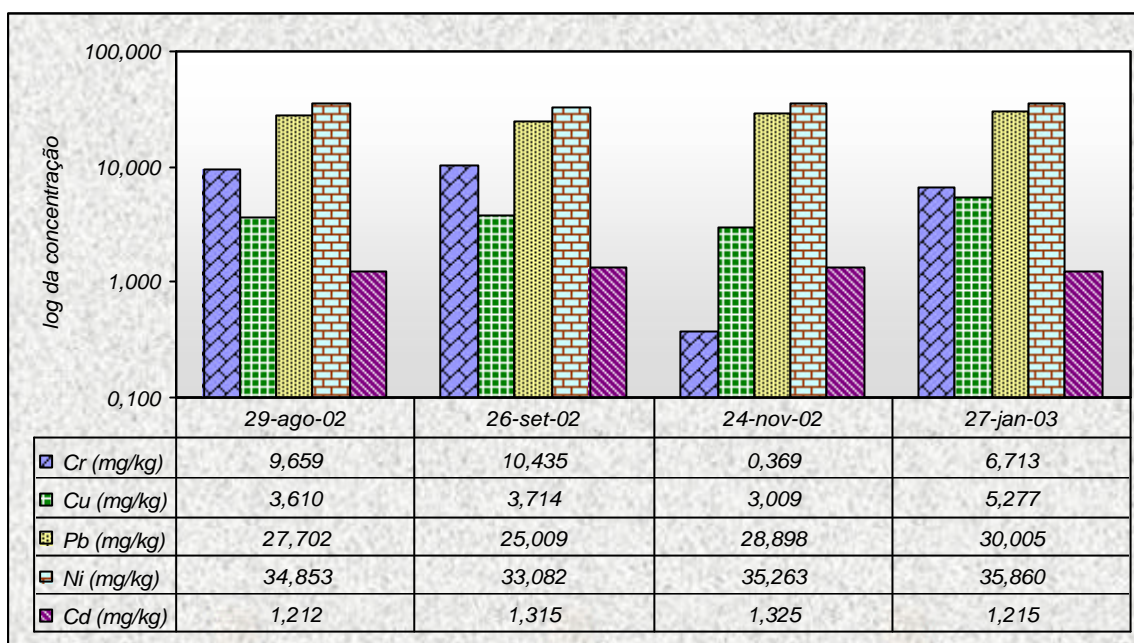


Figura 36. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Laranjeiras.

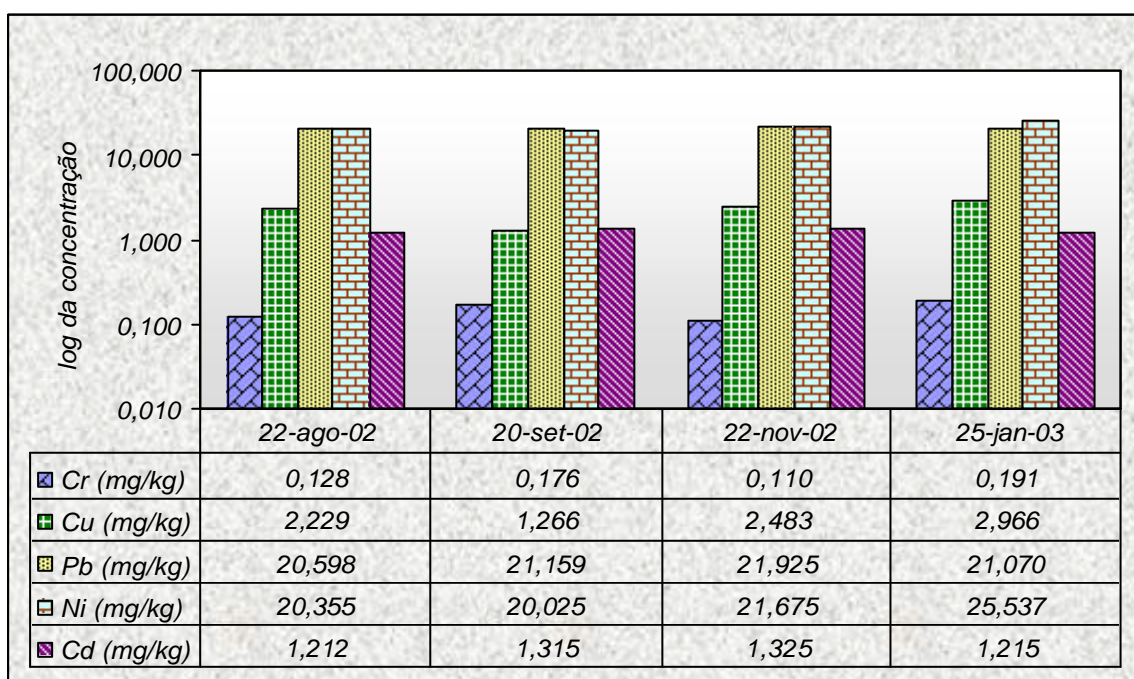


Figura 37. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de Laranjeiras.

Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações totais do cromo, cobre, chumbo e níquel (Anexo 15A). Os teores totais dos elementos-traço permaneceram constantes ao longo do período de coleta com exceção do cromo que apresentou uma diminuição considerável na terceira coleta podendo-se justificar por um erro na localização.

Entre as médias dos valores biodisponíveis não existem diferenças significativas (Anexo 15B) e as concentrações ao longo do tempo de coleta permaneceram constantes. Os valores de chumbo e níquel biodisponíveis são superiores aos valores relatados nos trabalhos publicados (Tabela 10).

As concentrações médias de elementos-traço biodisponíveis de cromo, cobre e cádmio diminuíram em relação aos valores encontrados em Porto Belo. Porém, foi observado um aumento em relação ao chumbo e níquel. Os valores médios de níquel e cádmio superam os níveis limites de efeito (Tabela 9). Estes aumentos podem ser influenciados pela desembocadura do Rio Camboriú, o qual vem sofrendo grandes problemas nas últimas décadas, decorrente da agricultura, que na produção de arroz, represa indevidamente a água e despeja grande quantidade de agrotóxicos (muitos deles contém em suas fórmulas elementos-traço) na água. Outro problema que ameaça a Rio Camboriú é falta de tratamento de esgoto no Município de Camboriú, onde o rio tem o seu maior percurso.

#### 5.4.4. Itajaí.

Este ponto está localizado na frente da barra do Rio Itajaí nas coordenadas 26°54, 722' S e 48°36, 682' W (Figura 38).

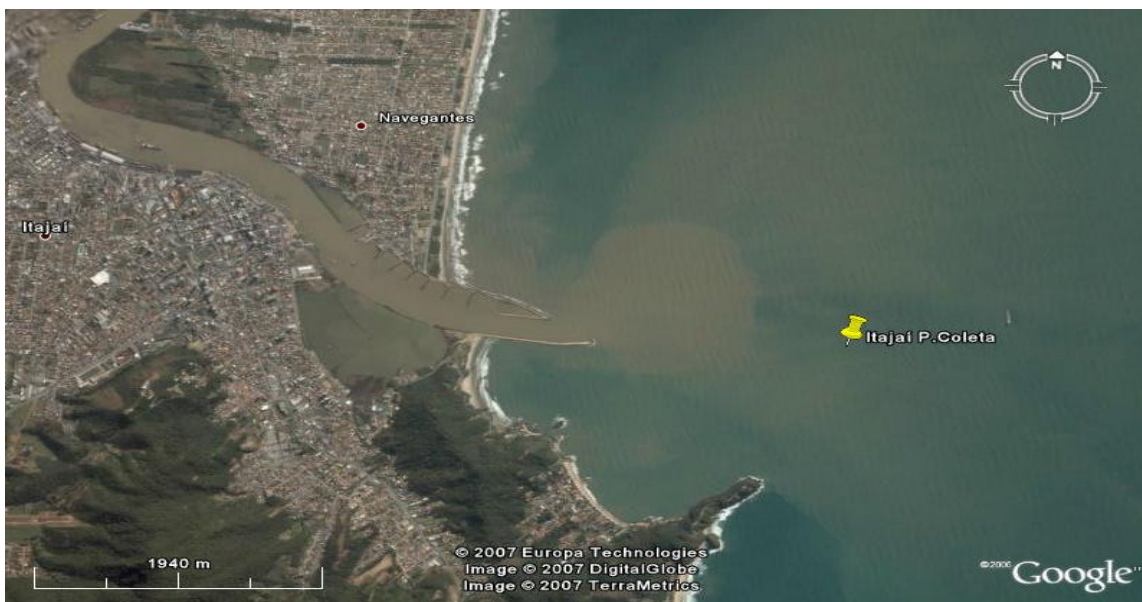


Figura 38. Localização do ponto de Coleta em Itajaí.

As concentrações de elementos-traço (mg/kg) totais e biodisponíveis estão mostradas nas figuras 39 e 40.



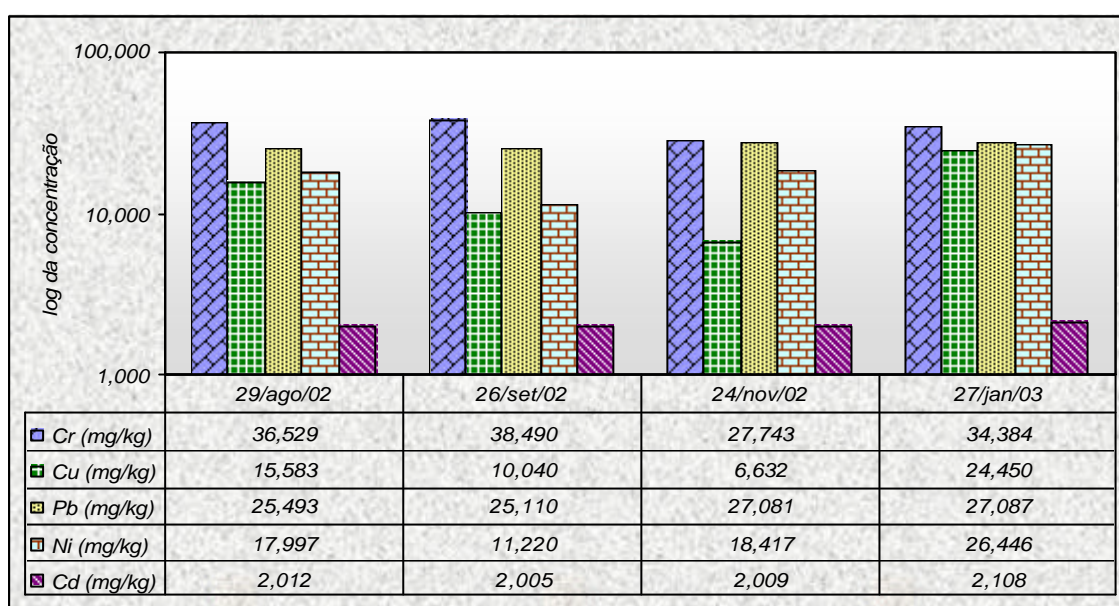


Figura 39. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) em Itajaí.

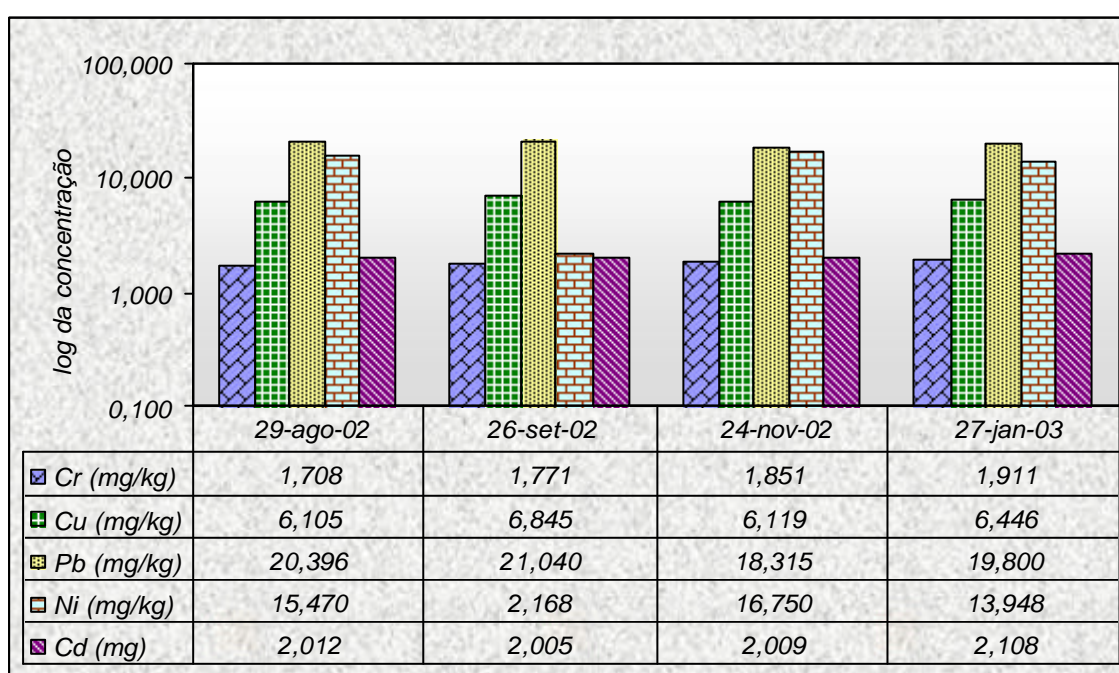


Figura 40. Concentração de elementos-traço Biodisponíveis (mg/kg) em Itajaí.

Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações do cobre. As médias dos teores de cromo, chumbo e cádmio não apresentaram variações significativas (Anexo 16A). Entre as médias das concentrações biodisponíveis existem diferenças significativas no cromo e níquel. As concentrações médias de cobre, chumbo e cádmio não apresentaram mudanças significativas (Anexo 16B). Os teores dos elementos-traço totais e biodisponíveis



se mantiveram constantes durante o tempo de coleta, o que pode indicar um aporte constante e específico de uma fonte poluidora.

Analisando os dados dos valores médios biodisponíveis, podemos observar que a concentração de cromo, cobre, e cádmio supera os teores encontrados em Laranjeiras, porém, foram observados valores menores de chumbo e níquel. Os valores das médias das concentrações de cádmio superam os níveis limites de efeito (Tabela 9). As maiores concentrações de chumbo e níquel observadas em Laranjeiras, provavelmente devem-se a presença da grande quantidade de embarcações de pequeno porte em manutenção ao longo das suas margens. Sabe-se que as matérias primas para concerto de embarcações marítimas contém elementos-traço em sua composição como é o caso das tintas.

#### 5.4.5. Penha.

Este ponto de coleta está localizado nas coordenadas 26°46, 016'S e 48°35, 950'W (Figura 41).



Figura 41. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Penha.

As concentrações de elementos-traço (mg/kg) totais e biodisponíveis são mostradas nas figuras 42 e 43.

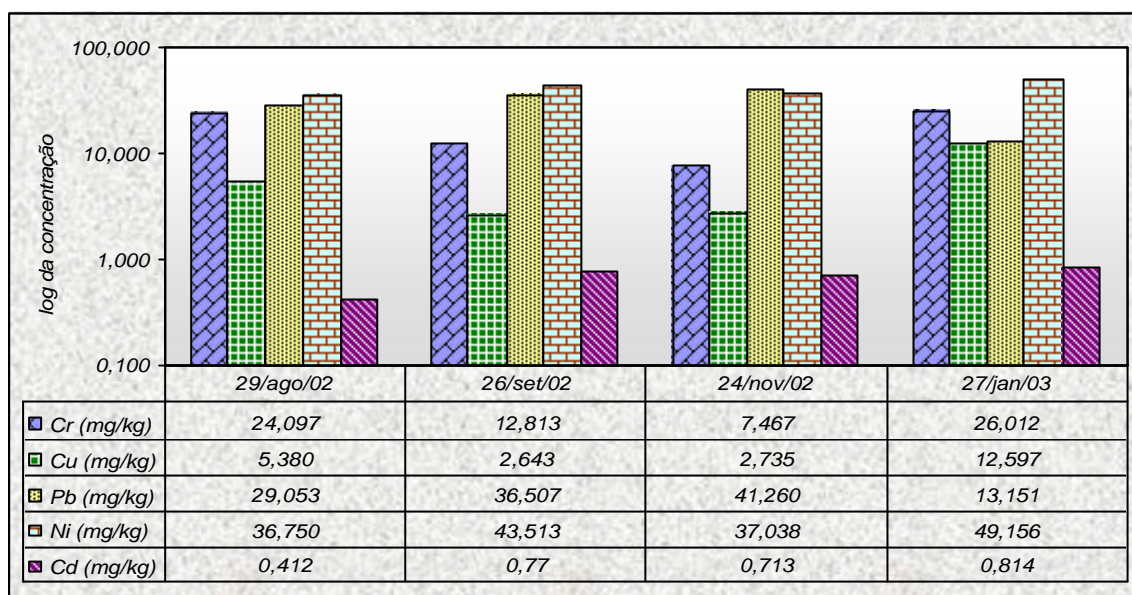


Figura 42. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) em Penha.

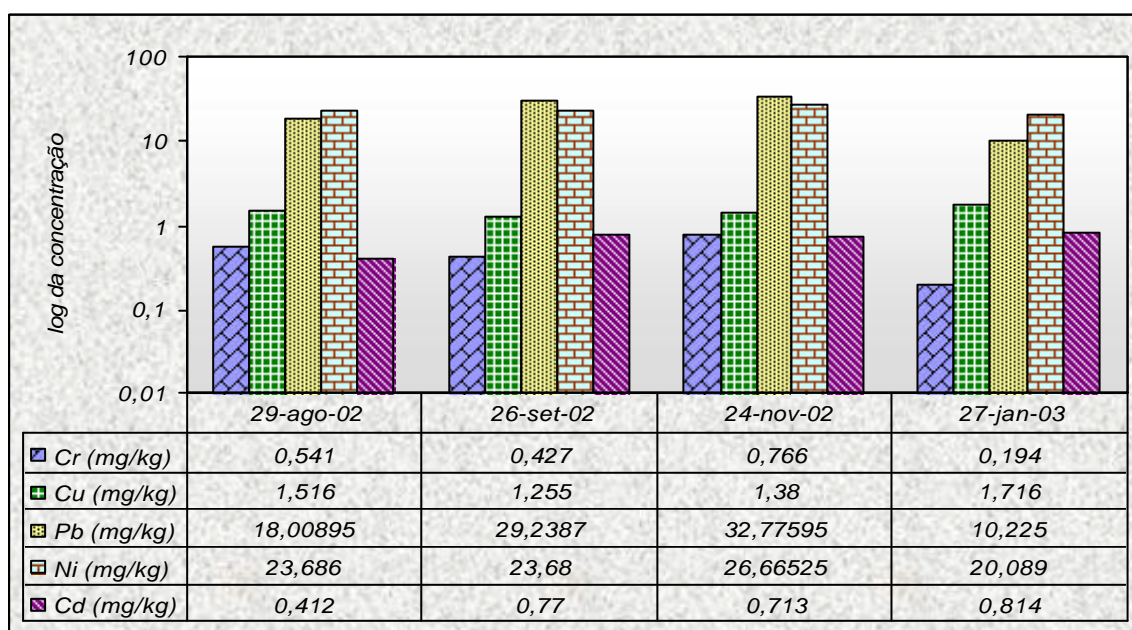


Figura 43. Concentração de elementos-traço biodisponíveis em Penha.

Comparando os valores das concentrações de elementos-traço totais com valores de referência, podemos observar que a concentração de níquel, nas três primeiras amostras analisadas, supera ligeiramente as concentrações negligenciáveis e a quarta amostra supera a concentração máxima permissível (Tabela 9). Esta concentração pode-se dever a

influência do Rio Itajaí que nesta região diminui seu fluxo permitindo a precipitação dos compostos que contém elementos-traço.

Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações totais de cromo, cobre e chumbo (Anexo 17A). Com exceção das concentrações totais de cádmio que se mantiveram constantes, os valores de cromo, cobre, chumbo e níquel e parecem acompanhar a quantidade de deposição do agente poluidor. Entre as médias das concentrações de elementos-traço biodisponíveis existem diferenças significativas nos valores do cromo, chumbo e níquel. As médias das concentrações de cobre e cádmio não apresentaram variações significativas (Anexo 17B). Os teores biodisponíveis de cromo, cobre, níquel e cádmio permaneceram constante durante o tempo de coleta, as concentrações de chumbo parece acompanhar sua disponibilidade no meio. Os valores das médias das concentrações de níquel superam os níveis limites de efeito. Porém os valores do cádmio com relação aos níveis limites de efeito se apresenta iguais.

### **5.5. Microrregião de Joinville.**

O perfil industrial é formado por grandes conglomerados do setor elementos-traço-mecânico, químico, plásticos, têxtil e de desenvolvimento de software, tornando-a um grande pólo tecnológico.



### 5.5.1. Ilha dos Remédios.

Este ponto de coleta está localizado na frente da Barra do Sul nas coordenadas 26°27, 209 S e 48°34, 949'W (Figura 44).

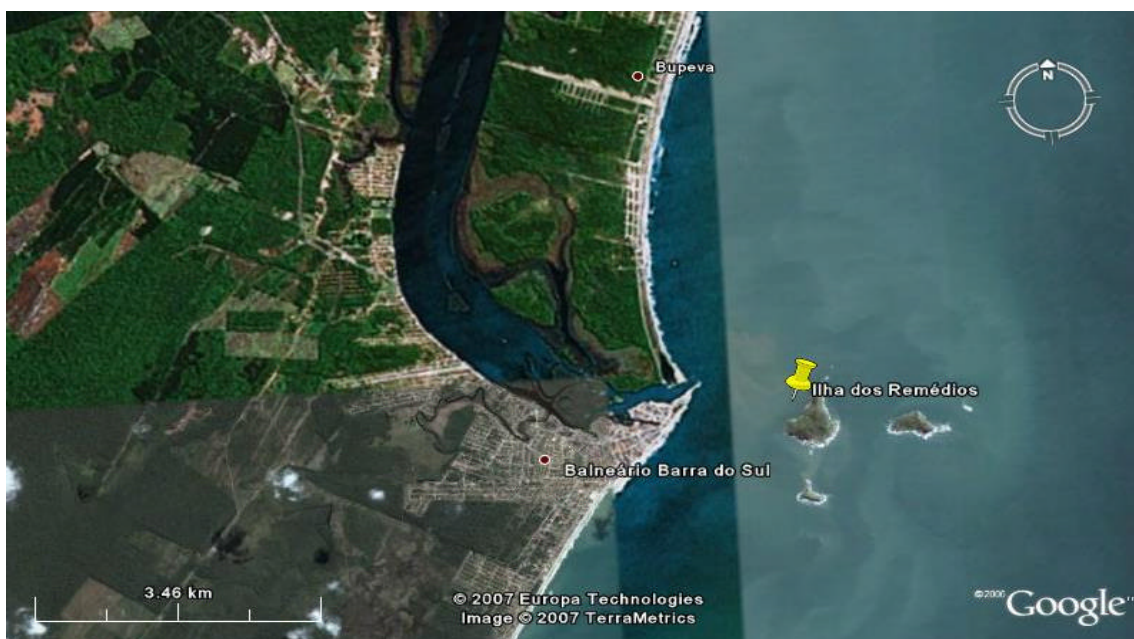


Figura 44. Localização do Ponto de Coleta na Ilha dos Remédios.

As concentrações de elementos-traço biodisponíveis são apresentadas na figura 45.

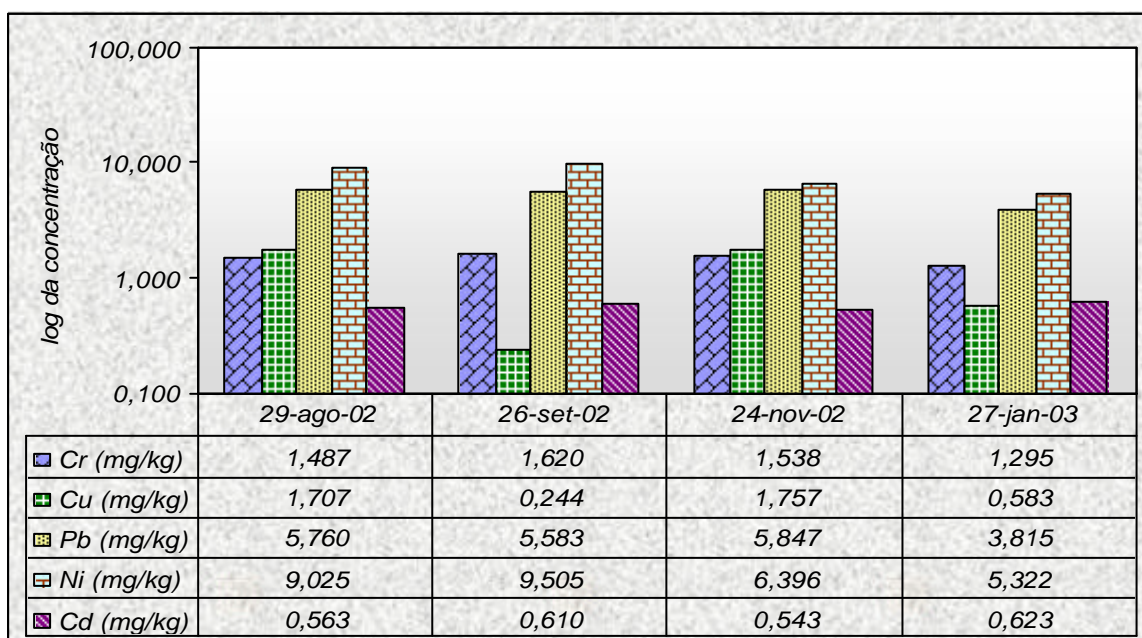


Figura 45. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Ilha dos Remédios.

Existem diferenças significativas entre as médias das concentrações de cobre e níquel. As médias das concentrações do cromo, chumbo e cádmio não apresentaram variações significativas (Anexo 18).

As concentrações do cromo, chumbo, níquel e cádmio permaneceram constantes, porém as concentrações do cobre parecem acompanhar disponibilidade deste elemento no meio. Com relação à Penha as concentrações médias de chumbo e níquel diminuíram, entretanto o cromo aumentou. A princípio, era esperada uma diminuição nas concentrações dos valores de todos os elementos-traço neste ponto de coleta, principalmente, devido à Ilha dos Remédios estar localizada na saída da baía de Babitonga, a qual poderia funcionar como uma grande lagoa de decantação permitindo a precipitação dos elementos-traço. No entanto, foi observado um aumento dos valores da concentração de cromo que, provavelmente, pode estar sendo influenciado pelo Rio Itapocu que atravessa cidades industriais como Jaraguá do Sul, conhecida pela presença de indústrias de galvanoplastia, metalmeccânica, elementos-traçoúrgicas de resistências elétricas, entre outras que utilizam matérias que contém em sua composição elementos-traço.

### 5.5.2. Baía de Babitonga.

Este ponto encontra-se localizado nas coordenadas  $26^{\circ}13,181'S$  e  $48^{\circ}37,370W$  (Figura 46).



Figura 46. Localização do Ponto de Coleta na Baía de Babitonga.



É uma área fortemente influenciada por um parque industrial. As concentrações de elementos-traço (mg/kg) totais e biodisponíveis estão apresentadas nas figuras 47 e 48.

