



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de
Ambientes Aquáticos Continentais



**Contaminação por metais nas capivaras
Hydrochaeris hydrochaeris no Sul do Brasil**

Cíntia Barbosa Ramm

Orientador: Dr. Elton Pinto Colares

Rio Grande
2015



Universidade Federal do Rio Grande
Instituto de Ciências Biológicas
Pós-graduação em Biologia de Ambientes
Aquáticos Continentais



Contaminação por metais nas capivaras *Hydrochaeris hydrochaeris* no Sul do Brasil

Aluno: Cíntia Barbosa Ramm

Orientador: Dr. Elton Pinto Colares

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais.

Rio Grande
2015

Dedico, aos meus pais Valdir e Cleusa, ao meu namorado Claiton e a minha irmã Cibele, que sempre acreditaram em mim, apoiaram meus sonhos e ideias

AGRADECIMENTOS

Agradeço...

À Deus, por iluminar meus passos, e me dar força e coragem para realização de mais uma etapa em minha vida.

Aos meus pais (Cleusa e Valdir), em especial, ao meu pai, por todo o apoio durante a minha jornada, que me incentivando a nunca desistir. E minha mãe pelo apoio, e cuidado.

Ao meu namorado (Claiton) pelo carinho, apoio, paciência, que me incentivo a nunca desistir e por estar sempre ao meu lado como um grande companheiro.

E à minha querida irmã (Cibele) que também sempre me incentivou.

A o meu tio (Rogério) pelas caronas que me dava de Pelotas a Rio Grande até a FURG, por acordar uma hora mais cedo que seu horário de rotina, para eu poder chegar no horário, pelas horas de espera.

A amiga (Paula) pela força, incentivo desde a graduação, onde pude cultivar uma grande amizade.

A amiga Marcela, que este comigo nesta jornada, me apoiando, me auxiliando nas saídas de campo, nas intermináveis horas incansáveis para dar uma palavra de incentivo ou estender a mão para ajudar. A amiga Jessica, “a colombiana mais divertida que conheci”, me auxiliou nas saídas de campo, sempre me fazendo rir para descontrair a tensão do mestrado.

A o meu orientador Prof. Dr. Elton Pinto Colares, não só pela orientação, paciência, oportunidade e disposição, mas principalmente pelo exemplo de dedicação e trabalho, o qual admiro muito.

A Prof^ª. Dr^ª. Indianara Fernanda Barcarolli, do Laboratório de Determinações da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), pelo auxílio com as análises, e nas saídas de campo. Por me acalmar a cada momento de sufoco e trocar por uma palavra de incentivo.

A Prof^ª. Dr^ª Sônia por me ajudar a identificar as plantinhas.

A colega de profissão Josiê, pelas informações, disposição e ajuda em campo.

Aos meus colegas de curso, pelos momentos agradáveis, pelas trocas de conhecimentos e experiências.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A capivara *Hydrochaeris hydrochaeris* é um roedor de grande porte e semiaquático. A espécie ocorre em vários ambientes, podendo ocorrer em regiões com alto grau de influência antrópica. A BR-471 que corta longitudinalmente a ESEC Taim, causa impacto localmente na região, por estar ocasionando prejuízos à fauna e a flora, em função dos atropelamentos de capivaras ao longo da reserva. Nesta região também vem sendo utilizados pesticidas e herbicidas, que podem estar contribuindo com a presença de metais. Estes metais podem se depositar no sedimento e na coluna d'água afetando direta ou indiretamente os organismos. No entanto as capivaras estão sujeitas aos efeitos da bioacumulação destes possíveis contaminantes, adquiridos através da ingestão de plantas contaminadas por metais. Com isso, o objetivo desse trabalho é avaliar os níveis de contaminação por metais pesados em tecidos de capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*) mortas por atropelamentos na Br-471 Sul do Rio Grande do Sul. Para determinar as concentrações de metais (Ag, Cd, Cu, Pb, e Zn) em diferentes tecidos (fígado, rim, gordura, músculo) pelo e conteúdo estomacal de capivara, foram realizadas coletas mensais ao longo de um ano. As amostragens dos animais mortos serão feitas através de necropsia, as amostras e serão acondicionadas em tubos de plástico e posteriormente congeladas. Após, essas amostras serão pesadas, secas e digeridas em ácido nítrico e diluídas em água MilliQ. As concentrações de Ag, Cd, Cu, Pb, e Zn serão determinados por espectrofotometria de absorção atômica. Os dados serão expressos como média \pm erro padrão. As médias dos metais dos tecidos de machos e fêmeas serão comparadas através de Análise de Variância de duas vias (ANOVA), seguida de teste a posterior de Tukey, com significância de 5%. Os resultados, demonstraram que a concentração de prata foi menor na primavera em relação às outras estações do ano nas amostras ($P < 0,05$), não houve variação significativa ($P < 0,05$) na concentração de cádmio nas amostras, a concentração de chumbo na primavera foi maior em todas as amostras ($P < 0,05$), a concentração de cobre no inverno e no outono foi significativamente menor que o verão e a primavera ($p < 0,05$), a concentração de zinco não teve variação ao longo do ano ($P < 0,05$). O Cd, Ag e o Pb não tiveram variação significativa ao longo do ano no sedimento ($P < 0,05$), já o Cu foi presente no sedimento na primavera, e o Zn foi maior no outono e inverno. ($P < 0,05$). Os resultados deste trabalho demonstraram que as capivaras estão contaminadas por metais não essenciais na Estação Ecológica do Taim. Além disso, podemos sugerir a utilização de pelo para o monitoramento de contaminação da capivara por metais.

Palavras-chave: contaminação, tecido, vertebrados, banhados, Pampa.

ABSTRACT

The capybara *Hydrochaeris Hydrochaeris* is a rodent large and semiaquático. The species occurs in various environments and can occur in regions with high anthropogenic influences. The BR-471 that cuts along the ESEC Taim, impacts locally in the region, to be causing damage to fauna and flora, according to the roadkill capybaras along the reservation. This region has also been used herbicides and pesticides that may be contributing to the presence of metals. These metals can be deposited in the sediment and the water column affecting directly or indirectly the bodies. However capybaras are subject to the effects of bioaccumulation of these possible contaminants, acquired through eating plants contaminated by metals. Thus, the aim of this study is to assess the levels of heavy metal contamination in tissue capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) killed by being run over in the BR-471 South Rio Grande do Sul. To determine the concentrations of metals (Ag, Cd, Cu, Pb, and Zn) in different tissues (liver, kidney, fat, muscle) and the stomach contents of capybara, monthly samples were taken over a year. Samples of the dead animals will be made through autopsy, samples and will be placed in plastic tubes and subsequently frozen. After these samples are weighed, dried and digested in nitric acid and diluted in MilliQ water. The Ag concentrations of Cd, Cu, Pb, and Zn are determined by atomic absorption spectrophotometry. The data are expressed as mean \pm standard error. The means of the metals of male and female tissues will be compared by analysis of two-way variance (ANOVA) followed by Tukey test later, with 5% significance. The results showed that the silver concentration was lower in the spring relative to the other seasons in samples ($P < 0.05$), there was no significant difference ($P < 0.05$) in cadmium concentration in the samples, the concentration lead spring was higher in all samples ($P < 0.05$), the concentration of copper in the winter and autumn was significantly lower than the spring and summer ($p < 0.05$), the concentration of zinc was not variation throughout the year ($P < 0.05$). Cd, Ag and Pb have not changed throughout the year in the sediment ($P < 0.05$), whereas the Cu was present in the sediment in the spring, and Zn was higher in autumn and winter. ($P < 0.05$). These results demonstrated that capybaras are contaminated by non-essential metals in the Taim Ecological Station. In addition, we suggest the use of at for contamination monitoring of the capybara for metals.

Key-words: contamination, tissue, vertebrates, plated, Pampa.

SUMÁRIO

1. LISTA DE FIGURAS	viii
2. LISTA DE TABELA.....	ix
2. INTRODUÇÃO GERAL	10
3. OBJETIVOS	21
3.1 OBJETIVO GERAL	22
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	22
4. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL	22
5. CAPÍTULO 1	31

1. LISTA DE FIGURAS

Capítulo 1

FIGURA 1: Média e desvio padrão da concentração de Ag em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.....42

FIGURA 2: Média e desvio padrão da concentração de Cd em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.....43

FIGURA 3: Média e desvio padrão da concentração de Pb em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.....44

FIGURA 4: Média e desvio padrão da concentração de Cu em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.....45

FIGURA 5: Média e desvio padrão da concentração de Zn em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.....46

FIGURA 6: Média e desvio padrão de cádmio, prata, chumbo, cobre e zinco ao longo do ano no sedimento coletado próximo a Br-392 da ESEC Taim.....47

2. LISTA DE TABELAS

TABELA 1: Concentração de prata (Ag), cádmio (Cd), chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) na água ($\mu\text{g} / \text{ml}$) do canal paralelo a Br-392 na ESEC Taim.....42

TABELA 2: Concentração de prata (Ag), cádmio (Cd), chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) ($\mu\text{g} / \text{g}$ PS) presente em plantas que servem de alimento para as capivaras na ESEC Taim.....43

3. INTRODUÇÃO GERAL

Os metais são elementos químicos que ocorrem naturalmente no meio ambiente, pois estão presentes na constituição das rochas, sendo distribuídos por meio dos ciclos geológicos e biológicos no ambiente. Através da ação de intemperismos, os metais presentes na crosta terrestre são carreados para os corpos d'água como rios, riachos e lagoas (Goyer 1991). Os metais presentes nos ambientes também podem ser proveniente de atividades antropogênicas (Phillips 1977), através de descargas de efluentes industriais, atividades de mineração e precipitação atmosférica (Novotny 1995). Segundo Oliveira et al. (2009) esses metais também podem ter origem, dos insumos utilizados na agricultura, como pesticidas, inseticidas, herbicidas e fertilizantes.

A migração dos poluentes através do solo, para as águas superficiais e subterrâneas, constitui uma ameaça para a qualidade dos recursos hídricos (Casarini et al. 2001). Com isso, ecossistemas estão sujeitos a uma alta variedade de contaminantes, entre eles os metais (Niencheski et al. 1994). No entanto a adição desses resíduos no solo muitas vezes ocorre de modo ilegal, acarretando a contaminação do sedimento por agroquímicos, como consequência podem afetar organismos da cadeia alimentar. Pois, tem causado um aumento na concentração de alguns metais em vários ecossistemas (Kabata-Pendias and Pendias 2001).

Esses metais podem causar muitos efeitos negativos para saúde humana, principalmente devido à contaminação ambiental. A remediação da poluição dos metais se torna difícil devido a sua alta persistência e sua baixa degradabilidade no ambiente (Smith et al. 2002). Os metais podem ser divididos em duas categorias, os essenciais e os não essenciais. Dentre os metais essenciais, podemos citar o ferro, o manganês, o zinco, o cobre, o cromo, o cobalto, o níquel e o molibdênio, entre outros

envolvidos em processos metabólicos que regulam a produção de energia e o bom funcionamento do organismo. Metais não essenciais como alumínio, chumbo, cádmio, níquel, mercúrio, prata, entre outros, não são requeridos pelos organismos, sendo estes, considerados tóxicos, mesmo em baixas concentrações (Smith et al. 2002).

Os metais essenciais auxiliam no metabolismo, sendo fatores limitantes em baixas concentrações para desenvolvimento e crescimento dos organismos, mas podem ser tóxicos em elevadas concentrações (Niencheski et al. 2008). Entre os metais essenciais o cobre participa de uma série de funções biológicas. Este metal faz parte da composição estrutural de proteínas, atuando nos processos de respiração celular, na defesa contra radicais livres, além de participar como co-fator enzimático (Morgan 2000). Segundo Who (1998) a exposição à doses elevadas ou sua deficiência de cobre pode causar efeitos adversos à saúde.

O cobre é absorvido no do trato digestivo, através da ingestão de comida e água, e em excesso pode causar diarreia, dor de cabeça, taquicardia, deficiência respiratória, bem como a doença de “Wilson”, que causa deterioração mental progressiva, prejudica a coordenação e com movimentos abruptos instáveis (Cousins 1985).

O cobre (Cu) ocorre na natureza em quatro estágios de oxidação: cobre metálico (Cu^0), íon cuproso (Cu^+), íon cúprico (Cu^{2+}) e cobre trivalente (Cu^{3+}), embora esta última forma seja rara. (Roesijadi and Robinson 1994, Georgopoulos et al. 2002). Esse metal é muito utilizado em vários setores, com diversas finalidades, como indústria elétrica, eletrônica, fabricação de equipamentos eletro-eletrônicos além de aparelhos domésticos; usado também para forjamento, engenharia industrial para estampagem, usina de peças e componentes, aparelhos para indústria química e

petroquímica, refrigeradores e condicionadores de ar; construção civil, metais sanitários, fechaduras, na indústria automobilística em radiadores e entre outros (Pedroso and Lima 2001).

