

**UNIVERSIDADE VILA VELHA – ES**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS**

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM AVES DE RAPINA DE VIDA  
LIVRE COMO BIOINDICADORES AMBIENTAIS**

**THATIANE CORONA BORLINI**

**VILA VELHA**

**FEVEREIRO/ 2013**

**UNIVERSIDADE VILA VELHA – ES**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA DE ECOSISTEMAS**

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM AVES DE RAPINA DE VIDA  
LIVRE COMO BIOINDICADORES AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada a Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção grau de Mestre em Ecologia.

Orientador: Prof. Dr. João Luiz Rossi Jr.

**THATIANE CORONA BORLINI**

**VILA VELHA**

**FEVEREIRO/ 2013**

Catálogo na publicação elaborada pela Biblioteca Central / UVV-ES

B735a Borlini, Thatiane Corona.

Análise de metais pesados em aves de rapina de vida livre como bioindicadores ambientais / Thatiane Corona Borlini. – 2013.

59 f. : il.

Orientador: João Luiz Rossi Junior.

Dissertação (mestrado em Ecologia de Ecossistemas) – Universidade Vila Velha, 2013.

Inclui bibliografias.

1. Metais pesados - Análise. 2. Indicadores biológicos – Espírito Santo (Estado). 3. Qualidade ambiental. 4. Ave de rapina - Pesquisa. I. Rossi Junior, João Luiz. II. Universidade Vila Velha. III. Título.

**THATIANE CORONA BORLINI**

**ANÁLISE DE METAIS PESADOS EM AVES DE RAPINA DE VIDA LIVRE COMO BIOINDICADORES AMBIENTAIS**

Dissertação apresentada a Universidade Vila Velha, como pré-requisito do Programa de Pós-graduação em Ecologia de Ecossistemas, para a obtenção do grau de Mestre em Ecologia.

Aprovada dia 22 de Fevereiro de 2013,

Banca Examinadora:



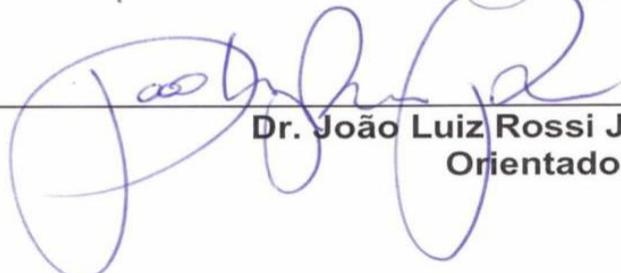
---

**Dr. Mariângela da Costa Allgayer (ULBRA)**



---

**Dr. Adriana Regina Chippari Gomes (UVV)**



---

**Dr. João Luiz Rossi Júnior (UVV)  
Orientador**

## DEDICATÓRIA

“Aqueles que têm um grande autocontrole, ou que estão totalmente absortos no trabalho, falam pouco. Palavra e ação juntas não andam bem. Repare na natureza: trabalha continuamente, mas em silêncio”.

*Mahatma Gandhi*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecer a todos que ajudaram a construir esta dissertação não é tarefa fácil. O maior perigo que se coloca para o agradecimento seletivo não é decidir quem incluir, mas decidir quem não mencionar.

Agradeço primeiramente a Deus, por ser meu abrigo mais fiel e pela força espiritual para a realização deste trabalho. Aos meus pais, Eliethe e Clarindo, e minha irmã, Sheyla, por sempre me apoiarem em todas as decisões e por todo carinho e amor dedicado a mim.

Ao meu noivo, Eduardo, por me aguentar nos momentos que antecederam à defesa! Além disso, de me ajudar muito no decorrer do trabalho, sempre me dando força e coragem nos momentos de dificuldades. Te amo!

Agradeço ao meu orientador e amigo, Prof. Dr. João Luiz Rossi Jr, por mais essa caminhada juntos. Todas as dificuldades e barreiras enfrentadas para a conclusão dessa dissertação valeram a pena! Muito obrigada!

Aos membros da banca, Prof. Dr. Adriana Chippari Gomes e Mariângela Costa Allgayer por aceitarem participar desta defesa e contribuírem para o trabalho. À professora Denise Endringer Coutinho por toda paciência e dedicação quando estava perdida no meio de tantos elementos químicos e estatísticas! À Prof. Maria Tereza, da Universidade Federal do Espírito Santo e a todos do Laboratório de Análises Químicas da UVV, meu muito obrigada!

Ao CEREIAS, IBAMA, CRAS-PET, Sinhá Laurinha e especialmente aos colegas Bruno Petri, Franciane Silva e Isaac Albuquerque, por contribuírem encaminhando ou cedendo os animais para a pesquisa, meu muito obrigada!

A todos os meus amigos que, de uma forma ou de outra, contribuíram com sua amizade e com sugestões efetivas para a realização deste trabalho, gostaria de expressar minha profunda gratidão. Por fim, agradeço a Fundação de Amparo a Pesquisa no Estado do Espírito Santo (FAPES) pela bolsa concedida durante os anos do curso.

## SUMÁRIO

<b>RESUMO</b> .....	05
<b>ABSTRACT</b> .....	06
<b>INTRODUÇÃO GERAL</b> .....	07
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	11
<b>CAPÍTULO 1: Concentração de metais pesados (Cd, Pb, Zn, Fe, Mn e Cu ) em aves de rapina de vida livre na região da Grande Vitória/ES.....</b>	<b>14</b>
<b>Resumo</b> .....	15
<b>Abstract</b> .....	16
<b>Introdução</b> .....	17
<b>Materiais e Métodos</b> .....	20
<b>Resultados</b> .....	23
<b>Discussão</b> .....	28
<b>Conclusão</b> .....	32
<b>Referências</b> .....	33
<b>CAPÍTULO 2: Quantificação de elementos-traço em tecido sanguíneo em aves de rapina de regiões antropizadas dos Estados de Alagoas, São Paulo e Espírito Santo, Brasil.....</b>	<b>39</b>
<b>Resumo</b> .....	40
<b>Abstract</b> .....	41
<b>Introdução</b> .....	42
<b>Materiais e Métodos</b> .....	44
<b>Resultados e Discussão</b> .....	46
<b>Conclusão</b> .....	52
<b>Referências</b> .....	53
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	<b>59</b>

## RESUMO

BORLINI, Thatiane Corona. Universidade Vila Velha – UVV- Fevereiro de 2013. **Análise de Metais pesados em aves de rapina de vida livre como bioindicadores ambientais.** Orientador: João Luiz Rossi Jr

As aves vêm sendo usadas como indicadores da condição ambiental porque são particularmente sensíveis a mudanças de origem. Estes animais se apresentam como excelentes ferramentas para avaliação de perturbações em diversos ambientes porque sua ligação com o ambiente e outros táxons é bem conhecida, além de se encontrarem em diferentes níveis da pirâmide ecológica. O presente trabalho visa caracterizar a exposição aos metais pesados (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) das diferentes espécies de aves de rapina de ambientes antropizados de três Estados brasileiros. O primeiro capítulo desta dissertação visa quantificar as concentrações destes elementos químicos em aves de rapina provenientes de atropelamentos ocorridos na Rodovia ES-060 e também de aves encaminhadas pelo Centro de Reintrodução de Animais Silvestres (CEREIAS – ES) e pelo Hospital Veterinário Prof. Dr. Ricardo Alexandre Hippler, da Universidade Vila Velha (UVV-ES), nos anos de 2010 à 2012, através de fragmentos de fígado e coração dos espécimes necropsiados. Já o segundo capítulo quantifica a concentração destes elementos em tecido sanguíneo de rapinantes que habitam grandes centros urbanos, partindo-se da hipótese de que esses animais apresentam altos níveis de substâncias inorgânicas que podem ser tóxicas, o que pode gerar um problema para as populações locais. As amostras foram coletadas, entre 2011 e 2012, em centros de triagem e reabilitação de animais silvestres de três estados brasileiros: Alagoas (CETAS-AL), Espírito Santo (CETAS –ES) e São Paulo (CRAS). A quantificação dos metais (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) foi realizada por espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). As médias das concentrações nos representantes da ordem Strigiformes foram as mais altas para todos os metais analisados, em fígado e coração. É comumente aceito que rim e fígado são os principais órgãos de acumulação de metais pesados, entretanto podemos observar que, para as aves de rapina, o coração se mostrou bastante eficiente para as análises e, em alguns casos, acumulou mais metais do que o fígado. O sangue também se mostrou um eficiente indicador da qualidade atual do ambiente, já que é um meio de transporte dos metais e não de acumulação. Os resultados apresentados nos permite afirmar que as espécies de rapinantes podem ser utilizadas como indicadores da qualidade ambiental e que órgãos e tecidos pouco estudados para esse fim, como o coração e o sangue, se mostraram bastante eficiente nas análises.

**Palavras-chave:** rapinantes, contaminação ambiental, metais pesados, sangue, coração.

## ABSTRACT

BORLINI , Thatiane Corona . University Vila Velha - UVV - February 2013. Analysis of Heavy Metals in raptors living free as environmental bioindicators . Supervisor: João Luiz Rossi Jr

The birds have been used as indicators of environmental conditions because they are particularly sensitive to changes in origin. These animals present themselves as excellent tools for evaluation of disorders in many environments because their connection with the environment and other taxa is well known , and is held at different levels of the ecological pyramid . The present work aims to characterize the exposure to heavy metals ( Cd , Zn , Fe , Mn , Cu and Pb ) of different species of birds of prey anthropogenic environments three Brazilian states . The first chapter of this thesis aims to quantify s concentrations of these chemicals in raptors from roadkill ocorrodos on Highway ES - 060 and also birds sent by the Center for the Reintroduction of Wild Animals ( Cereals - ES ) and the Veterinary Hospital Prof . Dr. Ricardo Alexandre Hippler , University of Vila Velha ( UVV - ES ) in the years 2010 to 2012 , through fragments of liver and heart specimens necropsied . The second chapter quantifies the concentration of these elements in blood tissue of predators inhabiting urban centers , starting from the hypothesis that these animals have high levels of inorganic substances that may be toxic , which can cause a problem for the local . The samples were collected between 2011 and 2012 in centers and rehabilitation of wild animals of three Brazilian states : Alagoas ( CETAS - AL ) , Espírito Santo ( CETAS - ES ) and São Paulo ( CRAS ) . The quantification of metal ( Cd, Zn , Fe, Mn , Cu and Pb) was carried out by optical emission spectrometer aclopado inductively coupled plasma (ICP- OES) . The mean concentrations in the order Strigiformes representatives were the highest for all metals analyzed in liver and heart. It is commonly accepted that kidney and liver are the major organs of accumulation of heavy metals , however we can see that , for birds of prey , the heart was very efficient for analysis and , in some cases , accumulated more metals than the liver . The blood was also an effective indicator of the quality of the current environment , as it is a means of transport of metals and non- accumulation . The results presented allow us to state that the species of predators can be used as indicators of environmental quality and poorly studied organs and tissues for this purpose , such as the heart and blood , proved very effective in the analysis .

Keywords: predators , pollution , heavy metals , blood, heart.

## INTRODUÇÃO GERAL

A maior parte dos elementos químicos está envolvida em ciclos fechados na natureza em concentrações que não causam efeitos nocivos aos organismos. Porém, o desenvolvimento urbano acelerado, pode promover alterações ambientais, como por exemplo, o aumento no aporte de poluentes de origem antrópica, como o carbono orgânico, nutrientes (e.g. nitrogênio e fósforo), metais pesados e sedimentos resultantes de atividades industriais, agrícolas e da circulação de veículos automotores, dentre outras (Goonetilleke *et al.*, 2005).

Os poluentes podem ser classificados quimicamente como orgânicos e inorgânicos. Os poluentes inorgânicos são aqueles de origem mineral e os orgânicos são aqueles provenientes de animais e vegetais, e podem ser sintetizados pelo homem (Alcântara, 1985).

Sobre os poluentes inorgânicos, os metais pesados são os mais frequentes nos solos urbanos, sendo que, os mais comumente encontrados são cobre, chumbo, zinco, cádmio e níquel (Pedron, *et al.*, 2004). Por serem demasiadamente estáveis na natureza os metais podem ser acumulados no solo, nos sedimentos ou nos sistemas biológicos (Allen *et al.*, 1993). Em consequência dessa estabilidade e escassez na natureza os metais pesados são considerados indicadores de poluição (Peláez-Rodríguez, 2001).

De acordo com Carapeto (2012), levando em consideração a poluição ambiental, os metais podem ser classificados como não críticos, muito insolúveis ou muito raros e muito tóxicos e relativamente acessíveis.

Os metais pesados são elementos químicos que possuem capacidade de bioacumulação e biomagnificação nos organismos vivos e persistência no ambiente (Tavares e Carvalho, 1992). A Bioacumulação é caracterizada quando o organismo absorve o composto químico do meio abiótico ou biótico (Leblanc, 1995). Já a biomagnificação ocorre quando a concentração desse composto químico se eleva ao longo da cadeia alimentar (Reinfelder *et al.*, 1999). Ambas se encarregam de transformar concentrações consideradas normais em concentrações tóxicas para diferentes espécies. Devido a grande capacidade de persistência dos metais pesados, o efeito ao organismo vivo é garantido, em longo prazo, mesmo após a interrupção das emissões (Tavares e Carvalho, 1992).