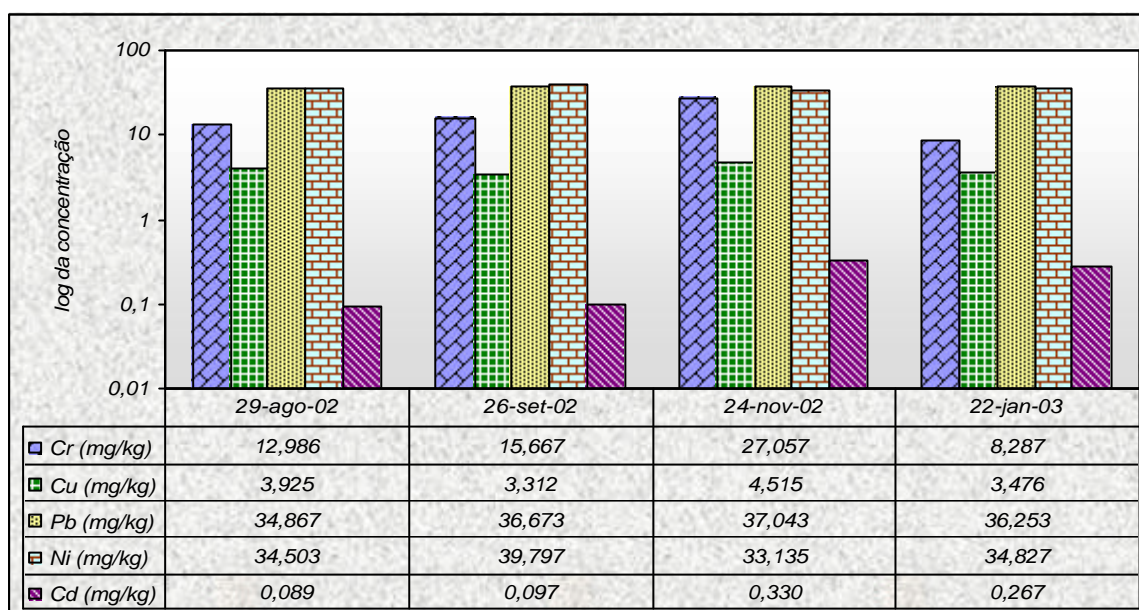


Figura 47. Concentração de elementos-traço totais (mg/kg) na Baía de Babitonga.

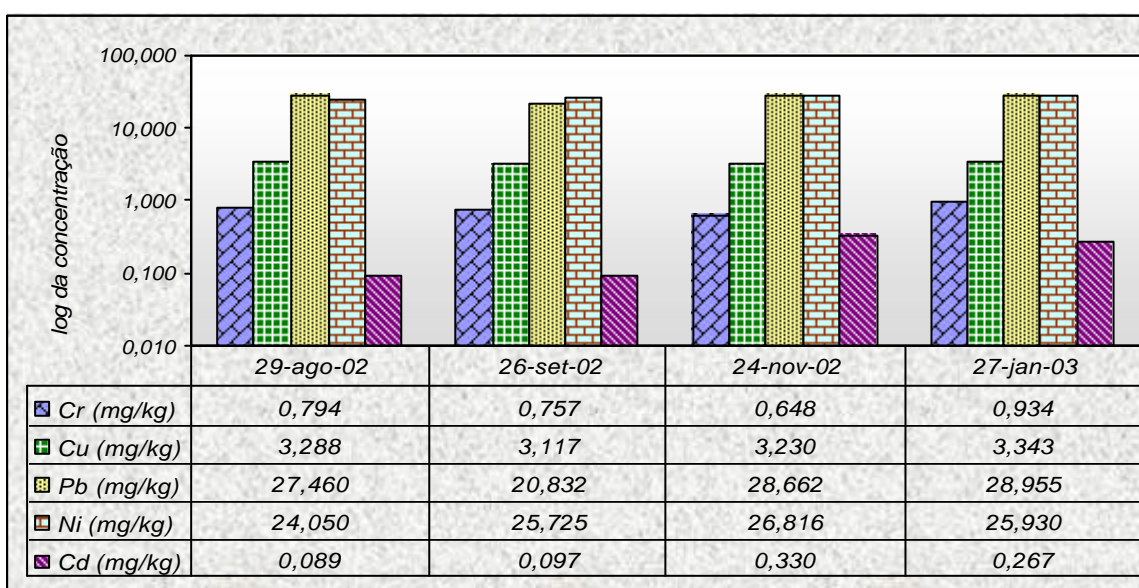


Figura 48. Concentração de elementos-traço biodisponível (mg/kg) na Baía de Babitonga.

Entre as médias das concentrações de elementos-traço totais existem diferenças significativas no cromo. Os demais elementos-traço não apresentaram variações significativas entre suas médias (Anexo 19A). Os teores de cobre, chumbo e níquel permaneceram constantes. Os valores de cromo aumentaram nas primeiras três coletas,

diminuindo drasticamente na última amostragem, possivelmente por um controle da fonte poluidora. Em relação aos valores do cádmio estes apresentaram pequenas diferenças. Os valores médios dos elementos-traço biodisponíveis, chumbo e níquel apresentaram diferenças significativas. O cromo, cobre e cádmio não apresentaram diferenças significativas (Anexo 19B). As concentrações dos elementos-traço biodisponíveis se mantiveram constantes ao longo do tempo nas coletas.

Os valores médios de chumbo e níquel aumentaram em relação aos teores encontrados na Ilha dos Remédios. Altos valores de chumbo e níquel em relação aos pontos anteriores, provavelmente, devem-se a localização deste ponto, pois esta região sofre significativa influência antropogênica por estar localizada numa área circundante ao maior pólo industrial do Estado, (caracterizado por atividades dos setores elementos-traçoúrgico, têxtil, galvânico e de produção de PVC). A existência de um grande contingente populacional de aproximadamente 500 mil habitantes, associada com a carência nos sistemas de tratamentos de efluentes e, ainda a presença de importante atividade portuária, coloca em risco as condições ambientais favoráveis da região (OLIVEIRA NETO, 2005).

Os valores de chumbo e níquel totais e biodisponíveis apresentaram as maiores concentrações entre as médias das quatro coletas entre todos os pontos de amostragem. Os valores das médias das concentrações de níquel superam os níveis limites de efeito (Tabela 9). A Tabela 11 mostra os dados desta pesquisa comparados com trabalhos realizados anteriormente nesta baía.



Tabela 11. Concentrações (mg/kg) de elementos-traço totais desta pesquisa comparados com trabalhos anteriores.

<b>Trabalhos</b>	<b>Datas</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>
1	1981	3,05 - 88,00	-	1,50 - 21,30	1,20 - 33,40	0,03 - 0,08
2	2000/20 01	-	< L.D - 3,97	-	< L.D - 12,67	< L.D - 1,75
3	2002/20 03	8,29 - 27,06	3,31 - 4,51	34,87 - 37,04	33,13 - 39,80	0,089 - 0,30

Legenda:

1. Diagnóstico Preliminar, Presença de elementos-traço na Baía de Babitonga (Fundação de Amparo a Tecnologia e ao Meio Ambiente – FATMA, assessoria especial do Litoral – ASLIT).
2. Avaliação da concentração de elementos-traço em Tecido de Ostras *Crassostrea gigas* (Molusca Bivalve) Cultivadas na Baía de Babitonga, litoral Norte de Santa Catarina (TUREX et al., 2006).
3. Avaliação de elementos-traço no Sedimento Marinho do Litoral Catarinense (Laguna – São Francisco do Sul).

Apesar das amostras terem sido coletadas em diferentes pontos e em várias datas, pode-se observar um incremento na concentração do chumbo e níquel neste local. Os valores mínimos e máximos aumentaram para o chumbo e níquel. O incremento destes valores provavelmente deve-se ao aumento da produção industrial na região e a falta de tratamentos de esgotos que não acompanham o crescimento populacional.

### 5.5.3. Baía de São Francisco.

Este ponto está localizado nas coordenadas 26° 11, 843' S e 48° 23, 243' W (Figura 49).

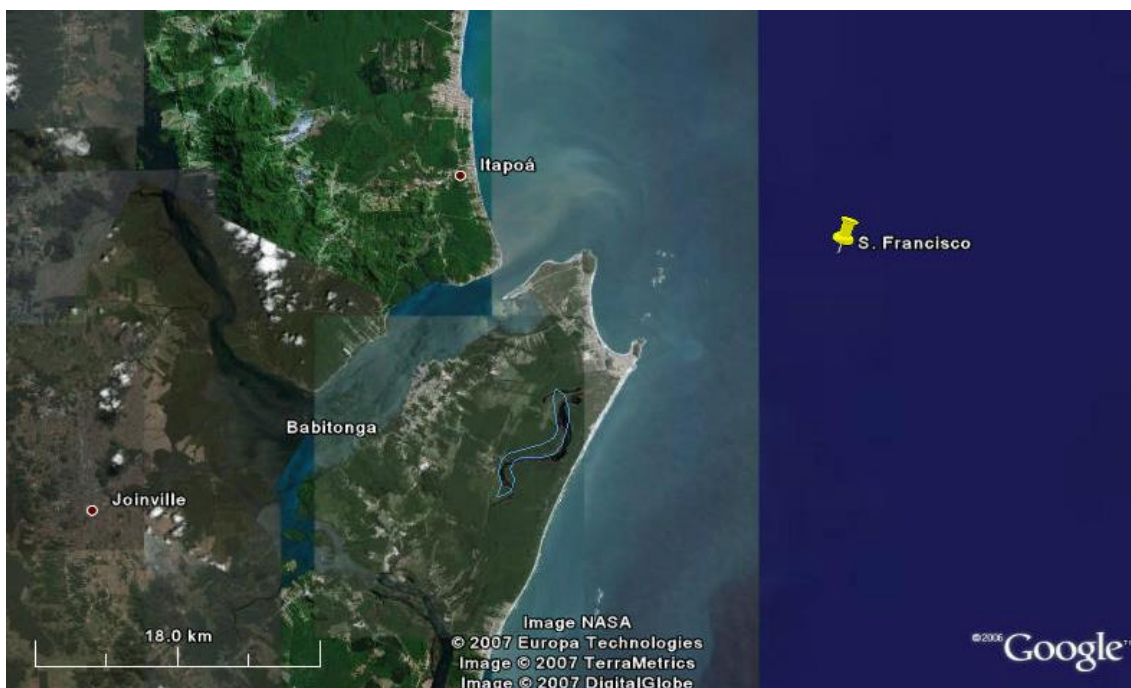


Figura 49. Localização do Ponto de Coleta na Baía de São Francisco.

As concentrações dos elementos-traço biodisponíveis estão apresentadas na figura 50.

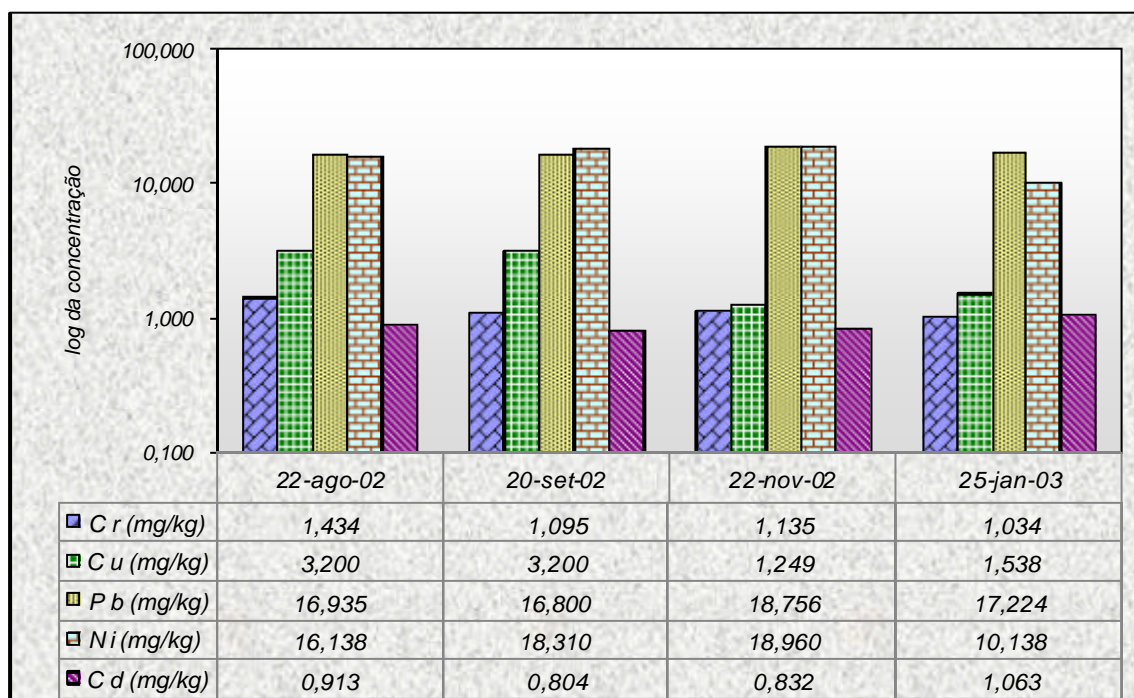


Figura 50. Concentração de elementos-traço biodisponíveis (mg/kg) na Baía de São Francisco.

Foram observadas diferenças significativas entre as médias das concentrações de cobre, chumbo e níquel (Anexo 20). As concentrações de chumbo e níquel se mantiveram constantes durante o período de coletas. Já nas concentrações do cromo, cobre e cádmio parece ter havido um erro de localização na terceira coleta pelas diferenças apresentadas. Os valores das concentrações médias de chumbo e níquel biodisponíveis, encontrados na Baía de São Francisco, superam os valores dos trabalhos publicados (Tabela 10) e os valores das médias das concentrações de níquel e cádmio supera os níveis limites de efeito (Tabela 9). Comparando os resultados dos elementos-traço encontrados na Baía de São Francisco com os valores encontrados na Baía de Babitonga, foi possível observar que as maiores diferenças foram observadas nas concentrações de chumbo e níquel, as quais diminuíram na Baía de São Francisco. Estas variações devem-se provavelmente, pela localização do ponto de coleta.

### 5.6. Perfil dos Elementos-Traço ao Longo dos Diferentes Pontos de Coletas.

Depois da determinação da concentração dos diferentes elementos-traço no sedimento marinho, foram elaborados seus perfis ao longo do litoral catarinense. As figuras 51 e 52 apresentam o perfil das concentrações dos elementos-traço analisados totais e biodisponíveis, podemos observar uma semelhança na continuidade do perfil desses elementos-traço nos diferentes pontos.

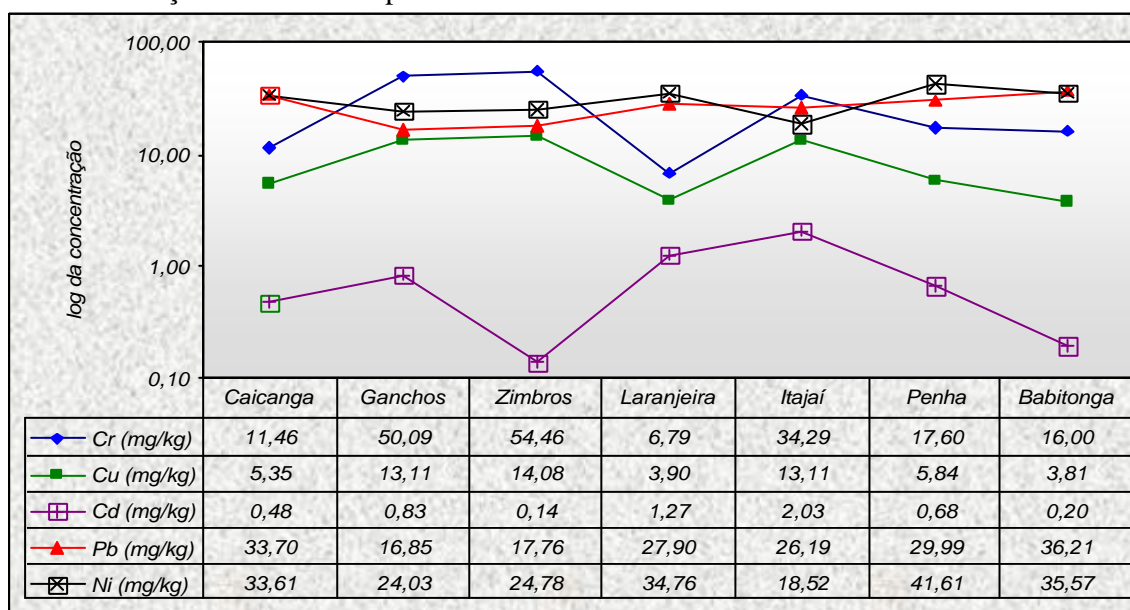


Figura 51. Perfil de elementos-traço totais (em sete pontos de coleta) ao longo do litoral catarinense.

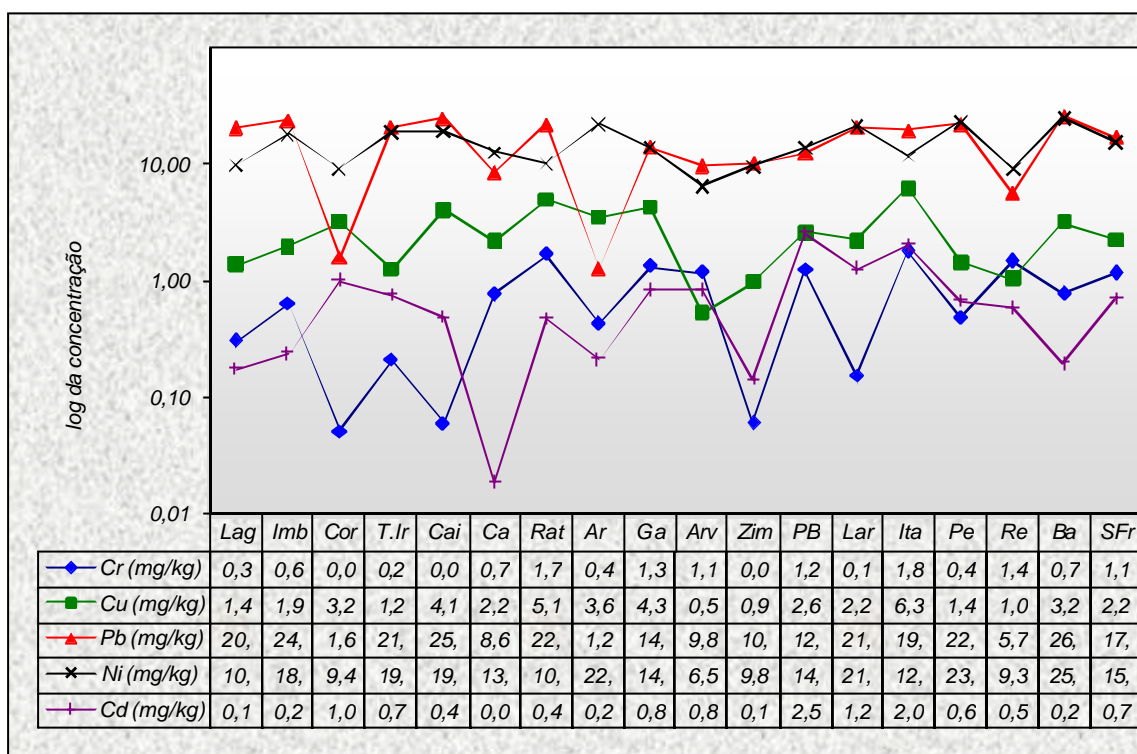


Figura 52. Perfil de elementos-traço biodisponíveis ao longo do litoral catarinense.

O traçado do perfil do cromo e cobre total (figura 51) comparado aos perfis do cádmio apresenta uma semelhança de 85,71%. Esta semelhança é observada de Caiacanga até Ganchos e de Laranjeiras até Babitonga. Comparando a relação da biodisponibilidade observamos a semelhança entre os perfis de cromo e cobre de 52,94%, de Laguna até Imbituba, Campeche até Arvoredo e ainda, Zimbros até Penha.

O traçado do perfil entre cobre e cádmio apresenta semelhança de 76,47% de Laguna até Três Irmãs, Caiacanga até Arvoredo e finalmente, Zimbros até Ilha dos Remédios. A mesma porcentagem foi observada para cromo e cádmio de Laguna até Imbituba, Três Irmãs até Caiacanga, Campeche até Penha e, Ilha dos Remédios até São Francisco.

Semelhança entre os perfis de cromo, cobre e cádmio chega a 52,94% de Laguna até Imbituba, Campeche até Arvoredo, Zimbros até Penha, o que nos pode levar a pensar em uma origem comum, pois o cromo, o cobre e o níquel estão presentes como matéria prima na indústria automobilística, baterias, componentes eletro-eletrônicos, galvanoplastia, materiais plásticos, produtos orgânicos, têxteis, vidros e cerâmicas.

Com relação ao perfil dos elementos-traço totais, o níquel e o chumbo apresentaram semelhança de 83% de Caiacanga até Penha. Em relação aos perfis biodisponíveis, dos elementos-traço acima mencionados, observou-se uma semelhança de 82,35% de Laguna até Campeche e de Ganchos até São Francisco. Foram observados entre os perfis do chumbo e cobre semelhança de 70% de Laguna até Imbituba, Três Irmãs até Porto Belo, Penha até São Francisco. O chumbo, níquel e cobre são matérias primas na indústria do processamento de produção do cobre e nas estações de tratamento de esgoto.

As maiores concentrações de cromo (54,45mg/kg) total foram encontradas na baía de Zimbros, influenciada, provavelmente, pelo o Rio Tijucas, este rio atravessa o município de São João Batista, o qual é um grande pólo industrial de calçados e curtumes. Devemos lembrar que no processo do curtume do couro é utilizado composto de cromo como corante e mordente. O cromo é usado em grande escala para a transformação de peles de animais em um produto que resiste à biodegradação: o couro. O composto aplicado nesse processo é o sulfato de cromo III —  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4) \cdot x\text{H}_2\text{O}$  —, comumente referido como sal de cromo (MOTA, 2001).

O composto promove o enrijecimento da pele, garantindo a preservação do produto final. Esta região também apresenta uma produção agrícola significativa, destacando-se a produção de cebola. São utilizados “defensores agrícolas” entre eles bactericidas e fungicidas nos quais o cromo e o cobre fazem parte de sua composição química. O cromo e o cobre também estão presentes na composição das tintas navais e dos vernizes e nas tintas utilizadas pelas indústrias de cerâmicas (BURRIEL 1998).

Em Itajaí região de porto de grandes centros industriais (Blumenau, Brusque, Penha, Indaial) e turísticos (Camboriú, Gaspar, Navegantes) foram encontradas as maiores concentrações de cromo (1,81mg/kg) biodisponível, observado no perfil. Além disso, as maiores concentrações de cádmio total, cobre total (14,18mg/kg) e biodisponíveis (6,38mg/kg).

Na baía de Babitonga (está baía é influenciada pelo parque industrial de Joinville) foram encontradas as maiores concentrações chumbo (36,21mg/kg), e níquel (35,56mg/kg segunda maior concentração) total e biodisponíveis (26,48 e 25,63mg/kg respectivamente).

A maior concentração de cádmio (matéria prima na indústria de cerâmicas) biodisponível foi encontrada em Porto Belo .

## 6. CONCLUSÃO.

Os resultados obtidos permitem concluir que:

Todos os pontos de coleta analisados apresentaram elementos-traço.

Os perfis das concentrações de elementos-traço totais e biodisponíveis ao longo do litoral (Laguna - São Francisco do Sul) mostram claramente que as concentrações dos elementos-traço aumentam à medida que se aproxima dos centros urbanos, industriais e desembocaduras de rios.

Entre os pontos escolhidos para determinação dos elementos-traço totais, as maiores concentrações de cromo e cobre, foram encontradas na Baía de Zimbros, Ganchos e Itajaí, as quais também apresentaram os valores mais altos das concentrações biodisponíveis dos mesmos elementos-traço.

O chumbo total apresentou seus maiores valores na Baía de Babitonga e Caiacanga. Os altos valores de chumbo em Caiacanga são reflexos de sua localização na baía Sul, influenciada por centros industriais como o de Palhoça e São José.

Os maiores teores do níquel foram observados nas baías de Caiacanga, Laranjeiras, Penha e Babitonga, sendo que nestas duas últimas as concentrações são mais altas, as quais fazem parte das microrregiões mais industrializadas do Estado.

Em relação às concentrações de elementos-traço biodisponíveis os maiores valores de cromo e cobre foram encontrados em Itajaí, chumbo e níquel na Baía da Babitonga e cádmio na Ilha de Porto Belo.

Na baía de Zimbros e Penha foi observado a maior biodisponibilidade de cromo e cádmio. Os resultados mostram que as maiores concentrações de elementos-traço totais (pontos de referência) e biodisponíveis se encontraram nas microrregiões de Itajaí e Joinville que representam a região mais industrializada do Estado de Santa Catarina.



Quando comparados com os valores da literatura, as concentrações biodisponíveis de cromo, cobre e cádmio estão abaixo, porém os valores de chumbo e níquel superam na maioria das vezes.

As médias das concentrações de níquel biodisponíveis em Imbituba, a ilha das Três Irmãs, Caiacanga, Armação da Piedade, Laranjeira, Penha, Babitonga e São Francisco superam os níveis limites de efeito segundo a EPA, igualmente a concentração de cádmio em Ganchos, Ilha do Arvoredo, Porto Belo, Laranjeira, Itajaí, Penha e São Francisco superam os níveis limites de efeito (Tabela 9).

### **7. Recomendações para Futuros Trabalhos.**

Os resultados deste trabalho indicam a necessidade de manter o litoral (área dos pontos de coletas) monitorado, periodicamente com a finalidade de acompanhar o comportamento das concentrações dos elementos-traço tanto totais como biodisponível e, conhecer as possíveis fontes antropogênicas dos elementos-traço ao longo da costa catarinense. Além disso, deve-se fazer um estudo físico-químico mais detalhado das condições ambientais dos lugares onde estão instalados os cultivos de malacocultura, para a liberação de licenças de funcionamento.

Como mencionado, todos os pontos de coleta apresentaram elementos-traço a maioria abaixo dos valores de concentrações recomendáveis pela EPA, entretanto as concentrações de elementos-traço encontradas são preocupantes se comparadas com os valores de trabalhos publicados, em alguns casos chegando a superar os valores recomendáveis pela EPA.

Em muitos destes pontos foram observadas “fazendas” de malacocultura. Atualmente esta atividade se desenvolve em quase todo o litoral (em cerca de  $\frac{3}{4}$  da costa catarinense). Santa Catarina vem se destacando como principal produtor de moluscos cultivados no Brasil por este motivo deve-se manter as condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento desta indústria.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ADAMS, W.J; Kimerle, R.A; BARNETT, J.W. Environmental Science and Technology, 1992, 26 (10): 1865-1875 pp.

ALBERT, Lilia. **Toxicologia ambiental**. Mexico: Limusa, 1985. 105-171 p.

ABU-HILAL, Ah; BADRAN, **Effect of pollution sources on metal concentrations in sediment cores from the Gulf of Aqaba (Red sea)**. Marine Poll. Bull., v. 21, n,p. 190-197, 1990.

AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DISEASE REGISTRY(ATSDR) Y. **Toxicological profile for copper** Syracuse: US Department of Commerce, 1990.

ALLOWAY, Bj; AYRES, DC, **Chemical principles of environmental pollution**, Chapman & Hall: New York, 1997, p. 382.

ALLOWAY, Bj; AYRES, DC. **Chemical principles of environmental pollution**. London: Blackie Academic & Professional, 1993. 291p.

AMARAL et al. Níveis de Mercúrio na Baixada Santista. **Ciência e Cultura**, v. 35, n. 6, jun, 1983.

ASTON,S.R. **Estuarine Chemistry**. In: riley,J.P. and Chester,R.,Eds. Chemical Oceanography. 2<sup>nd</sup> Ed. Ed.:Academic Press.;1978; 7:362-440 p.