A maior parte do cobre depositado no meio ambiente é decorrente de fontes antropogênicas, como mineração e fundição, queima de carvão, incinerador de resíduo, produtos usados como antiaderente e fertilizante (Pedroso and Lima 2001). O cobre pode ser fixado no solo através dos óxidos de ferro, manganês, argila e húmus, esse fenômeno ocorre pelo aumento do pH (Kabata-Pendias 2001).

Outro metal essencial aos organismos é o zinco (Zn), que é importante para a nutrição, apresenta funções enzimáticas, estruturais e regulatórias, atua na transcrição e tradução dos ácidos nucleicos e exerce um papel fundamental em vários sistemas biológicos (Azevedo and Chasin 2003).

O zinco pode ser encontrado na natureza, principalmente, na forma de sulfeto, associado aos minérios de cobre, ferro, chumbo e prata (Azevedo and Chasin 2003). Esse metal é muito utilizado na indústria, em função da sua alta persistência a corrosão, é usado em produtos da construção civil, indústria automobilística, eletrodomésticos e de galvanoplastia, entre outros. Pois, possui uma combinação fácil com outros metais, para a fabricação de ligas, como latões e bronze (Azevedo and Chasin 2003).

Segundo WHO (2001), o zinco está presente na atmosfera como material particulado e isso ocorre através de fontes de emissão ocasionadas por queima de carvão vegetal, combustíveis fósseis e ainda através da fundição de metais não ferrosos. Isso ocorre por meio de atividades antropogênicas, partículas de zinco são lançadas na atmosfera para a água e solo por meio da precipitação (Alloway 1995).

A toxicidade desse metal está relacionada especialmente à sua combinação com outros metais. A contaminação por zinco pode variar entre os organismos, com as propriedades físico-químicas de cada elemento e fatores ambientais. O zinco pode ser absorvido no jejuno e íleo em humanos e em animais não-ruminantes no intestino delgado (Underwood and Suttle, 1999) e nos ruminantes no rúmen (NRC 2001).

Concentrações de zinco elevadas podem causar problemas pulmonares, gastroenterites, febre, calafrios, náusea, sonolência, desidratação e insuficiência de coordenação muscular e ainda pode causar falência de órgãos (Gadd 1993, Queiros 2006). Em concentrações acima 1.000 ppm por exemplo, pode causar perda de peso, anemia, mineralização óssea prejudicada, anormalidades ósseas e cartilaginosas, em níveis reduzidos de ferro, manganês e cobre (Booth and McDonald 1992).

O cádmio (Cd) é um metal não essencial, apresenta uma concentração média em torno de 0,1mg/kg distribuído pela crosta terrestre. Pode ser encontrado em concentrações altas em rochas sedimentares e fosfatos marinhos que contém aproximadamente 15 mg cádmio/kg. As emissões de cádmio ocorrem através de fontes antropogênicas, para o meio ambiente (Fleischer et al. 1974).

A principal fonte natural de emissão de cádmio para a atmosfera é por meio de atividade vulcânica, acontecem durante as erupções, e nos períodos de pouca atividade vulcânica. Foi estimado como sendo responsável pela emissão de 100 a 500 toneladas do fluxo natural desse metal. As queimadas em florestas também contribuem para as emissões de cádmio para o ar. As condições climáticas e erosão das rochas também auxiliam no transporte de cádmio através dos rios até os oceanos (Oskarsson et al. 2004).

Atividades industriais utilizam muito o cádmio, como no revestimento de aço e ferro; pigmentos de plástico e vidro; baterias; fungicida; indústria têxtil; produção

de filmes fotográficos; manufatura de espelhos; coberturas de tubos eletrônicos; fios de transmissão de energia, combustíveis fósseis, entre outros (Carvalho et al. 1975). A indústria de galvanoplastia é a que mais utiliza o cádmio (Klaassen and Watkins 1999, Klaassen 2001).

O excesso de metais no solo aumenta a possibilidade de inserção dos mesmos na cadeia alimentar e, conseqüente, contaminação dos integrantes bióticos. Além disso, pode haver a lixiviação destes metais no solo, bem como a contaminação do lençol freático (Vahter et al. 1996). Segundo Dias et al. (2001) o Cd esta presente em diversos tipos de resíduos, pode ser introduzido no ambiente através de pneus, óleo, lixo urbano, aterros, fertilizantes fosfatados, lâmpadas, pilhas, baterias, restos de tintas, latas, dentre muitos outros produtos tóxicos.

O Cadmio pode ser absorvido pelos organismos através da absorção dérmica, respiratória, intestino e através de alimentos (peixe, ostras, mariscos, carne, plantas, e frutos) e água contaminada (Klaassen and Watkins 1999, Klaassen 2001, Rubio et al. 2006, Reeves et al. 2008). Tanto em baixas ou altas concentrações, o cádmio se deposita nos rins e no fígado podendo causar danos a esses órgãos. Esse metal interfere no metabolismo do fósforo e do cálcio em função da inibição da vitamina D, pode causar possíveis patologias como a osteoporose e a osteomalacia podendo afetar a remodelação óssea, e a descalcificação. Sua excreção é lenta, sendo que este processo é realizado via urina e intestino (Klaassen 2001, Calabuig et al. 2004, Simmons et al. 2005).

O chumbo (Pb) também é um metal não essencial, abundante na crosta terrestre, dificilmente é encontrado no seu estado natural. A prata, o zinco, o cobre, níquel, ouro, etc. são exemplos de elementos que geralmente, encontram-se associados aos minérios de chumbo (Quitério et al. 2001).

Apesar dos processos naturais, como emissões vulcânicas e intemperismo químico, liberarem o chumbo no ambiente, por processo natural, a ação antropogênica é a maior responsável pela liberação no meio, sendo as mais comuns como adubos na agricultura, mineração, indústria metalúrgica e queima de combustíveis fósseis (Paoliello and Chasin 2001).

Esse metal é empregado na indústria em blindagem contra radiação, revestimento de cabos metalizante para coberturas protetoras, inseticidas, liga de estanho, em baterias de chumbo-ácido, armamentos, ligas metálicas para a produção de soldas, cabos elétricos, metais de tipografia, entre outros (Klaassen and Watkins 1999, Klaassen 2001, Calabuig et al. 2004). O chumbo pode ser encontrado sob a forma de particulado na atmosfera e pode ser transportado a longas distâncias. Em águas superficiais o chumbo pode ser encontrado complexado a compostos orgânicos naturais (ácidos húmicos) ou antropogênicos (Paoliello and Chasin 2001).

A presença de chumbo no solo, vai variar de acordo com a fonte de emissão, as atividades de metalúrgicas que liberam em minérios PbS (sulfeto de chumbo), PbO (monóxido de chumbo) e outros; e a queima de combustíveis emitem nas formas $PbBr$ (brometo de chumbo), $PbBrCl$, $Pb(OH)$ (hidróxido de chumbo) entre outros (Kabata-Pendias 1980).

A intoxicação por chumbo é vagarosa e gradativa e ocorre devido a sua exposição e acumulação, afeta diretamente o organismo (Klaassen and Watkins 1999, Klaassen 2001). O chumbo pode causar intoxicação basicamente através da absorção pelo sistema gastrointestinal e pelas vias respiratórias. Provoca distúrbios neurológicos (dores de cabeça, convulsões, delírios e tremores musculares), gastrointestinais (vômitos e náuseas) e renais (Sadão 2002, Calabuig et al. 2004). Elevadas concentrações de chumbo podem levar à morte. O Chumbo não apresenta

função fisiológica no organismo e sua contaminação afeta o sistema hamatopoiético (inibindo a síntese de hemoglobina) (Azevedo and Chasin 2003).

A prata (Ag) é um metal não essencial, raro, mas pode ser encontrado em seu estado natural e na forma combinada como no metal argentita. A prata causa toxicidade aos organismos, sendo que na forma iônica, geralmente é a mais tóxica (Grossel et al. 2002).

A maior parte da prata presente em águas de superfície tem origem da lixiviação natural, concentrações altas deste metal são normalmente associadas com atividades antropogênicas, tais como a mineração e indústria de processamento fotográfico, joias, eletro-eletrônicos, produtos odontológicos e peças decorativas (Wood et al. 1999). Essa elevada utilização implica na descarga desse metal para o ambiente, o que representa risco para organismos aquáticos e terrestres (Purcell 1998). Essa preocupação se justifica pelo seu reconhecido potencial tóxico quando despejada sem critérios no ambiente (Gorsuch 1998).

A exposição a níveis elevados da prata no ar pode resultar em problemas respiratórios, irritação da garganta e dores de estômago (Fung and Bowen 1996, Venugopal and Luckey, 1978). A absorção da prata no organismo pode ocorrer através da pele e pode causar reações alérgicas, erupções cutâneas, inchaço e inflamação. Também pode ser absorvido através de outras vias, tais como fígado, cérebro, músculos, rins, e pode provocar alterações nas células sanguíneas. Os íons de prata juntamente com os grupamentos aminofosfato, sulfidril e carboxila, podem, gerar a desnaturação das proteínas (Booth and McDonald 1992).

Como processo indutivo da contaminação ambiental, destaca-se o crescimento gradativo da industrialização e o aumento da expansão urbana, potencializando a introdução de quantidades indesejáveis de poluentes no ambiente

(Ferreira et al. 2010). Além do processo de expansão industrial, os ecossistemas sofrem outras perturbações ambientais, como: esgotos domésticos, efluentes da atividade agropecuária e atividade de mineração (Ferreira et al. 2010). Essas atividades antropogênicas afetam a qualidade dos ecossistemas, oferecendo riscos potenciais aos organismos, bem como a população (Ferreira et al. 2010).

Para determinar a qualidade do meio ambiente, tem se utilizado tecido de vertebrados para monitoramento, para avaliar a contaminação desses metais em animais (Carvalho et al. 2002). Estes elementos, tais como, cádmio, chumbo, prata, cobre e zinco pode resultar em graves prejuízos à saúde dos organismos (Furness and Rainbow 1990). Os metais, podem se acumular em diferentes tecidos, dependendo das suas características químicas (Krone et al. 1999).

Diante disso, foi realizado estudos de contaminação no litoral Sul do Rio Grande do Sul na região estuarina da Lagoa dos Patos e costeira adjacente, demonstrando que o sedimento da região sul está enriquecido por metais como Cu, Pb e Zn, os quais são derivados principalmente de atividades industriais e urbanas realizadas no entorno da região estuarina na cidade do Rio Grande (RS) (Niencheski et al. 2000).

Também, foi observado em estudos realizados por Soto et al. (2005) em répteis no litoral do estado, contaminação através de metais, em oito espécimes de tartaruga marinha (*Caretta caretta*), recolhidas mortas na costa sul do Rio Grande do Sul, concentrações de mercúrio (Hg) em seus tecidos (fígado, gordura e músculo).

Já, em mamíferos os registros de contaminação, por metais foram registrados em leões-marinhos da costa sul do Rio Grande do Sul, indicando que a pele é um tecido muito utilizado para monitoramento de contaminação ambiental, bem como,

para a avaliação do impacto de metais nestes mamíferos marinhos (Saeki et al. 2001, Frodello et al. 2002, Carvalho et al. 2002, Fossi et al. 2004).

No entanto, foi observada, uma tendência da ocorrência de leões marinhos *O. flavescens* com altas concentrações de metais nas desembocaduras dos estuários da Lagoa dos Patos (Rio Grande, RS) e do Arroio Chuí (Chuí, RS). Estudos realizados com fezes do leão-marinho *O. flavescens* que habitam o molhe leste da Barra do Rio Grande, demonstraram concentrações de Cu e Fe, iguais as registradas em fezes de outros mamíferos de ambientes não contaminados (Said 2003). Mas os valores observados para Zn (essencial), Cd e Pb (não-essenciais) foram mais altos que aqueles registrados em fezes de mamíferos de ambientes não contaminados, com isso, a saúde do indivíduos reflete a contaminação local. Por conseguinte, os organismos aquáticos acabam bioacumulando estes elementos em seus tecidos. Nos leões-marinhos um dos meios de contaminação é através de alimento contaminado (Said 2003).

Estudos recentes têm focado a sua atenção na acumulação de metais em determinadas espécies de herbívoros roedores subterrâneos (Da Silva et al. 2000, Šumbera et al. 2003). Esses animais consomem grandes quantidades de vegetação, com isso é possível avaliar os níveis de contaminação presentes em seus habitat naturais. Segundo, Mertens et al. (2001), Talmage and Walton (1991) os roedores são comumente usados como indicadores de poluição. A presença de metais no ambiente pode estar afetando a saúde de muitos organismos, conduzindo a bioacumulação nas plantas e animais (Hylland 2006).

Mas ainda não há registros de estudos realizados de acumulação de metais, em capivaras no Sul do Rio Grande do Sul. A capivara é amplamente distribuída por toda a América central e Sul (Emmons 1990). Esta espécie ocorre em ambientes

aquáticos variados, como rios, banhados, lagoas e estuários (Achaval et al. 2004) e até mesmo em ambientes com alto grau de influência antrópica (Ojasti 1973, Emmons 1990).

A capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*) é um roedor de grande porte e semiaquáticos, e pertence à família Caviidae (Gonçalvez et al. 2014). As capivaras possuem hábitos normalmente diurnos, com maior atividade nos períodos vespertino e crepuscular. Suas atividades se resumem basicamente a forrageio no período inicial da manhã e ao entardecer e nos horários mais quentes do dia repousam e realizam suas atividades aquáticas (Ojasti 1973, Azcarate 1980, Schaller and Crawshaw 1981, McDonald 1981, Herrera and McDonald, 1989).

As capivaras podem se reproduzir durante o ano todo, a gestação tem um período de cinco meses, e o número de filhotes varia de 1 a 5 indivíduos (Ojasti 1973). A capivara é um roedor herbívoro seletivo, escolhem plantas com alto nível de proteína. Alimentam-se de plantas aquáticas, gramíneas e ciperáceas (Borges et al. 2007), algumas plantas aquáticas acumulam metais, e isso ocorre por meio de interações físico-químicas ou por mecanismos dependentes do metabolismo (Schneider 1995). As capivaras podem acumular esses metais em seus tecidos, via ingestão de plantas contaminadas, uma vez que os animais adultos consomem em média 3 kg de forragem por dia (Moreira e MacDonald 1997).

De acordo com Nogueira-Neto (1993), a região de banhado ao redor da Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim) exibe um complexo lagunar que abrange a Lagoa Mirim, Mangueira e Laguna dos Patos, compreendendo ainda arroios, banhados, lagoas pequenas, campos, dunas e mata paludosa. A ESEC Taim está protegida legalmente, como unidade de conservação no Rio Grande do Sul. Foi criada com o objetivo, de preservar a população de cisne-de-pescoço-preto (*Cygnus*

melancoryphus), que se reproduz no local. Mas, o banhado contribui para a conservação de muitas outras espécies, tanto de fauna quanto de flora, algumas espécies conhecidas como ameaçadas ou vulneráveis em nível local, nacional e internacional, como é o caso da lontra (*Lontra longicaudis*). Também constitui espécies como jacarédo-papo-amarelo (*Caiman latirostris*), o rato-do-banhado (*Myocastor coypus*), a capivara (*Hydrochaeris hydrochoerus*) e numerosas espécies de peixes e entre outros animais (Nogueira-Neto 1993).

No entanto, as práticas agrícolas ao redor da estação vêm causando impacto localmente na região em função da utilização de fertilizantes, pesticidas, herbicidas e inseticidas usados no combate a pragas, e pode estar disponibilizando metais no ambiente levando ao prejuízo da fauna e da flora (Spadotto 2009).

Na região sul do estado este é um dos principais problemas destas áreas de banhado, pois são drenados para o cultivo do arroz irrigado, essa prática agrícola também ameaça as áreas costeiras, em função da retirada de água para alimentar as lavouras. Além, dos riscos de contaminação por derrame de combustíveis, usado para o abastecimento das máquinas (Viera et al. 1999).

Os banhados e as matas de restinga são os ecossistemas mais destruídos, praticamente não restando áreas intactas fora do Banhado do Taim. As lagoas e os banhados sofrem com os impactos de contaminação por agrotóxicos, das águas que retornam das lavouras. A maioria dos conflitos ambientais, neste ecossistema ocorre devido à crescente presença do homem, trazendo consigo a construção de casas e estradas e inúmeras outras atividades que, se não forem corretamente introduzidas, poderão conduzir a sérios desequilíbrios ambientais, comprometendo até a própria existência do banhado (Kurtz et al. 2003).

Estes compostos possuem metais que se depositam no sedimento e pode afetar diretamente os organismos, no caso dos mamíferos herbívoros primários como é o caso das capivaras, que por sua vez, estão sujeitos aos efeitos da bioacumulação e toxicidade destes contaminantes, que adquirem grandes cargas destes compostos através da ingestão de plantas contaminadas por metais que podem causar danos fisiológicos nas capivaras.

Embora, muitas pesquisas já foram realizadas em laboratório sobre a contaminação de metais, pouco se sabe da dinâmica destas substâncias em ecossistemas naturais, bem como os limites de exposição e os danos causados ao meio biótico (Burger and Gochfeld 2004).

Diante destas informações, este trabalho objetiva determinar as concentrações de metais (cádmio, chumbo, prata, zinco e cobre) em pêlo, tecidos (gordura, músculo, rim, fígado) e conteúdo estomacal de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*), encontradas mortas, na Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim), Rio Grande do Sul (RS), Brasil. Além disso, buscar encontrar um padrão de ocorrência de cada metal nos tecidos analisados, visando agregar conhecimento sobre a interação dos poluentes químicos com a espécie de mamífero ocorrente no sul do País. Com isso espera-se contribuir sobre os níveis de contaminação por metais em mamíferos ligados ao ambiente aquático, em sua maioria afetada pelo processo de bioacumulação.

4. OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

- Determinar a acumulação por metais em diferentes tecidos de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) no sul do Rio Grande do Sul.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar as concentrações dos metais: prata, cádmio, cobre, chumbo e zinco em gordura, músculo, fígado, rim, conteúdo estomacal e pelo de capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) encontradas mortas ao longo da Estação ecológica do Taim) nas quatro estações do ano;
- Analisar a existência de possíveis padrões de distribuição dos metais nos tecidos, analisados;

3. REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO GERAL

ACHAVAL F, CLARA M, OLMOS A. 2004. Mamíferos de la República Oriental del Uruguay. Montevideo: Imprimex 176.

ALLOWAY BJ. 1995. Heavy metals in soils. Blackie Academic e Professional 368.

AZEVEDO FAD, CHASIN AADM. 2003. Metais: gerenciamento da toxicidade. São Paulo. Editora Atheneu, 187-201 p.

AZCARATE T. 1980. Sociobiología y manejo del capibara (*Hydrochoerus hydrochaeris*). Donana Acta Vertebrata 7(6): 1-228.

- BOOTH NH, MCDONALD LE. 1992. Farmacologia e terapêutica em veterinária. 6 ed, Rio de Janeiro: Guanabara 573-898 p.
- BORGES LV, COLARES, IG. 2007. Feeding Habits of Capybaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*, Linnaeus 1766), in the Ecological Reserve of Taim (ESEC Taim) – South of Brazil. Braz Arch Biol Techn 50(3): 409–416.
- BURGER J, GOCHFELD M. 2004. Marine Birds as Sentinels of Environmental Pollution. EcoHealth, New York 1(3): 263-274.
- CALABUIG G. 2004. Medicina Legal y Toxicologia. 6.ed., Barcelona: E. Villanueva Canadas, Masson 1394 p.
- CARVALHO FM. 1985. Intoxicação por chumbo e cádmio em trabalhadores de oficinas para reforma de baterias em Salvador, Brasil. Res. Saúde públ., S. Paulo 19: 411-20.
- CARVALHO ML, PEREIRA RA, BRITO J. 2002. Heavy metals in soft tissues of *Tursiops truncatus* and *Delphinus delphis* from west Atlantic Ocean by X-ray spectrometry. Sci Total Environ 292: 247-254.
- CASARINI DCP, DIAS CL, LEMOS MMG. 2001. Relatório de estabelecimento de valores orientadores para os solos e águas subterrâneas no Estado de São Paulo. São Paulo, CETESB 730 p.
- COUSINS R. 1985. Absorption, transport, and hepatic metabolism of copper and zinc: special reference to metallothionein and ceruloplasmin. Physiol Rev Bethesda 65(2): 238-308.
- DA SILVA J, FREITAS TRO, HEUSER V, MARINHO JR, BITTENCOURT F, TADEU C, CERSKI S, KLIEMANN LM. ERDTMENN, B. 2000. Efeito da Exposição crônica ao carvão em roedores selvagens (*Ctenomys torquatus*) avaliados por vários métodos e tecidos. Mutat Res 470: 39-51.

DIAS NMP, ALLEONI LRF, CASAGRANDE JC, CAMARGO OA. 2001. Absorção de cádmio em dois Latosolos ácricos e um Nitosolo. Rev Bras Ciênc Solo 25: 297-304.

EMMONS LH. 1990. Neotropical Rainforest Mammals: A field guide. Chicago: University of Chicago Press 307 p.

FERREIRA AP, HORTA MAP, CUNHA CLN. 2010. Revista de Gestão Costeira Integrada / Coast Zone Manage J 10(2): 229-24.

FOSSI MC, MARCILIA L, LAURIANO AG, FORTUNA C, CANESE A, ANCORA S, LEONÍSIO C, ROMEO T, MERINO R, ABAD E, JIMENES B. 2004. Assessment of toxicological status of a SW Mediterranean segment population of striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*) using skin biopsy. Mar Environ Res 58: 269–274.

FUNG MC, BOWEN DL. 1996. Silver products for medical indication: Risk benefit assessment. Clin Toxicol 34: 119-126.

FLEISCHER M, SAROFIM AF, FASSETT DW, Hammond, P., Shacklette, H.T., Nisbet, C.T., Epstein, S. 1974. Environmental Impact of Cadmium: a Review by the Panel on Hazardous Trace Substances. Environ Health Persp 7: 253-323.

FRODELLO JP, VIALE D, MARCHAND, B. 2002. Metal Levels in a Cuvier's Beaked Whale (*Ziphius cavirostris*) Found Stranded on a Mediterranean Coast, Corsica. Bull Environ Contam Toxicol 69: 662–666.

FURNESS R, RAINBOW P. 1990. Heavy metals in the marine environment. Boca Raton: CRC Press 256 p.

GADD GM. 1993. Interactions of fungi with toxic metals. New Phytologist 124: 25-60.

GEORGOPOULOS PG, ROY A, YONOME-LIOY MJ, OPIEKUN RE, LIOY PJ. 2002. Environmental Dynamics and Human Exposure to Copper. Environmental

Dynamics and Human Exposure Issues. New York: International Copper Association Ltd. ,10-23.

GONÇALVEZ GL, QUINTELA FM, FREITAS TRO. 2014. Mamíferos do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Parcartes, il. Collor 212 p.

GOYER, RA. 1991. Toxic effects of metals. In: AMDUR, MO, DOULL, JE, KLAASSEN, CD. Casarett and Doull's Toxicology. The basic Science of Poisons. 4. 1-25, New York: Pergamon Press 1074 p.

GORSUCH, JW, KLAINE, SJ. 1998. Toxicity and fate of silver in the environment. Environ Toxicol Chem 17: 537.

GROSSEL, M, NIELSEN, C, BIANCHINI, A. 2002. Sodium turnover rate determines sensitivity to acute copper and silver exposure in freshwater animals. Comp Biochem Physiol 133: 287-303.

HERRERA EA, MCDONALD DW. 1989. Resource utilization and territoriality group-living Capybaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*). J Anim Ecol 58: 667-679.

HYLLAND K. 2006. Biological effects in the management of chemicals in the marine Environment. Mar Pollut Bull 53: 614-619.

KABATA-PENDIAS A. 1980. Heavy metal sorption by Clay minerals and oxides of iron and manganese. Mineral Pol 113.

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

KLAASSEN CD, WATKINS J. 1999. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons. 5.ed. USA: McGraw-Hill 861 p.

KLAASSEN C.D. 2001. Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons; 6.ed., USA: McGraw-Hill 1275 p.

KRONE CA, ROBISCH PA., TILBURY KL, STEIN J. 1999. Elements in liver tissues of bowhead whales (*Balaena mysticetus*). *Mar Mammal Sci* 15: 123-142.

KURTZ FC, ROCHA JSM, JULI SM, KURTZ M, ROBAINA AD, GARCIA SM, SANTOS AHO, DILL PR, ATAIDE PRV, BOLZAN F. 2003. Environmental zoning of swamps in the Ecological Station of Taim, Rs, Brazil. *Ciência Rural*, Santa Maria, 33(1): 77-83.

MCDONALD D. W. 1981. Dwindling resources and the social behaviour of capybara, (*Hydrochoerus hydrochaeris*) (Mammalia). *J Zool (Lond)* 194: 371-391.

MERTENS J, LUYSSAYERT S, VERBEEREN S, VERVAEKE P, LUST N. 2001. Cd and Zn concentrations in small mammals and willowleaves on disposal facilities for dredged material. *Environ Pollut* 15: 17-22.

MORGAN T. 2000. The fish gill: Site of action for the toxic effects of waterborne copper. *Fish Physio* 751: 1-12.

MOREIRA JR, MACDONALD DW. 1997. Técnicas de manejo de capivaras e outros grandes roedores na Amazônia. In: Valladares-Padua, C.; Bodmer, R. E. Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil. Belém: Sociedade Civil Mamiraúá. 285: 186-213.

NIENCHESKI LFH, WINDOM HL, SMITH R. 1994. Distribution of particulate trace metal in Patos Lagoon estuary (Brazil). *Mar Pollut Bull* 28(2): 98-102.

NIENCHESKI LF, BAUMGARTEN MGZ. 2000. Distribution of particulate trace metal in the southern part of the Patos Lagoon estuary. *Aquatic Ecosystem Health and Management Society*. 3: 515-520.

NOGUEIRA-NETO P. 1993. Do Taim ao Chui, da barra do Rio Grande as terras e águas do arroio Chui. São Paulo: Empresa das Artes 96 p.