Alguns metais, como por exemplo, o zinco, o ferro, o manganês e o cobre são elementos onipresentes, pelo menos em concentrações traço, e são essenciais para o metabolismo, na forma de micronutrientes. Outros, como por exemplo, o chumbo e o cádmio, não são necessários a vida das plantas e dos animais, embora existam na natureza, ou formando compostos complexos ou em sua forma elementar (Carapeto, 2012).

Os metais pesados, quando encontrados em concentrações anormais, se inserem em um grupo de substâncias denominadas desreguladoras endócrinas, uma categoria recente de poluentes ambientais que se caracterizam por interferir na funcionalidade do sistema endócrino. A esses poluentes são atribuídas suspeitas de efeitos adversos à saúde animal, como perda de peso, distúrbios comportamentais, danos a diversos órgãos e, em alguns casos, inclusive, esses efeitos podem levar ao declínio populacional (Bila e Dezotti, 2007).

Esses efeitos são ainda mais graves em espécies que ocupam níveis tróficos superiores, já que estas bioacumulam essas substâncias químicas (Burger e Gochfeld, 2000). Algumas espécies possuem hábitos biológicos que aumentam a probabilidade de exposição aos contaminantes, produzindo, desse modo, informações relevantes que seriam perdidas, se apenas amostras abióticas fossem analisadas.

Para a avaliação do grau de exposição à poluição a que os organismos de uma região são expostos utilizam-se espécies denominadas bioindicadoras (Loppi *et al.*, 1998).

As aves vêm sendo usadas como indicadores da condição ambiental porque são particularmente sensíveis a mudanças de origem antrópica (Bost e Lemaho, 1993). Segundo Dale e Beyeler (2001), se apresentam como excelentes ferramentas para avaliação de perturbações em diversos ambientes porque sua ligação com o ambiente e outros táxons é bem conhecida, além de se encontrarem em diferentes níveis da pirâmide ecológica.

Esta classe de vertebrados é mais propensa a intoxicações que outros animais, pois apresentam características anatomofisiológicas que favorecem as intoxicações tais como o sistema respiratório que dispersa mais rapidamente as partículas e gases tóxicos inalados. Outros fatores são a alta taxa metabólica que

contribui para a rápida distribuição do agente tóxico e a baixa concentração de gordura corporal que não favorece o acúmulo da toxina no tecido adiposo e conseqüentemente o agente tóxico se dispersa mais rapidamente (Cubas e Godoy, 2010).

As intoxicações podem ocorrer tanto em animais selvagens de cativeiro quanto em animais de vida livre. Em ambos casos, as intoxicações quase sempre decorrem do uso indevido ou incorreto de substâncias químicas utilizadas para diferentes finalidades (Cubas e Godoy, 2010). Os acidentes toxicológicos, muitas vezes, evidenciam certo desconhecimento e descaso na utilização de substâncias químicas com potencial impacto sobre a fauna. Os metais pesados apresentam potencial tóxico podendo levar um animal selvagem a apresentar quadro agudo ou crônico. Resíduos de diferentes processos industriais ou de atividades humanas podem acarretar quadros toxicológicos importantes, de maneira silenciosa.

As aves de rapina são um grupo de aves que se assemelham, principalmente, por serem aves predadoras e matarem suas presas, preferencialmente, utilizando as garras. São dotadas de uma excelente visão e atualmente estão divididas em três Ordens: Accipitriformes, Falconiformes e Strigiformes. A primeira ordem é representada pelas águias e gaviões, a segunda pelos falcões e a terceira pelas corujas (Sick, 1997; CBRO, 2011).

As aves de rapina são animais que ocupam o topo da cadeia alimentar, e podem fornecer informações sobre toda a sua área de vida, ao redor de um ponto de amostragem, e não só sobre a biodisponibilidade de contaminantes, mas também sobre a forma, onde e quando eles são transferidos ao longo da cadeia alimentar (Jager et al., 1996), além disso, muitas espécies de aves de rapina são territoriais, ou seja, não fazem migração e possuem alta longevidade, o que faz com que os poluentes encontrados nos órgãos, ossos, penas e ovos possam refletir a contaminação química em uma escala prolongada (Perez – Lopez, et al., 2008).

Se um ecossistema está com populações estáveis e saudáveis de aves de rapina, significa que no ambiente tem presas suficientes, como aves, insetos, répteis e pequenos mamíferos, e essas mesmas presas tem alimento suficiente para se manter. A ausência deste grupo gera uma série de desequilíbrios ecológicos por toda a cadeia atingindo até a vegetação, pois como são controladoras das

populações de presas, sua ausência permite um aumento descontrolado de outros animais (Magrini e Facure, 2008).

De acordo com Stout e Trust (2002), as espécies que ocupam níveis tróficos superiores são mais vulneráveis a contaminação por metais pesados e desempenham um papel muito importante como indicadores de contaminação ambiental (Wayland et al., 1999; Zaccaroni et al., 2003).

O uso de aves selvagens como bioindicadores ambientais oferece informações importantes sobre os efeitos de poluentes sobre estes animais e até sobre as populações humanas (Maria et al., 1996). É importante salientar que não se conhece as concentrações destas substâncias em aves de rapina no Estado do Espírito Santo e em grande parte do território brasileiro e que isto pode refletir uma medida de contaminação ambiental que pode acometer humanos, uma vez que a maioria das espécies estudadas vivem em áreas antropizadas.

Portanto, os contaminantes ambientais que são onipresentes, como os metais pesados, podem influenciar quase todos os aspectos da ecologia e do comportamento dos animais de vida livre, através dos seus efeitos fisiológicos, ocasionando danos à saúde e comprometendo as taxas de reprodução e sobrevivência das espécies, podendo alterar a dinâmica populacional.

Diante de todo o exposto, o presente trabalho visa avaliar a contaminação ambiental em aves de rapina de vida livre, partindo-se da hipótese de que as mesmas refletem os níveis de contaminação dos locais estudados.

## REFERÊNCIAS

Alcântara, H.R. 1985. **Toxicologia clínica e forense**. 2. ed. São Paulo: Organização Andrei LTDA, 427p.

Allen, H.E.; Fu, G.; Deng, B. 1993. Analysis of Acid-Volatile Sulfide (AVS) and simultaneously extracted metals (SEM) for the Estimation of Potential toxicity in Aquatic Sediments. **Environmental Toxicology and Chemistry**, 12: 1441-1453.

Bila, D.M.; Dezotti, M. 2007. Desreguladores endócrinos no meio ambiente: efeitos e conseqüências. **Química Nova**, 30: 651-666.

Bost, C.A., Lemaho, Y. (1993) - Seabirds as bioindicators of changing marine ecosystems – new perspectives. **Acta Oecologica**, 14(3): 463-470.

Burger, J., Gochfeld, M., 2000. Effects of lead on birds (Laridae): a review of laboratory and field studies. **J. Toxicol. Environ. Health B** 3, 59–78.

Carapeto, C. Metais pesados. Disponível em < <http://www.antonio-fonseca.com/Unidades%20Curriculares/2-Ano/Poluicao/1%20Licoes/13%20-%2014%20-%2015/METAIS.pdf> > Acesso em 15 dez 2012.

CBRO – Comitê Brasileiro de Registros Ornitológicos. 2011. Lista das Aves do Brasil. Disponível em < <http://www.cbro.org.br/CBRO/pdf/AvesBrasil2011.pdf> > Acesso em 20 de jan 2013.

Cubas, Z.S; Godoy, S.N. **Algumas Doenças De Aves Ornamentais**. Disponível em < [http://wonderfullglosters.110mb.com/PDF/Dossie rde doencas.pdf](http://wonderfullglosters.110mb.com/PDF/Dossie%20de%20doencas.pdf) >: Acesso em 10 jun 2010.

Dale, Y.H. e Beyeler, S.C. (2001) - Challenges in the development and use of ecological indicators. **Ecological Indicators**, 1(1): 3-10. ([http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](http://dx.doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6))

Goonetilleke, A.; Thomas, E.; Ginn, S.; Gilbert, D. 2005. Understanding the role of land use in urban stormwater quality management. **Journal of Environmental Management**, 74: 31-42.

Jager, L.P., Rijniere, F.V.J., Esselink, H., Baars, A.J., 1996. Biomonitoring with the buzzard *Buteo buteo* in the Netherlands: heavy metals and sources of variation. **J. Ornithol.** 137, 295–318.

Leblanc, G.A. 1995. Trophic-level differences in the bioconcentration of chemicals: implications in assessing environmental biomagnification. **Environmental Science and Technology**, 29: 154-160.

Loppi, S.; Putorti, E.; Signorini, C.; Fommei, S.; Pirintsos, S.A.; Dominicis, V. 1998. A retrospective study using epiphytic lichens as biomonitors of air quality: 1980 and 1996 (Tuscany, central Italy). **Acta Oecologica**, 19: 405-408

Magrini, L.; Facure, K.G. 2008. Barn owl (*Tyto alba*) predation on small mammals and its role in the control of hantavirus natural reservoirs in a periurban area in southeastern Brazil, **Braz. J. Biol.**, 68(4): 733-740.

Maria, P., Garcia-Fernandez, A.J., Barba, A., Riboni, I., Romero, D., Sanchez-Garcia, J.A., 1996. Organochlorine pesticide accumulation in several species of raptors from Southeastern Spain. **Toxicol. Lett.** 88 (1), 80.

Pedron, F.A.; Dalmolin, R.S.D.; Azevedo, A.C.; Kaminski, J. 2004. Solos urbanos. **Ciência Rural**, 34: 1647-1653

Peláez-Rodríguez, M. 2001. **Avaliação da qualidade da água da Bacia do Alto Jacaré-Guaçu- SP (Ribeirão do Feijão e Ribeirão do Monjolinho) através de**

**variáveis Físicas, Químicas e Biológicas.** Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, SP, 175p.

Perez-Lopes, M., Mendonza, M.H., Beceiro, A.L., Rodriguez, F.S.2008. Heavy metal (Cd, Pb, Zn) and metalloid (As) content in raptor species from Galicia (NW Spain). **Ecotoxicology and Environmental Safety** (70) 154–162.

Reinfelder, J.R.; Fisher, N.S.; Luoma, S.N.; Nichols, J.W.; Wang, W.X. W. 1999. Trace element trophic transfer in aquatic organisms: a critique of the kinetic model approach. **Science of the Total Environment**, 219: 117-135.

Sick, H. 1997. **Ornitologia Brasileira**. 2 ed. Rio de Janeiro. Ed Nova Fronteira, p 243 – 257.

Stout, J.H., Trust, K.A., 2002. Elemental and organochlorine residues in bald eagles from Adak Island, Alaska. **J. Wildl. Dis.** 38 (3), 511–517.

Tavares, T. M., Carvalho, F.M.1992. Avaliação de exposição de populações humanas a metais pesados no Recôncavo Baiano. **Química Nova** 15 (2) 147-154.

Wayland, M., Neugebauer, E., Bollinger, T., 1999. Concentrations of lead in liver, kidney, and bone of bald and golden eagles. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 37 (2), 267–272.

Zaccaroni, A., Amorena, M., Naso, B., Castellani, G., Lucisano, A., Stracciari, G.L., 2003. Cadmium, chromium and lead contamination of *Athene noctua*, the little owl, of Bologna and Parma, Italy. **Chemosphere** 52 (7), 1251–1.

CAPÍTULOS

Capítulo 1:

**CONCENTRAÇÃO DE METAIS PESADOS (Cd, Pb, Zn, Fe, Mn e Cu )  
EM AVES DE RAPINA DE VIDA LIVRE NA REGIÃO DA GRANDE  
VITÓRIA/ES**

## RESUMO

BORLINI, Thatiane Corona. Universidade Vila Velha – UVV- Fevereiro de 2013. **Concentração de metais pesados (Cd, Pb, Zn, Fe, Mn e Cu) em aves de rapina de vida livre na região da Grande Vitória/ES.** Orientador: João Luiz Rossi Jr

O presente trabalho visa caracterizar a exposição aos metais pesados (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) das diferentes espécies de aves de rapina da Grande Vitória/ES, analisando fragmentos de fígado e coração dos espécimes necropsiados. As aves estudadas foram provenientes de atropelamento ocorridos no trecho da Rodovia ES-060 que vai do Km 0 até o Km 67,5, em Meaípe, conhecido como Rodovia do Sol no estado do Espírito Santo, Brasil e também encaminhadas pelo Centro de Reintrodução de Animais Silvestres (CEREIAS – ES) e pelo Hospital Veterinário Prof. Dr. Ricardo Alexandre Hippler, da Universidade Vila Velha (UVV-ES), nos anos de 2010 à 2012. A quantificação dos metais (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) foi realizada por espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). Foram obtidos um total de 100 amostras, divididas em 03 ordens e 11 espécies. A ordem dos Strigiformes foi a mais representativa, com 30 animais divididos em 5 espécies, seguida pela ordem Falconiforme, com 12 animais divididos em 04 espécies e, por fim a ordem dos Accipitriformes, com 08 animais de duas espécies. As médias das concentrações nos representantes da ordem Strigiformes foram as mais altas para todos os metais analisados. Já as médias das concentrações nas ordens Falconiformes e Accipitriformes seguiram a mesma tendência. Concentrações elevadas de Cd e Pb, que são metais não essenciais, foram encontradas em todas as três ordens, mas sendo destaque no grupo das corujas (Strigiformes). É comumente aceito que rim e fígado são os principais órgãos de acumulação de metais pesados, entretanto podemos observar que, para as aves de rapina, o coração se mostrou bastante eficiente para as análises e, em alguns casos, acumulou mais metais do que o fígado. Os resultados apresentados nos permite afirmar que as espécies de rapinantes podem ser utilizadas como indicadores da qualidade ambiental e que órgãos pouco estudados para esse fim, como o coração, se mostrou bastante eficiente nas análises.