BARCELOUX, D. G. **Copper**. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology. v. 37, n. 2, p. 217-230, 1999.

BAPTISTA, Neto. **Concentrações de elementos-traço nos sedimentos de fundo da Baía de Guanabara**. Rio de Janeiro. 2000. 6 p.

BOLETIM MENSAL DA COMISSÃO INTERNA DE SEGURANÇA QUÍMICA: Os riscos do cromo (VI) e da solução sulfocrômica. São José de Rio Preto: UNESP, n, 10, jun, 2004. 1 p.

BONOW LEMIESZEK Márcia. **Estudo da Bioacumulação e Eliminação do Ácido Ocadáico, Produzido pelo Dinoflagelado *Prorocentrum lima*, em Mexilhões da Espécie *Perna perna***, 2000.

BUFFLE, J; SCOTT ALTMANN, R. **Interpretation of Metal Complexation by heterogeneous Complexants en Aquatic Surface Chemistry**: Chemical Processes at the Particle - Water Interface, Editado por W. Stumm. John Wiley & Sons, 19897.

BURGESS, R.M; SCOTT, J.K. **The significance of in place contaminated marine sediments on the water column: Processes and effects**. In: Burton, G.A. (Ed.). Sediment toxicity assessment. Lewis Publishers, Inc.,Chelsea, 1992. 313-340 pp.

BURRIEL, Fernando, et al. **Cobre**, productos mas importantes objeto de análisis: Química analítica cualitativa. 16. ed. Madrid: paraninfo, 1998. 492 p.

BURTON, G.A. Assessing contaminated aquatic sediments. *Environ. Sci. Technol.*, 1999, 26 (10): 1862-1863 pp.

BURTON, G.A; SCOTT, K.J. **Sediment toxicity evaluations** : their niche in ecological assesment. *Environmental Science and Technology*, 1992, 26 (11): 2068-2075 pp.

CARVALHO, E. V.; LACERDA, L. D.; **Ciência e Cultura** 1992, 44, 184.

CARVALHO PINTO-SILVA, C. R., BELLI, P. F., CREPPY, E. E., COSTA, R. H. R., FERREIRA, J., MATIAS, W. G. **Micronucleus induction in mussels exposed to Okadaic acid**. *Toxicon*. Amsterdam, Holanda: , v.41, n.1, p.93 - 97, 2003.

CARVALHO PINTO-SILVA, C. R.; CREPPY, E. E. ; MATIAS, W. G. . **Micronucleus test in mussels *Perna perna* fed with the toxic dinoflagellate *prorocentrum lima***. - *Archives of Toxicology*. Alemanha, v.9, n.7, p.422-426, 2005a.

CARVALHO, Pinto-Silva. **Incidência de Fitoplankton Tóxico na Costa Catarinense: Impacto na Saúde Pública e no Meio Ambiente**, 2005b.

CARVALHO PINTO-SILVA, C. R. ; MOUKHA S.; CREPPY, E. E. ; MATIAS, W. G. **Comparative Study of Domoic Acid and Okadaic Acid Induced -Chromosomal Abnormalities in the CACO-2 Cell Line**. *The International Journal of Environmental Research and Public Health*. USA, v.3, p. 04 – 10, 2006.

CHAPMAN, P.M. **Sediment quality criteria**. Development approaches. In: *Oceans' 89: The Global Ocean*. Institute of electrical and electronics engineers.Publication N. 89 ch2780-5, New York, 1989, 2: 412-414 pp.

CHESTER, R., Eds. **Chemical Oceanography**. 2nd. Ed.: Academic Press; 1976: 103-135 p.

COX, P.A. **The element on earth**. Oxford university press, 1997. 10 -108 p.

COSTANZA, R et al. **The value of the world's ecosystem services and natural capital**. *Nature* 387: pp. 253-260, 1997.

COUTINHO, Honório et al. **Distribuição de elementos-traço em sedimentos do sistema estuarino da Ilha de Vitória-ES**. *Revista Química Nova*, São Paulo, v. 27, n.3, p 2, Mai./ Jun. 2004.

CROMMENTUIJN, T et al. **Maximum permissible and negligible concentrations for metals and metalloids in the Netherlands, taking into account background concentrations**. *Journal of Environmental Management*, v.60, p.121-143. 2000.

CURTIUS, Adilson J. **Introdução á absorção atômica (postila)**. Florianópolis, 2000. 1-20 p.

CURTIUS, Adilson J et al. **Avaliando a contaminação por elementos-traço em atividades de maricultura. Resultados parciais de um estudo de caso realizado na ilha de Santa Catarina, Brasil**. Revista Química Nova, São Paulo, v. 26, n. 1, p 2, jan./fev. 2003.

De GROOT,A.J. Allersma,E.Field. **Observation on the transport of heavy metals in sediments**. In: Krenkel, P.A., Ed. In heavy metals in the Aquatic Environment: Pergamon; 1975:85-94 p.

DE OLIVEIRA, Beatriz M. **Estimativa da Matéria Sólida Orgânica Produzida Por mexilhões *Perna perna* em Áreas de Produção na Baía da Babitonga – SC**, 2005.

DE OLIVEIRA ,J.A. **Diagnóstico do solo e sedimento do parque estadual turístico do Alto Ribeira (PETAR)**. 1997. 130f. . Dissertação de mestrado em química, departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos 1997. 33p.

Department of the Environmental (DOE) UK. **European screening programe for lead, United Kingdom results 1979-1980**. Pollution report No 10; 1981.

DO COUTO, José. **Ecologia**: sedimento. Disponible em: <[www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/sed.htm](http://www.ufrj.br/institutos/it/de/acidentes/sed.htm)>. Acesso em: agosto 2006.

DUDKLA, S. MILLER, W. P. **Accumulation of potentially element in plants and their transfer to human food chain**. J. Environ. Sci. Health, v. B34, n. 4, p. 681-708, 1999.

DUFFUS, J.H. “Heavy metals” - a meaningless term. Chem. Intern. Res. 23:163-167, 2001.

DUINKER, J.C. **Suspended matter in estuaries: adsorption and desorption processes**. In: Olausson, E. and Cato, I., Eds. Chemistry and Biogeochemistry of estuaries: Wiley; 1980: 121-151 p.

EHRlich, P. R, EHRlich, A. H, HOLDREN, J. P. **Ecoscience, Population, Resources, Environment**, Freeman, 1977.

EPA United State Environmental Protection Agency. Contaminated sediment. Disponível em [http: oaspub.epa.gov/eims/qrydetail.summary/dsid=1736](http://oaspub.epa.gov/eims/qrydetail.summary/dsid=1736). Acesso em 19 julho 2005.

ESCOBAR, Jairo. **Contaminación de los rios y sus efectos em las áreas costeras y el mar**. Santiago de Chile: Cepal, 2002. 5-12 p.

ESSINGTON, M.E. Soil and water chemistry: an integrative approach. Boca Raton, CRC Press, 2004. 534p.

STEINER, Joel. A Fauna nas Bromélias. Florianópolis 2007. Disponível em [www.sepex.ufsc.br/anais\\_6/resumos\\_meio\\_ambiente.html](http://www.sepex.ufsc.br/anais_6/resumos_meio_ambiente.html). Acesso em: 14 janeiro 2008.

ESTEVEES, F, de A. **Fundamentos de Limnologia**, Iterciências 1998. 300 p.

EVERSON, M. A; ANDERSON, C. T. **Ultramicro analysis for copper, Cadmium and zinc in human tissue by use atomic absorption spectrophotometry and the heated graphite tube atomizer**. Clin. Chem.; 1975; 21: 537-543 p.

FERGUSON, J. E. **Inorganic Chemistry and the earth**: Pergamon Press, 1982.

FERGUSON, J. E. **The heavy elements: chemistry, environmental impact and health effects**, Pergamo New Zealand, 1990.

FERNANDES, H. M; CONTI, L. F. C; PATCHINEELAM, S. R: Environ. Technol 1994, 15, 87 p.

FIGUERAS, A. J. 1989. Mussel culture in Spain and France. World Aquaculture, vol. 20(4).

FÖRSTNER, U. **Cadmium in polluted sediments**. In: Nriagu, J.O. Ed. Cadmium in the Environment, Part I, Ecological Cycling: wiley; 1980:305-363 p.

FÖSTNER, U. G.; WITTMANN, G. T. W. **Metal Pollution in the Aquatic Environmental**, Springer-Verlag,, Berlin, 1981.

FREITAS, J.C. **Toxinas de organismos marinhos**: implicações ecológicas e na saúde pública. In: 3. Simpósio de ecossistemas da costa brasileira, Serra Negra: 1994 3: 256-280 pp.

FUKUE, M, Kato, Nakamura, T **Heavy Metal contamination of marine sediment**. In: Kamon (Ed.), Environmental of Geotechnics. Balkema, 1996. pp. 49-54.

FUNDAÇÃO DE AMPARO A TECNOLOGIA E AO MEIO AMBIENTE – FATMA, ASSESSORIA ESPECIAL DO LITORAL – ASLIT, Florianópolis 1981.

G. Cases and Solutions: Metals and grain size distribution in soil of the middle Rio Grande basin, Texas, USA. **Environ. Geology**, v. 39, vp. 698-704, 2000.

GODOY, J. et al. A Estudy Guanabara Bay sedimentation rates. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 1998. 227 (1-2): 157-160.

GUIA SANTA CATARINA. Governador Celso Ramos. **Reserva de Arvoredo**. Apresenta endereços das cidades de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.guiasantacatarina.com.br/governadorcelsoramos/atrativos.php3>. Acesso em: 8 outubro 2007.

GUIMARÃES, M; FRANCO, DAVIDE; SUGARA, SHIGETOSHI. Climatología de frentes frias no litoral de Santa Catarina. Florianópolis, 2004. 2p. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2004000200004&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S0102-261X2004000200004&script=sci_arttext)>. Acesso em: 7 de maio 2007.

HAWKES, Stephen J. **What is a Heavy Metal?** Journal of Chemical Education. v. 74, n. 11, Nov, 1997.

HAYES, K.F. & TRAINA, S.J. Metal speciation and its significance in ecosystem health. In: HUANG, P.M., ed. Soil chemistry and ecosystem health. Madison, Soil Science Society of America, 1998. p.45-84. (SSSA Special Publication, 52)

HAZARDOUS SUBSTANCE DATA BANK. [HSDB]. **Copper**. In: TOMES CPS TM SYSTEM. **Toxicology, occupational medicine and environmental series**. Englewood: Micromedex, 2000. CD-ROM.

HERBICH, J.B. **Removal of contaminated sediments**: equipment and recent field studies. STP 1293, ASTM. 1995. 77-111 p.

HORNE, R. A. **The Chemistry of Our Environment**: Southern Illinois University John Wiley and Sons, Inc. 1978.

HOROWITZ, A. J. A primer on trace Metal sediment chemistry. US Geol. Survey, water Supply Paper. 2277. 1985.

HURSTHOUSE, A.S. **The Relevance of Speciation in the Remédiation of Soils and Sediments Contaminated by Metallic Elements-An Overview and Examples from Central Scotland**, UK. Journal of Environmental Monitoring. 2001. 3(1): 49-60.

JUNIOR, ADEMARIO; BIDART, ANTONIO; CASELLA, RICARDO. **Absorção atômica**: instrumentação para absorção atômica. Disponível em: [http://www.cefeteq.br/aluno/arquivos/apostilas/instrumental/absorcao\\_atomica.pdf](http://www.cefeteq.br/aluno/arquivos/apostilas/instrumental/absorcao_atomica.pdf). Acesso em: 2 maio 2007.

KABATA-PENDIAS, A. & PENDIAS, H. Trace elements in soils and plants. 3.ed. Boca Raton, CRC Press, 2001. 413p.

KALBITZ, K. WENNRICH, R. **Mobilization of heavy Metals and arsenic in polluted wetland spills and its dependence on dissolved organic matter**. The Science of the Total Environment 1998. 209: 27-39 p.

KIM, S et al. **Influence of dissolved organic matter on the toxicity of copper to Ceriodaphnia dubia: effect of complexation kinetics**. Environmental Toxicology and Chemistry. 2002. 21: 275-280 p.

KOBAYASHI, N. **Bioassay data for marine pollution using sea urchin eggs**, 1972 and 1973. Publications of Setorial Marine Biology Laboratory, 1974. 21 (5/6): 411-432 pp.

KOCH JANET, **Proposta de Comportamentação da Lagoa da Conceição, Florianópolis Santa Catarina. Através de Parâmetros Físico-químicos.** 2007.160f. Programa de Pós Graduação em Engenharia Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

KRANCK, K. **Sedimentation processes in the sea.** In Hutzinger, O., Ed. Hadbook of invernonmental Chemitry: Springer-Verlage; 1980; 2A: 61-75p.

KRETZSCHMAR, H. STICHER, H. **Transport of humic-coated iron oxide colloids in a sandy soil: influence of Ca<sup>2+</sup> and trace Metals.** Environmental Science and Technology. 1997. 31: 3497-3504 p.

KRISHNAMURTI, G.S.R; NAIDU, R. **Speciation and phytoavailability of cadmium in selected surface soils of South Australia.** Australian Journal of Soil Research. 2000. 38(5), 991-1004 p.

LACATELLI, C., TORSI, G. **Voltammetric trace metal determinations by cathodic and anodic stripping voltammetry in environmental matrices in the presence of mutual interference.** J. of Eletroanalytical Chemistry, v. 509, p. 80-89, 2001.

LAMBERSON, J.O; DeWitt, T.H; SWARTZ, R.C. **Assessment of sediment toxicity to marine benthos.** In: Burton, GA (Ed.). Sediment toxicity assessment. Lewis Publishers, Inc., Chelsea, 1992. 183-211 pp.

LARINE, LOURIVAL. **Toxicologia** :Chumbo. São Paulo: Manole, 1997. 131-139 p.

LEMIESZEK, M.B.: **Estudo da Bioacumulação e Eliminação do Ácido Ocadáico, Produzido pelo Dinoflagelado Prorocentrum Lima, em Mexilhões da Espécie Perna Perna (Mollusca: Bivalvia);** 1; 144; Português; Matias , W. G. 2000.

LITHERATY, P; NASSER Ali, L.; ZARBA, M. A.; Ali, M. A.; **Water Sci. Technol.** 1987. 19, 781p.

LOCATELLI, Clinio, TORSI, Giancarlo, ASTARA, Alberto. **Heavy Metal Determination at Trace and Ultra Trace Level in sediments of a Lagoon Ecosystem (Ravenna, Italy).** Annali di Chimica, v. 88 p. 1998.

LONG, E.R., MACDONALD, D.D. **Recommended uses of empirically derived, sediment quality guidelines for marine and estuarine ecosystems.** Human and Ecological Risk Assessment 4 (5), 1998. 1019–1039p.

LUCKEY, T.D; VENUGOPAL, B. **Metal toxicity in mammals:** Plenum Press; 1977; vol 1.

LUSSIER, S et al. **Comparison of dissolved and total metals concentrations from acute tests with saltwater organisms.** Environmental Toxicology and Chemistry. 1999. 18 : 889-898 p.



MANSON, R. LAWRENCE, A. **Concentration, distribution, and bioavailability of mercury and methylmercury in sediments of baltimore harbor and chesapeake bay, Maryland, USA.** Environmental Toxicology and Chemistry. 1999. 18 : 2438-2447 p.

McBRIDE, M.B. Environmental chemistry of soils. New York, Oxford University Press, 1994. 406p.

**METALES PESADOS Y COMPONENTES MAYORITARIOS EM SEDIMENTOS.** Analisis de metais pesados en sedimentos: Digestión de sedimentos. Disponible en: <[http://www.tdx.cesca.es/TESIS\\_UPC/AVAILABLE/TDX-0712101-75103//05Elementos-traçosComponentesSedimentos01.pdf](http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0712101-75103//05Elementos-traçosComponentesSedimentos01.pdf)>. Acesso em: maio 2005.

MOOR, M. M. et al. **Copper.** South Australia: National Environmental Department. (National Environmental Health Monographs, Metal. Serie s n. 3. Published by the National Environmental Health Forum) 1997.

MORESCHI, João. **Produtos perservantes de Madeira.** Curitiba. 26 p. Disponível em <<http://www.madeira.ufpr.br/preservantesdemadeira.pdf>>. Acesso em: 25 setembro 2007.

MOTA, J.S. **Eco-eficiência: avaliação de sustentabilidade de industria do couro no MS.** 2001. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Sustentável) - UnB, Brasília. 2001.

MOZETO, ANTÔNIO APARECIDO. **Caracterização do estoque de elementos-traço, compostos orgânicos voláteis e nutrientes dos sedimentos e dos particulados das represas do Guarapiranga e Billings, RMSP.** São Carlos, Lab. de biogeoquímica Ambiental do departamento de Química, Universidade Federal de São Carlos, 1997. 33p.

MUDROCH, Elena; AZCUE, José M; MULDRICH, PAIL. Manual of physico-chemical analysis of aquatic sediment. Lewis Publisher: New York, 1996. p. 287.

MUNICÍPIO DE ITAJAÍ. **Diagnóstico socioeconômico.** 2006. Disponível em: <[http://www.itajai.sc.gov.br/sedeer/Perfil\\_de\\_itajai\\_2006.doc](http://www.itajai.sc.gov.br/sedeer/Perfil_de_itajai_2006.doc)>. Acesso em: julho 7 2007.

MUNICÍPIO DE JOINVILLE: **Historia geografia, economia.** Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Joinville>>. Acesso em: 19 julho. 2007.

NESBITT, H.W. **Equilibrium diagram displaying chemical speciation and mineral stabilities in aqueous solutions en Environmental Geochemistry (M.E. Fleet, ed.).** Mineralogical association of Canada, Notario. 1984. 15-44 pp.

NÍQUEL. Disponível em: <http://pt.wikipedia.org/wiki/N%C3%ADquel>. Acesso em: 7 julho. 2007.

NÍQUEL. **Efectos del níquel sobre la salud.** Disponível em: <<http://www.lenntech.com/espanol/tabla-peiodica/Ni.htm>>. Acesso em: 7 julho 2007.

OLIVEIRA NETO, F.M. **Diagnóstico do cultivo de moluscos em Santa Catarina.** Florianópolis: Epagri, 2005. 67 p.

OYARZÚN, R; HIGERAS, P. **Minerales, metales, compuestos químicos, y seres vivos : una difícil pero inevitable convivencia.** Disponível em: <http://www.agenciaalimentar.pt/index>>. Acesso em: 15 setembro 2005.

PAUL, E. A; HUANG, P. M. **Chemical aspects of soil.** In: Hutzinger, O., Ed. The handbook of environmental chemistry. Vol. Part a, the Natural and Biogeochemical Cycle: Springer Verlag; 1980; 1: 69-86 p.

PHILLIPS, D. J. H. **Environ. Pollut.** 1977, 13, 281 p.

PICKERING, W. F. **Cadmium retention by clay and other soil or sediment Components.** In: Nriagu, j. O., Ed. In Cadmium the environment, Part 1 ecological Cycling: Wiley; 1980: 365-397.

PIERZYNSKI, G.M.; SIMS, J.T. & VANCE, G.F. Soils and environmental quality. Boca Raton, Lewis Publishers, 1994. 313p.

PLANO DIRETOR DO ESTADO DE SANTA CATARINA. **Caracterização do território catarinense.** Florianópolis, 1995. 5-6p. Disponível em: <http://www.camaraitapoa.sc.gov.br/planodiretor/levantamento.pdf>. Acesso em: 23 junho 2007.

PROENÇA, Carlos, **Manual de piscicultura Tropical** Brasília: IBAMA. 1994. 35p.

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

PRÓSPERI, V.A. **Comparação de métodos ecotoxicológicos na avaliação de sedimentos marinhos e estuarinos.** Tese de doutorado, escola de engenharia de São Carlos, USP, 2002. 118p.

PUERTA HENCHE, B. 1995. **La Depuración de los Moluscos Bivalvos.** Serie de Estudios.Sectoriales 9. Ed. Fundación Caixa Galicia. 1995. 215 p.

REISH, D.J. **Effects of metals and organic compounds on survival and bioaccumulation in two species of marine gammaridean amphipod, together with a summary of toxicological research on this group.** Journal of Natural History, 1993. 27: 781-794 p.

RIO CAMBORIÚ. Disponível em: [http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio\\_Cambori%C3%BA](http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Cambori%C3%BA) (Santa\_Catarina)>. Acesso em: outubro 2007.

ROSS, D. A. **Introduction to Oceanography** : Appleton-Century Crofts; 1970.

SALOMONS, W.; FÖRSTNER, U.; **Metals in hydrocycle**, Springer-Verlag: Berlin, 1984

SALOMONS, W; FÖRSTNER, U. **Metals in hydrocycle**. Springer-Verlag. New York, 1984. p. 349.

SCRUDATO, R. J. ESTES, E. L. **Clay-lead sorption relations**. Environ. Geol; 1975. 1: 167-170 pp.

SEPLANSC. SECRETARIA DE ESTADO DE COORDENAÇÃO GERAL E PLANEJAMENTO. Atlas Escola de Santa Catarina 1991.

STUMM, W. & MORGAN, J.J. Aquatic chemistry: chemical equilibria and rates in natural waters. 3.ed. New York, John Wiley & Sons, 1996. 1022p.

SKINNER, B.J. TUREKIAN, K.K. **O Homem e o Oceano**. São Paulo, Edgard, Blucher – EDUSP. 1977.

SOCIEDADE PORTUGUESA DE FÍSICA. Tabela periódica. **Ocorrência do Níquel**. Disponível em <<http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/elem/e02830.html>>. Acesso em : 19 julho. 2007.

SPARKS, D.L. Environmental Soil Chemistry. San Diego, Academic Press, 1995. 267p.

STRELAU, Renato, M. **Estudo comparativo de métodos de extração para determinação de compostos orgânicos em lixiviados de aterros sanitários por cromatografia gasosa a espectrômetro de massa**. 2006. 98 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SWARTZ, R.C et al. **Effects of mixtures of sediment contaminants on the marine infaunal amphipod, *Rhepoxynius abronius***. Environmental Toxicology and Chemistry, 1988. 7 (12): 1013-1020 pp.

SWARTZ, R.C et al. **Toxicity of fluorantene in sediment to marine amphipods**: a test of the equilibrium partitioning approach to sediment quality criteria. Environmental Toxicology and Chemistry, 1990. 9: 1071-1080 pp.

TIRADO, Cristina; MACIAS, José C. **Cultivo de Mejillón**: Aspectos generales y experiencias en andalucia. Consejería de agricultura y pesca. Andalucía, 2002. 17 p.

TOLEDO, M.; SAKUMA, A M ; PREGNOLATO, W. **Aspectos da contaminação por cádmio em produtos do mar coletados no Estuário de Santos, Baía da Guanabara e Baía de Todos os Santos**. Rev. Inst, Adolfo Lutz. 1983. 43 15-24p.

TORRES RODRIGUES, Ana M. **Diagnóstico da Malacocultura Catarinense em Apoio a Gestão Costeira: Subsídios ao Zoneamento a Atividade, Ordenamento Pesqueiro, Licenciamento Ambiental e a Autorização de Uso de Espaço Físico Marinho em Águas de Domínio da União**. Teses (Doutorado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TOXICOLOGIA DOS ELEMENTOS-TRAÇO. **Níquel**. Disponível em: <[http://www.mundodoquimico.hpg.ig.com.br/toxicologia\\_dos\\_elementos-traço\\_pesados.htm](http://www.mundodoquimico.hpg.ig.com.br/toxicologia_dos_elementos-traço_pesados.htm)>. Acesso em: 20 fevereiro 2007.

TSUTIYA, Marcos T. **Elementos-Traço**: O principal fator limitante para o uso agrícola de biossólidos das estações de tratamento de esgotos. 20 congresso de engenharia sanitária e ambiental 1999.

TURECK, et al. AVALAÇÃO da concentração de metais pesados em tecidos de ostras *crassostrea gigas* (Molusca, Bivalve) cultivadas na Baía da Babitonga, litoral norte de santa Catarina. **Pesticidas: R. ecotoxicol. e meio ambiente**, Curitiba, v. 16,p. 53-62, jan./dez. 2006.

TUREKIAN, K. K. **Oceans**: Prentice Hall; 1968.

WEBER, R. **Sistemas costeiros e oceânicos**. Química Nova, 1992, 15 (2): 137-143 p.

WEI et al. **Metaleles pesados y componentes mayoritarios en sedimento**. 1997. Disponível em: [http://www.tdx.cesca.es/TESIS\\_UPC/AVAILABLE/TDX-0712101-075103//05metalesComponentesSedimientos01.pdf](http://www.tdx.cesca.es/TESIS_UPC/AVAILABLE/TDX-0712101-075103//05metalesComponentesSedimientos01.pdf). Acesso em 19 julho 2005.

WETZEL, R. G. **Limnology**, Saunders College Publishing: Chicago, 1983. p. 540.

WILLIAMS, L.G; CHAPMAN, P.M; GINN, T.C. **A comparative evaluation of marine toxicity using bacterial luminescence, oyster embryo and amphipod sediment bioassays**. Marine Environmental Research, 1986. **19**:225-249 pp.

WINDOM. **Lithogenous materials in marine sediments**. In Riley, J. P. and Wood, J. M. and Goldberg, E. D. Impact of metals on the biosphere. In: Global Chemical Cycle and Their Alteration by Man.: Dahlem Workshop; 1977: 137-153.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Copper**. Geneva: WHO, 1998. (Environmental Health Criteria 2000).

**9. ANEXO ELETRONICO**

Anexo 1. Parâmetros de calibração para metais pesados no forno de grafite.

Parâmetros de calibração para o cromo.

Método: Cr sedimento marinho (zeeman)

Cal. Set 2

Curva de Ajuste = nova adequação

Modo de calibração = Concentração

Índice de detecção = 0,1296 µg/L

ChiSq = 0,0003

Concentração = A

$$(- 0,00804 \times A \times A + 0,00410 \times A + 0,03393)$$

Legenda	Concentração	Absorção	Calculo/Concentração	Residual
Cal Zero	0,0000	0,0158	0,4467	-0,4467
Padrão 1	5,0000	0,1703	4,9527	-0,0473
Padrão 2	10,0000	0,3452	10,0405	-0,0405
Padrão 3	15,0000	0,5112	15,0697	-0,0697
Padrão 4	20,0000	0,6603	19,9330	-0,0670

Tabela 14.2: Parâmetros de calibração para o cobre.

Método: Cu sedimento marinho (zeeman)

Cal. Set 1

Curva de Ajuste = nova adequação

Modo de calibração = Concentração

Índice de detecção = 0,6915 µg/L

ChiSq = 0,0021

Concentração = A

$$(- 0,00637 \times A \times A + 0,00287 \times A + 0,00635)$$

Legenda	Concentração	Absorção	Calculo/Concentração	Residual
Cal Zero	0,0000	0,0194	3,0323	-3,0323
Padrão 1	10,0000	0,0639	9,8235	0,1765
Padrão 2	20,0000	0,1345	20,3140	-0,3140
Padrão 3	30,0000	0,1993	29,8799	0,1201
Padrão 4	40,0000	0,2663	39,9703	0,0297

Tabela 14.3. Parâmetros de calibração para o chumbo

-----  
Método: Pb sedimento marinho (zeeman)

Cal. Set 1

Curva de Ajuste = nova adequação

Modo de calibração = Concentração

Índice de detecção = 1,62 µg/L

ChiSq = 0,0249

Concentração = A

-----  
 $(-0,02035 \times A \times A + 0,00883 \times A + 0,00267)$

Legenda	Concentração	Absorção	Calculo/Concentração	Residual
Cal Zero	0,0000	-0,0024	-0,8900	0,8900
Padrão 1	10,0000	0,0274	9,4500	0,5500
Padrão 2	20,0000	0,0667	21,0400	-1,0400
Padrão 3	30,0000	0,0980	29,3300	0,6700
Padrão 4	40,0000	0,1407		0,0600

Tabela 14.4. Parâmetros de calibração para o níquel.