NOVOTNY V. 1995. Diffuse sources of pollution by toxic metals and impact on receiving waters. In: Salomons, W.; Föstner, U. e Mader, P. Heavy Metals: Problems and Solutions., Berlim: Springer-Verlag, 412 p.

NRC – NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2001. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th. Ed., National Academy Press: Washington D.C. 381 p.

OJASTI J. 1973. Estudio biológico del chigüire o capibara. Caracas: Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. 275 p.

OLIVEIRA E, MAGGI MF, MATOS E, RAMOS M S, VAGNER M W, LOPES EC. 2009. Tecnologia de aplicação de defensivos agrícolas e relações com riscos de contaminação da água e do solo. Pesquisa Aplicada e Agrotecnologia. 2: 161-180.

OSKARSSON A, LINDÉN A, OLSSON I M. PETERSSON, K. 2004. Cadmium in food chain and health effects in sensitive population groups. BioMetals 17: 531–534.

PEDROSOSO MF AND LIMA IV. 2001. Ecotoxicologia do cobre e seus compostos. Cadernos de Referência Ambiental, v. 2 Centro de Recursos Ambientais (BA) 127 p.

PURCELL T. W.; Peters, J. J. 1998. Environ. Toxicol. Chem. 17: 539.

PHILLIPS DJH, Environ. Pollut. 1977. Salomons, W., Förstner, U. 1984. Metals in Hydrocycle, Springer-Verlag, Berlin 13: 281.

QUEIROS MTA. 2006. Bioacumulação de metais pesados no rio piracicaba, Minas gerais, aplicando a análise por ativação neutrônica Instrumental. Minas Gerais: Centro Universitário do Leste de Minas Gerais. 105. Dissertação (Mestrado em Engenharia Industrial), Centro Universitário do Leste de Minas Gerais, Minas Gerais.

QUITÉRIO S L. 2001. Uso da poeira e do ar como indicadores de contaminação ambiental em áreas circunvizinhas a uma fonte de emissão estacionária de chumbo. Cad. Saúde Pública. 3.

REEVES PG AND CHANEY RL. 2008. Bioavailability as an Issue in Risk Assessment and Management of Food Cadmium: A review. Sci Total Environ 398: 13-19.

ROESIJADI G AND ROBINSON WE. 1994. Metal Regulation in Aquatic Animals: Mechanisms of Uptake, Accumulation, and Release. In: Malins, D.C. e Ostrander, G.K. Aquatic Toxicology: Molecular, Biochemical and Cellular Perspectives. New York: CRC Press, 539 p.

RUBIO C, HARDISSON A, REGUERA JI, REVERT C, LAFUENTE M A, GONZALEZ-IGLESIAS T. 2006. Cadmium Dietary Intake in the Canary Islands, Spain. Environ Res 100(1): 123-129.

SADÃO M. 2002. Intoxicação por chumbo. Revista de Oxidologia 37-42.

SAEKI K, NAKAJIMA M, LOUGHLIN T R, CALKINS D C, BABA M, KIYOTA M, TATSUKAWA R. 2001. Accumulation of silver in the liver of three species of pinnipeds. Environ Pollut 112: 19-25.

SAID J. Concentração de metais nas fezes do leão-marinho do Sul *Otaria flavescens* (Shaw, 1800), no Molhe Leste da Barra do Rio Grande (Rio Grande do Sul, RS). Rio Grande, 2003. Monografia (Graduação em Oceanologia), Fundação Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande. 50p.

SIMMONS RW, PONGSAKUL P, SAIYASITPANICH D, KLINPHOKLAP S. 2005. Elevated levels of cadmium and zinc in paddy soils and elevated levels of cadmium in rice grain downstream of a zinc mineralized area in Thailand. Implications for public health Environmental Geochemistry and Health 27: 501-511.

SCHALLER GS AND CRAWSHAW PG. 1981. Social organization in a capybara population. *Saugetierkundliche Mitteilungen* 29: 3-16.

SCHNEIDER IAH. *Biossorção de Metais Pesados com Biomassa de Macrófitas Aquáticas*. Porto Alegre, 1995. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Metalúrgica e dos Materiais, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, Porto Alegre. 141.

SMITH DS, BELL RA, KRAMER JR. 2002. Metal speciation in natural waters with emphasis on reduced sulfur groups as strong metal binding sites. *Comp Biochem Physiol* 33(1,2): 65-74.

SOTO JMR, SOARES JT, CELINI AAOS, SANTOS RCA. 2005. Concentração de mercúrio total em tecidos de *Caretta caretta* (Linnaeus, 1758) (Reptilia, Cheloniidae) encalhadas na costa sul do Rio Grande do Sul, Brasil. In: II Jornada de Conservação e Pesquisa de Tartarugas Marinhas no Atlântico Sul Ocidental, 2005, Rio Grande. Livro de Resumos. Rio Grande: Praia do Cassino 25-28 p.

SPADOTTO CA. 2009. Avaliação de riscos ambientais do uso de defensivos agrícolas para a qualidade da água. *Horticultura Brasileira*. 27(2): 4060-4070.

SUMBERA R, BARUS V, TENORA F. 2003. Metais pesados no prateado toupeira-rato, *Heliophobius argenteocinereus* (Bathyergidae, Rodentia) de Malawi. *Folia Zoologica*. 52(2): 149-153.

TALMAGE SS AND WALTON BT. 1991. Pequenos mamíferos como monitores de contaminantes ambientais. *Rev Environ Contam T* 119: 47-145.

VIEIRA NR DE A, SANTOS AB DOS, SANT'ANA EP. (Ed.). 1999. A cultura do arroz no Brasil. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 633 p.

VAHTER M, BERGLUND M, NERMELL B, AKESSON, A. 1996. Bioavailability of cadmium from shellfish and mixed diet in women. *BioMetals*, 136: 332-341.

VENUGOPAL B AND LUCKEY TD. 1978. Metal toxicity in mammals. In: Chemical toxicology of metals and metalloids, Venugopal, B., Luckey, T.D. (Eds.), New York: Academic Press 32-36.

UNDERWOOD EJ, SUTTLE NF. 1999. The Mineral Nutrition of Livestock. 3rd ed. CABI Publ. Wallingford 614 p.

WHO. 1998. World Health Organization. Zinc. Geneva: (Environmental Health Criteria 221).

WHO. 2001. World Health Organization. Zinc. Geneva: (Environmental Health Criteria 221).

WOOD CM, PLAYLE RC, HOGSTRAND C. 1999. Physiology and modeling of mechanisms of silver uptake and toxicity in fish. Environ Toxicol Chem 18: 71-83.

5. CAPÍTULO 1

Contaminação por Metais nas Capivaras *Hydrochoerus hydrochaeris* no Sul do Brasil

Cíntia Barbosa Ramm¹, Indianara Fernandes Barcarolli², Elton Pinto Colares²

¹Programa de Pós-Graduação em Biologia de Ambientes Aquáticos Continentais-
Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Rio Grande/FURG -
Av.Itália km 8 – Campus Carreiros, CEP: 96201-900 - Rio Grande ,RS, Brasil

²Departamento de Engenharia Ambiental – CAV - Universidade do Estado de Santa
Catarina – UDESC - Av: Luiz de Camões, 2090, CEP: 88520-000 - Lages, SC,
Brasil.

Palavras-chave: contaminação, tecido, vertebrados, banhados, Pampa.

Título resumido: Contaminação por Metais nas Capivaras

Autor Correspondente: Elton Pinto Colares
Universidade Federal do Rio Grande - FURG
Instituto de Ciências Biológicas
Av. Itália km 8 – Campus Carreiros
96203900 – Rio Grande – RS – Brasil
Tefefone: + 55 53 32935194
E-mail: epcolares@gmail.com

RESUMO

As capivaras (*Hydrochoerus hydrochaeris*) estão sujeitas aos efeitos de metais adquiridos através do alimento contaminado. O objetivo desse trabalho foi avaliar os níveis de contaminação por metais (Ag, Cd, Pb, Cu e Zn) em pelo, tecidos (gordura, músculo, rim, fígado) e conteúdo estomacal de capivara mortas por atropelamentos na Br-471 dentro da ESEC Taim. Foram realizadas coletas mensais ao longo de um ano. As amostras foram pesadas, secas e digeridas em ácido nítrico e diluídas em água MilliQ. As concentrações dos metais foram determinadas por espectrofotometria de absorção atômica. Os dados foram expressos como média \pm erro padrão. As médias dos metais dos tecidos foram comparadas através de Análise de Variância de uma via (ANOVA), seguida de teste a posteriori de Tukey, com significância de 5%. Os resultados, demonstraram que a concentração de prata foi menor na primavera em relação às outras estações do ano nas amostras ($p < 0,05$), não houve variação significativa ($p < 0,05$) na concentração de cádmio nas amostras, a concentração de chumbo na primavera foi maior em todas as amostras ($p < 0,05$), a concentração de cobre no inverno e no outono foi significativamente menor que o verão e a primavera ($p < 0,05$), a concentração de zinco não teve variação ao longo do ano ($p < 0,05$). O Cd, Ag e o Pb não tiveram variação significativa ao longo do ano no sedimento ($P < 0,05$), já o Cu foi presente no sedimento na primavera, e o Zn foi maior no outono e inverno. ($P < 0,05$). Os resultados deste trabalho demonstraram que as capivaras estão contaminadas por metais não essenciais na Estação Ecológica do Taim. Além disso, podemos sugerir a utilização de pelo para o monitoramento de contaminação da capivara por metais.

INTRODUÇÃO

De maneira crescente, os animais vêm sendo ameaçados, por meio da intervenção humana. São afetados pela destruição de habitats, pela acumulo de poluentes nos ecossistemas, sendo expostos a diversos tipos de químicos, por contato externo, inalações, e principalmente pelo consumo de água e comida contaminada (Burger and Gochfeld 2002 a, Burger and Gochfeld 2004 b; PAES and Monteiro-neto, 2009).

Atualmente, as ações antrópicas causadas ao meio ambiente resultam em efeitos negativos. Tendo como base, o derramamento inadequado de combustíveis no solo usado em máquinas agrícolas, bem como o uso intensivo de fertilizantes e inseticidas utilizados na agricultura, aliado ao crescimento das atividades industriais, de mineração e esgoto doméstico (Beatley 1991, Clark 2001; Keenish 1997). As indústrias de manufatura estão utilizando os metais por causa de suas características químicas na produção de vários produtos para utilização do homem, especialmente as indústrias agrícolas, químicas, eletrônica, metalúrgicas e de mineração. Além, da queima de combustíveis fósseis que tem adicionado grandes cargas desses compostos nos ecossistemas (Marques Júnior et al. 2009, Niencheski and wallner-kersanach, et al. 2008). Alguns metais vêm causando um grande problema na natureza, pois são descartados de forma sólida, líquida ou de vapor com isso contaminam o solo, água e o ar. A poluição causada por metais essenciais e os não essenciais chama atenção, sobretudo pelo impacto que causa em um ecossistema e pelos riscos que expõem as várias formas de vida existentes no meio ambiente. (Cornelis and Nordberg 2007; Hueza et al. 2008).

A introdução dos metais, no ambiente ocorrem por meio de fenômenos naturais advindo de várias fontes, como descargas dos rios que carregam materiais da

ação do intemperismo das rochas e de ações vulcânicas, bem como a dispersão acarretada pelo vento (Bryan 1971, Clark 2001).

Em baixas quantidades os metais não essenciais (Cd, Pb, Ag, etc..) são tolerados, mas em quantidades elevadas podem causar danos aos organismos, pois não apresentam nenhuma função biológica. Os metais essenciais (Cu, Zn, Mg, etc...) são constituintes normais dos seres vivos, são indispensáveis para realizar funções biológicas, crescimento e desenvolvimento dos organismos (Bryan 1971). Mas em baixas ou altas concentrações podem causar danos aos seres vivos.

Trabalhos recentes têm focado a sua atenção na acumulação de metais em espécies de roedores herbívoros subterrâneos (Da Silva et al. 2000, Šumbera et al. 2003). Com isso é possível avaliar os níveis de contaminação presentes em seus habitats naturais. Os roedores são comumente usados como indicadores de poluição (Mertens et al. 2001; Talmage et al.1991). A presença de metais no ambiente pode estar afetando a saúde de muitos organismos, conduzindo a bioacumulação nas plantas e animais (Hylland, 2006).

Não há registros de pesquisas realizadas de acumulação de metais, em capivaras no Brasil. A capivara, *Hydrochoerus hydrochaeris* (Linnaeus 1766), é considerada a maior espécie de roedor do mundo, mede cerca de 1,0 a 1,3 m de comprimento total e pesa cerca de 35 a 65 kg. A capivara é herbívora e semiaquática, que distribui amplamente por toda a América tropical, do Panamá ao Uruguai e noroeste da Argentina (Emmons 1990). É um animal social, que vive em grupos, podendo variar de 2 a 40 indivíduos (Moreira and MacDonald 1997). Esses grupos apresentam uma rígida estrutura, havendo um macho adulto dominante que estabelece um harém com diversas fêmeas e seus filhotes. A espécie habita desde matas ciliares as savanas sazonalmente compreendem corpos d'água, pastagens e

matas, nos quais se protege de predadores e de fenômenos naturais (Moreira and MacDonald 1997).