**Palavras-chave:** elementos-traço, contaminação ambiental, Strigiformes, Falconiformes, Accipitriformes.

## ABSTRACT

BORLINI, Thatiane Corona. University Vila Velha - UVV-February 2013. **Concentration of heavy metals (Cd, Pb, Zn, Fe, Mn and Cu) in raptors free living in the Greater Vitória / ES.** Advisor: João Luiz Rossi Jr.

This study aims to characterize the exposure to heavy metals (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu and Pb) of different species of birds of prey of Greater Vitória / ES, analyzing fragments of liver and heart specimens necropsied. The birds were studied from trampling occurred on the stretch of Highway ES-060 which runs from Km 0 to Km 67.5, in Meaípe, known as the Highway of the Sun in Espírito Santo, Brazil, and also directed the Center for Reintroduction of Wild Animals (Cereias - ES) and the Veterinary Hospital Prof. Dr. Ricardo Alexandre Hippler, University of Vila Velha (UVV-ES) in the years 2010 to 2012. The quantification of metals (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu and Pb) was performed by optical spectrometer emission coupled inductively coupled plasma (ICP-OES). There was obtained a total of 100 samples divided into 03 orders and 11 species. The order of Strigiformes was the most representative, with 30 animals divided into 5 species, followed by Falconiforme order, with 12 animals divided into 04 species and finally the order of Accipitriformes with 08 animals in both species. The mean concentration in order Strigiformes representatives were the highest for all metals analyzed. The mean concentrations in the orders Falconiformes and Accipitriformes followed the same trend. High concentrations of Cd and Pb, which are non-essential metals were found in all three orders, but being featured in the group of owls (Strigiformes). It is commonly accepted that kidney and liver are the major organs of accumulation of heavy metals. However, we observe that, for birds of prey, the heart was very efficient for analysis and, in some cases, accumulated more metals than the liver. The presented results allow us to state that the species of prey can be used as indicators of environmental quality and that little organs studied for this purpose, such as the heart, was very efficient in the analyzes.

**Key-words:** trace elements, environmental contamination, Strigiformes, Falconiformes, Accipitriformes.

## INTRODUÇÃO

A contaminação ambiental, causada por atividades antrópicas, é relativamente nova, se considerarmos o tempo ecológico, e vem afetando negativamente indivíduos e ecossistemas inteiros em todo o mundo, mesmo em áreas relativamente livres da intervenção humana, devido à dispersão global pela água e ar (Iwata et al., 1993; Oehme, 1991).

Inúmeros efeitos deletérios têm sido causados ao meio ambiente devido à urbanização acelerada e sem planejamento adequado (Pusch, 2007). A alteração ou perda de habitat natural é uma das conseqüências do crescimento urbano, e apresenta importantes implicações ecológicas, uma vez que as espécies diferem em sua capacidade de se adaptarem ao desenvolvimento humano (Minor e Urban, 2010).

Por serem usados demasiadamente nas atividades industriais, os metais pesados podem ser responsáveis pela contaminação do meio ambiente e estão disponíveis para biomagnificação através do ar e da água (Lagadic et al., 1998). Como resultado da contaminação, espécies de rapinantes podem acumular níveis elevados destes metais, e de acordo com Braune e Gakin (1987), uma vez disponíveis no organismo das aves, estes elementos podem ser acumulados, principalmente, no fígado, rins e músculos.

Os organismos que vivem em zonas urbanas industrializadas possuem risco potencial de serem expostos a metais pesados (Loumbourdis 1997). Como uma resposta a esse risco, ultimamente os estudos com metais pesados têm se concentrado na ponderação dos efeitos nos organismos e nos ecossistemas (Oliveira et al., 1999).

Uma forma muito comum de contaminação é através de metais pesados liberados por veículos automotores. O tráfego destes veículos libera metais pesados através de desgaste de pneus e freios, vazamento de óleos e emissões gasosas (Sörme e Llargerkvist, 2002; Lough et al., 2005). A abundância desses contaminantes se relaciona ao volume do tráfego, à idade da frota e ao tipo de combustível empregado (Wanielista e Youself, 1993).

As proteções de aço nas rodovias, as placas de sinalização (galvanizadas, recobertas com zinco) e as peças e baterias de automóveis também são fontes de metais pesados. Escapamentos de automóveis emitem poluentes, como óxidos de nitrogênio, o dióxido de enxofre, hidrocarbonetos, dióxido e monóxido de carbono, aldeídos e material particulado (fuligem, poeira, fumaça e todo material suspenso no ar). Derramamentos de produtos químicos de caminhões e automóveis também são fontes de poluição química de estradas. Esses poluentes em concentrações elevadas podem causar problemas fisiológicos e acumulativos nos animais e plantas (Spellerberg, 1998).

Muitos poluentes acumulam em zonas próximas da estrada, mas também podem ser transportados várias centenas de metros de distância, ou para baixo, pela água ou vento. Produtos químicos que são lavados ou infiltram-se através de uma estrada impactam os ecossistemas aquáticos. Pelas vias de escoamento de águas pluviais os contaminantes tóxicos das estradas entram na paisagem de forma mais ampla (Forman et al., 2003). No entanto, os efeitos ecológicos da poluição química devido à estrada têm sido pouco estudados, mas certamente as substâncias tóxicas entram e permanecem no meio ambiente e interagem com a biota (Coffin, 2007).

As intoxicações por metais pesados mais frequentemente relatadas em aves estão associadas ao chumbo. Entretanto, outros metais que intoxicam as aves são o zinco, cobre cádmio e ferro (Cubas e Godoy, 2010).

A detecção de metais pesados tem sido particularmente bem documentada para as cadeias alimentares aquáticas (Palma et al., 2005; Pon, et al., 2011), mas apesar de serem reconhecidas como espécies bioindicadoras, as aves de rapina ainda são carentes de estudos relacionados a teores de metais pesados (Desgranges et al., 1998).

Deve-se considerar que a captura de animais de vida livre, como aves de rapina, envolve diversos fatores de riscos e dificuldades. Portanto, empregar métodos menos invasivos, como por exemplo, a utilização de animais provenientes de atropelamentos e encaminhados pelos órgãos ambientais, pode fornecer informações importantes sobre a ecologia das espécies, como a frequência de exposição aos contaminantes e a bioacumulação destes (Mateo et al., 1999).

Diante de todo o exposto, o presente trabalho visa quantificar a exposição aos metais pesados (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) das diferentes espécies de aves de rapina da Grande Vitória/ES, analisando fragmentos de fígado e coração dos espécimes necropsiados.

## **MATERIAIS E MÉTODOS**

As aves de rapina estudadas foram provenientes de atropelamento ocorridos no trecho da Rodovia ES-060 que vai do Km 0, da Ponte Castelo Mendonça, em Vitória, até o Km 67,5, em Meaípe, conhecido como Rodovia do Sol no estado do Espírito Santo, Brasil e também encaminhadas pelo Centro de Reintrodução de Animais Silvestres (CEREIAS – ES) e pelo Hospital Veterinário Prof. Dr. Ricardo Alexandre Hippler, da Universidade Vila Velha (UVV-ES), no período de 2010 à 2012.

### *Área de estudo:*

A Região da Grande Vitória é formada por sete municípios (Vila Velha, Vitória, Cariacica, Serra, Viana, Guarapari e Fundão). Estes municípios abrigam 46% da população total do Estado do Espírito Santo. Apesar de ser uma região muito antropizada, os municípios ainda apresentam áreas verdes de importância ambiental, como por exemplo, a Reserva Biológica de Duas Bocas, em Cariacica, o Parque Estadual da Fonte Grande, em Vitória, o Mestre Álvaro, em Serra, o Parque Municipal de Jacarenema, em Vila Velha, o Parque Estadual Paulo César Vinha, em Guarapari, entre outros (IBGE, 2012).

A Rodovia do Sol corta os municípios de Guarapari e Vila Velha. Esta região compreende um clima tropical chuvoso com temperatura acima de 18° C, sendo fevereiro e julho os meses mais quente e frio, respectivamente. A vegetação marginal da rodovia é composta, principalmente por Restinga, a qual é considerada uma área fundamental para a biodiversidade, em espécies vegetais e animais presentes em grande parte da área adjacente à rodovia (Fagundes, 2006).

Ao longo do Sistema Rodovia do Sol existem três importantes reservas ambientais: Parque Natural Municipal de Jacarenema, Área de Preservação Ambiental de Setiba e Parque Estadual Paulo César Vinha. Por estarem numa área de grande pressão antrópica, é necessário que exista um trabalho efetivo de educação ambiental nessas reservas.

*Preparação das amostras:*

Todos os espécimes mortos foram imediatamente congelados até a realização da necropsia, a fim de se coletar fragmentos de tecidos hepático e cardíaco. Afim de se evitar a contaminação das amostras, foram usados materiais cirúrgicos estéreis e, para cada ave necropsiada, a superfície de trabalho era limpa com álcool e as luvas de procedimento trocadas.

Após a realização da necropsia, os fragmentos coletados, aproximadamente 1 grama de cada tecido, foram armazenados individualmente em frascos de vidros devidamente identificados e mantidos congelados. Para a digestão do fígado, foram preparadas soluções contendo 5 ml de ácido nítrico suprapuro (Merck) e 15 ml de ácido clorídrico 5 M (Merck) (Perez-Lopez, 2008 – adaptado). Para o coração, foram preparadas soluções contendo 10 ml de HNO<sub>3</sub> 5 M e 10 ml de HCl 5 M.

Esses processos foram preparados em tubos digestores previamente lavados com solução de ácido nítrico a 10% e levados ao aparelho digestor (Marconi Mod. MA 851), por, aproximadamente 4 horas à uma temperatura máxima de 350°C (Garcia-Fernandez, 1994 – adaptado), até que a solução estivesse límpida e translúcida. Esta solução resultante foi transferida para um balão volumétrico de 25 ml e teve o volume final completado com água ultra-pura, tipo 1 (água Mili-Q).

A quantificação dos metais (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) foi realizada por espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), modelo Optima 7000 da PerkinElmer, com coeficiente de variação sempre menor que 10%, margem que é aceitável (Zaccaroni et al., 2003). Os limites de quantificação para os metais analisados foram: Pb = 0,4µg/g, Cd = 0,741 µg/g, Fe = 0,355 µg/g, Zn = 0,309 µg/g, Mn = 0,08 µg/g e Cu = 0,338 µg/g.

*Análises estatísticas:*

Foram realizadas Análises de Variância de dois fatores (ANOVA *Two-way*) para avaliar a interação entre as concentrações de elementos-traço entre as diferentes espécies de aves de rapina e o teste de Bonferroni foi aplicado para analisar a relação entre os metais entre as diferentes espécies. ANOVA uma via foi aplicada para avaliar a diferença entre a acumulação de metais nos diferentes

órgãos estudados em relação às três ordens de rapinantes. A diferença de contaminação entre as diferentes espécies foi analisada através do teste de Múltipla comparação de Tukey e ANOVA uma via. Os resultados foram expressos com a média  $\pm$  desvio padrão e foram analisados empregando-se o programa GraphPad InStat Software (Copyright 1992 – 1998, Califórnia, U.S.A). Para todas as análises foi utilizado o nível de significância de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS

Foram obtidos um total de 100 amostras, sendo 50 amostras de tecido hepático e 50 de tecido cardíaco, divididas em 03 ordens e 11 espécies. A ordem Strigiforme foi a mais representativa, com 30 animais divididos em 5 espécies, seguida pela ordem Falconiforme, com 12 animais divididos em 04 espécies e, por fim a ordem dos Accipitriformes, com 08 animais de duas espécies (tabela 1).

Tabela 1: Espécies de rapinantes amostradas na região da Grande Vitória / ES.

Ordem	Nome científico	Nome popular	Número de animais
<b>Strigiforme</b>	<i>Asio clamator</i>	Coruja orelhuda	02
	<i>Athene cunicularia</i>	Coruja buraqueira	15
	<i>Megascops choliba</i>	Corujinha do mato	09
	<i>Tyto alba</i>	Suindara	03
	<i>Glacidium brasilianum</i>	Caburé	01
<b>Falconiforme</b>	<i>Caracara plancus</i>	Carcará	03
	<i>Falco femoralis</i>	Falcão de coleira	03
	<i>Falco sparverius</i>	Quiri quiri	03
	<i>Mivalgo chimanchina</i>	Carrapateiro	03
<b>Accipitriforme</b>	<i>Rupornis magnirostris</i>	Gavião carijó	06
	<i>Buteo albicaudatus</i>	Gavião da cauda branca	02

A tabela 2 expressa os valores médios das concentrações dos elementos-traço presentes no fígado e coração das ordens de rapinantes estudadas. As médias das concentrações nos representantes da ordem Strigiforme foram as mais altas para todos os metais analisados. Já as médias as concentrações nas ordens Falconiforme e Accipitriforme seguiram a mesma tendência.

Concentrações elevadas de Cd e Pb, que são metais não essenciais, foram encontradas em todas as três ordens, mas sendo destaque no grupo das corujas (Strigiforme). Esta ordem apresentou um comportamento diferente em relação às demais ordens ( $p < 0,0002$ ), principalmente em relação aos metais Cd e Fe, que diferem entre si ( $p < 0,05$ ) e entre os demais elementos-traço ( $p < 0,0001$ ). Esse comportamento foi observado apenas para o coração (Figura 1), indicando que este

órgão também pode ser utilizado para avaliar a contaminação por elementos químicos.