-----  
Método: Ni sedimento marinho (zeeman)

Cal. Set 1

Curva de Ajuste = nova adequação

Modo de calibração = Concentração

Índice de detecção = 0,6005 µg/L

ChiSq = 0,0088

Concentração = A

-----  
 $(- 0,00884 \times A \times A + 0,00267 \times A + 0,00732)$

Legenda	Concentração	Absorção	Calculo/Concentração	Residual
Cal Zero	0,0000	0,0331	4,4774	-4,4774
Padrão 1	10,0000	0,0732	9,8403	0,1597
Padrão 2	20,0000	0,1547	20,5766	-0,5766
Padrão 3	30,0000	0,2193	29,3318	0,6682
Padrão 4	40,0000	0,2949		-0,2172

14.5. Parâmetros de calibração para o cádmio.

-----



Método: Cd sedimento marinho (zeeman)

Cal. Set 1

Curva de Ajuste = nova adequação

Modo de calibração = Concentração

Índice de detecção = 0,0523 µg/L

ChiSq = 0,0085

Concentração = A

---

$$(- 1,31469 \times A \times A + 0,08666 \times A + 0,08378)$$

Legenda	Concentração	Absorção	Calculo/Concentração	Residual
Cal Zero	0,0000	0,0018	0,0213	-0,0213
Padrão 1	1,0000	0,0833	1,0172	-0,0172
Padrão 2	2,0000	0,1424	2,0497	-0,497
Padrão 3	3,0000	0,1682	2,7508	-0,2492
Padrão 4	4,0000	0,2014		-0,2038

---

Anexo 2. Concentrações de Metais Totais (mg/kg).

Datas	Amostra	Cr	Cu	Pb	Ni	Cd
27/08/02	Caicanga	14,625 ± 0,937	5,363 ± 0,078	34,247 ± 0,234	32,750 ± 0,485	0,401 ± 0,000
24/09/02	Caicanga	15,955 ± 0,645	5,280 ± 0,062	33,650 ± 0,589	32,837 ± 1,090	0,011 ± 0,004
22/11/02	Caicanga	9,378 ± 1,347	5,020 ± 0,01	33,112 ± 0,623	34,237 ± 0,225	1,508 ± 0,001
25/01/03	Caicanga	5,875 ± 0,566	5,726 ± 0,368	33,785 ± 0,008	34,606 ± 0,777	0,015 ± 0,000
28/08/02	Ganchos	67,823 ± 0,917	15,360 ± 0,340	19,760 ± 0,080	23,600 ± 0,426	0,834 ± 0,020
25/09/02	Ganchos	51,997 ± 2,255	9,210 ± 0,736	14,370 ± 0,157	16,887 ± 0,129	0,805 ± 0,001
23/11/02	Ganchos	35,851 ± 0,970	16,187 ± 0,064	16,593 ± 0,721	27,183 ± 0,620	0,805 ± 0,006
26/01/03	Ganchos	44,692 ± 0,728	11,681 ± 0,425	16,890 ± 1,182	28,451 ± 2,514	0,887 ± 0,033
28/08/02	Zimbros	65,986 ± 3,078	12,784 ± 0,101	18,995 ± 0,006	20,256 ± 0,107	0,071 ± 0,032
25/09/02	Zimbros	76,167 ± 2,485	13,737 ± 0,427	19,237 ± 0,329	21,580 ± 0,277	0,163 ± 0,008
23/11/02	Zimbros	34,194 ± 2,492	12,754 ± 0,298	13,859 ± 0,542	25,007 ± 1,445	0,174 ± 0,021
26/01/03	Zimbros	41,476 ± 15,51	17,059 ± 3,371	18,929 ± 0,019	32,270 ± 9,840	0,152 ± 0,003
29/08/02	Laranjeira	9,659 ± 0,093	3,610 ± 0,186	27,702 ± 0,102	34,853 ± 0,003	1,212 ± 0,003
26/09/02	Laranjeira	10,435 ± 1,090	3,714 ± 0,034	25,009 ± 0,390	33,082 ± 0,403	1,315 ± 0,005
24/11/02	Laranjeira	0,369 ± 0,290	3,009 ± 0,002	28,898 ± 0,322	35,263 ± 0,012	1,325 ± 0,018
27/01/03	Laranjeira	6,713 ± 0,015	5,277 ± 0,126	30,005 ± 0,000	35,860 ± 0,413	1,215 ± 0,012
29/08/02	Itajaí	36,529 ± 3,999	15,583 ± 1,209	25,493 ± 0,801	17,997 ± 0,872	2,012 ± 0,000
26/09/02	Itajaí	38,490 ± 0,450	10,040 ± 0,370	25,110 ± 0,898	11,220 ± 1,909	2,005 ± 0,001
24/11/02	Itajaí	27,743 ± 0,331	6,632 ± 0,022	27,081 ± 0,095	18,417 ± 0,278	2,009 ± 0,136
27/01/03	Itajaí	34,384 ± 2,082	24,450 ± 0,278	27,087 ± 0,829	26,446 ± 0,446	2,108 ± 0,109
29/08/02	Penha	24,097 ± 1,870	5,380 ± 0,275	29,053 ± 0,220	36,750 ± 0,410	0,412 ± 0,083
26/09/02	Penha	12,813 ± 0,496	2,643 ± 0,235	36,507 ± 0,566	43,513 ± 0,420	0,770 ± 0,212
24/11/02	Penha	7,467 ± 0,386	2,735 ± 0,509	41,260 ± 0,698	37,038 ± 0,977	0,713 ± 0,004
27/01/03	Penha	26,012 ± 1,012	12,597 ± 0,393	13,151 ± 0,919	49,156 ± 0,038	0,814 ± 0,007
29/08/02	Babitonga	12,986 ± 0,645	3,925 ± 0,037	34,867 ± 0,306	34,503 ± 2,241	0,089 ± 0,048
26/09/02	Babitonga	15,667 ± 1,265	3,312 ± 0,296	36,673 ± 0,697	39,797 ± 0,082	0,097 ± 0,001
24/11/02	Babitonga	27,057 ± 0,332	4,515 ± 0,483	37,043 ± 0,408	33,135 ± 0,535	0,330 ± 0,020
27/01/03	Babitonga	8,287 ± 1,342	3,476 ± 0,347	36,253 ± 0,416	34,827 ± 0,515	0,267 ± 0,081

Medias ± desvio padrão.

Acima da concentração máxima permissível, acima da concentração negligenciável.

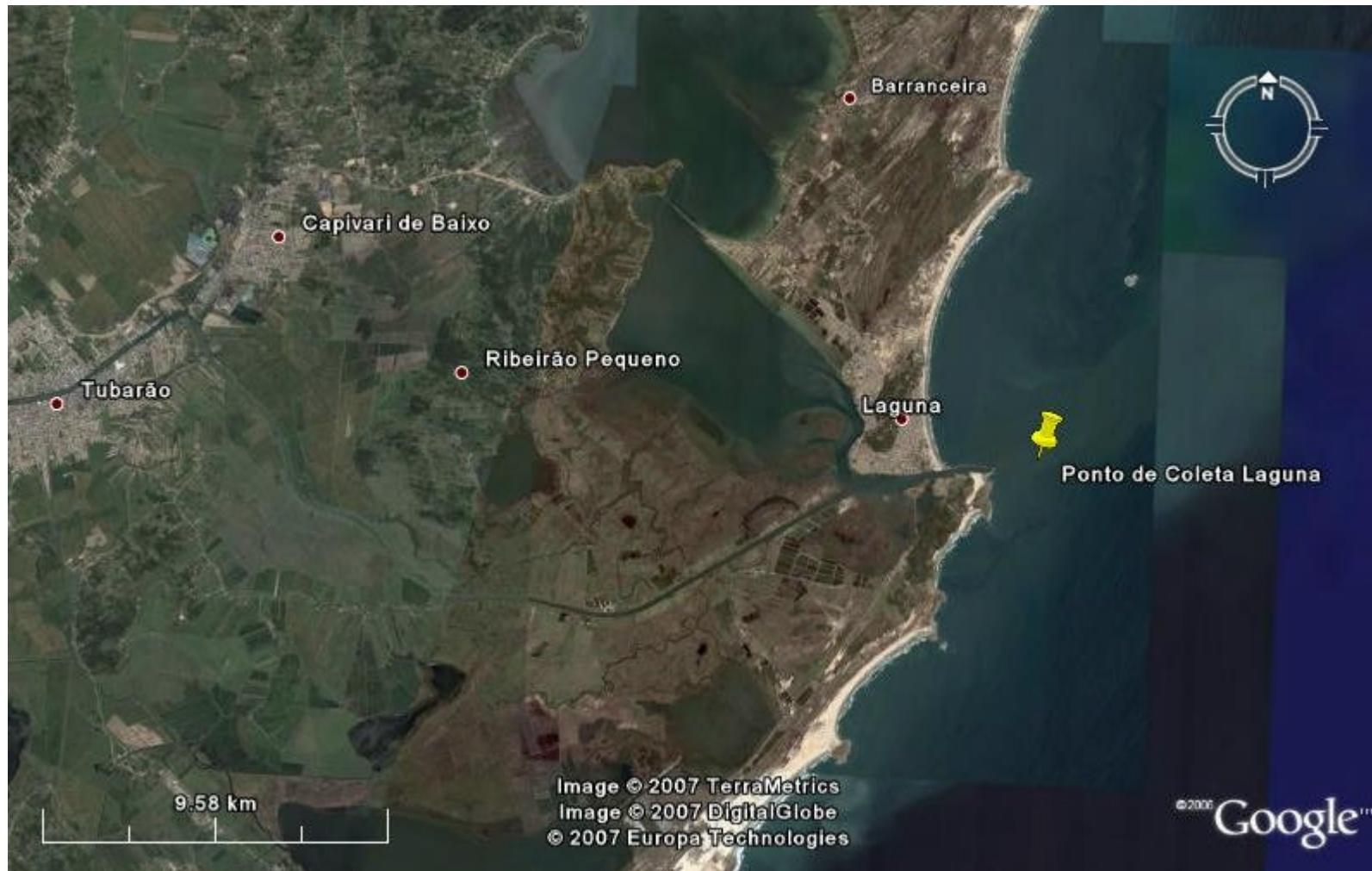
Anexo 2. Concentração de Metais Biodisponíveis (mg/kg).

<b>Data</b>	<b>Amostra</b>	<b>Cr</b>	<b>Cu</b>	<b>Pb</b>	<b>Ni</b>	<b>Cd</b>
27/08/02	Laguna	0,628 ± 0,042	2,293 ± 0,093	21,655 ± 0,021	10,428 ± 0,211	0,207 ± 0,000
24/09/02	Laguna	0,504 ± 0,003	2,200 ± 0,096	21,191 ± 0,127	10,475 ± 0,516	0,209 ± 0,000
22/11/02	Laguna	0,027 ± 0,008	0,507 ± 0,039	20,681 ± 0,143	9,549 ± 0,437	0,213 ± 0,008
25/01/03	Laguna	0,070 ± 0,000	0,624 ± 0,005	20,365 ± 0,286	10,328 ± 0,112	0,074 ± 0,001
27/08/02	Imbituba	0,846 ± 0,010	2,279 ± 0,020	31,749 ± 0,885	21,141 ± 0,118	0,310 ± 0,009
24/09/02	Imbituba	0,570 ± 0,060	2,145 ± 0,198	33,203 ± 0,811	24,065 ± 0,007	0,313 ± 0,001
22/11/02	Imbituba	0,542 ± 0,033	2,445 ± 0,338	31,626 ± 0,029	18,175 ± 0,233	0,309 ± 0,002
25/01/03	Imbituba	0,542 ± 0,033	1,077 ± 0,018	0,457 ± 0,270	10,980 ± 0,128	0,016 ± 0,019
27/08/02	Corais	0,010 ± 0,001	3,369 ± 0,025	1,211 ± 0,124	8,470 ± 0,240	0,011 ± 0,004
24/09/02	Corais	0,104 ± 0,000	3,114 ± 0,044	1,260 ± 0,133	8,150 ± 0,141	2,007 ± 0,001
22/11/02	Corais	0,054 ± 0,057	3,247 ± 0,185	1,630 ± 0,085	10,818 ± 0,196	2,006 ± 0,001
25/01/03	Corais	0,036 ± 0,001	3,311 ± 0,142	2,325 ± 0,035	10,155 ± 0,205	0,042 ± 0,000
27/08/02	Três irmãs	0,207 ± 0,001	0,299 ± 0,065	21,349 ± 0,246	17,150 ± 0,099	0,016 ± 0,006
24/09/02	Três irmãs	0,203 ± 0,000	0,776 ± 0,589	21,460 ± 0,636	20,577 ± 0,277	1,510 ± 0,001
22/11/02	Três irmãs	0,233 ± 0,092	2,097 ± 0,135	20,790 ± 0,148	19,251 ± 0,348	1,508 ± 0,001
25/01/03	Três irmãs	0,192 ± 0,057	1,893 ± 0,082	21,303 ± 0,073	20,560 ± 0,283	0,015 ± 0,004
27/08/02	Caicanga	0,044 ± 0,000	4,016 ± 0,011	23,731 ± 0,148	20,540 ± 0,014	0,401 ± 0,000
24/09/02	Caicanga	0,060 ± 0,052	5,204 ± 0,001	25,280 ± 0,014	16,204 ± 0,111	0,011 ± 0,004
22/11/02	Caicanga	0,095 ± 0,001	4,272 ± 0,037	25,475 ± 0,073	22,420 ± 0,184	1,508 ± 0,001
25/01/03	Caicanga	0,039 ± 0,009	3,266 ± 0,052	26,502 ± 0,330	20,255 ± 0,177	0,015 ± 0,000
27/08/02	Campeche	0,757 ± 0,030	1,992 ± 0,003	8,199 ± 0,018	12,610 ± 0,325	0,009 ± 0,004
24/09/02	Campeche	0,866 ± 0,030	2,424 ± 0,083	9,200 ± 0,079	14,052 ± 0,005	0,047 ± 0,026
22/11/02	Campeche	0,713 ± 0,009	2,200 ± 0,188	8,542 ± 0,031	12,645 ± 0,021	0,013 ± 0,006
25/01/03	Campeche	0,723 ± 0,008	2,280 ± 0,111	8,550 ± 65,372	12,853 ± 0,143	0,005 ± 0,005
27/08/02	Ratones	1,711 ± 0,021	6,174 ± 0,126	20,365 ± 0,331	8,485 ± 0,573	0,305 ± 0,001
24/09/02	Ratones	1,025 ± 0,028	6,242 ± 0,100	29,296 ± 0,296	11,695 ± 0,163	0,109 ± 0,004
22/11/02	Ratones	1,777 ± 0,064	6,492 ± 0,020	20,675 ± 0,035	11,837 ± 0,031	0,711 ± 0,006
25/01/03	Ratones	2,282 ± 0,008	1,589 ± 1,162	19,385 ± 0,417	9,500 ± 0,633	0,779 ± 0,065
27/08/02	Armação	0,359 ± 0,009	4,493 ± 0,030	1,357 ± 0,030	20,445 ± 0,035	0,212 ± 0,138
24/09/02	Armação	0,400 ± 0,014	0,223 ± 0,112	1,583 ± 0,025	20,101 ± 0,026	0,009 ± 0,002
22/11/02	Armação	0,441 ± 0,000	4,383 ± 0,087	1,099 ± 0,041	24,748 ± 0,499	0,305 ± 0,004
25/01/03	Armação	0,531 ± 0,030	5,417 ± 0,047	1,099 ± 0,033	24,557 ± 0,222	0,319 ± 0,004
27/08/02	Ganchos	1,494 ± 0,121	4,261 ± 0,182	9,263 ± 10,722	15,305 ± 0,078	0,834 ± 0,020
24/09/02	Ganchos	1,278 ± 0,039	4,180 ± 0,020	15,227 ± 0,196	15,305 ± 0,120	0,805 ± 0,001
22/11/02	Ganchos	1,214 ± 0,067	4,574 ± 0,109	16,365 ± 0,502	10,760 ± 0,070	0,805 ± 0,006
25/01/03	Ganchos	1,413 ± 0,013	4,462 ± 0,155	16,840 ± 0,170	16,810 ± 0,156	0,887 ± 0,033

Anexo 2. Concentração de Metais Biodisponíveis (mg/kg).

Data	Amostra	Cr	Cu	Pb	Ni	Cd
27/08/02	Arvoredo	1,160 ± 0,071	0,811 ± 0,047	10,621 ± 0,295	6,382 ± 0,023	0,817 ± 0,010
24/09/02	Arvoredo	1,290 ± 0,071	0,230 ± 0,115	9,564 ± 0,462	6,600 ± 0,325	0,810 ± 0,003
22/11/02	Arvoredo	1,080 ± 0,062	0,350 ± 0,011	8,968 ± 0,058	5,375 ± 0,078	0,904 ± 0,002
25/01/03	Arvoredo	1,99 ± 0,022	0,732 ± 0,132	10,098 ± 0,706	7,918 ± 0,756	0,904 ± 0,002
27/08/02	Zimbros	0,066 ± 0,010	1,328 ± 0,256	10,606 ± 0,313	8,485 ± 0,346	0,071 ± 0,032
24/09/02	Zimbros	0,032 ± 0,006	0,701 ± 0,069	8,126 ± 0,038	10,615 ± 0,361	0,163 ± 0,008
22/11/02	Zimbros	0,052 ± 0,003	1,000 ± 0,000	10,231 ± 0,150	9,364 ± 0,208	0,174 ± 0,021
25/01/03	Zimbros	0,092 ± 0,002	0,942 ± 0,031	12,320 ± 0,269	10,901 ± 0,141	0,152 ± 0,003
27/08/02	Porto Belo	1,276 ± 0,028	2,229 ± 0,024	20,598 ± 0,065	20,355 ± 0,290	1,212 ± 0,004
24/09/02	Porto Belo	1,635 ± 0,347	3,514 ± 0,275	11,405 ± 0,714	10,685 ± 0,396	3,019 ± 0,014
22/11/02	Porto Belo	1,031 ± 0,013	1,162 ± 1,155	10,490 ± 0,453	15,396 ± 0,229	3,019 ± 0,012
25/01/03	Porto Belo	1,026 ± 0,002	3,530 ± 0,192	9,130 ± 0,141	10,500 ± 0,141	3,025 ± 0,012
27/08/02	Laranjeira	0,128 ± 0,037	2,229 ± 0,083	20,598 ± 0,142	20,355 ± 0,021	1,212 ± 0,003
24/09/02	Laranjeira	0,176 ± 0,011	1,266 ± 0,066	21,159 ± 0,459	20,025 ± 0,007	1,315 ± 0,005
22/11/02	Laranjeira	0,110 ± 0,005	2,483 ± 0,148	21,925 ± 0,007	21,675 ± 0,035	1,325 ± 0,018
25/01/03	Laranjeira	0,191 ± 0,070	2,966 ± 0,380	21,070 ± 0,184	25,537 ± 0,617	1,215 ± 0,012
27/08/02	Itajaí	1,708 ± 0,004	6,105 ± 0,032	20,396 ± 0,220	15,470 ± 0,184	2,012 ± 0,000
24/09/02	Itajaí	1,771 ± 0,068	6,845 ± 0,091	21,040 ± 0,014	2,168 ± 0,469	2,005 ± 0,001
22/11/02	Itajaí	1,851 ± 0,001	6,119 ± 0,033	18,315 ± 0,033	16,750 ± 0,099	2,009 ± 0,136
25/01/03	Itajaí	1,911 ± 0,003	6,446 ± 0,058	19,800 ± 0,707	13,948 ± 0,008	2,108 ± 0,109
27/08/02	Penha	0,541 ± 0,030	1,516 ± 0,006	18,009 ± 0,096	23,686 ± 0,280	0,412 ± 0,083
24/09/02	Penha	0,427 ± 0,018	1,255 ± 0,021	29,239 ± 0,050	23,680 ± 0,255	0,770 ± 0,212
22/11/02	Penha	0,766 ± 0,022	1,380 ± 0,172	32,776 ± 0,288	26,665 ± 0,318	0,713 ± 0,004
25/01/03	Penha	0,194 ± 0,006	1,716 ± 0,129	10,225 ± 0,049	20,089 ± 0,032	0,814 ± 0,007
27/08/02	Remédios	1,487 ± 0,239	1,707 ± 0,065	5,760 ± 0,050	9,025 ± 0,129	0,563 ± 0,108
24/09/02	Remédios	1,620 ± 0,283	0,244 ± 0,007	5,538 ± 0,593	9,505 ± 0,049	0,610 ± 0,141
22/11/02	Remédios	1,538 ± 0,057	1,757 ± 0,079	5,847 ± 0,069	9,396 ± 0,006	0,543 ± 0,062
25/01/03	Remédios	1,295 ± 0,163	0,583 ± 0,048	3,815 ± 0,134	5,321 ± 0,226	0,623 ± 0,092
27/08/02	Babitonga	0,794 ± 0,113	3,288 ± 0,068	27,460 ± 0,001	24,050 ± 0,069	0,089 ± 0,048
24/09/02	Babitonga	0,757 ± 0,078	3,117 ± 0,056	20,832 ± 0,616	25,725 ± 0,290	0,097 ± 0,001
22/11/02	Babitonga	0,648 ± 0,027	3,230 ± 0,092	28,662 ± 0,012	26,816 ± 0,134	0,330 ± 0,020
25/01/03	Babitonga	0,934 ± 0,006	3,343 ± 0,004	28,955 ± 0,049	25,930 ± 0,014	0,267 ± 0,081
27/08/02	S. Francisco	1,434 ± 0,022	3,200 ± 0,069	16,935 ± 0,021	16,138 ± 0,952	0,913 ± 0,004
24/09/02	S. Francis co	1,095 ± 0,060	3,200 ± 0,099	16,800 ± 0,880	18,310 ± 0,396	0,804 ± 0,027
22/11/02	S. Francisco	1,135 ± 0,001	1,249 ± 0,044	18,756 ± 0,298	18,960 ± 0,042	0,832 ± 0,037
25/01/03	S.Francisco	1,034 ± 0,001	1,538 ± 0,036	17,224 ± 0,267	10,138 ± 0,014	1,063 ± 0,002

Localização do Ponto de Coleta em Laguna.





Anexo 3 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cr, Cu e Cd em Laguna.

Laguna

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Laguna					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,75455	1	0,754551	1647,944	0,000002
Cr/Amostra	0,55440	3	0,184801	403,606	0,000020
Error	0,00183	4	0,000458		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Laguna					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	15,80878	1	15,80878	3271,957	0,000001
Cu/Amostra	5,67638	3	1,89213	391,615	0,000022
Error	0,01933	4	0,00483		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Laguna Type I decomposition Laguna					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,247238	1	0,247238	13777,32	0,000000
Cd/Amostra	0,027422	3	0,009141	509,37	0,000013
Error	0,000072	4	0,000018		

Tukey HSD test; variable mg/kg Laguna Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00046, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostra	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,62843	0,50400	0,2650	0,6953
2	2	0,014966	0,014966	0,000295	0,000299
3	3	0,000295	0,000320	0,000320	0,000362
4	4	0,000299	0,000362	0,318701	

Tukey HSD test; variable mg/kg Probabilities for Post Hoc Tests laguna Error: Between MS = ,00483, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostra	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	2,2930	2,1999	5,0660	6,2350
2	2	0,588912	0,588912	0,000300	0,000307
3	3	0,000300	0,000306	0,000306	0,000317
4	4	0,000307	0,000317	0,435353	

Tukey HSD test; variable mg/kg Laguna Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00002, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,20699	0,20915	0,21260	0,21445
2	2	0,952540	0,952540	0,596346	0,000292
3	3	0,596346	0,845646	0,845646	0,000292
4	4	0,000292	0,000292	0,000292	

Tukey HSD test; variable mg/kg Laguna Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00046, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostra	mg/kg Mean	1	2	3
3	3	0,265000	****		
4	4	0,695250	****		
2	2	0,504000		****	
1	1	0,628430			****

Tukey HSD test; variable mg/kg Laguna Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00483, df = 4,0000				
Cell No	Cu/Amostra	mg/kg Mean	1	2
3	3	0,506600	****	
4	4	0,623500	****	
2	2	2,199870		****
1	1	2,292980		****

Tukey HSD test; variable mg/kg Laguna Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00002, df = 4,0000				
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
4	4	0,074450	****	
1	1	0,206990		****
2	2	0,209150		****
3	3	0,212600		****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3518,24	1	3518,24	118598,0	0,000000
"Pb/data"	1,95	3	0,65	21,6	0,00604
Error	0,11	4	0,03		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	831,542	1	831,542	6465,40	0,000000
"Ni/data"	1,135	3	0,378	2,94	0,16199
Error	0,514	4	0,128		

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02967, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3
4	4	20,3580	****		
3	3	20,8813	****	****	
2	2	21,1894		****	****
1	1	21,6550			****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,02967, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	21,655	21,189	20,881	20,358
2	2	0,16400	0,16400	0,01652	0,00591
3	3	0,01652	0,13031	0,02854	0,36231
4	4	0,00591	0,02854	0,36231	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,12861, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	10,428	10,475	9,5491	10,329
2	2	0,99912	0,99912	0,20821	0,99137
3	3	0,20821	0,18391	0,18391	0,97417
4	4	0,99137	0,97417	0,27239	

Tukey HSD test; vari Homogenous Groups, Error: Between MS = ,				
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2
3	3	9,5490	****	
4	4	10,3285	****	
1	1	10,4284		****
2	2	10,4750		****

Localização do Ponto de Coleta em Imbituba





Anexo 4 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cd, Pb e Ni em Imbituba.