Apesar de muitos estudos já realizados em laboratório sobre a contaminação de metais, pouco se sabe da dinâmica destas substâncias em ecossistemas naturais, bem como os limites de exposição e os danos causados ao meio biótico (Burger and Gochfeld 2004). A partir destas informações, este trabalho objetiva determinar as concentrações de metais (cádmio, chumbo, prata, zinco e cobre) em pelo, tecidos (gordura, músculo, rim, fígado) e conteúdo estomacal de capivara (*Hydrochoerus hydrochaeris*), na Estação Ecológica do Taim (ESEC), Rio Grande do Sul (RS), Brasil. Além disso, buscar encontrar um padrão de ocorrência de cada metal nos tecidos analisados, visando agregar conhecimento sobre a interação dos poluentes químicos com a espécie de mamífero ocorrente no sul do País. Com isso espera-se contribuir para pesquisas futuras sobre os níveis de contaminação por metais em mamíferos ligados ao ambiente aquático, em sua maioria afetada pelo processo de bioacumulação.

MATERIAL E MÉTODOS

Área de estudo

O estudo foi realizado em um trecho de 15 km de extensão da BR-471 (32° 28'54,76"S, 52° 31'23,46" W) que atravessa longitudinalmente a Estação Ecológica do Taim (ESEC), rodovia que liga a cidade de Rio Grande a Santa Vitória do Palmar, na região sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil.

A ESEC Taim é uma unidade de conservação brasileira de proteção integral (IBAMA 1989), localizada na planície costeira do Estado do Rio Grande do Sul, Brasil, entre a Lagoa Mirim e o Oceano Atlântico e abrange a uma área de 33.818 hectares, sendo predominante a presença de áreas úmidas, sobretudo banhados, campos e dunas. As áreas de matas são escassas, totalizando 1% da sua área total (GOMES et al. 1987). O clima é temperado e caracteriza-se pelo inverno frio e chuvoso com verão quente e seco. Segundo Nimer (1989) a região apresenta temperatura média anual de 18⁰ C com precipitação média anual de 1.100mm.

Seção Experimental

Coleta de amostras biológicas

As coletas foram realizadas semanalmente entre Janeiro de 2013 a Janeiro de 2014. O percurso foi realizado em viatura da Furg em velocidade média de 30 km/h. Os animais (*Hydrochoerus hydrochaeris*) encontrados mortos (machos e fêmeas) na rodovia foram identificados no local. Foram coletadas amostras de tecido de 127 capivaras por necropsia (gordura, músculo, fígado, rim) bem como do conteúdo estomacal, as amostra foram coletadas com lâmina de bisturi estéreis e pinça, as amostras de pelo foram coletadas manualmente, as amostras foram lavadas com água destilada com um auxílio de uma piseta no local. Aproximadamente, cinco gramas de tecido foram coletadas e armazenados em tubo falcon, transferido para o laboratório e congelados (-20 ° C) até a análise. As amostras foram identificadas com um numero de registro, local e data para cada individuo.

Identificação do sexo

O sexo das capivaras foi identificado com base nas características externas, no dimorfismo sexual constituído pela glândula sebácea proeminente entre as narinas e os olhos, presente exclusivamente nos machos. Os juvenis, a identificação foi feita através da necropsia e identificação do aparelho reprodutor masculino ou feminino.

Secagem

Depois de descongeladas as amostras tiveram suas massas aferidas em recipiente de plástico, para a determinação da massa úmida total do tecido (1 g de peso úmido). Após as amostras foram transferidas para tubo falcon e mantidas na estufa, a 50°C, até que estivessem totalmente desidratadas. Após a secagem as amostras tiveram suas massas aferidas novamente para a obtenção do peso seco.

Análise de metais

Após a obtenção do peso seco as amostras de tecidos (fígado, rim, gordura, músculo), conteúdo estomacal e pelo foram, digeridas em 2 ml de ácido nítrico HNO₃ (Suprapur, Merck), até a completa digestão dos tecidos e diluídas com 10 ml água MilliQ. Concentrações de Ag, Cd, Cu, Pb, e Zn foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica (AAS-932 Plus; GBC; Nova Hampshire, IL, EUA). Os resultados foram expressos em µg/g peso seco (PINHO et al. 2007).

Análise dos dados

Os dados de acumulação dos diferentes metais nos diferentes tecido analisados, tanto para machos quanto para fêmeas, foram expressos como média \pm erro padrão. As médias dos metais dos tecidos de machos e fêmeas foram comparadas através de Análise de Variância de uma via (ANOVA), seguida de teste a posterior de Tukey, com significância de 5%. Previamente foram testadas a normalidade e homogeneidade das variâncias. As análises foram realizadas utilizando o programa estatístico. Os dados foram apresentados em $\mu\text{g/g}$ de peso seco.

RESULTADOS

No presente estudo, foi analisado a concentrações de metais em pelo, tecido (gordura, músculo, rim, fígado) e conteúdo estomacal de 127 capivaras (*Hydrochaeris hydrochaeris*), entre janeiro de 2013 e janeiro de 2014, na Estação Ecológica do Taim (ESEC), na região sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul, Brasil. Durante esse período foram realizados 52 monitoramentos na rodovia.

A concentração de prata em todas as amostras foram menores na primavera em relação às outras estações do ano ($P < 0,05$) (figura 1). Na figura 2 não houve variação significativa ($P < 0,05$) na concentração de cádmio em todas as amostras. Na figura 3 a concentração de chumbo na primavera foi maior em todas as amostras ($P < 0,05$). Na figura 4 a concentração de cobre no inverno e no outono foi significativamente menor que o verão e a primavera ($P < 0,05$). Na figura 5 a concentração de zinco não teve variação ao longo do ano ($P < 0,05$). Na figura 6, mostra que no sedimento o Cd, Ag e Pb não tiveram variação significativa ao longo

($P < 0,05$), já o Cu só foi presente no sedimento na primavera, e o Zn foi maior no outono e inverno em relação ao outono ($P < 0,05$). Em todas as plantas ocorreu, cádmio, chumbo e cobre, o zinco não foi encontrado em *Paspalum urvillei*, e a prata não foi encontrada em *Panicum sp.* e *Ischaemum minus*.

DISCUSSÃO

A Estação Ecológica do Taim (ESEC Taim) apresenta características espaciais que a diferencia de algumas outras Unidades de Conservação. Que é a presença de uma rodovia federal, a BR 471 que corta a área da ESEC em aproximadamente 15 km. Esta rodovia causa problemas para os animais e segundo estudos realizados por Motta (1999) capivara é o segundo animal com maior índice de atropelamento nesta estrada que corta a ESEC Taim.

Além, da Br 471 a ESEC Taim, também sofre com os resíduos de fertilizantes e agrotóxicos que são aplicados nas lavouras de arroz em seu entorno (Garcia et al. 1996). Esses resíduos estão chegando a região do Taim, como podemos ver pelas concentrações de metais encontradas na água, solo e plantas do Taim. A prata se mostra elevada em todas as amostras de tecido coletadas nas capivaras.

Um dos metais que esta contaminando a ESEC Taim é a prata. Podemos verificar que não ocorre diferença significativa ($P < 0,05$) na concentração de prata ao longo do ano nos tecidos da capivara, bem como no conteúdo estomacal. Somente o pelo apresentou variação ao longo do ano, provavelmente por ser um via de excreção. Isso indica que a contaminação por prata no Taim é constante. A concentração da prata no fígado das capivaras esta elevada comparado com os

registros de Tersago et al. (2004). Este estudo foi realizado no sul da Bélgica em pequenos roedores (*Apodemus sylvaticus* L.) em condições de campo. A concentração de Ag no fígado dos golfinhos (*Cephalorhynchus c. commersonii*) (Saez et al. 2013), é menor que a concentração de prata no fígado da capivaras. No músculo e no rim a concentração de Ag esta elevadar nas capivaras quando comparado aos golfinhos (Saez et al. 2013). Pela presença de prata encontrada nos tecidos da capivara e as concentrações encontradas no conteúdo estomacal, indica que a capivara esta contaminada por prata. Como indicado Grossel et al. (2002) a prata por ser um metal não essencial, quando está presente no ambiente, causa toxicidade aos organismos.

Outro metal que também está presente nos tecidos da capivara, na água, solo e plantas do Taim é o cádmio. Podemos verificar que não ocorre diferença significativa ($P < 0,05$) na concentração de cádmio ao longo do ano nos tecidos da capivara. Somente o pelo e o fígado apresentaram variação ao longo do ano, provavelmente por ser uma via de excreção por metais. Isso indica que a contaminação por cádmio no Taim é constante. A concentração de Cd no pelo da capivara foi superior ao obtido para o cádmio em pelo de cachorro-do-mato (*Cerdocyon thous*), lobo-guará (*Crysocyon brachyurus*) e jaguatirica (*Leopardus pardalis*) realizado no Parque Nacional das Emas (Brait et al. 2009). A concentração de Cd no rim das capivaras foi inferior quando comparado as concentrações obtidas com pequenos roedores de áreas urbanas (Marcheselli et al. 2010) .

No fígado das capivaras a concentração Cd foi inferior ao comparar com as concentrações obtidas para camundongo encontrado próximo a uma metalúrgica, na Bélgica (Tersago et al. 2004). Num estudo, realizado por Pokorny (2000), em veado (*Capreolus capreolus*) o aumento em Cd nos indivíduos parece resultar do aumento

de emissões (contaminação via aérea) ou da acidificação dos solos promovendo uma maior biodisponibilidade deste metal.

O entorno da região do Taim é composta por pecuária e orizicultura. Alguns trabalhos demonstram a existência de metais como Cd, em fertilizantes fosfatados e micronutrientes utilizados na agricultura (Brait et al. 2009). Amaral et al. (1992) destacam faixas típicas de elementos potencialmente tóxicos em fertilizantes fosfatados como sendo 0,1-170 mg/kg-1 de Cd. Assim, no Taim a contaminação da capivara por Cd pode ser devido a proximidade com a estrada bem como com a agricultura, já que o entorno do Taim apresenta grandes áreas com orizicultura. E também pode ser vistos nos resultados encontrados no conteúdo estomacal, na água, solo e plantas coletadas neste trabalho.

Outro metal que também está presente nos tecidos da capivara é o chumbo. A concentração de Pb nos tecidos da capivara variou ao longo do ano, tendo maior concentração na primavera ($P < 0,05$). Esta variação pode ser devido à aplicação de adubos, defensivos agrícolas e tráfego de veículos neste período do ano (Garcia et al. 1996).

A concentração chumbo no pelo das capivaras foi superior ao encontrado por de Brait et al. (2009) em pelo de cachorro-do-mato e inferior as concentrações de Pb encontradas em lobo-guará e raposa do mato (*Cerdocyon thous*), no Parque Nacional das Emas, Brasil (Brait et al. 2009).

As possíveis fontes dos elementos Pb provem da aplicação na agricultura de fertilizantes e defensivos, em sua maioria tendo estes elementos como componentes ou resíduos, já que os animais que servem de alimentos as espécies acima se alimentam fora da área do Parque Nacional das Emas e têm contato com níveis residuais em sua dieta, nas lavouras ao redor do parque (Brait et al. 2009).

No fígado e rim das capivaras foi encontrada concentrações de Pb superiores quando comparado com o estudo de Talmage and Walton (1991) em fígado e rim de pequenos mamíferos. Os animais foram capturados em Parques Nacionais, na Polônia, de áreas florestais altamente poluídas. Segundo, os registros de Marcheselli et al. (2010), em camundongo (*Apodemus sylvaticus*) foi encontrada concentrações elevadas de Pb no rim, que são superiores ao encontrado nas capivaras.

Algumas pesquisas demonstram a existência de metais, como Pb, em fertilizantes fosfatados e micronutrientes utilizados na agricultura (Campos et al. 2005). Amaral et al. (1982) apresentaram faixas típicas de elementos potencialmente tóxicos em fertilizantes fosfatados como sendo de Pb, 7000-38000 µg/g⁻¹. A Estação Ecológica do Taim esta inserida dentro de um grande área de produção agrícola, onde a uso intensivo de insumos nas lavouras em sua maioria contém este elemento como componente dos pesticida, fertilizante fosfatado, fertilizante nitrogenado, esterco, calcário, subprodutos utilizados na agricultura (Kabata-Pendias and Pendias, 2000).

Além dos problemas agrícolas o Taim tem outros problemas, segundo Talmage and Walton (1991), relatam que as concentrações de Pb no solo, vegetação, invertebrados e em alguns tecidos de mamíferos apresentam uma correlação com a densidade do trafego nas rodovias. A capivara demonstra valores altos, mesmo estando dentro de uma área de preservação, por sua presença as áreas adjacentes à estrada. Neste contexto é observado que ao ser emitidos os gases de combustão dos motores, juntamente com alguns metais, esses contaminantes podem por certo tempo ficar suspensos no ar (Minello et al. 2010). Outro problema é a contaminação atmosférica de Pb da cidade de Rio Grande (RS) através do distrito industrial. Que é constituído por inúmeras indústrias de fertilizantes que conseqüentemente pode estar

contaminando a água o solo e pode estar contaminando as capivaras por chumbo no Taim, (Vanz et al. 2003).