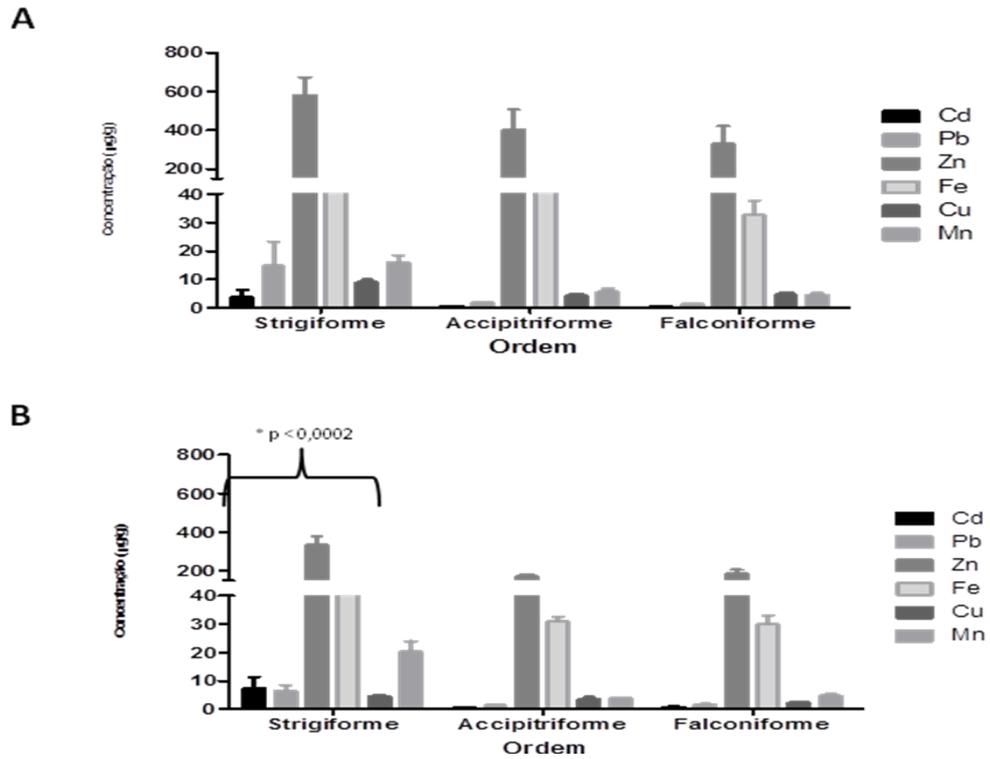


Figura 1: Comparação das concentrações de metais pesados entre os órgãos analisados, sendo A: Fígado e B: Coração.

Tabela 2: Concentrações de metais pesados em fígado e coração de três ordens de aves de rapina na região da Grande Vitória/ES

Metais Pesados	Strigiformes		Falconiformes		Accipitriformes	
	Coração	Fígado	Coração	Fígado	Coração	Fígado
<b>Cd</b>						
Média e desvio padrão	7,59 ± 14,04	3,09 ± 8,46	0,85 ± 0,38	0,63 ± 0,09	0,63 ± 0,01	0,68 ± 0,05
Valor mínimo	-	-	-	-	-	0,60
Valor máximo	16,2	38,9	1,30	0,70	0,65	0,75
<b>Pb</b>						
Média e desvio padrão	6,44 ± 8,88	12,21 ± 31,89	1,74 ± 0,85	1,46 ± 0,41	1,33 ± 0,26	1,94 ± 0,44
Valor mínimo	-	-	0,70	0,86	0,88	1,45
Valor máximo	36,67	149	3,95	2,00	1,55	2,68
<b>Fe</b>						
Média e desvio padrão	333,05 ± 246,89	619,35 ± 465,86	185,12 ± 80,24	348,67 ± 344,76	170,31 ± 63,15	404,02 ± 250,02
Valor mínimo	87,54	79,20	96,20	139,09	114,28	129,88
Valor máximo	1070	1698	379,05	1339,00	260,17	722,75
<b>Zn</b>						
Média e desvio padrão	78,51 ± 54,91	107,45 ± 78,08	29,71 ± 11,77	33,81 ± 18,57	30,86 ± 9,17	59,04 ± 37,48
Valor mínimo	20,15	16,38	23,53	2,13	16,50	29,45
Valor máximo	234	374	64,80	78,65	43,92	126,93
<b>Mn</b>						
Média e desvio padrão	4,52 ± 2,93	8,92 ± 4,69	2,21 ± 1,72	4,68 ± 3,50	3,53 ± 3,85	4,33 ± 1,62
Valor mínimo	0,88	0,83	0,95	1,25	0,94	2,73
Valor máximo	9,94	15,8	7,40	15,70	11,10	6,85
<b>Cu</b>						
Média e desvio padrão						
Valor mínimo	20,25 ± 20,02	14,96 ± 12,04	4,73 ± 2,24	4,74 ± 2,08	3,93 ± 1,18	5,61 ± 2,79
Valor máximo	2,60	2,55	0,85	3,01	1,65	3,95
	90,2	50,2	10,15	10,94	5,10	11,28
<b>Número de amostras</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>08</b>	<b>08</b>	<b>06</b>	<b>06</b>

*Todos os valores estão expressos em µg/g que equivalem a ppm*

Todos os elementos-traço apresentam diferenças entre si em relação ao comportamento de acumulação ( $p < 0,0001$ ). Das 11 espécies amostradas, 05 (*Athene cunicularia*, *Megascops choliba*, *Tyto alba*, *Mivalgo chimancinha* e *Rupornis magnirostris*) apresentaram diferença em relação a concentração de metais pesados ( $p < 0,02$ ) principalmente o Fe (Figura 2). *Athene cunicularia* e *Tyto alba* apresentaram diferenças nas concentrações de Cd e Fe em relação ao órgão de acumulação, onde a primeira apresenta maiores concentrações dos elementos-traço no fígado e, a segunda no coração.

Comparando a bioacumulação do conjunto de metais (Cd, Pb, Fe, Zn, Cu e Mn) não foram encontradas diferenças nas concentrações destes elementos em tecidos hepáticos e cardíacos nas ordens de aves de rapina estudadas. Entretanto, quando analisamos separadamente, apenas o elemento-traço Zn apresenta diferença ( $p < 0,0001$ ) em relação ao local de acumulação, sendo o fígado o órgão que apresenta maiores concentrações nas três ordens estudadas (Figura 3).

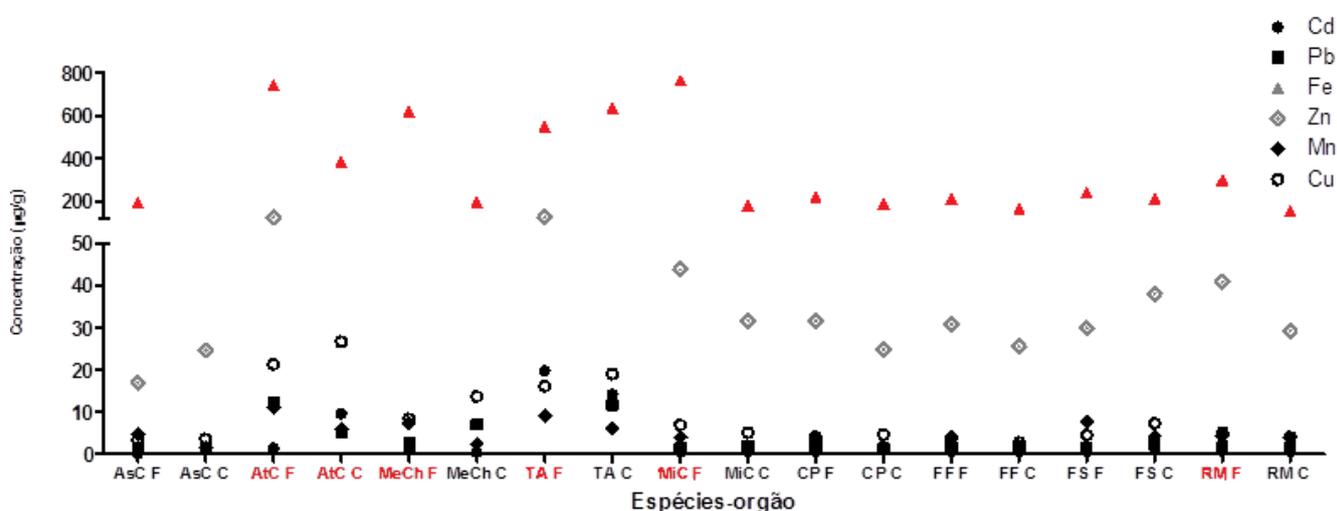


Figura 2: Relação entre as espécies de aves de rapina, órgãos estudados e concentração de elementos-traço.

Legenda: AcS F: *Asio clamator* – Fígado; AsC C – *Asio clamator* – coração; AtC F- *Athene cunicularia* – fígado; AtC- C: *Athene cunicularia* – coração; MeCh F: *Megascops choliba* – Fígado; MeCh C: *Megascops choliba* – Coração; TA F: *Tyto alba* – fígado; TA C: *Tyto alba* – coração; MiC F: *Mivalgo chimanchina* – fígado; MiC C: *Mivalgo chimanchina* – coração; CP F: *Caracara plancus* – fígado; CP C: *Caracara plancus* – coração; FF F: *Falco femuralis* – fígado; FF C: *Falco femuralis* – coração; FS F: *Falco sparverius* – fígado; FS C: *Falco sparverius* – coração; RM F: *Rupornis magnirostris* – fígado; RM C: *Rupornis magnirostris* – coração.

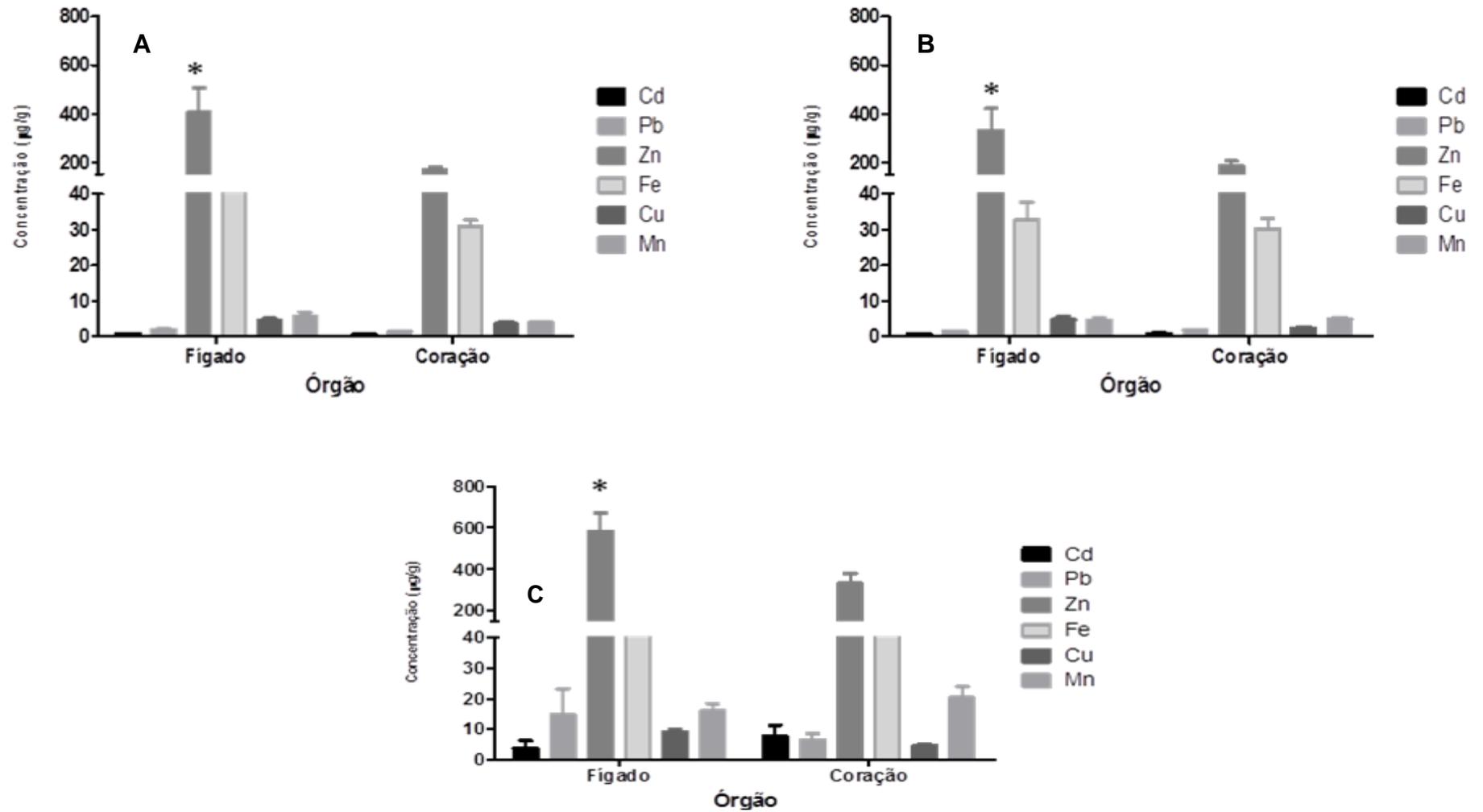


Figura 3: Concentrações de metais pesados em fígado e coração de três ordens de aves de rapina, onde A: Accipitriforme, B: Falconiforme e C: Strigiforme. \*Valores significativos  $p < 0,0001$ .