Imbituba

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Imbituba					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3,122900	1	3,122900	2146,054	0,000001
Cr/Amostra	0,131098	3	0,043699	30,016	0,003343
Error	0,005823	4	0,001456		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Imbituba					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	31,56827	1	31,56827	819,6714	0,000009
Cu/Amostra	2,29800	3	0,76600	19,8892	0,007244
Error	0,15405	4	0,03851		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Imbituba					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,449120	1	0,449120	4171,790	0,000000
Cd/Amostra	0,130478	3	0,043493	403,995	0,000020
Error	0,000431	4	0,000108		

Tukey HSD test; variable mg/kg Imbituba Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00146, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,84566	,56950	,54200	,54200
2	2	0,006847	0,004845	0,884404	0,884404
3	3	0,004845	0,884404		1,000000
4	4	0,004845	0,884404	1,000000	

Tukey HSD test; variable mg/kg Imbituba Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03851, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	2,2794	2,1447	2,4451	1,0766
2	2	0,897501	0,897501	0,832460	0,012422
3	3	0,832460	0,499577	0,499577	0,018883
4	4	0,012422	0,018883	0,007825	

Tukey HSD test; variable mg/kg Imbituba Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00011, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,31031	,31260	,30910	,01575
2	2	0,995619	0,995619	0,999371	0,000295
3	3	0,999371	0,985003	0,985003	0,000294
4	4	0,000295	0,000294	0,000295	

Tukey HSD test; variable mg/kg Imbituba Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00146, df = 4,0000				
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
3	3	0,542000	****	
4	4	0,542000	****	
2	2	0,569500	****	
1	1	0,845660		****

Tukey HSD test; variable mg/kg Imbituba Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,03851, df = 4,0000				
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
4	4	1,076625	****	
2	2	2,144740		****
1	1	2,279410		****
3	3	2,445075		****

Tukey HSD test; variable mg/kg Imbituba Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00011, df = 4,0000				
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
4	4	0,015750	****	
3	3	0,309100		****
1	1	0,310305		****
2	2	0,312600		****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4707,95	1	4707,95	12440,5	0,000000
"Pb/data"	1513,77	3	504,59	1333,3	0,000000
Error	1,51	4	0,378		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Imbituba					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2764,77	1	2764,77	130478,0	0,000000
"Ni/data"	189,11	3	63,038	2975,0	0,000000
Error	0,085	4	0,021		

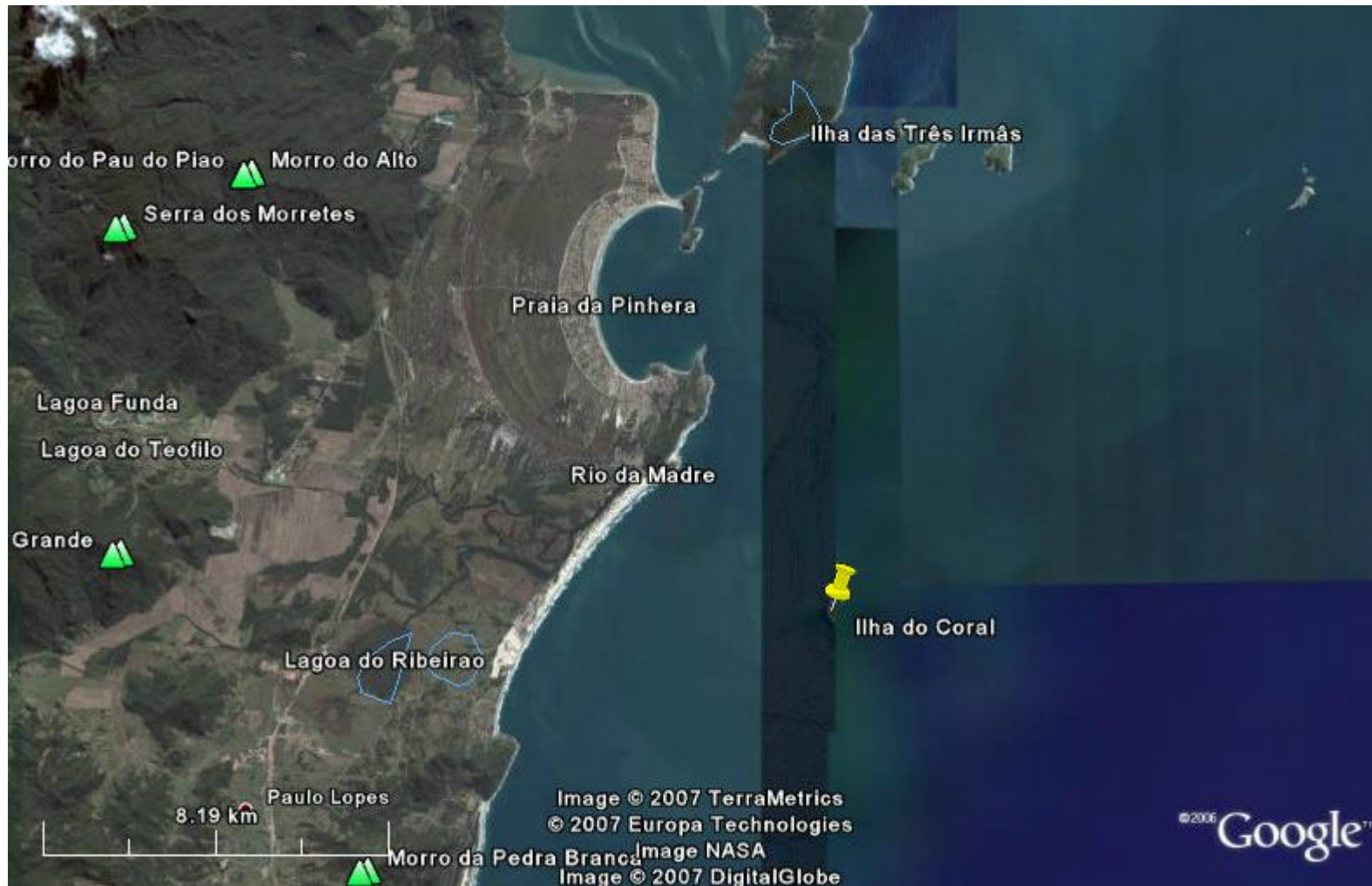
Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,378				
Cell	Pb/dat.	mg/kg Mean	1	2
4	4	0,4674	****	
3	3	31,6264		****
1	1	31,7488		****
2	2	33,2029		****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp) Probabilities for Post Hoc Tests Imbituba Error: Between MS = ,37844, df = 4,0000					
Cell	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	31,749	0,22670	0,99681	0,00029
2	2	33,203	0,22670	0,18732	0,00029
3	3	31,626	0,99681	0,18732	0,00029
4	4	46,740	0,00029	0,00029	0,00029

Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp) Probabilities for Post Hoc Tests Imbituba Error: Between MS = ,02119, df = 4,0000					
Cell	Ni/dat	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	21,141	0,00036	0,00036	0,00029
2	2	24,065	0,00036	0,00029	0,00029
3	3	18,175	0,00029	0,00029	0,00029
4	4	10,980	0,00029	0,00029	0,00029

Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02119, df = 4,0000						
Cell	Ni/dat	mg/kg Mean	1	2	3	4
4	4	10,9805	****			0,00
3	3	18,1750		****		0,00
1	1	21,1405			****	0,00
2	2	24,0650				0,00

Localização do Ponto de Coleta na Ilha dos Corais.





Anexo 5- Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cd na Ilha dos Corais.

Corais

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Corais					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,020861	1	0,020860	25,39797	0,007284
Cr/Amostra	0,00945	3	0,003150	3,83572	0,113447
Error	0,00328	4	0,000821		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Corais					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	85,03371	1	85,03371	5986,859	0,000000
Cu/Amostr	0,07172	3	0,02391	1,683	0,306841
Error	0,05681	4	0,01420		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Corais					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	8,26800	1	8,26800	16912310	0,000000
Cd/Amostr	7,84197	3	2,61399	534696	0,000000
Error	0,00002	4	0,00000		

Tukey HSD test; variable mg/kg Corais Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00082, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,01000	,10400	,05425	,03600
2	2		0,096866	0,493463	0,803442
3	3		0,096866	0,414030	0,224728
4	4		0,493463	0,414030	0,914948
			0,803442	0,224728	0,914948

Tukey HSD test; variable mg/kg Corais Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01420, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	3,3690	3,1141	3,2474	3,3105
2	2		0,281799	0,748530	0,957218
3	3		0,281799	0,699699	0,449293
4	4		0,748530	0,699699	0,947413
			0,957218	0,449293	0,947413

Tukey HSD test; variable mg/kg Corais Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00000, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,01095	2,0072	2,0061	,04225
2	2		0,000291	0,000291	0,000718
3	3		0,000291	0,960862	0,000291
4	4		0,000718	0,000291	0,000291

Tukey HSD test; variable mg/kg Corais Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00082, df = 4,000			
Cell No	Cr/Amostr	mg/kg Mean	1
1	1	0,010000	****
4	4	0,036000	****
3	3	0,054255	****
2	2	0,104000	****

Tukey HSD test; variable mg/kg Corais Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01420, df = 4,000			
Cell No	Cu/Amostr	mg/kg Mean	1
2	2	3,114145	****
3	3	3,247365	****
4	4	3,310500	****
1	1	3,368980	****

Tukey HSD test; variable mg/kg Corais Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00000, df = 4,000					
Cell No	Cd/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	0,01095	****		
4	4	0,04225		****	
3	3	2,00610			****
2	2	2,00715			****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	20,6457	1	20,6457	1990,45	0,00000
"Pb/data"	1,5866	3	0,5289	50,99	0,00120
Error	0,0414	4	0,0103		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	706,633	1	706,633	17880,8	0,00000
"Ni/data"	10,018	3	3,339	84,51	0,00045
Error	0,158	4	0,039		

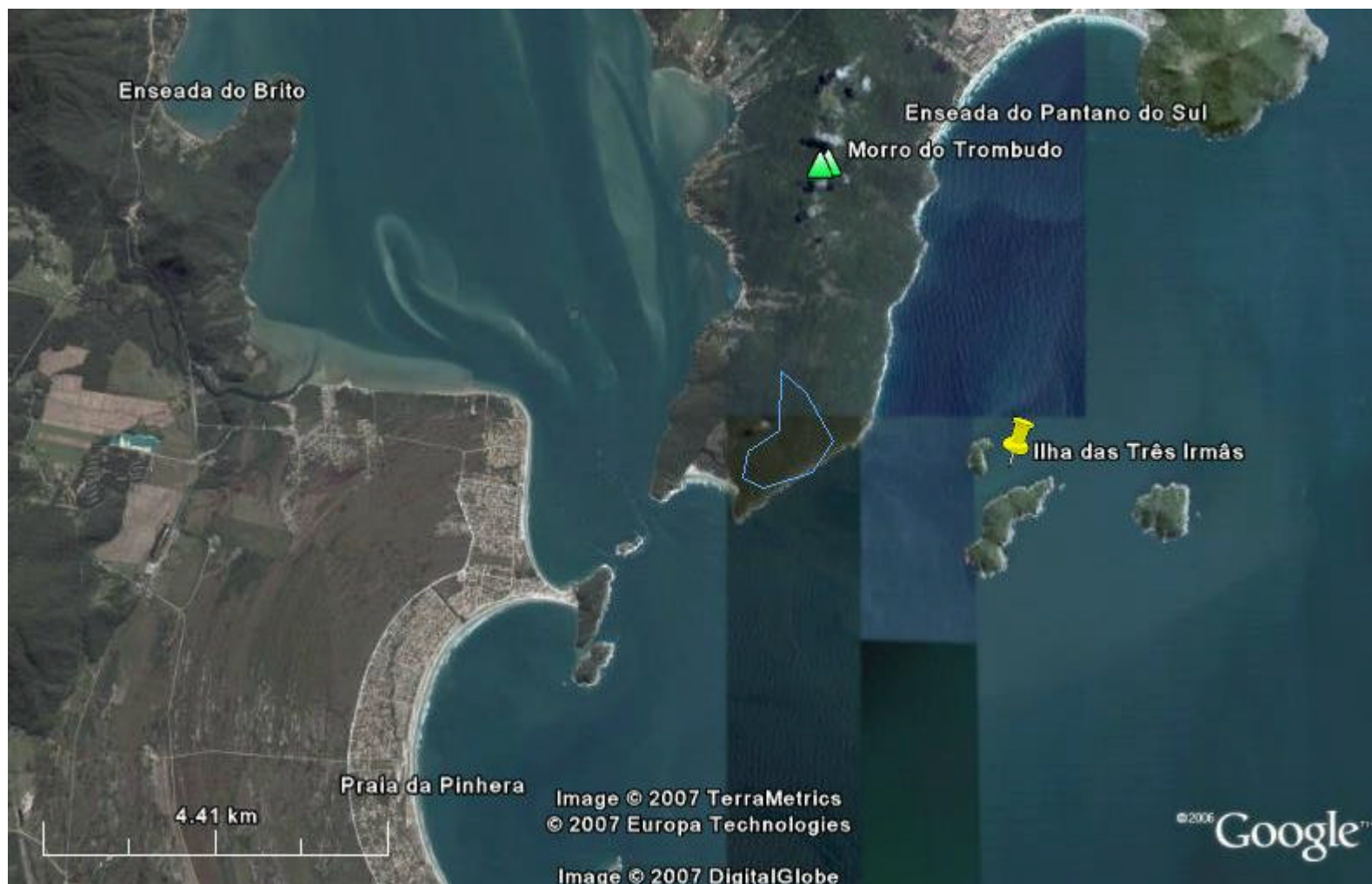
Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01037, df = 4,0000					
Cell I	Pb/dat	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	1,21135	****		
2	2	1,25950	****	****	
3	3	1,63000		****	****
4	4	2,32500			****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Corais Error: Between MS = ,01037, df = 4,0000					
Cell	Pb/dat	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,2113	1,2595	1,6300	2,3250
2	2		0,96133	0,04856	0,00156
3	3		0,96133	0,07121	0,00182
4	4		0,04856	0,07121	0,00845
			0,00156	0,00182	0,00845

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Corais Error: Between MS = ,03952, df = 4,0000					
Cell	Ni/dat	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8,4700	8,1500	10,818	10,155
2	2		0,46512	0,00121	0,00385
3	3		0,46512	0,00083	0,00206
4	4		0,00121	0,00083	0,09210
			0,00385	0,00206	0,09210

Tukey HSD test; variable mg/kg Corais Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,03952, df = 4,000				
Cell I	Ni/dat	mg/kg Mean	1	2
2	2	8,15000	****	
1	1	8,47000	****	
4	4	10,15500		****
3	3	10,81845		****

Localização do Ponto de Coleta na Ilha das Três Irmãs.





Anexo 6 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cd na Ilha das Três Irmãs.

Três Irmãs

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Três Irmãs					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,34862	1	0,34862	118,921	0,000402
Cr/Amostra	0,00186	3	0,00062	0,2122	0,883284
Error	0,01173	4	0,00293		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Três Irmãs					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12,82977	1	12,82977	136,336	0,000308
Cu/Amostra	4,51867	3	1,50622	16,0059	0,010796
Error	0,37642	4	0,09410		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Três Irmãs					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4,64829	1	4,64829	379515	0,000001
Cd/Amostra	4,45998	3	1,48666	121380	0,000001
Error	0,00004	4	0,00001		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Três Irmãs) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00293, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostra	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,20685	0,99987	0,95745	0,99118
2	2	0,99987	0,20314	0,93954	0,99613
3	3	0,95745	0,93954	0,23338	0,86443
4	4	0,99118	0,99613	0,86443	0,23337

Tukey HSD test; variable mg/kg (Três Irmãs) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09410, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,29900	0,48850	0,01454	0,02217
2	2	0,48850	0,29900	0,04175	0,07103
3	3	0,01454	0,04175	0,29900	0,90491
4	4	0,02217	0,07103	0,90491	0,29900

Tukey HSD test; variable mg/kg (Três Irmãs) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00001, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,01635	1,5098	1,5080	0,1485
2	2	0,00029	0,00029	0,00029	0,97048
3	3	0,00029	0,95356	0,00029	0,00029
4	4	0,97048	0,00029	0,00029	0,00029

Tukey HSD test; variable mg/kg (Três Irmãs) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00293, df = 4,0000			
Cell No	Cr/Amostra	mg/kg Mean	1
4	4	0,191650	****
2	2	0,203135	****
1	1	0,206850	****
3	3	0,233375	****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Três Irmãs) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,09410, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	0,29899	****		
2	2	0,77615	****	****	
4	4	1,89306		****	****
3	3	2,09731			****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Três Irmãs) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 4,0000				
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
4	4	0,014850	****	
1	1	0,016350	****	
3	3	1,508030		****
2	2	1,509800		****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3604,36	1	3604,36	29253,9	0,000001
"Pb/data"	0,53	3	0,177	1,4	0,35607
Error	0,49	4	0,123		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3006,06	1	3006,06	41858,0	0,000001
"Ni/data"	15,63	3	5,21	72,5	0,00060
Error	0,287	4	0,072		

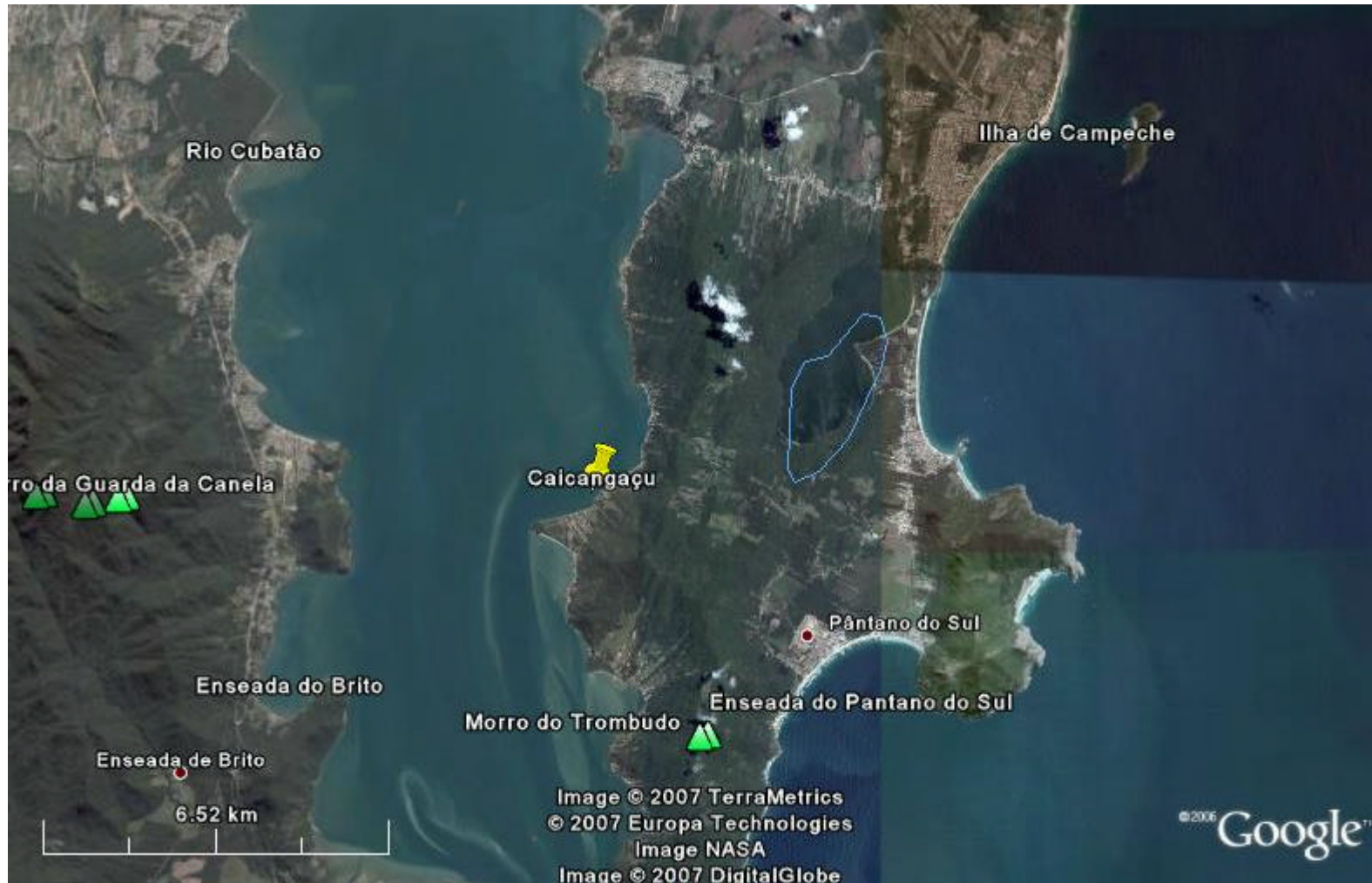
Tukey HSD test; vari Homogenous Groups, Error: Between MS = ,				
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	
3	3	20,7901	****	
4	4	21,3049	****	
1	1	21,3490	****	
2	2	21,4600	****	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,12321, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	21,349	0,98756	0,47255	0,99920
2	2	0,98756	21,460	0,35157	0,96793
3	3	0,47255	0,35157	20,790	0,52854
4	4	0,99920	0,96793	0,52854	21,305

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07182, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	17,150	0,00095	0,00511	0,00097
2	2	0,00095	20,577	0,02620	0,99989
3	3	0,00511	0,02620	19,251	0,02739
4	4	0,00097	0,99989	0,02739	20,560

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,07182, d					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	17,1500	****		
3	3	19,2506		****	
4	4	20,5600			****
2	2	20,5772			****

Localização do Ponto de Coleta na Baía de Caiacangaçu.



Anexo 7A- Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Total de Cr na Baía de Caiacangaçú.

Caiacanga

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Caiacanga					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1575,475	1	1575,475	1837,807	0,000000
Cr/Amostra	197,236	3	65,745	76,692	0,000003
Error	6,858	8	0,857		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Caiacanga					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	343,1063	1	343,1063	9419,980	0,000000
Cu/Amostra	0,7673	3	0,2558	7,022	0,012465
Error	0,2914	8	0,0364		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	13627,01	1	13627,01	69007,4	0,00000
"Pb/data"	1,96	3	0,65	3,31	0,07803
Error	1,58	8	0,20		

Tukey HSD test; variable mg/kg Caiacanga Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,85726, df = 8,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	14,625	15,955	9,3777	5,8753
2	2	0,356802	0,356802	0,000722	0,000234
3	3	0,000722	0,000304		0,007421
4	4	0,000234	0,000231	0,007421	

Tukey HSD test; variable mg/kg Caiacanga Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03642, df = 8,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	5,3627	5,2800	5,0197	5,7263
2	2	0,949255	0,949255	0,202557	0,169202
3	3	0,202557	0,396529	0,396529	0,080658
4	4	0,169202	0,080658	0,008392	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheel) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,19747, df = 8,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	34,247	33,650	33,112	33,785
2	2	0,40874	0,40874	0,05574	0,60269
3	3	0,05574	0,48960	0,48960	0,31832
4	4	0,60269	0,98138	0,31832	

Tukey HSD test; variable mg/kg Caiacanga Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,85726, df = 8,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1	2	3
4	4	5,87527	****		
3	3	9,37773		****	
1	1	14,62467			****
2	2	15,95500			****

Tukey HSD test; variable mg/kg Caiacanga Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,03642, df = 8,0000				
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
3	3	5,019667	****	
2	2	5,280000	****	****
1	1	5,362667	****	****
4	4	5,726333		****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheel) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,19747, df = 8,0000			
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1
3	3	33,1123	****
2	2	33,6500	****
4	4	33,7846	****
1	1	34,2466	****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	13553,61	1	13553,61	26077,2	0,00000
"Ni/data"	8,17	3	2,72	5,24	0,02718
Error	4,16	8	0,52		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheel) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,51975, df = 8,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	32,750	32,837	34,237	34,606
2	2	0,99881	0,99881	0,12971	0,05363
3	3	0,12971	0,15903		0,92039
4	4	0,05363	0,06599	0,92039	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheel) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,51975, df = 8,0000			
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1
1	1	32,7500	****
2	2	32,8366	****
3	3	34,2370	****
4	4	34,6064	****



Anexo 7B - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cd na Baía de Caicangaçú.

Caicanga

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Caicanga					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,028075	1	0,028075	40,97426	0,003059
Cr/Amostr	0,00381	3	0,001270	1,85405	0,277988
Error	0,00274	4	0,000685		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Caicanga					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	140,4080	1	140,4080	133020,5	0,000000
Cu/Amostr	3,8393	3	1,2798	1212,4	0,000002
Error	0,0042	4	0,0011		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Caicanga					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1,872501	1	1,872501	359008,2	0,000000
Cd/Amostr	2,997773	3	0,999258	191584,2	0,000000
Error	0,000021	4	0,000005		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Caicanga) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00069, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1				
2	2	0,924433			
3	3	0,344873	0,598312		
4	4	0,996210	0,843611	0,281503	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Caicanga) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00106, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1				
2	2	0,00029			
3	3	0,00506	0,00029		
4	4	0,00031	0,00029	0,00029	

Tukey HSD test; variable mg/kg Caicanga Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00001, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1				
2	2	0,000291			
3	3	0,0002910	0,000291		
4	4	0,0002910	0,518330	0,000291	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Caicanga) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00069, df = 4,0000			
Cell No	Cr/Amostr	mg/kg Mean	1
4	4	0,038500	****
1	1	0,044020	****
2	2	0,059940	****
3	3	0,094500	****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Caicanga) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00106, df = 4,0000						
Cell No	Cu/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3	4
4	4	3,265715	****			0,00
1	1	4,016165		****		0,00
3	3	4,271540			****	0,00
2	2	5,204145				0,00

Tukey HSD test; variable mg/kg Caicanga Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00001, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	0,011450	****		
4	4	0,014850		****	
1	1	0,400901			****
3	3	1,508000			****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Caicanga					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5099,46	1	5099,46	149903	0,000000
Pb/data	7,832	3	2,611	76,7	0,00054
Error	0,136	4	0,034		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Caicanga					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3153,67	1	3153,67	162844	0,000000
Ni/data	41,079	3	13,693	707,1	0,000000
Error	0,077	4	0,019		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshe) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,03402, df = 4,0000					
Cell N	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	23,73391	****		
2	2	25,28001		****	
3	3	25,47431			****
4	4	26,50151			****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshe) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03402, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1				
2	2	0,00400			
3	3	0,00261	0,73207		
4	4	0,00060	0,00941	0,01742	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshe) Probabilities for Post Hoc Tests Caicanga Error: Between MS = ,01937, df = 4,0000					
Cell	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1				
2	2	0,00029			
3	3	0,00081	0,00029		
4	4	0,30746	0,00029	0,00056	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshe) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01937, df = 4,0000					
Cell N	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	16,2038	****		
4	4	20,2550		****	
1	1	20,5400			****
3	3	22,4200			****

Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Campeche.





Anexo 8 – Diferença Insignificativas Entre as Media das Concentrações dos Metais Pesados Biodisponíveis na Ilha de Campeche.