Já os metais essenciais, como o Cu, também está presente nos tecidos da capivara, na água, no solo e plantas do Taim. . A contaminação de Cu na capivara variou ao longo do ano, tendo maior concentração na primavera e verão ($P < 0,05$). Esta variação pode ser devido a aplicação de defensivos agrícolas e adubos nestes períodos do ano (Garcia et al. 1996).

Concentrações de Cu foram registradas no pelo de capivaras que são inferiores quando comparado com o estudo de Brait et al. (2009) em *Crysocyon brachyurus* (Lobo-Guará) , em *Leopardus pardalis* (Jaguaritica) e *Cerdocyon thous* (Cachorro-do-mato). A da concentração de Cu no fígado da capivara foi inferior quando comparado aos estudos de Damiani (2010) em fígados de morcego (*Molusso molossus*) e (*Tadarida brasiliensis*) na área de mineração de carvão, na bacia carbonífera de Santa Catarina. Mas, Streit and Nagel (1993) no estudo realizado em fígado de morcegos insetívoros adultos encontraram concentração de Cu, mais baixa que a concentração encontrada nas capivaras. Como também para camundongo (*Apodemus sylvaticus*) próximo a áreas agrícolas (Marcheselli et al. 2010).

Segundo Brait et al. (2009) os carnívoros do Parque Nacional das Emas podem ter sua contaminação por alimentarem-se de pequenos animais da região, que circundam as lavouras ao redor de seu habitat, ingerindo grãos e folhas que contêm em sua composição resíduos de fertilizantes, herbicidas e fungicidas. Já a capivara se alimenta de vegetais e estes estão pouco contaminados. Segundo Brait et al. (2009) este metal por ser essencial ao organismo as concentração encontradas não são preocupantes.

Os valores de intervenção adotados no Estado de São Paulo pela Agência de Proteção ao Meio Ambiente de São Paulo (CETESB 2005) de cobre para áreas industriais é de 600 mg/kg^{-1} para o solo e de $2000 \text{ } \mu\text{g/g} / \text{dm}^{-3}$ para águas subterrâneas. Podemos ver que a concentração de Cu foi $4,78 \text{ } \mu\text{g/g}$ no presente estudo e na água de a média foi de $71,539 \text{ } \mu\text{g/ml}$ da água coletada próximo a BR 471 não são elevadas.

Outro metal essencial que também está presente nos tecidos da capivara, na água, no solo e plantas do Taim é o zinco. Podemos verificar que não ocorre diferença significativa ($P < 0,05$) na concentração de zinco ao longo do ano nos tecidos da capivara. Somente o pelo apresentou variação ao longo do ano, provavelmente por ser um via de excreção. Isso indica que a contaminação por zinco Taim é constante.

Foram encontrada concentrações de Zn no pelo, rim e fígado da capivaras superiores quando comparado a o estudo de Marcheselli et al. (2010), em camundongos (*Apodemus sylvaticus*). No estudo de Brait et al. (2009) os valores para as concentrações de zinco no pelo foram mais altos para o cachorro-do-mato, jaguatirica, lobo-guará comparado com as capivaras. Segundo, Brait et al. (2009) o Parque Nacional das Emas está no interior de uma área de produção agrícola, onde há uso intensivo de fertilizantes e defensivos agrícolas, é advindo de ações antrópicas.

Concentrações de Zn em pelos de tuco-tucos (Ferreira 2003) foram inferiores em relação as capivaras. Comparando a Estação Ecológica do Taim com o Parque Nacional das Emas (Brait et al. 2009) apresenta um cenário semelhante a ESEC Taim. Nesta área existe uma grande área de produção agrícola (Gomes and Junior 2004) onde o uso de fertilizantes fosfatados e micronutrientes é muito utilizado

(Ritchey et al. 1986). Isto corrobora com nossos resultados, pois a concentração de zinco esta elevada na água, no sedimento e plantas. Provavelmente as capivaras estão assimilando o zinco por meio do alimento e água contaminada.

Atualmente o pelo está ganhando importância quando comparados com outros tecidos para se avaliar se animais estão contaminados por metais e suas consequências no meio ambiente. Isso porque o pelo é um sitio de excreção de metais e com isso pode ser um bom material para fazer monitoramento (Rashed et al. 2005; Brait et al. 2009). Alguns estudos demonstram que concentrações metais pesados em pelo de mamífero está positivamente correlacionado com níveis no fígado, rim, e no solo (Rashed et al. 2005; McLean et al. 2009; Vermeulen et al. 2009; McLean et al. 2009).

Os resultados deste trabalho demonstraram que as capivaras estão contaminadas por metais não essenciais na Estação Ecológica do Taim. Mas os metais essenciais as concentrações encontradas nos tecidos estão dentro do aceitável e com isso os animais não estão contaminados. Além disso, podemos sugerir a utilização de pelo para o monitoramento de contaminação da capivara por metais.

AGRADECIMENTOS

À CAPES pela bolsa concedida à Cíntia Barbosa Ramm.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL-SOBRINHO NMB, COSTA LM, OLIVEIRA C, VELOSSO, ACX. 1992. Metais pesados em alguns fertilizantes e corretivos. R. Bras. Ci. Solo 16: 271.

BRAIT, C.H.H., ANTONISIO FILHO, N.R., FURTADO, M.M., 2009. Utilização de pelos de animais silvestres para monitoramento ambiental de Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn. *Quimica. Nova.* 32(6): 1384-1388

BEATLEY T. 1992. *Coastal Management*, New York 19(1): 1-19.

BURGER J AND GOCHFELD M. 2004. Marine Birds as Sentinels of Environmental Pollution. *EcoHealth*, New York 1(3): 263-274.

BRYAN GW. 1971. The Effects of Heavy Metals (Other than Mercury) on Marine and Estuarine Organism. *Proceedings of the Royal Society of London: Serie B – Biol Sci (Lond)* 177: 389-410.

CAMPOS ML, SILVA FN, FURTINI NETO AE, GUILHERME LRG, MARQUES JJ, ANTUNES AS. 2005. Determinação de cádmio, cobre, cromo, níquel, chumbo e zinco em fosfatos de rocha. *Pesq. Agrop. Bras.* 40: 361-367.

CETESB, Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo. 2005. Estabelecimentos de Valores para o Solo e para Águas Subterrâneas no Estado de São Paulo. Relatório Final. 246 p.

CORNELIS R AND NORDBERG M. *General Chemistry, Samplig.* 2007. Analytical Methods, and Speciation. In: NORDBERG, G. F. (Ed.) *Handbook on the Toxicology of Metals*. 3th ed. Waltham:Academic Press 11-38.

CLARK RB. 2001. *Marine Pollution*. 5th ed. Oxford: University of Oxford.

DAMIANI AP. 2010. Metais pesados e danos no DNA de células sanguíneas de morcegos insetívoros em áreas de mineração de carvão da bacia carbonífera catarinense. Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado para obtenção do grau de Bacharel no curso de Ciências Biológicas Bacharelado da Universidade do Extremo Sul Catarinense, UNESC.

DA SILVA J, FREITAS TRO, HEUSER V, MARINHO JR, BITTENCOURT F, TADEU C, CERSKI S, KLIEMANN LM. ERDTMENN, B. 2000. Efeito da Exposição crônica ao carvão em roedores selvagens (*Ctenomys torquatus*) avaliados por vários métodos e tecidos. *Mutat Res* 470: 39-51.

EMMONS, LH. 1990. Neotropical Rainforest Mammals: A field guide. Chicago: University of Chicago Press. 307 p.

FERREIRA CJS. 2003. Impacto Automotivo em Populações de *Ctenomys minutus* na Planície Costeira do RS: Avaliação do Teor de Metais Tóxicos e Medição de Lipoperoxidação. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ecologia, UFRGS.

GARCIA GE, ANDREU V, BOLUDA R. 1996. Heavy metals incidence in the application of inorganic fertilizers and pesticides to rice farming soils. *Environ Pollut* 92(1): 19-25.

GOMES A, TRICART JLF, TRAUTMANN J. 1987. Estudo ecodinâmico da Estação Ecológica do Taim e seus arredores. Porto Alegre: Editora da UFRGS 84p.

GOMES AS AND JUNIOR-MAGALHÃES AM. 2004. Arroz Irrigado no Sul do Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa e Agropecuária Embrapa Clima Temperado - Ministério da Agricultura, Abastecimento. Brasília, DF.

GROSELL M., NIELSEN C, BIANCHINI A. 2002. Sodium turnover rate determines sensitivity to acute copper and silver exposure in freshwater animals. *Comp Biochem Physiol* 133C: 287-303.

HUEZA IS, SANTANA MG, PALERMO-NETO J. Toxicologia do Cumbo, Mercúrio, Arsênio e Outros Metais. 2008. In: Spinosa, H. S.; Górnaiak, S. L.; Palermo-Neto, J. (Ed.) *Toxicologia Aplicada á Medicina Veterinária*. São Paulo: Manole 641-662.

HYLLAND K. 2006. Biological effects in the management of chemicals in the marine environment, *Mar Pollut Bull* 53: 614-619.

IBAMA. 1989. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Unidades de conservação do Brasil: Parques Nacionais e Reservas Biológicas. Brasília. 1: 192.

KABATA-PENDIAS A AND PENDIAS H. 2000. Trace elements in soils and plants. 4 ed. CRC Press. New York. 331 p.

KEENNISH MJ. 1997. Practical Handbook of Estuarine and Marine Pollution. Boca Raton: CRC.

KOJADINOVIC J. 2007. Trace Elements in three Marine Birds Breeding on Reunion Island (Westrn Indian Ocean): Part 1 – Factors Influencing Their Bioaccumulation. Archives of Enviromental Contamination and Toxicology, New York 52(3): 418-430.

MARCHESELLI M AND MAURI LSM. 2010. Bioaccumulation of PGEs and other traffic-related metals in populations of the small mammal *Apodemus sylvaticus*. Chemosphere. 80: 1247–1254.

MARQUES JAN, MORAES RBC DE, MAURAT MC. 2009. Poluição Marinha. In PEREIRA RC, SOARES-GOMES A. (Org.) Biologia Marinha, 2 ed. Rio de Janeiro: Interciência 505-528 p.

MERTENS J, LUYSSAYERT S, VERBEEREN S, VERVAEKE P, LUST N. 2001. Cd and Zn concentrations in small mammals and willowleaves on disposal facilities for dredged material. Environ Pollut 15: 17-22.

MINELLO MC, PACO AL, CASTRO RSD, CAETANO L, PADILHA PM, FERREIRA G, MARTINES MAU, CASTRO, G.R. 2010. Evaluation of heavy metal availability in contaminated sediments from the Ilha Solteira hydroelectric dam on the Paraná River at Ilha Solteira, SP, Brazil. RESEN ENVIRON Bull 19: 2210-2214.

MOCHIZUKI M, HONDO R, KUMON K, SASAKI R, MATSUBA H, UEDA F. (2002). Cadmium Contamination in Wild Birds As An indicator of Environmental Pollution. *Environmental Monitoring and Assessment* 73: 229-235.

MOREIRA JR, MACDONALD DW. 1997. Técnicas de manejo de capivaras e outros grandes roedores na Amazônia. In: Valladares-Padua, C.; Bodmer, R. E. Manejo e conservação de vida silvestre no Brasil. Belém: Sociedade Civil Mamirauá. 285: 186-213.

MOTTA AS. Avaliação da Mortalidade de Animais Sobre a BR 471 no Trecho de Influência com a Estação Ecológica do Taim. 1999. Monografia apresentada ao curso de bacharelado em ecologia da universidade católica de pelotas como parte dos requisitos para obtenção do grau de bacharel em ecologia.

MCLEAN CM, KOLLER CE, RODGER JC, MAC-FARLANE GR. 2009. Mammalian hair as an accumulative bioindicator of metal bioavailability in Australian terrestrial environments. *Sci Tot Environ* 407: 3588–3596.

NIENCHESKI LF, BAUMGARTEN MGZ. 2000. Distribution of particulate trace metal in the southern part of the Patos Lagoon estuary. *Aquatic Ecosystem Health and Management Society* 3: 515-520.

NIMER E. 1989. Climatologia do Brasil. Rio de Janeiro: IBGESUPREN. 421 p.

PAES ET, MONTEIRO-NETO C. Nécton Marinho, 2009. In: PEREIRA, R. C.; SORAES-GOMES, A. (Ed.) *Biologia Marinha*, Rio de Janeiro: Interciência 241-278 p.

PERAZA MA, AYALA-FIERRO F, BARBAR DS, CASAREZ E, RAEL LT, 1998. Effects of micronutrients on metal toxicity. *Environmental Health Perspectives Supplements* 106: 203-216.

PINHO GLL, PEDROSO MS, RODRIGUES SC, SOUZA SS, BIANCHINI A 2007. Physiological effects of copper in the euryhaline copepod *Acartia tonsa*: Waterborne versus Waterborne plus dietborne exposure. *Aquat Toxicol* 84: 62-70.

POKORNY B. 2000. Roe deer *Capreolus capreolus* as a cumulative bioindicator of heavy metal in Slovenia. *Web Ecology*. 1: 54-62.