## DISCUSSÃO

O Cd é um elemento-traço não essencial e pode causar graves efeitos negativos à saúde dos animais, embora mamíferos e aves apresentem mais resistência aos seus efeitos tóxicos quando comparados a outros vertebrados (Eisler, 1985). A origem do Cd no ambiente é principalmente, por fontes antropogênicas e, se concentra principalmente nos rins e fígado. Teores muito baixos deste metal foram registrados no cérebro e em ossos de rapinantes (Garcia-Fernandez, 1996). No presente estudo, foram encontradas concentrações elevadas deste elemento no fígado e no coração de aves da ordem Strigiforme, o que sugere que o coração também pode ser um biomarcador deste metal no organismo. Garcia-Fernandez (1996) afirmam que níveis sanguíneos de Cd podem ser indicadores de exposição recente, mas o metal pode se acumular em tecidos moles e, alguns estudos afirmam que o fígado é um excelente indicador de exposição a longo prazo, principalmente em aves (Perez-Lopez, et. al, 2008; Battaglia et. al, 2005; Scheuhammer, 1987).

Scheuhammer (1987) e Burgat (1990) sugerem que as concentrações de Cd acima de 3 µg/g no fígado podem indicar uma grande exposição ambiental à esse metal e, grande parte das espécies de Strigiformes estudadas na presente pesquisa, apresentaram concentrações hepáticas próximas ou maiores do que a sugerida pelo referido autor. Por outro lado, os representantes das ordens Accipitriforme e Falconiforme apresentaram concentrações mais baixas, tanto em fígado quanto em coração. Estes resultados corroboram os encontrados por Perez-Lopez e colaboradores (2008), quando compararam aves de rapina de hábitos noturnos (Strigiformes) e diurnos (Accipitriformes e Falconiformes). As médias das concentrações de Cd encontradas no presente estudo são maiores do que as encontradas por Battaglia e colaboradores (2005), quando analisaram diferentes tecidos em *Athene noctua* e *Buteo buteo* e Dauwe e colaboradores (2003), quando analisaram penas em diferentes espécies de aves de rapina.

O Pb é um elemento altamente tóxico que pode causar mortalidade das aves (Ramo et. al, 1992, Mateo et. al, 1999). De acordo com Kalisinska e colaboradores

(2004), uma pequena quantidade de Pb no cérebro pode alterar o comportamento das aves ao ponto de colocar em perigo a sua sobrevivência e afetar o sucesso reprodutivo. Pain e colaboradores (1995) estabeleceram faixas de concentrações de Pb em tecido hepático, onde determinaram que concentrações abaixo de 2 µg/g podem ser indicativos de uma baixa exposição ao metal. Já concentrações entre 6 e 20 µg/g estão associadas a alta exposição, podendo causar efeitos clínicos. Wayland e Bollinger (1999) determinaram uma concentração de 30 µg/g no fígado como um nível potencialmente letal e para algumas espécies de rapinantes. No presente trabalho, podemos observar que as concentrações de Pb nas corujas está muito elevada, indicando que as mesmas estão sofrendo alta exposição à esse metal. Um espécime de *Athene cunicularia* e outro de *Tyto alba* apresentaram concentrações hepáticas superiores à 30 µg/g. Já os gaviões e falcões apresentaram concentrações abaixo de 4 µg/g, o que indica uma baixa exposição ao metal.

D'zугan e colaboradores (2012) analisando tecidos de faisão (*Phasianus colchius*) não encontraram concentrações significativas de Pb em tecido cardíaco, o que difere do presente estudo. Perez-Lopes e colaboradores (2008) encontraram concentrações máximas de Pb em tecido hepático de 18 µg/g em um exemplar de *Buteo buteo* e concentrações mais baixas em corujas, resultado similar a um estudo realizado por Battaglia e colaboradores (2005), que encontraram concentrações mais altas em gaviões do que em corujas. Ambos estudos não detectaram concentrações consideradas letais para as aves, o que difere do presente trabalho.

Para metais essenciais, como o Zn, Cu, Fe e Mn, é difícil encontrar valores limites (Taggart et. al, 2006). Esses metais participam de alguns processos fisiológicos nos organismos (Uluzlu, et al., 2009; Demirbas, 1999). As médias das concentrações de Zn presentes em tecido hepático das aves de rapina do presente estudo estão semelhantes às encontradas por Perez-Lopes e colaboradores (2008). Levengood e colaboradores (1999) encontrou uma grande faixa de variação nas concentrações de Zn no fígado (473- 1990 µg/g) que causaram efeitos tóxicos em patos selvagens. Para aves marinhas, Honda e colaboradores (1990) sugerem que concentrações hepáticas acima de 200 µg/g podem ser tóxicas.

Os efeitos tóxicos de Zn atuam sobre o sistema respiratório dos animais marinhos e nos representantes do topo de cadeia. É largamente utilizado na indústria, principalmente em galvanoplastias, na forma metálica e de sais, tais como cloreto, sulfato, cianeto, etc. Pode entrar no ambiente através de processos naturais (lixiviação de rochas e solos) e antropogênicos, entre os quais se destaca a produção de ferro e aço e os efluentes domésticos (Carvalho et al., 2008)

O cobre em concentrações elevadas é prejudicial à saúde, porém, em pequenas quantidades é benéfico ao organismo humano, catalisando a assimilação do ferro e seu aproveitamento na síntese da hemoglobina do sangue, facilitando a cura de anemias (Eisler, 2000). As concentrações de cobre encontradas no presente estudo estão relativamente baixas, tanto em tecido hepático quanto em cardíaco, para as três ordens estudadas e são menores do que as encontradas por Pacheco (2009), quando avaliou tecidos de gavião-pomba (*Leucopternis lacernulata*). O cobre no meio ambiente é proveniente de corrosão de efluentes de estações de tratamento de esgotos, uso de compostos de cobre como algicidas aquáticos, escoamento superficial (Pacheco, 2009).

As médias das concentrações de Fe foram menores do que as encontradas por Abduljaleel e colaboradores (2012) quando analisaram tecidos de galinha doméstica (*Gallus gallus*) e codorna (*Coturnix coturnix japonica*). Já para o elemento-traço Mn, as médias das concentrações encontradas foram maiores do que as relatadas por D'zugan e colaboradores (2012), tanto para coração quanto para fígado.

É comumente aceito que rins e fígado são os principais órgãos de acumulação de metais pesados (Szkoda et al., 2011). Entretanto, podemos observar que, para as aves de rapina, o coração se mostrou bastante eficiente para as análises e, em alguns casos, acumulou mais metais do que o fígado.

As principais fontes de Pb, Zn e Cu no ambiente são, provavelmente, de origem industrial e relacionadas ao tráfego de veículos. Apesar da adição de Pb ser proibida em combustíveis em alguns países mais desenvolvidos, as emissões relacionadas a esse metal podem ser provenientes da abrasão de pneus em superfícies de estrada, desgaste das pastilhas de freio e dos pneus dos automóveis (Zechmeister et al., 2006; Carvajal et al., 2010). As proteções de aço nas rodovias,

as placas de sinalização (galvanizadas, recobertas com zinco) e as peças e baterias de automóveis também são fontes de metais pesados (Sörme e Lagerkvist, 2002; Lough et al., 2005).

Devido à vulnerabilidade e a grande variedade de contaminantes ambientais, as aves de rapina tem sido usadas como indicadores ambientais em várias partes do mundo (Desgrandes et al., 1998; Battaglia et al., 2005; Perez-Lopes et al., 2008). Porém, no Brasil os estudos ainda são escassos, o que dificulta a comparação entre espécies residentes e os locais de contaminação. O presente estudo é de extrema importância, pois antes nunca havia sido avaliado grau de contaminação das espécies em questão na região da Grande Vitória/ES.

## **CONCLUSÃO**

O presente estudo indica que as aves analisadas, que habitam a região da Grande Vitória/ES apresentam elevadas concentrações de substâncias inorgânicas altamente tóxicas, como o Pb e Cd e que algumas espécies estudadas, principalmente da ordem Strigiforme, apresentam concentrações consideradas letais para o elemento Pb. Essa ordem se destaca das demais por apresentar concentrações mais elevadas de todos os elementos analisados. Para os elementos-traço essenciais, as concentrações encontradas estão de acordo com outros estudos, mas por serem essenciais ao organismo, é difícil mensurar qual concentração poderia causar efeitos tóxicos. Os resultados apresentados nos permite afirmar que as espécies de rapinantes podem ser utilizadas como indicadores da qualidade ambiental e que órgãos pouco estudados para esse fim, como o coração, se mostrou bastante eficiente nas análises.

## REFERÊNCIAS

- Abduljaleel, S.A., Shuhaimi-Othman, M., Babji, A. 2012. Assessment of trace metals contents i chicken (*Gallus gallus domesticus*) and quail (*Coturnix coturnix japonica*) tissues from Selangor (Malaysia). **Jornal of Environmental Science and Technology**. 5 (6) 441-451.
- Battaglia, A., Ghidini, S., Campanini, G., Spaggiari, R., 2005. Heavy metal contamination in little owl (*Athene noctua*) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. **Ecotoxicol. Environ. Saf.** 60, 61–66.
- Braune, B.M., Gaskin, D.E., 1987. Mercury levels in Bonaparte's gulls (*Larus philadelphia*) during autumn molt in the Quoddy region, New Brunswick, Canada. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 16, 539–549
- Burgat, V., 1990. **Un micropollutant: le cadmium**. Bull. O.N.C. 146, 40–42.
- Carvalho, C.E.V.; DI beneditto, A.P.M; , Souza, C.M.M.; Ramos, R.M.A.; Rezende, C.E. 2008. Heavy metal distribution in two cetacean species from Rio de Janeiro State, south-eastern Brazil. **Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom** 88(6): 1117–1120.
- Cavajal, B., Aboal, J.R., Fernandez, J.A., Real, C., Carballeira, A. 2010. Influence of roads and inhabited áreas on metal concentrations in terrestrial mosses. **Atmospheric environment**. 44: 3432-3441
- Coffin, A.W. 2007. From roadkill to road ecology: a review of the ecological effects of roads. **Journal of Transport Geography**, 15, 394–396.
- Cubas, Z.S; Godoy, S.N. **Algumas Doenças De Aves Ornamentais**. Disponível em < [http://wonderfullglosters.110mb.com/ PDF/Dossie\\_rde\\_doencas.pdf](http://wonderfullglosters.110mb.com/PDF/Dossie_rde_doencas.pdf) >: Acesso em 10 jun 2010.

Dauwe, T.; Bervoets, L.; Pinxten, R.; Blust, R.; Eens, M. 2003. Variation of heavy metals within and among feathers of birds of prey? Effect of molt and external contamination. **Environmental pollution**. 124: 429-436.

Demirbas, A. 1999. Proximate and heavy metal composition in chicken meat and tissues. **Food Chem**, 67: 27-31.

DesGranges, J.L., Rodrigue, J., Tardif, J., Laperle, M., 1998. Mercury accumulation and biomagnification in ospreys (*Pandion haliaetus*) in the James Bay and Hudson Bay regions of Quebec. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 35, 330–341.

D'zugan, M., Zielinska, S., Heclick, J., Pieniqzek, M., Szostek, M. 2012. Evaluation of heavy metals environmental contamination based their concentrations in tissues of wild pheasant (*Phasianus colchicus* L.) **Journal of Microbiology biotechnology and food sciences**. 2 (1): 238-245.

Eisler, R., 1985. Cadmium hazards to fish, wildlife, and invertebrates. A synoptic review. U.S. Fish and Wildlife Service Biological Report. **Patuxent Wildlife Research Center**, Laurel, Maryland.

Eisler, R. 2000. **Handbook of Chemical Risk Assessment: Health Hazards to Humans, Plants, and Animals**. Vol. 1. Metals. 738 pp. Lewis Publishers. Boca Raton. Chapter 3: Copper. pp. 93-200

FAGUNDES, B.R.S. 2006. **Distribuição e diversidade da avifauna atropelada ao longo de um trecho da Rodovia do Sol, ES – 060, Sudeste, Brasil**. Trabalho de conclusão de curso de graduação, Universidade de Vila Velha. ES.

Forman, R.T.T., Sperling, D., Bissonette, J.A. 2003. Road Ecology. **Science and Solutions**. Island Press, Washington, DC.

Garcia-Fernandez, A.J., 1994. **Impregnacion por plomo y cadmio en aves silvestres de la Region de Murcia**. Tese de doutorado. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia.

Garcia-Fernandez, A.J., Sanchez-Garcia, J.A., Gomez-Zapata, M., Luna, A., 1996. Distribution of cadmium in blood and tissues of wild birds. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 30, 252–258.

Honda, K., Marcovecchio, J.E., Kan, S., Tatsukawa, R., Ogi, H., 1990. Metal concentrations in pelagic seabirds from the North Pacific Ocean. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology** 19, 704 - 711.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em < [http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ /CD 1960 / CD\\_1960\\_ES\\_1Parte.pdf](http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/monografias/GEBIS%20-%20RJ /CD 1960 / CD_1960_ES_1Parte.pdf) > Acesso em 22 jan 2013.