Campeche

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Campeche)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4,67753	1	4,67753	9603,57	0,00000
Cr/Amostra	0,02983	3	0,00994	20,415	0,00690
Error	0,00194	4	0,00048		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Campeche					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39,5726	1	39,5726	2904,39	0,00000
Cu/Amostra	0,1952	3	0,0650	4,776	0,08252
Error	0,0546	4	0,0136		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Campeche					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,00270	1	0,00270	14,3894	0,01921
Cd/Amostra	0,00223	3	0,00074	3,9624	0,10835
Error	0,00075	4	0,00018		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Campeche) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00049, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,75700	0,86648	0,71250	0,72262
2	2	0,02601	0,31697	0,00780	0,00997
3	3	0,31697	0,00780	0,96443	
4	4	0,48747	0,00997	0,96443	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Campeche) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01363, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,9923	2,4245	2,1996	2,2800
2	2	0,06749	0,39882	0,34550	0,83954
3	3	0,39882	0,34550	0,89632	
4	4	0,20561	0,63954	0,89632	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Campeche) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00019, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,00900	0,15404	0,1255	0,0505
2	2	0,15404	0,99304	0,19677	0,11815
3	3	0,99304	0,19677	0,94281	
4	4	0,99050	0,11815	0,94281	

Tukey HSD test; variable mg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,00049, df = 4,0000			
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1 2
3	3	0,71250	***
4	4	0,72262	***
1	1	0,75700	***
2	2	0,86648	***

Tukey HSD test; variable mg Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,013			
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1
1	1	1,99230	***
3	3	2,19957	***
4	4	2,28004	***
2	2	2,42445	***

Tukey HSD test; variable mg Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,000			
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1
4	4	0,00505	***
1	1	0,00900	***
3	3	0,01255	***
2	2	0,04700	***

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Campeche					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3257,585	1	3257,585	3,049096	0,155712
"Pb/data"	3192,696	3	1064,232	0,996120	0,480285
Error	4273,509	4	1068,377		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Campeche					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1349,52	1	1349,52	50578,6	0,00000
"Ni/data"	3,022	3	1,007	37,75	0,00215
Error	0,107	4	0,027		

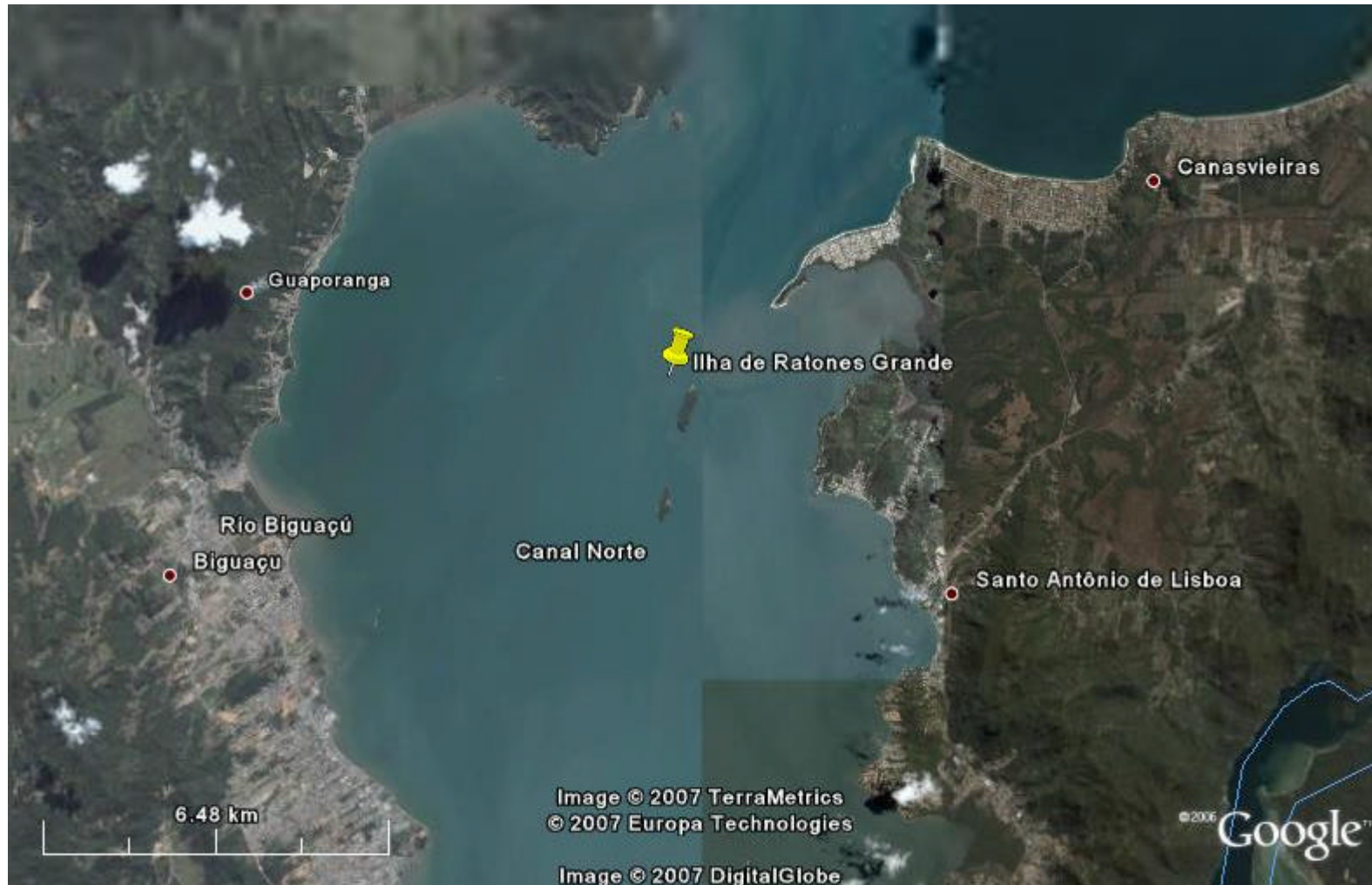
Tukey HSD test; variable mg/kg Campeche Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1068,4, df = 4,0000			
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1 2
1	1	8,19935	****
3	3	8,54215	****
2	2	9,20010	****
4	4	54,77500	****

Tukey HSD test; variable mg/kg Probabilities for Post Hoc Tests Campeche Error: Between MS = 1068,4, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8,1993	0,999988	1,000000	0,547986
2	2	0,999988	0,999997	0,562497	
3	3	1,000000	0,999997	0,552930	
4	4	0,547986	0,562497	0,552930	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshe Probabilities for Post Hoc Tests Campeche Error: Between MS = ,02668, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	12,610	0,00331	0,99601	0,99601
2	2	0,00331	0,00362	0,00362	
3	3	0,99601	0,00362	1,00000	
4	4	0,99601	0,00362	1,00000	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,02				
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2
1	1	12,6100	***	
3	3	12,6450	***	
4	4	12,6450	***	
2	2	14,0523	***	

Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Ratonés Grande.





Anexo 9 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cr, Cd e Pb na Ilha de Ratonés Grande.

Ratonés

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Ratonés					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	23,07735	1	23,07735	17433,49	0,000000
Cr/Amostra	1,60152	3	0,53384	403,28	0,000020
Error	0,00529	4	0,00132		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Ratonés					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	210,0490	1	210,0490	610,0904	0,000016
Cu/Amostra	33,4328	3	11,1443	32,3687	0,002896
Error	1,3772	4	0,3443		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Ratonés					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1,810990	1	1,810990	1675,444	0,000002
Cd/Amostra	0,621562	3	0,207187	191,680	0,000089
Error	0,004324	4	0,001081		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Ratonés) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00132, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr:	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,7105	0,000392	0,379922	0,000551
2	2	0,000392	1,0245	0,000348	0,000291
3	3	0,379922	0,000348	1,7770	0,000761
4	4	0,000551	0,000291	0,000761	2,2817

Tukey HSD test; variable mg/kg Ratonés Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,34429, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr:	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	6,1739	0,999380	6,4915	1,5892
2	2	0,999380	6,2417	0,944290	0,005176
3	3	0,944290	0,971028	6,4915	0,004910
4	4	0,005176	0,004910	0,004056	1,5892

Tukey HSD test; variable mg/kg Ratonés Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00108, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr:	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,30465	0,013792	0,001056	0,000680
2	2	0,013792	0,10900	0,000407	0,000362
3	3	0,001056	0,000407	0,71100	0,305942
4	4	0,000680	0,000362	0,305942	0,77850

Tukey HSD test; variable mg/kg (Rato) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00132, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr:	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	1,024500	****		
1	1	1,710500		****	
3	3	1,776975		****	
4	4	2,281750			***

Tukey HSD test; variable mg/kg (Rato) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,34429, df = 4,0000				
Cell No	Cu/Amostr:	mg/kg Mean	1	2
4	4	1,589200	****	
1	1	6,173885		****
2	2	6,241700		****
3	3	6,491505		****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Rato) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00108, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr:	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	0,109000	****		
1	1	0,304650		****	
3	3	0,711000			****
4	4	0,778500			****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4024,93	1	4024,93	43219,81	0,000001
"Pb/data"	127,51	3	42,50	456,4	0,000011
Error	0,37	4	0,09		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	861,830	1	861,830	4658,47	0,000001
"Ni/data"	16,435	3	5,478	28,97	0,00357
Error	0,756	4	0,189		

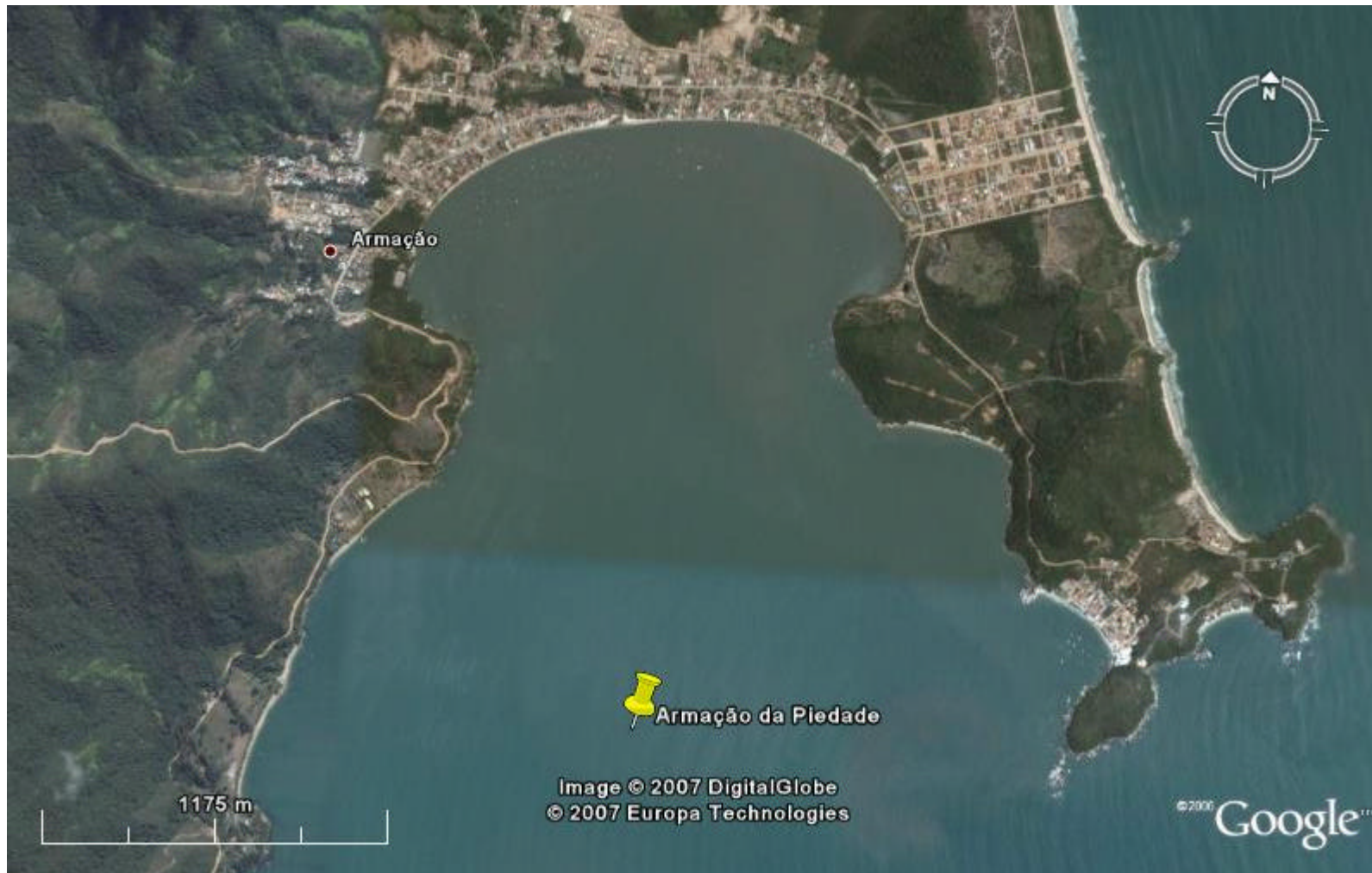
Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,09313, d					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3
4	4	19,3850	****		
1	1	20,3650	****	****	
3	3	20,6750	****	****	
2	2	29,2961			****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09313, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	20,365	0,00029	0,75081	0,10293
2	2	0,00029	29,296	0,00029	0,00029
3	3	0,75081	0,00029	20,675	0,04436
4	4	0,10293	0,00029	0,04436	19,385

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18906, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8,4850	0,00637	0,00637	0,23322
2	2	0,00637	11,695	0,98632	0,02450
3	3	0,00637	0,98632	11,837	0,01972
4	4	0,23322	0,02450	0,01972	9,5000

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alp					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	
1	1	8,4850	****		
4	4	9,4999		****	
2	2	11,6950		****	
3	3	11,8370		****	

Localização do Ponto de Coleta na Armação da Piedade.





Anexo 10 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cu na Baía de Armação da Piedade.

Armação

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Armação					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	105,3586	1	105,3586	18232,82	0,000000
Cu/Amostr	32,2225	3	10,7408	1858,76	0,000001
Error	0,0231	4	0,0058		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Armação					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1,49836	1	1,49836	4956,03	0,000001
Cr/Amostr	0,03278	3	0,01092	36,14	0,00234
Error	0,00120	4	0,00030		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Armação					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,35697	1	0,35697	74,6386	0,00098
Cd/Amostr	0,12263	3	0,04088	8,5475	0,03256
Error	0,01913	4	0,00478		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Armação ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00578, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	4,4928	,22313	4,3835	5,4167
2	2	0,00029	0,00029	0,54215	0,00111
3	3	0,54215	0,00029	0,00029	0,00029
4	4	0,00111	0,00029	0,00080	0,00080

Tukey HSD test; variable mg/kg (Armação ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00030, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	3,5850	4,0010	4,4106	5,3145
2	2	0,22049	0,22049	0,03018	0,00216
3	3	0,03018	0,22847	0,22847	0,00585
4	4	0,00216	0,00585	0,02214	0,02214

Tukey HSD test; variable mg/kg (Armação ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00478, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,21190	,00900	,30485	,31920
2	2	0,13229	0,13229	0,58671	0,49021
3	3	0,58671	0,04267	0,04267	0,99639
4	4	0,49021	0,03650	0,99639	0,99639

Tukey HSD test; variable mg/kg (Armação ) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00578, df = 4,0					
Cell No	Cu/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	0,22313	***		
3	3	4,38348		***	
1	1	4,49275			***
4	4	5,41673			***

Tukey HSD test; variable mg/kg (Armação ) Homogenous Groups, alpha = ,050 Error: Between MS = ,00030, df = 4,0					
Cell No	Cr/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	0,35850	***		
2	2	0,40010	***	***	
3	3	0,44105		***	***
4	4	0,53145			***

Tukey HSD test; variable mg/kg (Armação ) Homogenous Groups, alpha = ,050 Error: Between MS = ,00478, df = 4,0					
Cell No	Cd/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	0,00900	***		
1	1	0,21190	***	***	
3	3	0,30485		***	***
4	4	0,31920			***

Univariate Tests of Significance for ug/L (Spre) Armação Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Armação					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1301,11	1	1301,11	12148,8	0,000001
"Pb/data"	35,60	3	11,86	110,8	0,00026
Error	0,42	4	0,10		

Univariate Tests of Significance for ug/L (Spre) Arvoredo Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Arvoredo					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4036,64	1	4036,64	53741,2	0,000001
"Ni/data"	38,51	3	12,83	170,9	0,00011
Error	0,30	4	0,07		

Tukey HSD test; variable ug/L (Spre) Armação Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,10710, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	ug/L Mean	1	2	3
4	4	10,6250	***		
3	3	10,9870	***	***	
1	1	13,5660		***	***
2	2	15,8340			***

Tukey HSD test; variable ug/L (Spre) Armação Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,10710, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	13,566	15,834	10,987	10,625
2	2	0,00800	0,00800	0,00501	0,00311
3	3	0,00501	0,00062	0,00062	0,00052
4	4	0,00311	0,00052	0,70558	0,70558

Tukey HSD test; variable ug/L (Spre) Arvoredo Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07511, df = 4,0000					
Cell No.	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	20,445	20,102	24,748	24,557
2	2	0,63146	0,63146	0,00055	0,00061
3	3	0,00055	0,00046	0,00046	0,00050
4	4	0,00061	0,00050	0,89351	0,89351

Tukey HSD test; variable ug/L (Spre) Arvoredo Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07511, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	ug/L Mean	1	2	3
2	2	20,1015	***		
1	1	20,4450	***	***	
4	4	24,5570		***	***
3	3	24,7480			***

Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Arvoredo.



Anexo 11 - Diferenças Insignificativas Entre as Medias das Concentrações dos Metais Pesados Biodisponíveis na Ilha de Arvoredo.

Arvoredo

Effect	Univariate Tests of Significance for mg/kg (Arvoredo) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	13,21725	1	13,21725	534,9486	0,000021
Cr/Amostra	0,32881	3	0,10960	4,4360	0,092061
Error	0,09883	4	0,02471		

Effect	Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Arvoredo				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3,090558	1	3,090558	607,6760	0,000016
Cu/Amostra	0,971899	3	0,323966	63,6993	0,000783
Error	0,020343	4	0,005086		

Effect	Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Arvoredo				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4,589693	1	4,589693	2023,717	0,000001
Cd/Amostra	0,055365	3	0,018455	8,137	0,035371
Error	0,009072	4	0,002268		

Cell No	Cr/Amostr.	Tukey HSD test; variable mg/kg (Arvoredo) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,02471, df = 4,0000			
		{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,6116	0,139935	0,308050	0,088522
2	2	0,139935	1,1600	0,840090	0,952537
3	3	0,308050	0,840090	1,2900	0,590167
4	4	0,088522	0,952537	0,590167	1,0799

Cell No	Cu/Amostr.	Tukey HSD test; variable mg/kg (Arvoredo) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00509, df = 4,0000			
		{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,0941	0,054469	0,001123	0,001840
2	2	0,054469	0,81134	0,004439	0,010281
3	3	0,001123	0,004439	0,434178	0,434178
4	4	0,001840	0,010281	0,434178	0,434178

Cell No	Cd/Amostr.	Tukey HSD test; variable mg/kg Arvoredo Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00227, df = 4,0000			
		{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,61450	0,070281	0,043421	0,049092
2	2	0,070281	0,78850	0,926525	0,967644
3	3	0,043421	0,926525	0,967644	0,998389
4	4	0,049092	0,967644	0,998389	0,998389

Cell No	Cr/Amostr.	Tukey HSD test; variable mg/kg (Arv) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02471, df = 4,0000	
		mg/kg Mean	1
4	4	1,079850	****
2	2	1,160000	****
3	3	1,290000	****
1	1	1,611600	****

Cell No	Cu/Amostr.	Tukey HSD test; variable mg/kg (Arv) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00509, df = 4,0000	
		mg/kg Mean	1 2
3	3	0,230285	****
4	4	0,350430	****
2	2	0,811335	****
1	1	1,094135	****

Cell No	Cd/Amostr.	Tukey HSD test; variable mg/kg Arv Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00227, df = 4,0000	
		mg/kg Mean	1 2
1	1	0,614500	****
2	2	0,788500	****
4	4	0,809600	****
3	3	0,817150	****

Effect	Univariate Tests of Significance for ug/L (Spre) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Arvoredo				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	770,340	1	770,340	3841,29	0,000000
"Pb/data"	3,0218	3	1,0073	5,02	0,076491
Error	0,8022	4	0,2006		

Effect	Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Arvoredo				
	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	345,186	1	345,186	2020,66	0,000000
"Ni/data"	6,5600	3	2,1870	12,80	0,01614
Error	0,6832	4	0,1708		

Cell No	Pb/data	Tukey HSD test; vari Homogenous Groups, alpha = ,05 Error: Between MS = ,	
		ug/L Mean	1
3	3	8,9680	****
2	2	9,5640	****
4	4	10,0980	****
1	1	10,6215	****

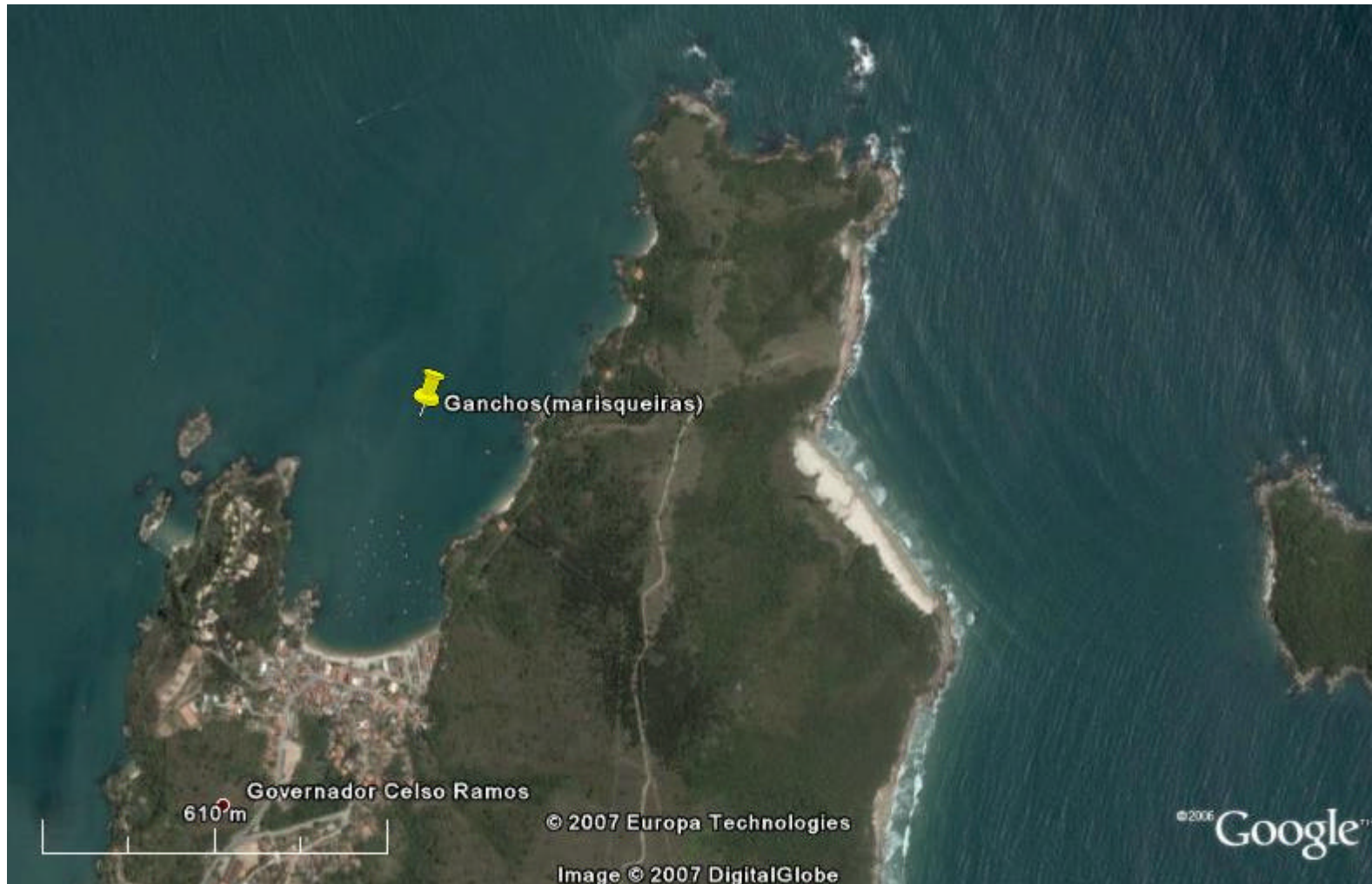
Cell No	Pb/data	Tukey HSD test; variable ug/L (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,20054, df = 4,0000 Arv			
		{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	10,622	0,22718	0,06805	0,67385
2	2	0,22718	9,5640	0,59312	0,662021
3	3	0,06805	0,59312	0,19447	0,19447
4	4	0,67385	0,662021	0,19447	0,19447

Cell No	Ni/data	Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,17083, df = 4,0000 Arv			
		{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	6,3823	0,94818	0,21122	0,06678
2	2	0,94818	6,6000	0,12871	0,10508
3	3	0,21122	0,12871	0,01225	0,01225
4	4	0,06678	0,10508	0,01225	0,01225

Cell No	Ni/data	Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,05 Error: Between MS = ,17083	
		mg/kg Mean	1 2
3	3	5,37500	****
1	1	6,38225	****
2	2	6,60000	****
4	4	7,91770	****



Localização do Ponto de Coleta na Baía de Ganchos.



Anexo 12A - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Totais de Cr, Cu e Ni na Baía de Ganchos.

Ganchos

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	30108,9	1	30108,9	16284,8	0,00000
"Cr/data"	1650,0	3	550,00	297,48	0,00000
Error	14,79	8	1,85		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,8489, df = 8,0000)					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	67,823	51,997	35,851	44,692
2	2	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023
3	3	0,00023	0,00023	0,00023	0,00039
4	4	0,00023	0,00095	0,00039	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Homogenous Groups, alpha = ,0500 Error: Between MS = 1,8489, df = 8)						
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2	3	4
3	3	35,8506	***			0,0C
4	4	44,6920		***		0,0C
2	2	51,9966			***	0,0C
1	1	67,8233				0,0C

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3634,47	1	3634,47	7458,49	0,00000
"Pb/data"	22,625	3	7,542	15,477	0,00107
Error	3,898	8	0,487		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,48729, df = 8,0000)					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	19,760	16,370	16,593	16,890
2	2	0,00169	0,00169	0,00254	0,00455
3	3	0,00254	0,97826	0,79960	
4	4	0,00455	0,79960	0,95198	

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2062,30	1	2062,30	9790,30	0,00000
"Cu/data"	95,338	3	31,779	150,865	0,00000
Error	1,685	8	0,211		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,21065, df = 8,0000)					
Cell No	Cu/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	15,360	9,2100	16,187	11,681
2	2	0,00023	0,00023	0,20125	0,00025
3	3	0,20125	0,00023	0,00023	0,00094
4	4	0,00025	0,00094	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,21065, d)					
Cell No	Cu/data	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	9,2100	***		
4	4	11,6813		***	
1	1	15,3600			***
3	3	16,1866			***

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Ganchos)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6929,483	1	6929,483	4014,777	0,000000
Ni/Amostra	242,111	3	80,704	46,758	0,000020
Error	13,808	8	1,726		

Tukey HSD test; variable mg/kg Ganchos Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,7260, df = 8,0000					
Cell No	Ni/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	23,600	16,887	27,183	28,451
2	2	0,001261	0,001261	0,041299	0,008523
3	3	0,041299	0,000259	0,000259	0,000238
4	4	0,008523	0,000238	0,653781	

Tukey HSD test; variable mg/kg Ganchos (Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = 1,7260, df = 8,000)					
Cell No	Ni/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	16,8867	****		
1	1	23,6000		****	
3	3	27,1833			****
4	4	28,4513			****

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpt Error: Between MS = ,4872					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	
2	2	16,3700	***		
3	3	16,5933	***		
4	4	16,8896	***		
1	1	19,7600		***	

Anexo 12B - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Níquel na Baía de Ganchos.