RASHED MN AND SOLTAN ME. 2005. Animal hair as biological indicator for heavy metal pollution in urban and rural areas. *Environ Monit Assess* 110: 41–53.

RITCHEY KD, COX FR, GALRAO EZ, YOST RS. 1986. Disponibilidade de zinco para as culturas do milho, sorgo e soja em Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*. 21(3): 215-255.

SAEZ IC, GUEVARA SR, NATALIA AD, NATALIE PG, CAPOZZO HL. 2013. Heavy metals and essential elements in Commerson's dolphins (*Cephalorhynchus c. commersonii*) from the southwestern South Atlantic Ocean. *Environ Monit Assess* 185: 5375–5386.

STREIT B AND NAGEL A. 1993. Element assessment in tissue samples from European bats (*Microchiroptera*). *Fresen Environ Bull* 2: 162–167.

SUMBERA R, BARUS V; TENORA F. 2003. Metais pesados no prateado toupeirato, *Heliophobius argenteocinereus* (Bathyergidae, Rodentia) de Malawi. *Folia Zoologica*. 52(2): 149-153.

TALMAGE SS, WALTON BT. 1991. Pequenos mamíferos como monitores de contaminantes ambientais. *Rev Environ Contam T* 119: 47- 145.

TERSAGO K, COEN W, SCHEIRS J, VERMEULEN K, BLUST R, BOCKSTAELE DV, VERHAGEN R. 2004. Immunotoxicology in wood mice along a heavy metal pollution gradient. *Environ Pollut* 132: 385–394.

VANZ A, MIRLEAN N, BAISCH P. 2003. Evaluation of the air pollution by particulate lead: geochemical approach. *Quim. Nova* 26(1): 25-29.

VERMEULEN FD, HAVÉ H, MUBIANA VK, VAN-DEN-BRINK NW, BLUST R, BERVOLETS R L, DE-COEN W. 2009. Relevance of hair and spines of the European hedgehog (*Erinaceus europaeus*) as biomonitoring tissues for arsenic and metals in relation to blood. *Sci Tot Environ* 407: 1775–1783.

WALLNER-KERSANACH M, PATCHINEELAM SM, BAPTISTA-NETO JA. 2008. *Metals Traço: Água, (Org.) Poluição Marinha, Rio de Janeiro: Interciência.* 179-196 p.

LEGENDA PARA AS FIGURAS

FIGURA 1: Média e desvio padrão da concentração de Ag em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.

FIGURA 2: Média e desvio padrão da concentração de Cd em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.

FIGURA 3: Média e desvio padrão da concentração de Pb em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.

FIGURA 4: Média e desvio padrão da concentração de Cu em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.

FIGURA 5: Média e desvio padrão da concentração de Zn em pelo, gordura, músculo, rim, fígado e conteúdo estomacal das capivaras encontradas mortas na Br-392, na ESEC Taim.

FIGURA 6: Média e desvio padrão de cádmio, prata, chumbo, cobre e zinco ao longo do ano no sedimento coletado próximo a Br-392 da ESEC Taim.