Iwata, H., Tanabe, S., Sakai, N., Tatsukawa, R., 1993. Distribution of persistent organochlorines in oceanic air and surface seawater and the role of ocean in their global transport and fate. **Environ. Sci.Technol.** 27, 1080–1098.

Kalisinska, E., Salicki, W., Mys<sup>'''</sup>ek, P., Kavetska, K., Jackowski, A., 2004. Using the mallard to biomonitor heavy metal contamination of wetlands in north-western Poland. **Sci. Total Environ.** 320 (2–3), 145–161.

Lagadic, L., Caquet, T., Amiard, J.C., Ramade, F., 1998. Utilisation de Biomarqueurs pour la Surveillance de la Qualite de l'Environnement. Lavoisier, Tec&Doc, Paris.

Levengood, J.M., Sanderson, G.C., Anderson, W.L., Foley, G.L., Skowron, L.M., Brown, P.W., Seets, J.W., 1999. Acute toxicity of ingested zinc shot in game-farm mallards. **III. Nat. Hist. Surv. Bull.** 36, 1–36.

Lough, G.C.; Chauer, J.J.; Park, J.S.; Shafer, S.M.; Deminter, J; Weinstein, J. 2005. Emissions of metals associated with motor vehicle roadway. **Environmental Chemistry and Technology**, 39: 826-836.

Loumbourdis, N.S. 1997. Heavy metal concentration in a lizard, *Agama stellio stellio*, compared in urban, high altitude and agricultural, low altitude areas of north Greece. **Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology**, 58: 945-952.

Mateo, R., Estrada, J., Paquet, J.Y., Riera, X., Domínguez, L., Guitart, R., Martínez-Vilalta, A., 1999. Lead shot ingestion by marsh harriers *Circus aeruginosus* from Ebro delta, Spain. **Environ. Pollut.** 104, 435–440.

Minor, E.; Urban, D. 2010. Forest bird communities across a gradient of urban development. **Urban Ecosyst**, 13: 51-71.

Oehme, M., 1991. Further evidence for long-range air transport of polychlorinated aromates and pesticides: North America and Eurasia to the Arctic. **Ambio** 20, 293–297.

Oliveira, T. S.; Costa, L. M.; Cruz, C. D.; Horn, H. A. 1999. Metais pesados como indicadores de materiais de origem em uma topolitoseqüência do triângulo mineiro, estado de minas gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 34: 1451-1465.

Pacheco, A. 2009. Avaliação das concentrações de metais pesados no sedimento, água e em *Leucopternis lacernulata* (gavião pomba). Estudo de caso: Baía de Septiba, Rio de Janeiro. **Gaia Scientia**, 3 (2): 23-31

Palma, L., Beja, P., Tavares, P.C., Monteiro, L.R., 2005. Spatial variation of mercury levels in nesting Bonelli's eagles from Southwest Portugal: effects of diet composition and prey contamination. **Environ. Pollut.** 134, 549–557.

Pain, D.J., Sears, J., Newton, I., 1995. Lead concentration in birds of prey in Britain. **Environ. Pollut.** 87, 173–180.

Perez-Lopez, M., Mendonza, M.H., Beceiro, A.L., Rodriguez, F.S. 2008. Heavy metal (Cd, Pb, Zn) and metalloid (As) content in raptor species from Galicia (NW Spain). **Ecotoxicology and Environmental Safety** (70) 154–162

Pon, J.P.S., Beltrame, O., Marcovecchio, J., Favero, M., Gandini, P. 2011. Trace metals (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb and Zn) in feathers of black-browed albatross *Thalassarche melanophrys* attending the Patagonian Shelf. **Marine Environmental Research.** 72: 40-45.

Pusch, P.B. 2007. **Inventário de cargas de metais a partir de fontes difusas de poluição.** Dissertação de mestrado, Universidade Estadual de Campinas, SP, 118p.

Ramo, C., Sanchez, C., Hernandez, S.A., 1992. Lead poisoning of greater flamingos *Phoenicopterus ruber*. **Wildfowl** 43, 220–222.

Scheuhammer, A.M., 1987. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury and lead in birds: a review. **Environ. Pollut.** 46, 263–295.

Sörme, L.; Lagerkvist, R. 2002. Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. **Science of the Total Environment**, 298: 131-145.

Spellerberg, I.F. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review **Global Ecology and Biogeography Letters** 7 (3) 17-333.

Szkoda, J., Nawrocka, A., Kmiecik, M., Żmudzki, J. 2011. **Monitoring study of toxic elements in food of animal origin (in Polish).** In *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych*, vol. 48, 2011, p. 475-482.

Taggart, M.A., Figuerola, J., Green, A.J., Mateo, R., Deacon, C., Osborn, D., Meharg, A.A., 2006. After the Aznalco´llar mine spill: arsenic, zinc, selenium, lead and copper levels in the livers and bones of Five waterfowl species. **Environ. Res.** 100, 349–361.

Uluozlu, O.D., Tuzen, M., Mendil, D., Soylak, M. 2009. Assessment of trace element contents of chicken products from Turkey. **J. Hazardous Mater**, 163: 982-987

Wanielista, P.M.; Yousef, A.Y. 1993. Receiving water quality. In: *Stormwater management*. New York: **Publications John Wiley**, p. 159-211.

Wayland, M., and T. Bollinger. 1999. Lead exposure and poisoning in bald eagles and golden eagles in the Canadian Prairie provinces. **Environmental Pollution** 104, 341–350.

Zaccaroni, A., Amorena, M., Naso, B., Castellani, G., Lucisano, A., Stracciari, G.L., 2003. Cadmium, chromium and lead contamination of *Athene noctua*, the little owl, of Bologna and Parma, Italy. **Chemosphere** 52 (7), 1251–1258.

Zechmeister, H.G., Hagendorfer, H., Hohenwallner, D., Hanus-Illy, A., Riss, A., 2006. Analyses of platinum group elements in mosses as indicators of road traffic emissions in Austria. **Atmospheric Environment** 40, 7720e7732

Capítulo 2:

**QUANTIFICAÇÃO DE ELEMENTOS-TRAÇO EM TECIDO  
SANGUÍNEO DE AVES DE RAPINA EM REGIÕES ANTROPIZADAS  
DOS ESTADOS DE ALAGOAS, SÃO PAULO E ESPÍRITO SANTO,  
BRASIL.**

## RESUMO

BORLINI, Thatiane Corona. Universidade Vila Velha – UVV- Fevereiro de 2013. **Quantificação de elementos-traço em tecido sanguíneo em aves de rapina de regiões antropizadas dos Estados de Alagoas, São Paulo e Espírito Santo, Brasil.** Orientador: João Luiz Rossi Jr.

Nesta pesquisa foi avaliada as concentrações de metais pesados (Cádmio, Zinco, Ferro, Manganês, Cobre e Chumbo) em tecidos sanguíneos de Strigiformes, Accipitriformes e Falconiformes que habitam grandes centros urbanos, partindo-se da hipótese de que esses animais apresentam altos níveis de substâncias inorgânicas que podem ser tóxicas, o que pode gerar um problema para as populações locais. As amostras foram coletadas, entre 2011 e 2012, em centros de triagem e reabilitação de animais silvestres de três estados brasileiros: Alagoas (CETAS-AL), Espírito Santo (CETAS –ES) e São Paulo (CRAS). Para a digestão das amostras, foram preparadas soluções contendo 3 ml de ácido nítrico e 10 ml de ácido clorídrico 5 M. A quantificação dos metais (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) foi realizada por ICP-OES. Das três Ordens estudadas, obtivemos um total de 40 animais, representados por 10 indivíduos de Strigiformes, distribuídos em 05 espécies, 14 indivíduos de Falconiformes, distribuídos também em 05 espécies e 16 Accipitriformes, distribuídos em 10 espécies. Para todas as amostras, os níveis de Cd estavam abaixo do limite de quantificação (0,741 µg/g). Os elementos-traço Fe e Zn diferem entre si ( $p < 0,0001$ ) e entre os outros metais analisados, em todas as três ordens estudadas ( $p < 0,0001$ ). Entretanto, comparando-se a bioacumulação do conjunto de metais (Pb, Zn, Fe, Cu e Mn) não se observa diferença entre as concentrações destes metais nas três ordens de aves de rapina. Foi encontrada diferença entre a concentração de elementos-traço nas aves de rapina em relação aos locais de coleta, o que nos permite inferir que os níveis de contaminação nos locais estudados é semelhante. Das 40 amostras analisadas, 12,5% ( $n=5$ ) apresentam concentrações de Pb entre 0,2 e 1,5 µg/g, 85% ( $n=34$ ) apresentaram concentrações deste metal entre 1,5 e 7,5 µg/g. Um espécime de *Rupornis magnirostris* (gavião-carijó), da região de Maceió/AL, apresentou altíssimo teor de Pb em seu sangue (11,15 µg/g) e de acordo com Franson (1996), valores acima de 7,5 µg/g já são considerados letais. O presente estudo pode ser considerado como um ponto de partida para futuras análises, que visa definir qualquer possível correlação entre os níveis de poluentes e o aparecimento de possíveis efeitos adversos aos animais. Ele também fornece dados úteis para casos de diagnóstico e de contaminação, através do biomonitoramento ambiental.

**Palavras – chave:** metais pesados, Strigiforme, Accipitriforme, Falconiforme, regiões antropizadas.

## ABSTRACT

BORLINI, Thatiane Corona. University Vila Velha - UVV-February 2013. **Quantification of trace elements in blood tissue in Raptors disturbed regions of the states of Alagoas, Sao Paulo and Espirito Santo, Brazil.** Advisor: João Luiz Rossi Jr.

This research assesses the concentrations of heavy metals (Cadmium, Zinc, Iron, Manganese, Copper and Lead) in tissue blood Strigiformes, Falconiformes Accipitriformes and inhabiting urban centers, starting from the hypothesis that these animals have high levels of inorganic substances that can be toxic, which can create a problem for local populations. The samples were collected between 2011 and 2012 in centers and rehabilitation of wild animals from three Brazilian states: Alagoas (CETAS-AL), Espírito Santo (ES-CETAS) and São Paulo (CRAS). For digestion samples were prepared solutions containing 3 ml nitric acid and 10 ml of 5 M hydrochloric acid. The quantification of metal (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu and Pb) was performed by ICP-OES. Orders of the three studied, we obtained a total of 40 animals, represented by 10 individuals Strigiformes, distributed in 05 species, 14 individuals of Falconiformes, also distributed in 05 species and 16 Accipitriformes, distributed in 10 species. For all samples, the levels of Cd were below the limit of quantitation (0.741 g / g). The trace elements Fe and Zn differ ( $p < 0.0001$ ) and other metals considered in all three orders studied ( $p < 0.0001$ ). However, comparing the bioaccumulation of the set of metals (Pb, Zn, Fe, Cu and Mn) no difference was observed between the concentrations of these metals in three orders of birds of prey. difference was found between the concentration of trace elements in raptors in relation to collection sites, allowing us to infer that the levels of contamination at the sites studied is similar. Of the 40 samples, 12.5% ( $n = 5$ ) present Pb concentrations between 0.2 and 1.5 mg / g, 85% ( $n = 34$ ) had concentrations of rhodium between 1,5 and 7,5 mg / g. A specimen of *Rupornis magnirostris* (roadside hawk), the region of Maceió / Al, showed very high concentration of Pb in their blood (11.15 mg / g) and according to Franson (1996), values above 7.5 g / g are already considered lethal. This study can be regarded as a starting point for further analysis, which seeks to define any possible correlation between the levels of pollutants and the onset of possible adverse effects on animals. It also provides useful data for the diagnostic and cases of contamination by biomonitoring.

**Key-words:** heavy metals, Strigiforme, Accipitriforme, Falconiforme, disturbed regions.

## INTRODUÇÃO

Alguns elementos-traço, como o Zn, são considerados essenciais, pois contribuem positivamente para agricultura e à saúde humana, quando em baixas concentrações, enquanto outros, por exemplo, Pb, não são essenciais e são considerados tóxicos em qualquer concentração. Entretanto, mesmo os essenciais podem, sob condições específicas, causar impactos negativos a ecossistemas terrestres e aquáticos, constituindo-se, assim, em contaminantes ou poluentes do solo e da água (Khan et al., 2008; Zhuang, et al., 2009; Amin et al., 2013).

O aumento das concentrações dos elementos-traço podem ocorrer por processos naturais ou por atividades antropogênicas (Amin et al., 2013) . As fontes de origem antrópica dos metais pesados são inúmeras, dentre elas estão os efluentes industriais, atividades agrícolas (Pepinelli et al., 2005), extração e beneficiamento de minérios, atividades metalúrgicas (Pereira, 2003), queima de combustíveis fósseis, polimento de superfícies metálicas (Hou et al., 2005), assim como podem estar relacionada às construções, ao tráfego (Davis et al., 2001; Sansalone e Buchberger, 1997) e às águas de drenagem urbana (Lee e Bang, 1999; Prestes et al., 2006). Em estudos realizados com material particulado e solo em regiões de atividade industrial intensa altos níveis de Zn, Cu, Cd e Pb são encontrados indicando que fontes antropogênicas prevalecem sobre as fontes naturais (Venditti et al., 2000).