Ganchos

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Ganchos					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14,56961	1	14,56961	2811,785	0,000001
Cr/Amostra	0,09675	3	0,03225	6,224	0,054806
Error	0,02073	4	0,00518		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Ganchos					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	152,727	1	152,727	8816,54	0,000001
Cu/Amostra	0,1958	3	0,0653	3,767	0,116351
Error	0,069	4	0,0173		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Ganchos					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5,549031	1	5,549031	14824,55	0,000000
Cd/Amostra	0,00893	3	0,002977	7,95	0,036750
Error	0,00149	4	0,000373		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Gancho) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00518, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,4940	1,2775	1,2141	1,4125
2	2	0,12365	0,05792	0,69240	
3	3	0,05792	0,81559	0,15595	
4	4	0,69240	0,36287	0,15595	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Ganchos) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01732, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	4,2611	4,1802	4,5737	4,4622
2	2	0,92225	0,92225	0,22425	0,50065
3	3	0,22425	0,12568		0,28053
4	4	0,50065	0,28053	0,83119	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Ganchos) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00037, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,83403	0,80530	0,80505	0,88700
2	2	0,52017	0,52017	0,51429	0,15868
3	3	0,51429	0,99999		0,04452
4	4	0,15868	0,04452	0,04407	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,005 Error: Between MS = ,005			
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1
3	3	1,21407	***
2	2	1,27750	***
4	4	1,41250	***
1	1	1,49400	***

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,017 Error: Between MS = ,017			
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1
2	2	4,18019	***
1	1	4,26113	***
4	4	4,46224	***
3	3	4,57371	***

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = ,00037 Error: Between MS = ,00037, df = 4,0000			
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1 2
3	3	0,80505	***
2	2	0,80530	***
1	1	0,83402	***
4	4	0,88700	***

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Gancho					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1664,33	1	1664,33	57,7536	0,00160
Pb/data	73,77	3	24,59	0,8534	0,53321
Error	115,27	4	28,818		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Gancho					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1692,42	1	1692,42	136127,1	0,000001
Ni/data	41,22	3	13,74	1105,4	0,00000
Error	0,05	4	0,012		

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,005 Error: Between MS = ,005			
Cell	Pb/data	mg/kg Mean	1
1	1	9,2626	***
2	2	15,2270	***
3	3	16,3650	***
4	4	16,8400	***

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Gancho Error: Between MS = 28,818, df = 4,0000					
Cell	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9,2626	15,227	16,365	16,840
2	2	0,70310	0,70310	0,59695	0,55431
3	3	0,59695	0,99614	0,99926	0,99926
4	4	0,55431	0,98926	0,99972	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Gancho Error: Between MS = ,01243, df = 4,0000					
Cell	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	15,305	15,305	10,760	16,810
2	2	1,00000	1,00000	0,00029	0,00081
3	3	0,00029	0,00029		0,00081
4	4	0,00081	0,00081	0,00029	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = ,01243 Error: Between MS = ,01243, df = 4,0000				
Cell	Ni/data	mg/kg Mean	1 2 3	
3	3	10,7596	***	
1	1	15,3049	***	
2	2	15,3050	***	
4	4	16,8100	***	



Localização do Ponto de Coleta na Baía de Zimbros.



Anexo 13A - Diferenças Insignificativas Entre as Media das Concentrações de Metais Totais na Baía de Zimbros.

Zimbros

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spi Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	35585,04	1	35585,04	542,4371	0,000000
"Cr/data"	3549,92	3	1183,31	18,0376	0,00064
Error	524,82	8	65,60		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 65,602, df = 8,0000)					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	65,986	76,167	34,194	41,476
2	2	0,46005	0,00599	0,00116	0,00357
3	3	0,00599	0,00116	0,69887	
4	4	0,02492	0,00357	0,69887	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha Error: Between MS = 65,60				
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2
3	3	34,1940	****	
4	4	41,4763	****	
1	1	65,9856		****
2	2	76,1666		****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6603,896	1	6603,896	266,8300	0,000000
"Ni/data"	86,035	3	28,678	1,1588	0,38353
Error	197,996	8	24,749		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 24,749, df = 8,0000)					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	20,256	21,580	25,007	26,993
2	2	0,98720	0,83265	0,86066	0,40210
3	3	0,86066	0,83265	0,56980	0,95947
4	4	0,40210	0,56980	0,95947	

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spi Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2218,949	1	2218,949	762,2757	0,000000
"Cu/data"	11,117	3	3,706	1,2730	0,34744
Error	23,288	8	2,911		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 2,9110, df = 8,0000)					
Cell No	Cu/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	12,784	13,737	12,754	15,118
2	2	0,90057	0,89219	0,99999	0,39432
3	3	0,99999	0,89219	0,38428	
4	4	0,39432	0,75825	0,38428	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha Error: Between MS = 2			
Cell No	Cu/data	mg/kg Mean	1
3	3	12,7536	****
1	1	12,7843	****
2	2	13,7366	****
4	4	15,1183	****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spi Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3782,84	1	3782,84	37667,71	0,000000
"Pb/data"	60,880	3	20,293	202,07	0,000000
Error	0,803	8	0,100		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,10043, df = 8,0000)					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	18,995	19,237	13,859	18,929
2	2	0,78900	0,78900	0,00023	0,99368
3	3	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023
4	4	0,99368	0,64986	0,00023	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha Error: Between MS = ,10043				
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2
3	3	13,8586	****	
4	4	18,9290		****
1	1	18,9953		****
2	2	19,2366		****

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha Error: Between MS = :			
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1
1	1	20,2556	****
2	2	21,5800	****
3	3	25,0073	****
4	4	26,9930	****

Anexo 13B - Diferenças Insignificativas Entre as Media das Concentrações de Metais Biodisponíveis na Baía de Zimbros.

Zimbros

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Zimbros					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,029283	1	0,029283	831,6527	0,000009
Cr/Amostr	0,003814	3	0,001271	36,1044	0,002350
Error	0,000141	4	0,000035		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Zimbros					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	7,885354	1	7,885354	441,2189	0,000030
Cu/Amostr	0,400427	3	0,133476	7,4685	0,040788
Error	0,071487	4	0,017872		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Zimbros					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,156632	1	0,156632	403,5686	0,000036
Cd/Amostr	0,013104	3	0,004368	11,2546	0,020278
Error	0,001552	4	0,000388		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Zimbros) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00004, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		0,015765	0,227850	0,039452
2	2	0,015765		0,089414	0,002045
3	3	0,227850	0,089414		0,008840
4	4	0,039452	0,002045	0,008840	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Zimbros) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01787, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,3280	0,031434	0,208150	0,138153
2	2	0,031434		0,255709	0,388215
3	3	0,208150	0,255709		0,969323
4	4	0,138153	0,388215	0,969323	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Zimbros) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00039, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,07115	0,032687	0,021749	0,048915
2	2	0,032687		0,930507	0,945876
3	3	0,021749	0,930507		0,696417
4	4	0,048915	0,945876	0,696417	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Zimbros) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00004, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	0,032000	****		
3	3	0,052005	****	****	
1	1	0,066000		****	
4	4	0,092000			****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Zimbros) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01787, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr	mg/kg Mean	1	2	
2	2	0,700900	****		
4	4	0,942100	****	****	
3	3	1,000200	****	****	
1	1	1,328035		****	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Zimbros) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00039, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	mg/kg Mean	1	2	
1	1	0,071150	****		
4	4	0,151950		****	
2	2	0,162500		****	
3	3	0,174100		****	

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	852,089	1	852,089	17510,5	0,000001
"Pb/data"	17,843	3	5,947	122,2	0,00021
Error	0,194	4	0,048		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	774,801	1	774,801	9891,56	0,000001
"Ni/data"	7,577	3	2,526	32,24	0,002911
Error	0,313	4	0,078		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheets) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,04866, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	8,1262	****		
3	3	10,2250		****	
1	1	10,6060		****	
4	4	12,3245			****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheets) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,04866, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	10,606	0,00142	0,41736	0,00523
2	2	0,00142		0,00254	0,00038
3	3	0,41736	0,00254		0,00254
4	4	0,00523	0,00038	0,00254	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheets) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07833, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	8,4850	0,00569	0,10964	0,00359
2	2	0,00569		0,03693	0,74781
3	3	0,10964	0,03693		0,01830
4	4	0,00359	0,74781	0,01830	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheets) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,07833, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	
1	1	8,4850	****		
3	3	9,3640		****	
2	2	10,6150		****	
4	4	10,9010		****	



Localização do Ponto de Coleta na Ilha de Porto Belo.



Anexo 14 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cd, Pb e Ni na Ilha de Porto Belo.

Porto Belo

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Porto Belo					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12,3310	1	12,3310	406,5352	0,000036
Cr/Amostra	0,4935	3	0,1645	5,4237	0,068012
Error	0,1213	4	0,03033		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Porto Belo					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	54,4371	1	54,4371	150,5000	0,000254
Cu/Amostra	7,81199	3	2,60400	7,1992	0,043324
Error	1,44683	4	0,36171		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Porto Belo					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	52,7869	1	52,7869	419809,10	0,000000
Cd/Amostra	4,91030	3	1,63677	13017,0	0,000000
Error	0,00050	4	0,00013		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Porto Belo) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,03033, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		0,30362	0,55654	0,54290
2	2	0,30362		0,08226	0,08024
3	3	0,55654	0,08226		0,99999
4	4	0,54290	0,08024	0,99999	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Porto Belo) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,36171, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		2,2285	3,5141	1,1619
2	2	0,28200		0,05689	0,99999
3	3	0,39962	0,05689		0,05571
4	4	0,27495	0,99999	0,05571	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Porto Belo) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00013, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		1,2118	3,0188	3,0191
2	2	0,00029		0,99999	0,93328
3	3	0,00029	0,99999		0,93980
4	4	0,00029	0,93328	0,93980	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,030				
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
4	4	1,02550	***	
3	3	1,03054	***	
1	1	1,27555	***	
2	2	1,63450	***	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,361				
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
3	3	1,16187	***	
1	1	2,22851	***	
2	2	3,51407	***	
4	4	3,52982	***	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,00013, d				
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
1	1	1,21177	***	
2	2	3,01880	***	
3	3	3,01905	***	
4	4	3,02530	***	

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1332,67	1	1332,67	7212,66	0,000000
Pb/data	163,15	3	54,38	294,33	0,00003
Error	0,73	4	0,18		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1620,86	1	1620,86	20698,9	0,000000
Ni/data	130,70	3	43,56	556,3	0,00001
Error	0,31	4	0,07		

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,18477, d					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3
4	4	9,1300	***		
3	3	10,4900	***		
2	2	11,4050	***		
1	1	20,8019	***		

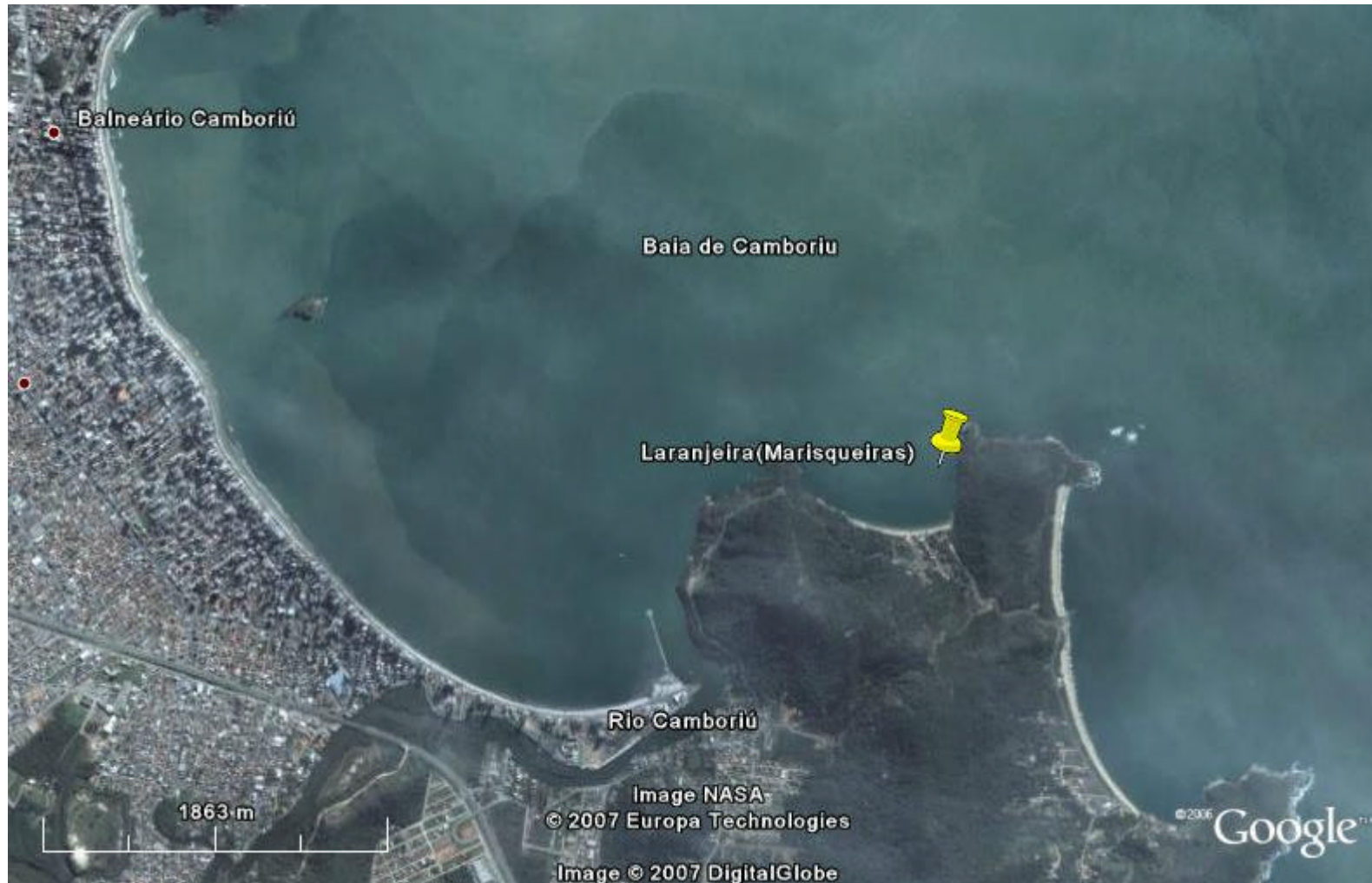
Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,18477, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		20,602	11,405	10,490
2	2	0,00033		0,00031	0,00029
3	3	0,00031	0,28442		0,02081
4	4	0,00029	0,02081	0,10738	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,07831, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		20,355	10,685	15,396
2	2	0,00029		0,00042	0,00029
3	3	0,00042	0,00046		0,90620
4	4	0,00029	0,90620	0,00043	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,07831, d					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
4	4	10,5000	***		
2	2	10,6853	***		
3	3	15,3960	***		
1	1	20,3549	***		



Localização do Ponto de Coleta na Baía de Laranjeira.





Anexo 15 A - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Totais de Cr, Cu, Pb e Ni na Baía de Laranjeira.

Laranjeira

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spr Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	336,331	1	336,331	1050,30	0,00000
"Cr/data"	272,160	3	90,720	283,305	0,00000
Error	2,5618	8	0,3202		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,32022, df = 8,0000					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9,6587	10,435	36913	71333
2	2	0,39182		0,00023	0,00023
3	3	0,00023	0,00023		0,87640
4	4	0,00023	0,00023	0,87640	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,320				
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2
3	3	0,3691	****	
4	4	0,7133	****	
1	1	9,6586		****
2	2	10,4353		****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spr Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	14014,53	1	14014,53	168212,1	0,00000
"Ni/data"	24,15	3	8,05	96,6	0,00000
Error	0,67	8	0,08		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,08331, df = 8,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	32,492	33,082	35,263	35,860
2	2	0,13336		0,00023	0,00023
3	3	0,00023	0,00027		0,12857
4	4	0,00023	0,00023	0,12857	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,083				
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2
1	1	32,4915	****	
2	2	33,0822	****	
3	3	35,2631	***	
4	4	35,8600	***	

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Laranjeira					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	182,7619	1	182,7619	14179,68	0,000000
Cu/Amostr	8,4223	3	2,8074	217,82	0,000000
Error	0,1031	8	0,0129		

Tukey HSD test; variable mg/kg Laranjeira Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01289, df = 8,0000					
Cell No	Cu/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	3,6103	3,7143	3,0090	5,2767
2	2	0,687361	0,687361	0,001028	0,000231
3	3	0,001028	0,000474		0,000231
4	4	0,000231	0,000231	0,000231	

Tukey HSD test; variable mg/kg Laranj Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01289, df = 8,000				
Cell No	Cu/Amostr	mg/kg Mean	1	2
3	3	3,009000	****	
1	1	3,610333		****
2	2	3,714333		****
4	4	5,276667		****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (S Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	9343,29	1	9343,29	140567,4	0,00000
"Pb/data"	41,480	3	13,827	208,0	0,00000
Error	0,532	8	0,066		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06647, df = 8,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	27,702	25,009	28,898	30,005
2	2	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023
3	3	0,00222	0,00023		0,00352
4	4	0,00023	0,00023	0,00352	

Tukey HSD test; variable mg/kg (S Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06647, df = 8				
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2
2	2	25,0086	****	0,00
1	1	27,7022	***	0,00
3	3	28,8981		****
4	4	30,0051		0,00

Anexo 15B - Diferenças Insignificativas Entre as Media das Concentrações de Metais Pesados Biodisponíveis na Baía de Laranjeira.

Laranjeira

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Laranjeira					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,19056	1	0,19056	139,36210	0,000295
Cr/Amostr	0,00803	3	0,002676	1,9582	0,262316
Error	0,00547	4	0,001367		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Laranjeira					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	39,99847	1	39,99847	901,8885	0,000007
Cu/Amostr	3,06883	3	1,02294	23,0654	0,005496
Error	0,17740	4	0,04435		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Laranjeira					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	12,83496	1	12,83496	104098,6	0,000000
Cd/Amostr	0,02283	3	0,00761	61,7	0,000832
Error	0,00049	4	0,00012		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Laranjeira) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00137, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,14075	0,781476	0,832047	0,578074
2	2	0,781476	0,832047	0,390383	0,974156
3	3	0,832047	0,390383	0,263706	
4	4	0,578074	0,974156	0,263706	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Laranjeira) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,04435, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	2,2289	1,2664	2,4825	2,9664
2	2	0,03430	0,03430	0,656035	0,079897
3	3	0,656035	0,01533	0,015337	0,004601
4	4	0,079897	0,00460	0,241616	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Laranjeira) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00012, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,2119	1,3153	1,3246	1,2147
2	2	0,00274	0,00274	0,002022	0,993886
3	3	0,002022	0,83542	0,83542	0,003023
4	4	0,993886	0,00302	0,002206	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,001 Error: Between MS = ,001			
Cell No	Cr/Amostr	mg/kg Mean	1
3	3	0,10950	***
1	1	0,14075	***
2	2	0,17600	***
4	4	0,19111	***

Tukey HSD test; variable mg. Homogenous Groups, alpha = ,001 Error: Between MS = ,04435, df = 4,0000			
Cell No	Cu/Amostr	mg/kg Mean	1 2
2	2	1,26637	***
1	1	2,22887	***
3	3	2,48250	***
4	4	2,96635	***

Tukey HSD test; variable mg. Homogenous Groups, alpha = ,001 Error: Between MS = ,00012, df = 4,0000			
Cell No	Cd/Amostr	mg/kg Mean	1 2
1	1	1,21195	***
4	4	1,21470	***
2	2	1,31530	***
3	3	1,32460	***

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3591,39	1	3591,39	54186,2	0,000000
"Pb/data"	1,81	3	0,60	9,11	0,02922
Error	0,28	4	0,06		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3836,17	1	3836,17	40175,5	0,000000
"Ni/data"	38,36	3	12,78	133,9	0,00018
Error	0,38	4	0,09		

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alpha = ,001 Error: Between MS = ,0662			
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1 2
1	1	20,5979	***
4	4	21,0700	***
2	2	21,1586	***
3	3	21,9247	***

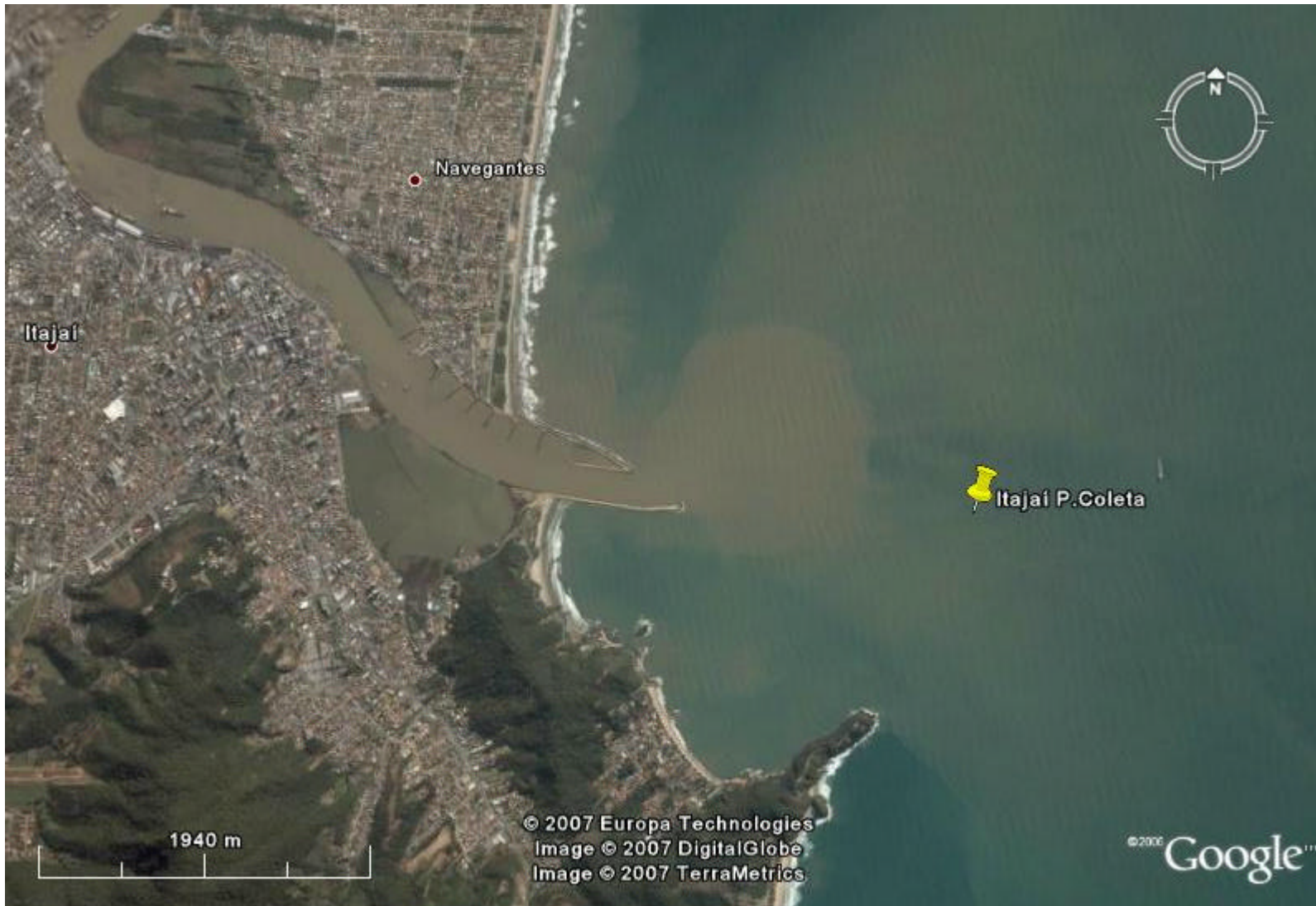
Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06628, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	20,598	0,27125	0,02282	0,37759
2	2	0,27125	0,12728	0,98412	
3	3	0,02282	0,12728	0,09350	
4	4	0,37759	0,98412	0,09350	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09549, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	20,355	0,72481	0,04287	0,00047
2	2	0,72481	0,02018	0,00042	
3	3	0,04287	0,02018	0,00102	
4	4	0,00047	0,00042	0,00102	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = ,001 Error: Between MS = ,09549, df = 4,0000			
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1 2 3
2	2	20,0250	***
1	1	20,3550	***
3	3	21,6750	***
4	4	25,5370	***



Localização do ponto de Coleta em Itajaí.



Anexo 16A - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Totais de Cu e Ni em Itajaí.

Penha

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spr Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3715,962	1	3715,962	3022,630	0,000000
"Cr/data"	715,710	3	238,570	194,057	0,000000
Error	9,835	8	1,229		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,2294, df = 8,0000					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	24,097	12,813	7,4667	26,012
2	2	0,00023	0,00023	0,00176	0,00023
3	3	0,00023	0,00176	0,00023	0,00023
4	4	0,22692	0,00023	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/ Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = 1,2294, c					
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2	3
3	3	7,4667	***		
2	2	12,8133		***	
1	1	24,0966			***
4	4	26,0123			***

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Penha					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	409,0873	1	409,0873	3009,783	0,000000
"Cu/data"	197,1937	3	65,7312	483,605	0,000000
Error	1,0874	8	0,1359		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,2294, df = 8,0000					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	24,097	12,813	7,4667	26,012
2	2	0,00023	0,00023	0,00176	0,00023
3	3	0,00023	0,00176	0,00023	0,00023
4	4	0,22692	0,00023	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/ Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = 1,2294, c					
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2	3
3	3	7,4667	***		
2	2	12,8133		***	
1	1	24,0966			***
4	4	26,0123			***

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spr Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10794,69	1	10794,69	25385,73	0,000000
"Pb/data"	1361,69	3	453,90	1067,43	0,000000
Error	3,40	8	0,43		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,42523, df = 8,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	29,053	36,507	41,260	13,151
2	2	0,00023	0,00023	0,00028	0,00023
3	3	0,00023	0,00028	0,00023	0,00023
4	4	0,00023	0,00023	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/kg (S Homogenous Groups, alpha = ,0500 Error: Between MS = ,42523, df = 8						
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3	4
4	4	13,1510	***			0,00
1	1	29,0533		***		0,00
2	2	36,5066			***	0,00
3	3	41,2595				0,00

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Spr Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	20780,97	1	20780,97	63887,58	0,000000
"Ni/data"	315,27	3	105,09	323,08	0,000000
Error	2,60	8	0,33		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,32527, df = 8,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	36,750	43,513	37,038	49,156
2	2	0,00023	0,00023	0,00023	0,00023
3	3	0,92357	0,00023	0,00023	0,00023
4	4	0,00023	0,00023	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/ Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,32527, c					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	36,7500	***		
3	3	37,0377		***	
2	2	43,5133			***
4	4	49,1560			***

Anexo 16B - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Ni em Itajaí.