Prata

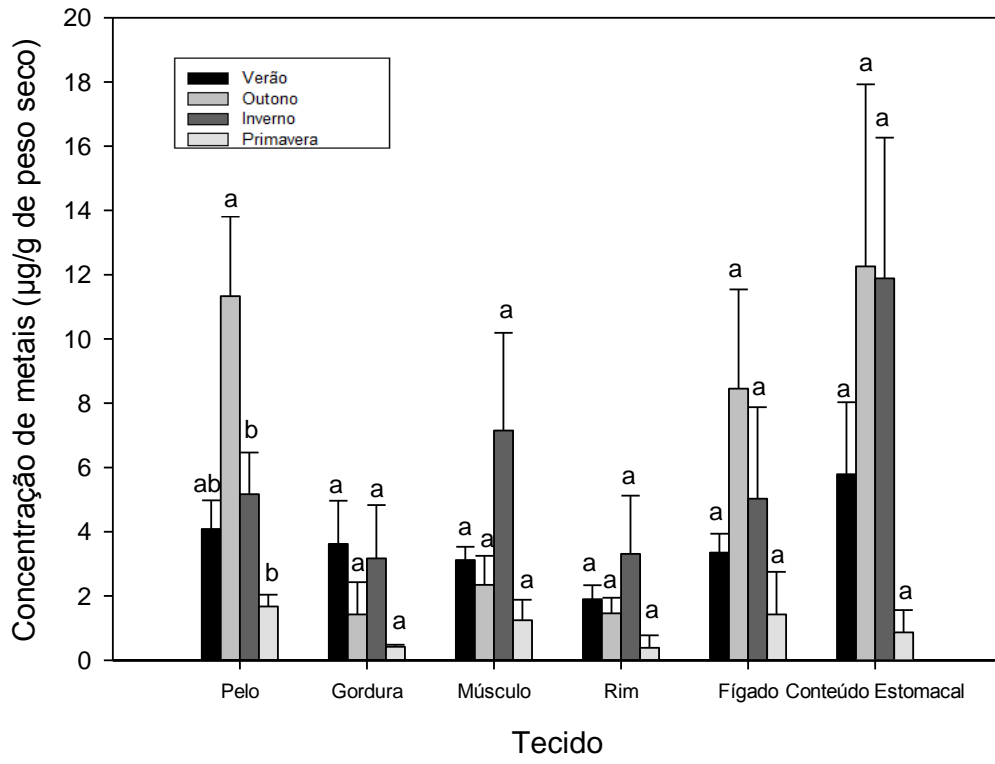


Figura 1

Cádmio

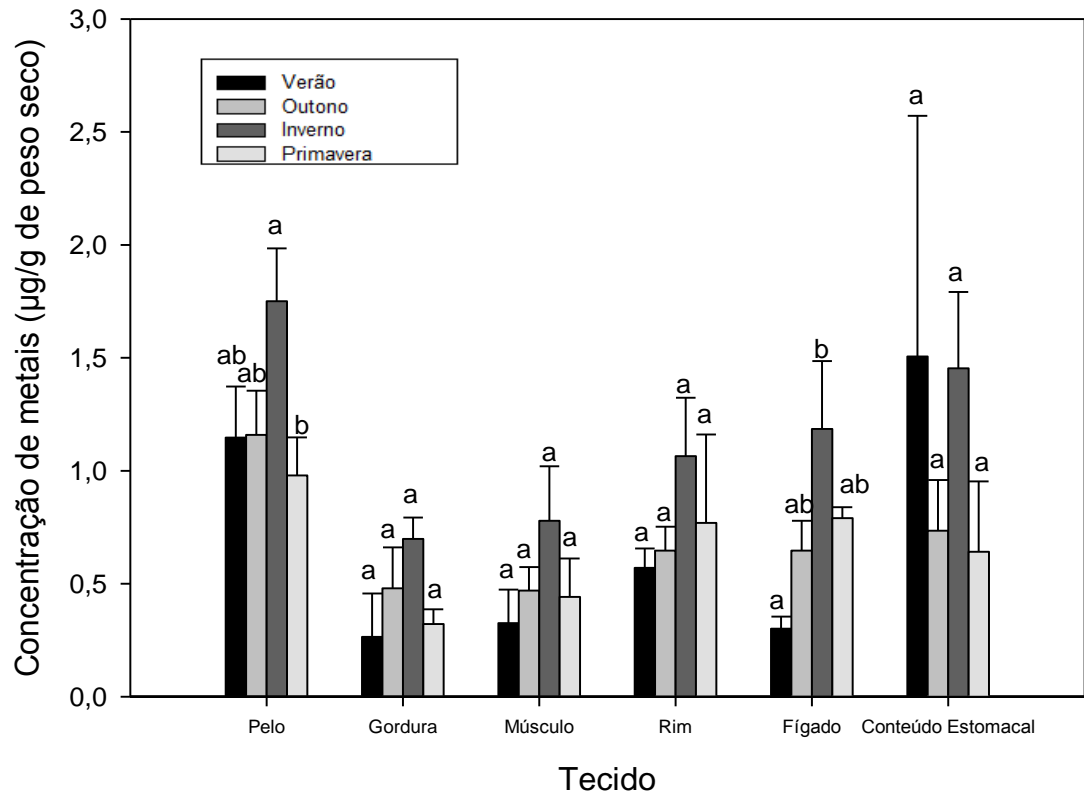


Figura 2

Chumbo

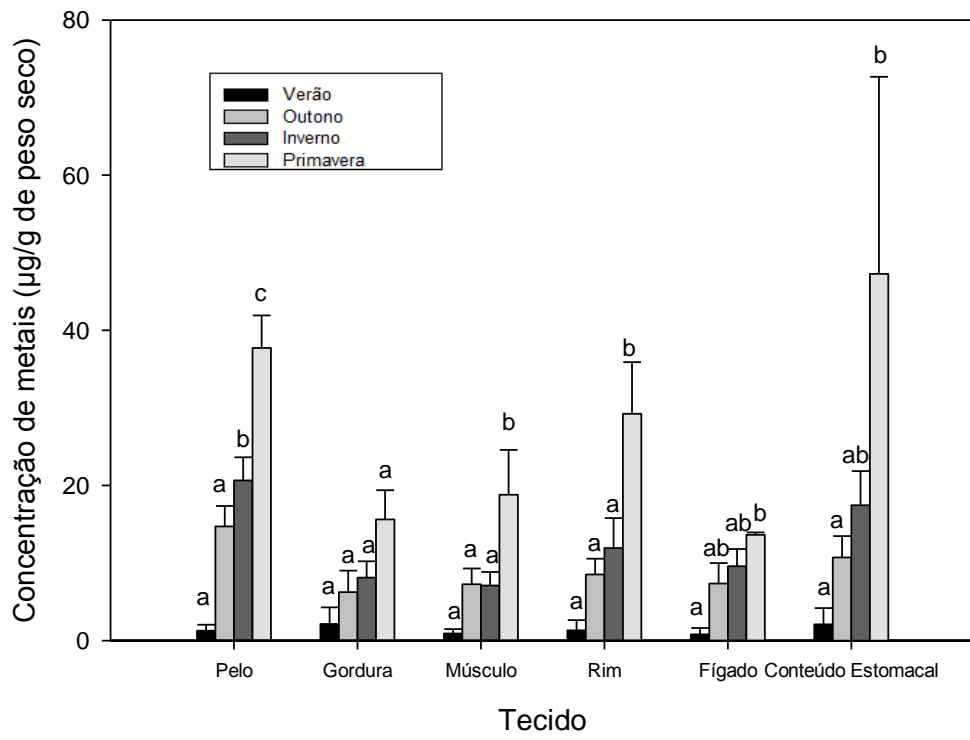


Figura 3

Cobre

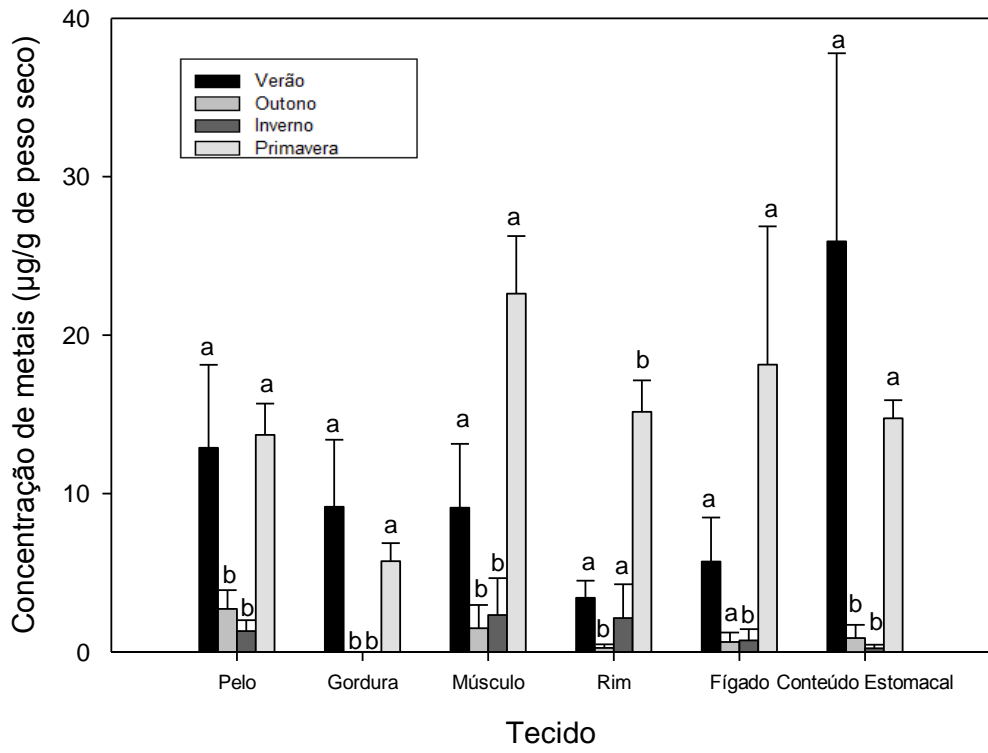


Figura 4

Zinco

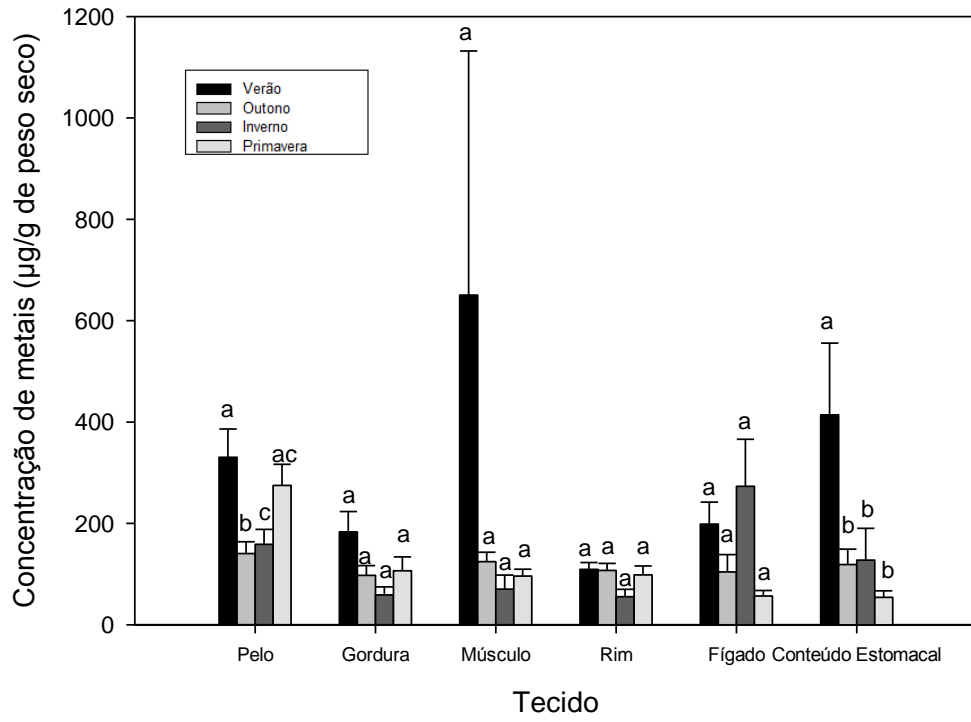


Figura 5

Sedimento

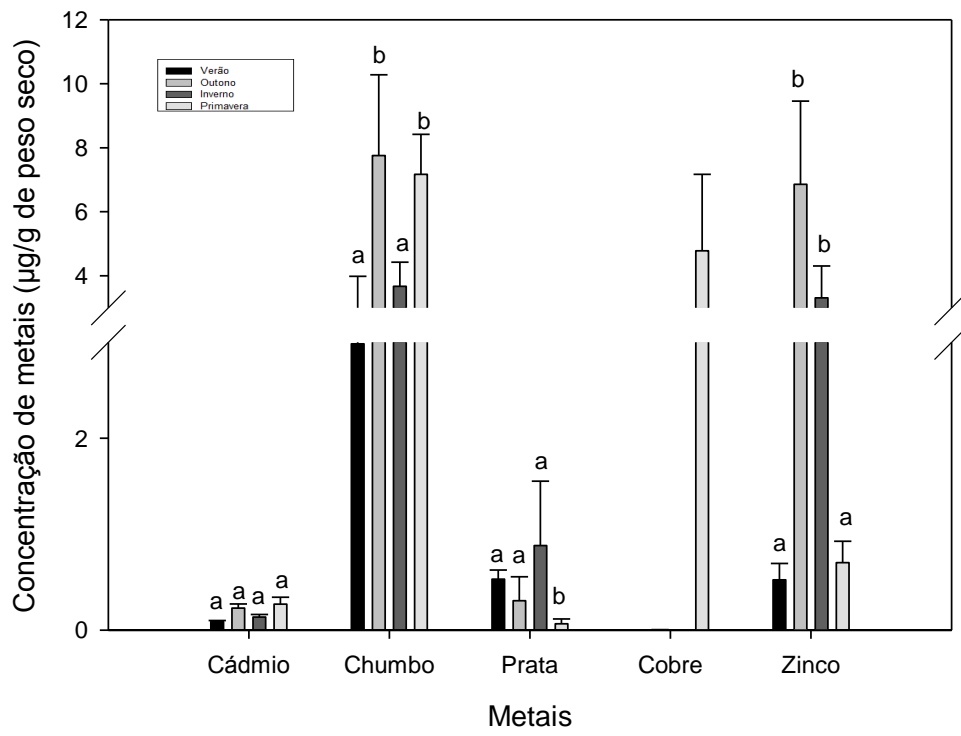


Figura 6

TABEELAS

TABELA 1: Concentração de prata (Ag), cádmio (Cd), chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) na água ($\mu\text{g/ml}$) do canal paralelo a Br-392 na ESEC Taim.

Água				
Ag ($\mu\text{g/ml}$)	Cd ($\mu\text{g/ml}$)	Pb ($\mu\text{g/ml}$)	Cu ($\mu\text{g/ml}$)	Zn ($\mu\text{g/ml}$)
74,578 \pm	28,340 \pm	117.570,271 \pm	71,516 \pm	189,916 \pm
19,930	3,218	80168,157	33,622	91,020

TABELA 2 : Concentração de prata (Ag), cádmio (Cd), chumbo (Pb), Cobre (Cu) e Zinco (Zn) ($\mu\text{g/g PS}$) presente em plantas que servem de alimento para as capivaras na ESEC Taim.

<i>Espécie</i>	<i>Nome Comum</i>	<i>Ag</i> ($\mu\text{g/g PS}$)	<i>Cd</i> ($\mu\text{g/g PS}$)	<i>Pb</i> ($\mu\text{g/g PS}$)	<i>Cu</i> ($\mu\text{g/g PS}$)	<i>Zn</i> ($\mu\text{g/g PS}$)
Paspalum urvillei	Capim-de-estrada	2,292	1,054	0,490	0,003	0,000
Andropogon leucostachyus	Capim colchão	0,949	0,651	7,780	0,006	0,146
Panicum sp.	Panicum	3,259	0,903	7,391	0,003	0,889
Panicum sp.	Panicum	0,000	0,746	12,189	0,010	2,073
Paspalum distichum	Paspalum sofá	1,473	1,317	11,445	0,010	3,226
Ischaemum minus	Capim	0,000	0,734	6,364	0,008	3,380
Panicum sp.	Panicum	1,556	0,776	0,532	0,013	3,466
Panicum sp.	Panicum	0,097	0,312	2,703	0,001	2,213

14. Normas da revista Anais da Academia Brasileira de Ciências

PREPARO DOS ARTIGOS

Os artigos devem ser preparados em espaço duplo. Depois de aceitos nenhuma modificação será realizada, para que nas provas haja somente correção de erros tipográficos.

Tamanho dos artigos. Embora os artigos possam ter o tamanho necessário para a apresentação concisa e discussão dos dados, artigos sucintos e cuidadosamente preparados têm preferência tanto em termos de impacto quando na sua facilidade de leitura.

Tabelas e ilustrações. Somente ilustrações de alta qualidade serão aceitas. Todas as ilustrações serão consideradas como figuras, inclusive desenhos, gráficos, mapas, fotografias e tabelas com mais de 12 colunas ou mais de 24 linhas (máximo de figuras gratuitas: cinco figuras). A localização provável das figuras no artigo deve ser indicada.

Figuras digitalizadas. As figuras devem ser enviadas de acordo com as seguintes especificações: 1. Desenhos e ilustrações devem ser em formato .PS/.EPS ou .CDR (Postscript ou Corel Draw) e nunca inseridas no texto; 2. Imagens ou figuras em meio tom devem ser no formato .TIF e nunca inseridas no texto; 3. Cada figura deve ser enviada em arquivo separado; 4. Em princípio, as figuras devem ser submetidas no tamanho em que devem aparecer na revista, i.e., largura de 8 cm (uma coluna) ou 12,6 cm (duas colunas) e com altura máxima para cada figura menor ou igual a 22 cm. As legendas das figuras devem ser enviadas em espaço duplo e em folha separada. Cada dimensão linear das menores letras e símbolos não deve ser menor que 2 mm depois da redução. Somente figuras em preto e branco serão aceitas. 5. Artigos de Matemática, Física ou Química podem ser digitados em Tex, AMS-Tex ou Latex; 6. Artigos sem fórmulas matemáticas podem ser enviados em .RTF ou em WORD para Windows.

Página de rosto. A página de rosto deve conter os seguintes itens: 1. Título do artigo (o título deve ser curto, específico e informativo); 2. Nome (s) completo (s) do (s) autor (es); 3. Endereço profissional de cada autor; 4. Palavras-chave (4 a 6 palavras, em ordem alfabética); 5. Título abreviado (até 50 letras); 6. Seção da Academia na qual se enquadra o artigo; 7. Indicação do nome, endereço, números de fax, telefone e endereço eletrônico do autor a quem deve ser endereçada toda correspondência e prova do artigo.

Agradecimentos. Devem ser inseridos no final do texto. Agradecimentos pessoais devem preceder os agradecimentos a instituições ou agências. Notas de rodapé devem ser evitadas; quando necessário, devem ser numeradas. Agradecimentos a auxílios ou bolsas, assim como agradecimentos à colaboração de colegas, bem como menção à origem de um artigo (e.g. teses) devem ser indicados nesta seção.

Abreviaturas. As abreviaturas devem ser definidas em sua primeira ocorrência no texto, exceto no caso de abreviaturas padrão e oficial. Unidades e seus símbolos devem estar de acordo com os aprovados pela ABNT ou pelo Bureau International des Poids et Mesures (SI).

Referências. Os autores são responsáveis pela exatidão das referências. Artigos publicados e aceitos para publicação (no prelo) podem ser incluídos. Comunicações pessoais devem ser autorizadas por escrito pelas pessoas envolvidas. Referências a teses, abstracts de reuniões, simpósios (não publicados em revistas indexadas) e artigos em preparo ou submetidos mas ainda não aceitos, podem ser citados no texto como (Smith et al. unpublished data) e não devem ser incluídos na lista de referências.

As referências devem ser citadas no texto como, por exemplo, (Smith 2004), (Smith and Wesson 2005) ou, para três ou mais autores, (Smith et al. 2006). Dois ou mais artigos do mesmo autor no mesmo ano devem ser distinguidos por letras, e.g. (Smith 2004a), (Smith 2004b) etc. Artigos com três ou mais autores com o mesmo primeiro autor e ano de publicação também devem ser distinguidos por letras.

As referências devem ser listadas em ordem alfabética do primeiro autor sempre na ordem do sobrenome XY no qual X e Y são as iniciais. Se houver mais de 10 autores, use o primeiro seguido de et al. As referências devem ter o nome do artigo. Os nomes das revistas devem ser abreviados. Para as abreviações corretas, consultar a listagem de base de dados na qual a revista é indexada ou consulte a World List of Scientific Periodicals. A abreviatura para os Anais da Academia Brasileira de Ciências é An Acad Bras Cienc. Os seguintes exemplos são considerados como guia geral para as referências.

Artigos

ALBE-FESSARD D, CONDES-LARA M, SANDERSON P AND LEVANTE A. 1984a. Tentative explanation of the special role played by the áreas of paleospinothalamic projection in patients with deafferentation pain syndromes. *Adv Pain Res Ther* 6: 167-182.

ALBE-FESSARD D, SANDERSON P, CONDES-LARA M, DELANDSHEER E, GIUFFRIDA R AND CESARO P. 1984b. Utilisation de la depression envahissante de Leão pour l'étude de relations entre structures centrales. *An Acad Bras Cienc* 56: 371-383.

KNOWLES RG AND MONCADA S. 1994. Nitric oxide synthases in mammals. *Biochem J* 298: 249-258.

PINTO ID AND SANGUINETTI YT. 1984. Mesozoic Ostracode Genus *Theriosynoecum* Branson, 1936 and validity of related Genera. *An Acad Bras Cienc* 56: 207-215.

Livros e Capítulos de Livros

DAVIES M. 1947. An outline of the development of Science, Athinker's Library, n. 120. London: Watts, 214 p.

PREHN RT. 1964. Role of immunity in biology of cancer. In: NATIONAL CANCER CONFERENCE, 5, Philadelphia Proceedings ..., Philadelphia: J.B. Lippincott, p. 97-104.

UYTENBOGAARDT W AND BURKE EAJ. 1971. Tables for microscopic identification of minerals, 2nd ed., Amsterdam: Elsevier, 430 p.

WOODY RW. 1974. Studies of theoretical circular dichroism of Polipeptides: contributions of B-turns. In: BLOUTS ER ET AL. (Eds), Peptides, polypeptides and proteins, New York: J Wiley & Sons, New York, USA, p. 338-350.

Outras Publicações

INTERNATIONAL KIMBERLITE CONFERENCE, 5, 1991. Araxá, Brazil. Proceedings ... Rio de Janeiro: CPRM, 1994, 495 p.

SIATYCKI J. 1985. Dynamics of Classical Fields. University of Calgary, Department of Mathematics and Statistics, 55 p. Preprint n. 600.