Os metais pesados, originados pelas atividades industriais, urbanas e relacionadas à caça de animais estão entre os principais contaminantes ambientais que podem causar vários problemas à saúde dos ecossistemas, afetando a dinâmica de populações selvagens, também estão essencialmente associados a problemas de desenvolvimentos fisiológicos e comportamentais (Burger, 1995; Furness, 1996; Gochfeld, et al., 1996). Eles competem com minerais essenciais, como selênio e cálcio, nos processos metabólicos, afetando o aproveitamento destes nutrientes, impossibilitando a ocorrência de reações químicas importantes e causando transtornos graves (Baird, 2002).

Elementos não essenciais, como o chumbo (Pb) e cádmio (Cd) são emitidos a níveis globais, principalmente através de indústrias, tráfego rodoviário e do consumo

de combustíveis fósseis (Kenntner et al., 2003) e podem exercer diversos efeitos à saúde dos animais. Elevada exposição e intoxicação por chumbo tem sido descrita para aves por mais de um século (Grinnell, 1894; Wayland e Bollinger, 1999). Já o cádmio tem sido descrito como um dos mais perigosos oligoelementos presentes em alimentos e no meio ambiente, devido a sua elevada toxicidade e bioacumulação (Battaglia et al., 2005).

A utilização de animais como bioindicadores adequados podem fornecer dados interessantes sobre biomonitoramento ambiental, de um ponto de vista toxicológico. Algumas espécies têm hábitos biológicos que aumentam a probabilidade de exposição a contaminantes, como as aves de rapina e, desse modo, pode produzir informações relevantes que não seriam diagnosticadas se apenas fossem analisadas amostras abióticas no ambiente (Perez-Lopez et al., 2008).

O uso de aves como monitores de poluição ambiental tem sido reconhecido desde os anos 60, como resultado da evidência crescente de que as populações de aves são particularmente sensíveis aos efeitos da influência humana sobre o meio ambiente (Denneman e Douben, 1993). Aves de rapina estão entre as espécies de aves mais utilizadas em estudos de biomonitoramento, devido à sua posição no topo da cadeia alimentar e a integração espacial dos níveis de contaminantes com suas grandes áreas de distribuição (Esselink et al., 1995; Pain et al., 1995; Garcia-Fernandez et al., 1997).

Técnicas de coletas pouco invasivas, tais como coleta de sangue, são ideais para quaisquer espécies, especialmente as ameaçadas ou em risco de extinção e oferecem informações valiosas, sem exercer grandes impactos aos indivíduos.

Nesta pesquisa foi avaliado as concentrações de metais pesados (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) em tecidos sanguíneos das três Ordens de rapinantes (Strigiforme, Accipitriforme e Falconiforme) que habitam grandes centros urbanos, partindo-se da hipótese de que esses animais apresentam altos níveis de substâncias inorgânicas que podem ser tóxicas, o que pode gerar um problema para as populações locais.

## MATERIAIS E MÉTODOS

As amostras foram coletadas, entre 2011 e 2012, em centros de triagem e reabilitação de animais silvestres de três estados brasileiros: Alagoas (CETAS-AL), Espírito Santo (CETAS –ES) e São Paulo (CRAS) e foram provenientes de resgates feitos por órgãos públicos, como o Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e Recursos Naturais Renováveis (IBAMA). Todas as aves habitavam regiões antropizadas, como centros urbanos com grande fluxo de veículos e indústrias.

Os três centros urbanos apresentam áreas verdes de importância ecológica. No estado de São Paulo, as amostras foram coletadas de aves que habitam a região próxima ao Parque Ecológico do Tietê. No Espírito Santo, as coletas foram realizadas em aves habitantes da região da Grande Vitória e no estado de Alagoas, foram coletadas amostras de animais que habitavam a região metropolitana de Maceió.

Foi coletado cerca de 1ml de sangue de cada ave, através da veia jugular, com auxílio de agulha 25x6 e seringa de 3ml. O material foi transferido para tubos heparinizados, identificados e congelados até a realização das análises (Blanco et al., 2004). Para a digestão das amostras, foram preparadas soluções contendo 3 ml de ácido nítrico suprapuro (Merck) e 10 ml de ácido clorídrico 5 M (Merck) (Hernandez et al., 1999 – adaptado). Esse processo foi preparado em tubos digestores previamente lavados com solução de ácido nítrico a 10% e levados ao aparelho digestor (Marconi Mod. MA 851), por aproximadamente 2 horas à uma temperatura máxima de 300 °C (Hernandez et al., 1999 – adaptado), até que a solução estivesse límpida e translúcida. Esta solução resultante foi transferida para um balão volumétrico de 25 ml e teve o volume final completado com água ultra-pura tipo 1 (água Mili-Q).

A quantificação dos metais (Cd, Zn, Fe, Mn, Cu e Pb) foi realizada por espectrômetro de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), modelo Optima 7000 da PerkinElmer, com coeficiente de variação sempre menor que 10%, margem que é aceitável (Zaccaroni et al., 2003). Os limites de

quantificação para os metais analisados foram: Pb = 0,4µg/g , Cd = 0,741 µg/g, Fe = 0,355 µg/g, Zn = 0,309 µg/g, Mn = 0,08 µg/g e Cu = 0,338 µg/g.

Foram realizadas Análises de Variância de dois fatores (ANOVA *Two-way*) para avaliar a interação entre as concentrações de elementos-traço com as três ordens de aves de rapina nos locais de estudo. O teste de Bonferroni foi aplicado para analisar a relação entre os metais com as diferentes ordens. A diferença de contaminação entre os locais de coleta foi analisada através do teste de Múltipla comparação de Tukey e ANOVA uma via. Os resultados foram expressos com a média  $\pm$  desvio padrão e foram analisados empregando-se o programa GraphPad InStat Software (Copyright 1992 – 1998, Califórnia, U.S.A). Para todas as análises foi utilizado o nível de significância de  $p < 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Das três Ordens estudadas, obtivemos um total de 40 animais, representados por 10 indivíduos de Strigiformes, distribuídos em 05 espécies, 14 indivíduos de Falconiformes, distribuídos também em 05 espécies e 16 Accipitriformes, distribuídos em 10 espécies.

Nas tabelas 1, 2 e 3 apresentam-se os valores das concentrações de metais encontrados nas aves de rapina nos estados do Espírito Santo, São Paulo e Alagoas, respectivamente. Para todas as amostras, os níveis de Cd estavam abaixo do limite de quantificação (0,741 µg/g).

Tabela 1: Concentração de metais pesados em tecido sanguíneo de aves de rapina da região da Grande Vitória/ES

Metais Pesados	Strigiforme	Falconiforme	Accipitriforme
<b>Pb</b>			
Média e desvio padrão	2,10 ± 0,14	2,02 ± 0,27	2,26 ± 0,81
Valor mínimo	1,5	1,53	0,65
Valor máximo	2,39	3,04	4,48
<b>Zn *</b>			
Média e desvio padrão	11,71 ± 1,26	18,98 ± 7,33	10,89 ± 0,96
Valor mínimo	7,025	7,1	8,92
Valor máximo	16,05	47,65	13,44
<b>Fe *</b>			
Média e desvio padrão	313,47 ± 10,38	315,17 ± 24,35	315,17 ± 24,35
Valor mínimo	276,92	244,14	120,25
Valor máximo	345,81	326,87	658,45
<b>Cu</b>			
Média e desvio padrão	1,55 ± 0,21	1,37 ± 0,34	1,24 ± 0,44
Valor mínimo	0,9	0,73	0,43
Valor máximo	2,28	2,69	2,48
<b>Mn</b>			
Média e desvio padrão	2,47 ± 1,17	2,03 ± 0,74	1,83 ± 1,40
Valor mínimo	0,65	0,175	0,65
Valor máximo	2,86	4,35	5,25
<b>Número de amostras</b>	<b>06</b>	<b>05</b>	<b>04</b>

Todos os valores estão representados em µg/g que equivalem a ppm.

\*  $p < 0,0001$ .

Tabela 2: Concentração de metais pesados em tecido sanguíneo de aves de rapina da região próxima ao Parque Ecológico do Tietê/SP

<b>Metais Pesados</b>	<b>Strgiformes</b>	<b>Falconiformes</b>	<b>Accipitriformes</b>
<b>Pb</b>			
Média e desvio padrão	2,95 ± 0,75	2,103 ± 0,41	1,99 ± 0,26
Valor mínimo	0,90	1,61	1,10
Valor máximo	6,33	2,93	3,12
<b>Zn *</b>			
Média e desvio padrão	27,34 ± 5,66	15,58 ± 3,25	20,72 ± 6,96
Valor mínimo	10,26	10,84	7,66
Valor máximo	21,47	46,04	61,34
<b>Fe *</b>			
Média e desvio padrão	301,49 ± 26,50	301,70 ± 39,15	287,23 ± 21,20
Valor mínimo	243,61	240,35	225,70
Valor máximo	376,22	420,85	380,50
<b>Cu</b>			
Média e desvio padrão	10,61 ± 3,21	4,83 ± 2,21	2,14 ± 0,62
Valor mínimo	0,96	0,72	0,87
Valor máximo	8,64	20,85	3,43
<b>Mn</b>			
Média e desvio padrão	2,61 ± 0,62	1,06 ± 0,144	1,34 ± 0,44
Valor mínimo	0,87	0,99	0,44
Valor máximo	1,35	3,00	3,44
<b>Número de amostras</b>	<b>03</b>	<b>06</b>	<b>07</b>

*Todos os valores estão representados em em µg/g que equivalem a ppm.*

*\* p < 0,0001.*

Tabela 3: Concentração de metais pesados em tecido sanguíneo de aves de rapina da região Metropolitana de Maceió/AL

<b>Metais Pesados</b>	<b>Strgiformes</b>	<b>Falconiformes</b>	<b>Accipitriformes</b>
<b>Pb</b>			
Média e desvio padrão	1,89	2,19 ± 0,13	3,61 ± 1,89
Valor mínimo	-	2,03	1,10
Valor máximo	-	2,45	11,15
<b>Zn *</b>			
Média e desvio padrão	9,24	10,51 ± 1,42	43,18 ± 20,03
Valor mínimo	-	7,85	11,05
Valor máximo	-	12,73	115,66
<b>Fe *</b>			
Média e desvio padrão	287,72	398,30 ± 53,86	322,58 ± 45,36
Valor mínimo	-	333,72	192,32
Valor máximo	-	505,26	460,96

<b>Cu</b>			
Média e desvio padrão	1,08	1,10 ± 0,06	1,93 ± 0,77
Valor mínimo	-	1,03	0,99
Valor máximo	-	1,22	5,00
<b>Mn</b>			
Média e desvio padrão	5,34	1,12 ± 0,57	2,13 ± 1,06
Valor mínimo	-	0,50	0,38
Valor máximo	-	2,27	5,96
<b>Número de amostras</b>	<b>01</b>	<b>03</b>	<b>05</b>

*Todos os valores estão representados em em µg/g que equivalem a ppm.*

*\* p < 0,0001.*

Os elementos-traço Fe e Zn diferem entre si ( $p < 0,0001$ ) e entre os outros metais analisados, em todas as três ordens estudadas ( $p < 0,0001$ ). Entretanto, comparando-se a bioacumulação do conjunto de metais (Pb, Zn, Fe, Cu e Mn) não se observa diferença entre as concentrações destes metais nas três ordens de aves de rapina. Isso significa que os níveis de elementos-traço encontrados não dependem das diferentes ordens analisadas, o que contraria um estudo realizado por Battaglia e colaboradores (2005) que encontraram diferenças significativas nos níveis de metais pesados presentes em fígado, rins e músculo entre juvenis de *Athene noctua* (Strigiforme) e *Buteo buteo* (Accipitriforme), afirmando que a primeira apresenta maiores níveis de contaminação que a segunda. Em outro estudo, realizado por Perez-Lopes e colaboradores (2008), os autores compararam espécies de hábitos noturnos (Strigiformes) e diurnos (Accipitriformes e Falconiformes) e encontraram diferenças significativas apenas para as concentrações de Cd. Os tecidos empregados nas análises supracitadas são conhecidamente os locais de bioacumulação de substâncias e o sangue é uma via de transporte. Desta forma, a diferença de resultados pode ser explicada pela diferença de tecido.

Não foi encontrada diferença entre a concentração de elementos-traço nas aves de rapina em relação aos locais de coleta (Figura 1), o que nos permite inferir que os níveis de contaminação nos locais estudados é semelhante. Embora se observe uma tendência de diferença na concentração de alguns metais entre os animais representantes da Ordem Strigiforme coletados no CRAS-SP e no CETAS-

Al (Figura 1 – C) a amostra obtida nesta última foi reduzida, apenas 1 indivíduo, dificultando a comparação.