Itajaí

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Itajaí					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	26,22075	1	26,22075	22505,46	0,000000
Cr/Amostr	0,04714	3	0,01571	13,49	0,014714
Error	0,00466	4	0,00117		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Itajaí ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00117, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,7088	1,7714	1,8505	1,9110
2	2		0,37645	0,04699	0,01401
3	3		0,37645	0,23734	0,04946
4	4		0,04699	0,23734	0,40052
			0,01401	0,04946	0,40052

Tukey HSD test; variable mg/kg (Homogenous Groups, alpha = ,05) Error: Between MS = ,00117, df =					
Cell No	Cr/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	1,70875	***		
2	2	1,77144	***	***	
3	3	1,85050		***	***
4	4	1,91095			***

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Itajaí					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	325,2145	1	325,2145	100270,10	0,000000
Cu/Amostr	0,7401	3	0,2467	76,1	0,000553
Error	0,0130	4	0,0032		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Itajaí ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00324, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	6,0939	6,8447	6,1192	6,4457
2	2		0,00087	0,96729	0,01208
3	3		0,00087	0,00096	0,00769
4	4		0,96729	0,00096	0,01574
			0,01208	0,00769	0,01574

Tukey HSD test; variable mg/kg (Homogenous Groups, alpha = ,05) Error: Between MS = ,00324, df =					
Cell No	Cu/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	6,09389	***		
3	3	6,11923	***		
4	4	6,44568		***	
2	2	6,84471			***

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Itajaí					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	33,07280	1	33,07280	4351,25	0,000000
Cd/Amostr	0,01474	3	0,00491	0,647	0,624842
Error	0,03040	4	0,00760		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Itajaí ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00760, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	2,0117	2,0052	2,0086	2,1075
2	2		0,99983	0,99998	0,70912
3	3		0,99983	0,99997	0,67146
4	4		0,70912	0,67146	0,69161
			0,67146	0,69161	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,007					
Cell No	Cd/Amostr	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	2,00517	***		
3	3	2,00855	***		
1	1	2,01167	***		
4	4	2,10750	***		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3164,18	1	3164,18	23033,8	0,000001
"Pb/data"	8,13	3	2,71	19,7	0,00734
Error	0,54	4	0,13		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1168,18	1	1168,18	17750,4	0,000001
"Ni/data"	270,08	3	90,02	1367,9	0,00000
Error	0,26	4	0,06		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshet Homogenous Groups, alph Error: Between MS = ,1373					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	
3	3	18,3149	***		
4	4	19,8000	***	***	
1	1	20,3961		***	***
2	2	21,0400			***

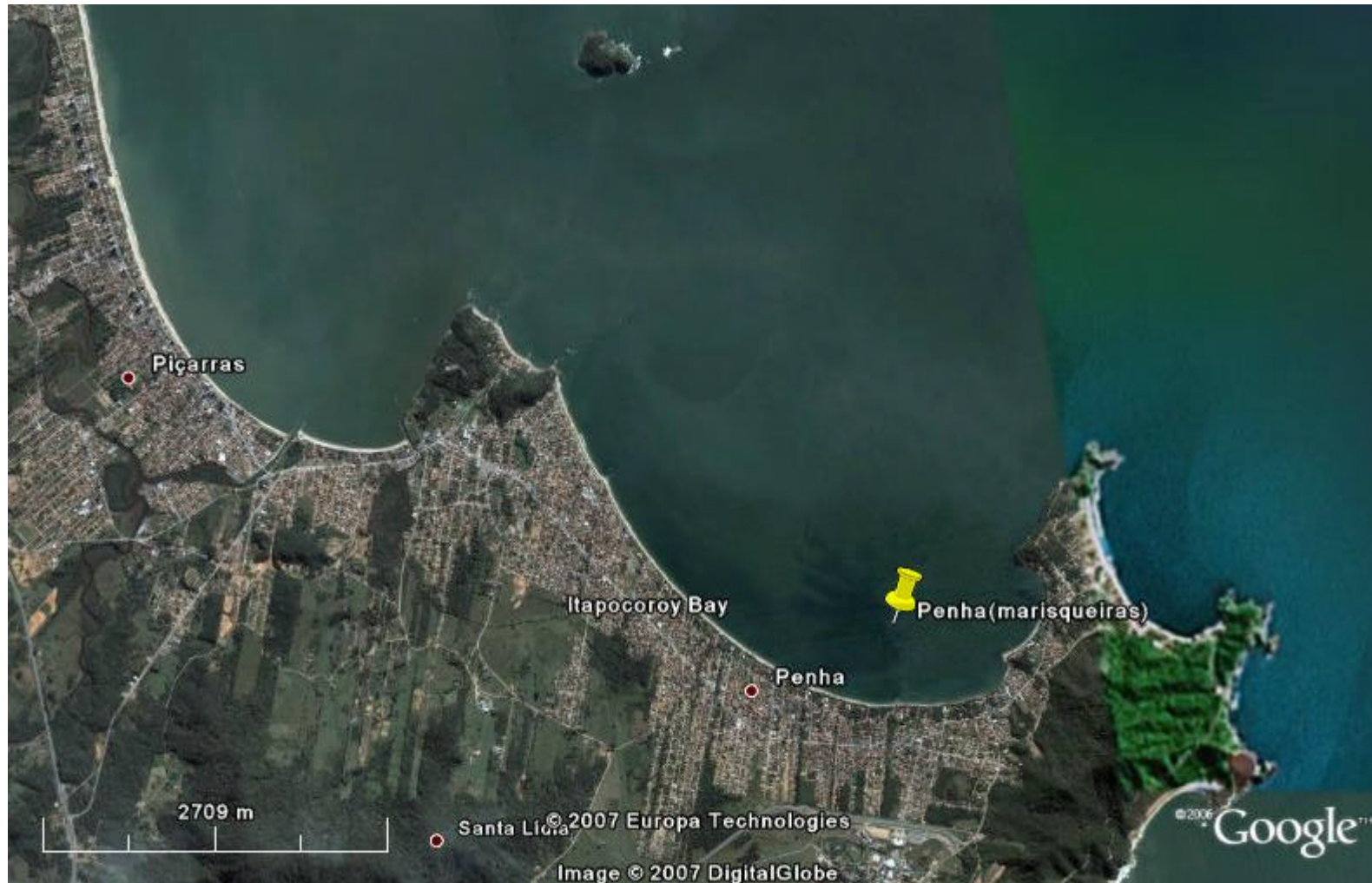
Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshet Probabilities for Post Hoc Tests Itajaí Error: Between MS = ,13737, df = 4,0000					
Cell	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	20,396	21,040	18,315	19,800
2	2		0,41349	0,01693	0,46565
3	3		0,41349	0,00646	0,09144
4	4		0,01693	0,00646	0,05271
			0,46565	0,09144	0,05271

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshet Probabilities for Post Hoc Tests Itajaí Error: Between MS = ,06581, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	15,470	2,1679	16,750	13,948
2	2		0,00029	0,02550	0,01395
3	3		0,00029	0,00029	0,00029
4	4		0,02550	0,00029	0,00156
			0,01395	0,00029	0,00156

Tukey HSD test; variable mg/kg (Homogenous Groups, alpha = ,J Error: Between MS = ,06581, df						
Ce	Ni/dt	mg/kg Mean	1	2	3	4
2	2	2,1678	***			0,00
4	4	13,9482		***		0,00
1	1	15,4700			***	0,00
3	3	16,7500				0,00



Localização do Ponto de Coleta na Baía de Penha.



Anexo 17A. Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Totais de Cr, Cu, Pb e Ni em Penha.

Penha

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3715,96	1	3715,96	3022,63	0,00000
"Cr/data"	715,71	3	238,57	194,05	0,00000
Error	9,83	8	1,22		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,2294, df = 8,0000)					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
		24,097	12,813	7,4667	26,012
1	1		0,00023	0,00023	0,22692
2	2	0,00023		0,00176	0,00023
3	3	0,00023	0,00176		0,00023
4	4	0,22692	0,00023	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = 1,2294, c					
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2	3
3	3	7,4667	***		
2	2	12,8133		***	
1	1	24,0966			***
4	4	26,0123			***

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	20780,9	1	20780,9	63887,5	0,00000
"Ni/data"	315,2	3	105,0	323,0	0,00000
Error	2,6	8	0,3		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,32527, df = 8,0000)					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
		36,750	43,513	37,038	49,156
1	1		0,00023	0,92357	0,00023
2	2	0,00023		0,00023	0,00023
3	3	0,92357	0,00023		0,00023
4	4	0,00023	0,00023	0,00023	

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Penha					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	409,0873	1	409,0873	3009,783	0,000000
"Cu/data"	197,1937	3	65,7312	483,605	0,000000
Error	1,0874	8	0,1359		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,2294, df = 8,0000)					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
		24,097	12,813	7,4667	26,012
1	1		0,00023	0,00023	0,22692
2	2	0,00023		0,00176	0,00023
3	3	0,00023	0,00176		0,00023
4	4	0,22692	0,00023	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = 1,2294, c					
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2	3
3	3	7,4667	***		
2	2	12,8133		***	
1	1	24,0966			***
4	4	26,0123			***

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,32527, c					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	36,7500	***		
3	3	37,0377	***		
2	2	43,5133		***	
4	4	49,1560			***

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	10794,6	1	10794,6	25385,7	0,00000
"Pb/data"	1361,6	3	453,9	1067,4	0,00000
Error	3,4	8	0,4		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,42523, df = 8,0000)					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
		29,053	36,507	41,260	13,151
1	1		0,00023	0,00023	0,00023
2	2	0,00023		0,00028	0,00023
3	3	0,00023	0,00028		0,00023
4	4	0,00023	0,00023	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/kg (S Homogenous Groups, alpha = ,0500 Error: Between MS = ,42523, df = 8						
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3	4
4	4	13,1510	***			0,00
1	1	29,0533		***		0,00
2	2	36,5066			***	0,00
3	3	41,2595				0,00



Anexo 17B - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cr, Pb e Ni da Baía de Penha.

Penha

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	1,857512	1	1,857512	4270,378	0,000000
Cr/Amostra	0,339249	3	0,113083	259,975	0,000049
Error	0,001740	4	0,000435		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Penha Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	17,20914	1	17,20914	1473,860	0,000003
Cu/Amostra	0,23379	3	0,07793	6,673	0,049014
Error	0,04671	4	0,01168		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Penha Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	3,667715	1	3,667715	281,9484	0,000074
Cd/Amostra	0,197590	3	0,065863	5,0631	0,075568
Error	0,052034	4	0,013008		

Tukey HSD test; variable mg/kg Penha Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00043, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,54066	,42700	,76550	,19428
2	2	0,018795	0,018795	0,001639	0,00479
3	3	0,001639	0,000508		0,00296
4	4	0,000479	0,001462	0,000296	

Tukey HSD test; variable mg/kg Penha Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01168, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,5162	1,2548	1,3799	1,7158
2	2	0,215016	0,215016	0,679822	0,372962
3	3	0,627472	0,679822		0,112917
4	4	0,372962	0,043097	0,112917	

Tukey HSD test; variable mg/kg Penha Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01301, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,41200	,77000	,71290	,81350
2	2	0,109824	0,109824	0,174342	0,078658
3	3	0,174342	0,954825		0,815200
4	4	0,078658	0,978718	0,815200	

Tukey HSD test; variable mg/kg Penha Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00043, df = 4,000						
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1	2	3	4
4	4	0,194275	****			0,00
2	2	0,427000		****		0,00
1	1	0,540665			****	0,00
3	3	0,765500				0,00

Tukey HSD test; variable mg/kg Penha Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01168, df = 4,000				
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
2	2	1,254850	****	
3	3	1,379900	****	****
1	1	1,516205	****	****
4	4	1,715755		****

Tukey HSD test; variable mg/kg Penha Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,01301, df = 4,000			
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1
1	1	0,412000	****
3	3	0,712900	****
2	2	0,770000	****
4	4	0,813500	****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4072,40	1	4072,40	167790,0	0,000000
"Pb/data"	643,67	3	214,55	8840,0	0,000000
Error	0,09	4	0,02		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4429,31	1	4429,31	72232,1	0,000000
"Ni/data"	43,43	3	14,47	236,1	0,00005
Error	0,24	4	0,06		

Tukey HSD test; variable mg/kg (S) Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,02427, df = 4						
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3	4
4	4	10,2250	****			0,00
1	1	18,0089		****		0,00
2	2	29,2387			****	0,00
3	3	32,7759				0,00

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,02427, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	18,009	29,239	32,776	0,225
2	2	0,00029	0,00029	0,00029	0,00029
3	3	0,00029	0,00031		0,00029
4	4	0,00029	0,00029	0,00029	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,06132, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	23,686	23,680	26,665	20,089
2	2	0,99999	0,99999	0,00114	0,00066
3	3	0,00114	0,00113		0,00067
4	4	0,00066	0,00067	0,00029	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,06132, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
4	4	20,0890	***		
2	2	23,6800		***	
1	1	23,6860			***
3	3	26,6652			***

Localização do Ponto de Coleta na Ilha dos Remédios.





Anexo 18 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cu e Ni na Ilha dos Remédios.

Remédios

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Remédios					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	17,63883	1	17,63883	422,5175	0,000033
Cr/Amostra	0,11417	3	0,03806	0,9116	0,510704
Error	0,16699	4	0,04175		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Remédios					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	9,21355	1	9,21355	2861,667	0,000001
Cu/Amostra	3,59429	3	1,19809	372,121	0,000024
Error	0,01287	4	0,00322		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Remédios					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2,733823	1	2,733823	248,3798	0,000095
Cd/Amostra	0,008743	3	0,002914	0,2648	0,848164
Error	0,044027	4	0,011007		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Remédios in W) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,04175, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,4870	1,6200	1,5375	1,2950
2	2	0,910157	0,910157	0,97500	0,473252
3	3	0,993925	0,97500	0,664835	
4	4	0,788000	0,473252	0,664835	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Remédios ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00322, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	1,7074	2,4441	1,7574	5,8343
2	2	0,00030	0,00030	0,815878	0,000371
3	3	0,815878	0,000298	0,013598	
4	4	0,00037	0,013598	0,000348	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Remédios ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01101, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	0,56250	0,61000	0,54270	0,62310
2	2	0,96565	0,96565	0,99727	0,933895
3	3	0,99727	0,91341	0,99922	
4	4	0,933895	0,99922	0,866078	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,041				
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1	
4	4	1,29500	***	
1	1	1,48700	***	
3	3	1,53750	***	
2	2	1,62000	***	

Tukey HSD test; variable mg/kg ( Homogenous Groups, alpha = ,05) Error: Between MS = ,00322, df =				
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2 3
2	2	0,24441	****	
4	4	0,58343	****	
1	1	1,70743	****	
3	3	1,75740	****	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,011				
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1	
3	3	0,54270	****	
1	1	0,56250	****	
2	2	0,61000	****	
4	4	0,62310	****	

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	219,650	1	219,650	2333,81	0,00000
"Pb/data"	5,515	3	1,838	19,53	0,007491
Error	0,376	4	0,094		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp) Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	566,078	1	566,078	32328,21	0,000001
"Ni/data"	25,480	3	8,493	485,0	0,00001
Error	0,070	4	0,017		

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,0941				
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2
4	4	3,81500	****	
2	2	5,53800	****	
1	1	5,75950	****	
3	3	5,84700	****	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09412, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	5,7595	5,5380	5,8470	3,8150
2	2	0,88390	0,88390	0,99076	0,01102
3	3	0,99076	0,75507	0,75507	0,016921
4	4	0,01102	0,016921	0,00941	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,01751, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	9,4246	9,5050	9,3964	5,3215
2	2	0,92462	0,92462	0,99610	0,00029
3	3	0,99610	0,84306	0,84306	0,00029
4	4	0,00029	0,00029	0,00029	

Tukey HSD test; variable Homogenous Groups, alp Error: Between MS = ,017				
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2
4	4	5,32150	****	
3	3	9,39645	****	
1	1	9,42460	****	
2	2	9,50500	****	



Localização do Ponto de Coleta na Baía de Babitonga.



Anexo 19A - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Totais de Cr na Baía de Babitonga.

Babitonga

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. o Freedom	MS	F	p
Intercept	3069,98	1	3069,98	3125,41	0,00000
"Cr/data"	573,164	3	191,055	194,504	0,00000
Error	7,858	8	0,982		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,98226, df = 8,0000					
Cell No	Cr/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	12,968	15,667	27,057	8,2867
2	2	0,04162	0,00023	0,00199	
3	3	0,00023	0,00023	0,00023	
4	4	0,00199	0,00027	0,00023	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp Homogenous Groups, alpha = ,0500) Error: Between MS = ,98226, df = 8						
Cell No	Cr/data	mg/kg Mean	1	2	3	4
4	4	8,2866	****			0,00
1	1	12,9683		****		0,00
2	2	15,6670			****	0,00
3	3	27,0570				0,00

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. o Freedom	MS	F	p
Intercept	15178,71	1	15178,71	10881,50	0,00000
"Ni/data"	76,45	3	25,48	18,27	0,00061
Error	11,16	8	1,39		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = 1,3949, df = 8,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	34,503	39,797	33,135	34,827
2	2	0,00273	0,52339	0,00073	0,00397
3	3	0,52339	0,00073		0,35932
4	4	0,98603	0,00397	0,35932	

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	173,9076	1	173,9076	1569,69	0,00000
"Cu/data"	2,6096	3	0,8699	7,851	0,00907
Error	0,8863	8	0,1108		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,11079, df = 8,0000					
Cell No	Cu/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	3,9247	3,3118	4,5150	3,4760
2	2	0,18837	0,21058	0,00962	0,92801
3	3	0,21058	0,00962		0,02126
4	4	0,40573	0,92801	0,02126	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp Homogenous Groups, alpha = ,0500) Error: Between MS = ,11079					
Cell No	Cu/data	mg/kg Mean	1	2	4
2	2	3,31183	****		
4	4	3,47600	****		
1	1	3,92466	****	****	
3	3	4,51500	****		****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	15733,00	1	15733,00	68452,61	0,000000
"Pb/data"	8,14	3	2,71	11,81	0,00261
Error	1,84	8	0,23		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadsheet Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,22984, df = 8,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	34,867	36,673	37,043	36,253
2	2	0,00758	0,00758	0,00253	0,03126
3	3	0,00253	0,78285		0,71368
4	4	0,03126	0,71368	0,25771	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp Homogenous Groups, alpha = ,0500) Error: Between MS = ,22984					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	4
1	1	34,8666	****		
4	4	36,2526	****		
2	2	36,6732	****	****	
3	3	37,0430	****		****

Tukey HSD test; variable mg/kg (Sp Homogenous Groups, alpha = ,0500) Error: Between MS = 1,39					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	4
3	3	33,1353	***		
1	1	34,5026	***		
4	4	34,8266	***		
2	2	39,7966		***	



Anexo 19B - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Pb e Ni na Baía de Babitonga.

Babitonga

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Ba Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	4,90596	1	4,90596	998,640	0,00000
Cr/Amostra	0,08369	3	0,02789	5,678	0,06332
Error	0,01965	4	0,00491		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Ba Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	84,2210	1	84,2210	20730,4	0,00000
Cu/Amostra	0,05593	3	0,01864	4,59	0,087572
Error	0,01625	4	0,00406		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Ba Sigma-restricted parameterization Type I decomposition)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	0,30705	1	0,30705	132,927	0,00032
Cd/Amostra	0,08855	3	0,02951	12,7787	0,01620
Error	0,00924	4	0,00231		

Tukey HSD test; variable mg/kg (Babitonga ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00491, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,79390	0,94639	0,29764	0,32235
2	2	0,94639		0,49177	0,19278
3	3	0,29764	0,49177		0,04972
4	4	0,32235	0,19278	0,04972	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Babitonga ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00406, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	3,2882	3,1174	3,2299	3,3430
2	2	0,16784		0,40284	0,07742
3	3	0,80052	0,40284		0,39950
4	4	0,82509	0,07742	0,39950	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Babitonga ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00231, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	,08930	0,09700	,33035	,26700
2	2	0,99832		0,02799	0,07753
3	3	0,02506	0,02799		0,59938
4	4	0,06777	0,07753	0,59938	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,00491, d				
Cell No	Cr/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
3	3	0,64800	***	
2	2	0,75650	***	***
1	1	0,79390	***	***
4	4	0,93400	***	***

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,004				
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
2	2	3,11743	***	
3	3	3,22993	***	***
1	1	3,28815	***	***
4	4	3,34300	***	***

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,00231, d				
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1	2
1	1	0,08930	***	
2	2	0,09700	***	***
4	4	0,26700	***	***
3	3	0,33035	***	***

Univariate Tests of Significance for mg/kg (S Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Babitonga)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5608,29	1	5608,29	58633,1	0,00000
"Pb/data"	87,48	3	29,16	304,8	0,00003
Error	0,38	4	0,09		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (S Sigma-restricted parameterization Type I decomposition Babitonga)					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	5255,22	1	5255,22	196269	0,00000
"Ni/data"	8,00	3	2,66	99,8	0,00032
Error	0,107	4	0,02		

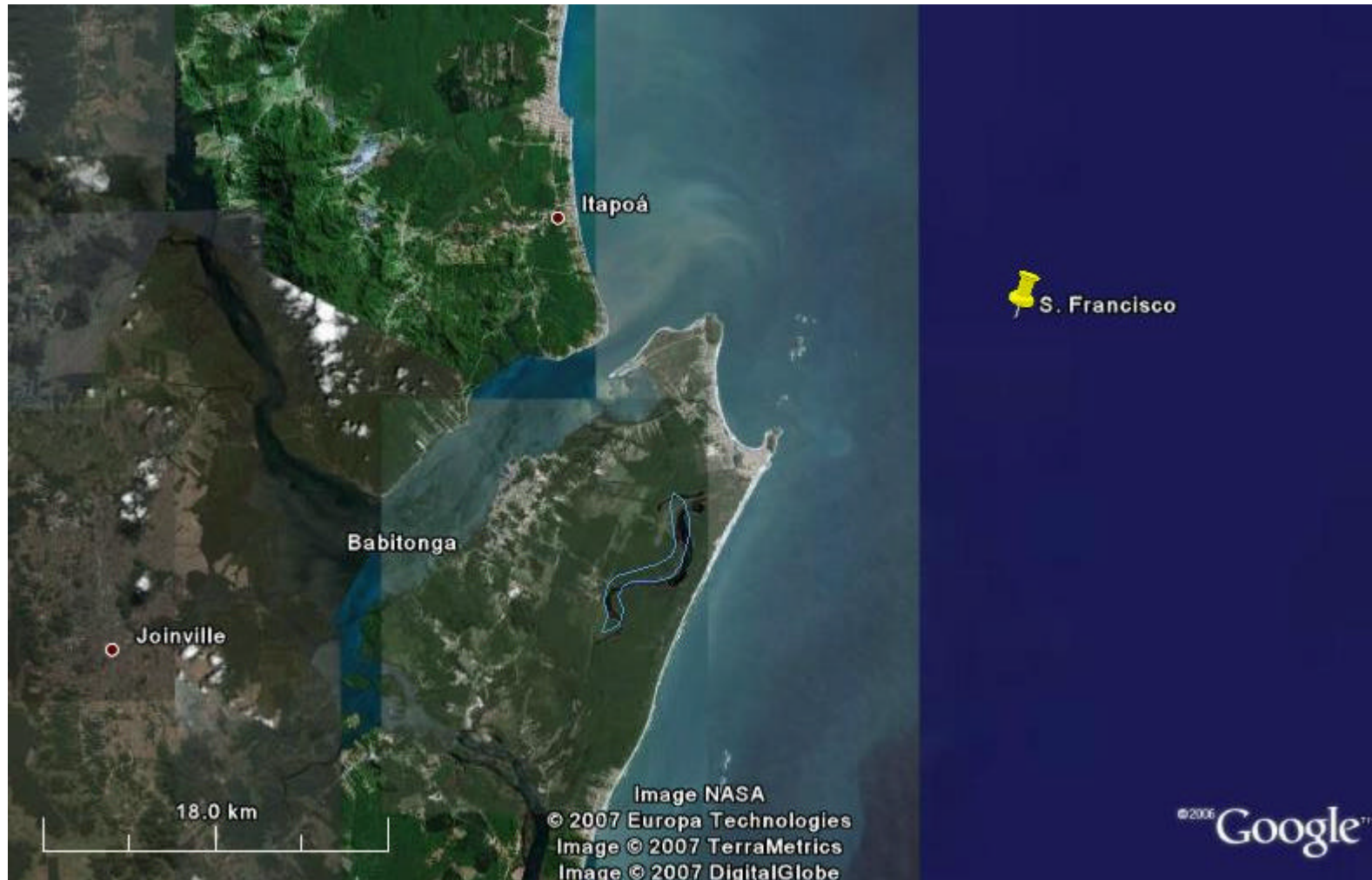
Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,09565, d					
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	20,8323	***		
1	1	27,4596	***	***	
3	3	28,6615	***	***	***
4	4	28,9550	***	***	***

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshe Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,09565, df = 4,0000 Bab					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	27,460	20,832	28,661	28,955
2	2	0,00033		0,05805	0,02838
3	3	0,05805	0,00030		0,00029
4	4	0,02838	0,00029	0,78352	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshe Probabilities for Post Hoc Tests Babitonga Error: Between MS = ,02678, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	24,050	25,725	26,816	25,930
2	2	0,00196		0,00046	0,00132
3	3	0,00046	0,00919		0,63065
4	4	0,00132	0,63065	0,01926	

Tukey HSD test; variable mg/kg Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,02678, d					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
1	1	24,0503	***		
2	2	25,7246	***	***	
4	4	25,9300	***	***	***
3	3	26,8155	***	***	***

Localização do Ponto de Coleta na Baía de São Francisco.



Anexo 20 - Diferenças Significativas Entre as Medias das Concentrações Biodisponíveis de Cu na Baía de São Francisco.

S. Francisco

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition S. Francisco					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	11,02755	1	11,02755	10715,87	0,000000
Cr/Amostra	0,18992	3	0,06331	61,52	0,000838
Error	0,00412	4	0,00103		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition S. Francisco					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	42,34360	1	42,34360	10309,72	0,000000
Cu/Amostra	6,54034	3	2,18011	530,81	0,000012
Error	0,01643	4	0,00411		

Univariate Tests of Significance for mg/kg Sigma-restricted parameterization Type I decomposition S. Francisco					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	6,528348	1	6,528348	12215,96	0,000000
Cd/Amostra	0,081169	3	0,027056	50,63	0,001224
Error	0,002138	4	0,000534		

Tukey HSD test; variable mg/kg (S. Francisco ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00103, df = 4,0000					
Cell No	Cr/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		0,001758	0,002741	0,001029
2	2	0,001758		0,630781	0,353872
3	3	0,002741	0,630781		0,108127
4	4	0,001029	0,353872	0,108127	

Tukey HSD test; variable mg/kg (S. Francisco ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00411, df = 4,0000					
Cell No	Cu/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		1,000000	0,000293	0,000300
2	2	1,000000		0,000293	0,000300
3	3	0,000293	0,000293		0,042924
4	4	0,000300	0,000300	0,042924	

Tukey HSD test; variable mg/kg (S. Francisco ) Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,00053, df = 4,0000					
Cell No	Cd/Amostr.	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1		0,030658	0,079897	0,010138
2	2	0,030658		0,646056	0,001438
3	3	0,079897	0,646056		0,002132
4	4	0,010138	0,001438	0,002132	

Tukey HSD test; variable mg/kg (S. Fr Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00103, df = 4,000				
Cell No	Cr/Amostra	mg/kg Mean	1	2
4	4	1,033500	****	
2	2	1,094500	****	
3	3	1,134750	****	
1	1	1,433535		****

Tukey HSD test; variable mg/kg (S. Fr Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00411, df = 4,000					
Cell No	Cu/Amostr.	mg/kg Mean	1	2	3
3	3	1,264815	****		
4	4	1,538490		****	
2	2	3,199525			***
1	1	3,199735			***

Tukey HSD test; variable mg/kg (S. Fr Homogenous Groups, alpha = ,05000 Error: Between MS = ,00053, df = 4,000					
Cell No	Cd/Amostr.	mg/kg Mean	1	2	3
2	2	0,804150	****		
3	3	0,832450	****	****	
1	1	0,913405		****	
4	4	1,063400			****

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2430,061	1	2430,061	10405,41	0,000001
"Pb/data"	4,881	3	1,627	6,97	0,045691
Error	0,931	4	0,233		

Univariate Tests of Significance for mg/kg (Sp Sigma-restricted parameterization Type I decomposition					
Effect	SS	Degr. of Freedom	MS	F	p
Intercept	2019,061	1	2019,061	7578,111	0,000001
"Ni/data"	96,851	3	32,284	121,17	0,00022
Error	1,061	4	0,265		

Tukey HSD test; vari Homogenous Groups, alpha = , Error: Between MS = ,				
Cell No	Pb/data	mg/kg Mean	1	
2	2	16,80011	****	
1	1	16,93501	****	
4	4	17,22401	****	
3	3	18,75551	****	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,23354, df = 4,0000					
Cell No	Pb/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	16,935	0,99133	0,06396	0,92764
2	2	0,99133		0,05108	0,81749
3	3	0,06396	0,05108		0,10688
4	4	0,92764	0,81749	0,10688	

Tukey HSD test; variable mg/kg (Spreadshee Probabilities for Post Hoc Tests Error: Between MS = ,26643, df = 4,0000					
Cell No	Ni/data	{1}	{2}	{3}	{4}
1	1	16,138	0,04505	0,01859	0,00127
2	2	0,04505		0,62850	0,00053
3	3	0,01859	0,62850		0,00045
4	4	0,00127	0,00053	0,00045	

Tukey HSD test; variable mg/ Homogenous Groups, alpha = Error: Between MS = ,26643, c					
Cell No	Ni/data	mg/kg Mean	1	2	3
4	4	10,1380	***		
1	1	16,1383		***	
2	2	18,3100			****
3	3	18,9600			****