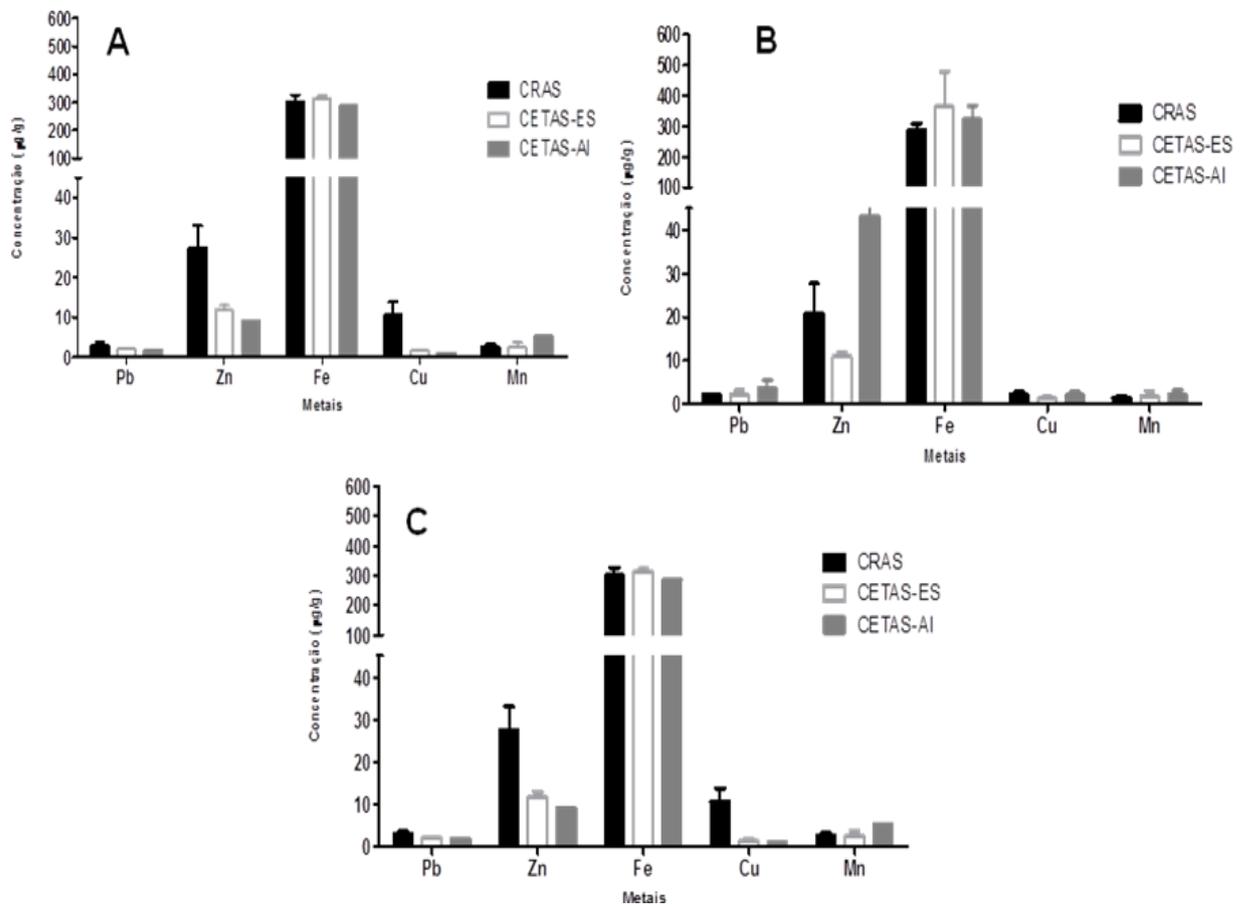


Figura 1: Comparação das concentrações de elementos traço em tecidos sanguíneo de aves de rapina em três diferentes estados. A – Falconiformes, B- Accipitriformes e C- Strigiformes

O Pb é um metal pesado não essencial e é altamente tóxico, podendo causar a mortalidade de diversas espécies de aves (Ramo et al., 1992, Mateo et al., 1998). Esse metal pode exercer efeitos subletais (Ochiai et al., 1992) e até efeitos negativos na reprodução das espécies (Burger, 1995), dependendo da concentração. Intoxicação por chumbo em aves de rapina foi descrita pela primeira vez há algumas décadas (Jacobson et al., 1977), sendo que, geralmente, essa intoxicação ocorre

devido à ingestão de presas com projéteis de chumbo incorporado em sua musculatura (Pattee e Hennes, 1983).

Das 40 amostras analisadas, 12,5% (n=5) apresentam concentrações de Pb entre 0,2 e 1,5 µg/g, que de acordo com Franson (1996) resultam em efeitos subclínicos. Observou-se que a grande maioria das amostras (85%) (n=34) apresentaram concentrações deste metal entre 1,5 e 7,5 µg/g e, de acordo com Franson (1996) podem desencadear quadros de intoxicação e causar danos à saúde, comprometendo as populações. Um espécime de *Rupornis magnirostris* (gavião-carijó), da região de Maceió/Al, apresentou alto teor de Pb em seu sangue (11,15 µg/g) e de acordo com Franson (1996), valores acima de 7,5 µg/g já são considerados letais.

As concentrações de Pb no sangue inferior a 0,2 µg/g são consideradas normais e subentende-se que as áreas não estejam contaminadas (Cruz-Martinez et al., 2012). No presente estudo, nenhuma amostra analisada apresentou concentrações menores que o limite de quantificação do método (0,4 µg/g). Portanto, pode-se sugerir que as áreas estudadas apresentam níveis de contaminação que podem ser tóxicos aos animais que habitam a região e os níveis de contaminação encontrados podem prejudicar a dinâmica populacional, afetando a sobrevivência das espécies.

Em relação aos metais essenciais, no presente estudo, foram encontrados altos níveis de Zn e Fe, o que pode ser explicado pelo fato de que esses elementos participam de alguns processos fisiológicos nos organismos (Uluozlu, et al., 2009; Demirbas, 1999).

As concentrações elevadas de Fe no sangue corroboram as encontradas por Abduljaleel e colaboradores (2012), quando avaliaram as concentrações deste elemento em sangue de galo doméstico (*Gallus gallus*). Os níveis de flutuação de metais no sangue podem refletir a quantidade desses elementos na última alimentação ou à exposição respiratória aos poluentes (Rattner, et al., 2008). Isso pode explicar os altos valores de Fe no sangue das aves de rapina, já que os animais estudados habitavam regiões industrializadas e, em alguns casos, como os animais do CETAS-ES, habitavam regiões próximas a grandes mineradoras, que liberam grande quantidade de minério de ferro no ambiente.

Os valores de Zn encontrados no presente estudo são parecidos com as concentrações presentes em codornas (*Coturnix coturnix japonica*) e galo doméstico, encontrados por Abduljaleel e colaboradores (2012). Em geral, não existem valores de referência para concentrações de Zn no sangue (Taggart et al., 2006), por ser um elemento-traço essencial para as funções de muitas enzimas. Porém, concentrações anormais podem representar uma fonte adicional de estresse para as aves que já estão enfrentando condições estressantes.

As concentrações de Mn e Cu encontrados nas aves de rapina no presente estudo estão de acordo com os encontrados por Abduljaleel e colaboradores (2012). Os elementos essenciais, como o Fe, Cu, Mn e Zn, podem ser regulados metabolicamente de modo que um aumento na concentração destes metais não é diretamente proporcional à exposição aos mesmos e, portanto, diminui o potencial para a detecção de variações ambientais (Ek et al., 2004; Wenzel et al., 1996).

O desgaste de freios e pneus, assim como os óleos lubrificantes, são os responsáveis pela liberação de Zn; já o Cu provém, principalmente, do desgaste dos freios; enquanto que para o Pb a principal fonte é a gasolina (Sörme e Lagerkvist, 2002; Lough et al., 2005). Atividades antropogênicas, principalmente indústrias e atividades domésticas são as principais fontes de metais pesados nos ambientes estudados.

O presente estudo pode ser considerado como um ponto de partida para futuras análises, que visa definir qualquer possível correlação entre os níveis de poluentes e o aparecimento de possíveis efeitos adversos aos animais.

## **CONCLUSÃO**

O presente estudo demonstra que o sangue de aves de rapina pode ser um bom indicador da qualidade ambiental, indicando a situação atual do ambiente, já que é uma via de transporte imediato de elementos-traço. Esse método pode ser utilizado com diversas espécies que podem ser bioindicadoras, já que é um método pouco invasivo, proporcionando menos riscos e bons resultados. Não foram encontradas diferenças entre os locais de estudo, o que indica que as cidades escolhidas para coleta são semelhantes, apresentando ambientes muito antropizados.

## REFERÊNCIAS

Abduljaleel, S.A., Shuhaimi-Othman, M., Babji, A. 2012. Assessment of trace metals contents in chicken (*Gallus gallus domesticus*) and quail (*Coturnix coturnix japonica*) tissues from Selangor (Malaysia). **Jornal of Environmental Science and Technology**. 5 (6) 441-451.

Amin, N.-U., Hussain, A., Alamzeb, S., Begum, S. 2013. Accumulation of heavy metals in edible parts of vegetables irrigated with waste water and their daily intake to adults and children, District Mardan, Pakistan. **Food Chemistry** 136 (3-4) 1515-1523.

BAIRD, C. **Química Ambiental**, Ed. Bookman, p.555-557, 2002.

Battaglia, A., Ghidini, S., Campanini, G., Spaggiari, R. 2005. Heavy metal contamination in little owl (*Athene noctua*) and common buzzard (*Buteo buteo*) from northern Italy. **Ecotoxicology and Environmental safety**. 60: 61-66.

Blanco, G., Jimenez, B., Frias, O., Millan, J., Davila, J. 2004. Contamination with nonessential metals from a solid-waste incinerator correlates with nutritional and immunological stress in pre-fledgling black-kites (*Milvus migrans*). **Environmental Research**. 94: 94-101.

Burger, J., 1995. A risk assessment for lead in birds. **J. Toxicol. Environ. Health** 45, 369–396.

Cruz-Martinez, L., Redig, P., Deen, J. Lead from spent ammunition: a source of exposure and poisoning in bald Eagles. 2012. **Human-Wildlife Interactions** 6 (1): 94-104.

Davis, A.P.; Shokouhian, M.; Ni, S. 2001. Loading estimates of lead, copper, cadmium and zinc in urban runoff from specific sources. **Chemosphere**, 44: 997-1009.

Demirbas, A. 1999. Proximate and heavy metal composition in chicken meat and tissues. **Food Chem**, 67: 27-31.

Denneman, W.D., Douben, P.E.T., 1993. Trace metals in primary feathers of the Barn Owl (*Tyto alba guttatus*) in the Netherlands. **Environmental Pollution** 82, 301±310..

Esselink, H., van der Geld, F.M., Jager, L.P., Posthuma-Trumpie, G.A., Zoun, P.E.F., Baars, A.J., 1995. Biomonitoring heavy metals using the barn owl (*Tyto alba guttata*): sources of variation especially relating to body condition. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 28, 471–486.

Ek, K.H., Morrison, G.M., Lindberg, P., Rauch, S., 2004. Comparative tissue distribution of metals in birds in Sweden using ICP-MS and laser ablation ICP-MS. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 47, 259–269.

Franson, J. C. 1996. Interpretation of tissue lead residues in birds other than waterfowl. Page 279 *in* W. N. Beyer, G. H. Heinz, and A. W. Redmon-Norwood, editors. **Environmental contaminants in wildlife: interpreting tissue concentrations**. Lewis, Boca Raton, Florida, USA.

Furness, R.W. 1996. Cadmium in birds. In: **Environmental Contaminants in Wildlife: Interpreting Tissue Concentrations**. Beyer, N.W., Heinz, G.H. and Redmon-Norwood, A.W. (eds). Lewis Publishing, Boca Raton, FL, pp. 389–404.

Garcia-Fernandez, A.J., Motas-Guzman, M., Navas, I., Maria- Mojica, P., Luna, A., Sanchez-Garcia, J.A., 1997. Environmental exposure and distribution of lead in four species of raptors in southeastern Spain. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology** 33, 76–82.

Grinnell, G.B., 1894. **Lead poisoning**. Forest Stream 42, 117–118.

Gochfeld, M., Belant, J.L., Shukla, T., Benson, T., Burger, J., 1996. Heavy metals in laughing gulls: gender, age, and tissue differences. **Environmental Toxicology and Chemistry** 15, 2275±2283.

Hernandez, L.M., Gomara, B., Fernandez, M., Jimenez, B., Gonzalez, M.J., Baos, R., Hiraldo, F., Ferrer, M., Benito, V., Suner, M.A., Devesa, V., Munoz, O., Montoro, R., 1999. Accumulation of heavy metals and As in wetlands birds in the area around Donana National Park affected by the Aznalcollar toxic spill. **Sci. Total Environ.** 242, 293–308.

Hou, H. Takamatsu, T. Koshikawa, M.K.; Hosomi, M. 2005. Trace metals in bulk precipitation and throughfall in a suburban area of Japan. **Atmospheric Environment**, 39: 3583-3595.

Jacobson, E., Carpenter, J.W., Novilla, M., 1977. Suspected lead toxicosis in a bald eagle. **J. Am. Vet. Med. Assoc.** 171, 952–954.

Mateo, R., Belliure, J., Dolz, C., Aguilar Serrano, J.M., Guitart, R., 1998. High prevalences of lead poisoning in wintering waterfowl in Spain. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 35, 342–347.

Kenntner, N., Krone, O., Altenkamp, R., Tataruch, F., 2003. Environmental contaminants in liver and kidney of free-ranging northern goshawks (*Accipiter gentilis*) from three regions of Germany. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 45, 128–135.

Khan, S., Cao, Q., Zheng, Y.M., Huang, Y.Z., Zhu, Y.G. 2008. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. **Environmental Pollution**, 152 (3) pp. 686–692

Lee, J. H.; Bang, K. W. 1999. Characterization of urban stormwater runoff. **Water Research**, 34: 1773-1780.

Lough, G.C.; Chauer, J.J.; Park, J.S.; Shafer, S.M.; Deminter, J; Weinstein, J. 2005. Emissions of metals associated with motor vehicle roadway. **Environmental Chemistry and Technology**, 39: 826-836.

Mateo, R., Belliure, J., Dolz, C., Aguilar Serrano, J.M., Guitart, R., 1998. High prevalences of lead poisoning in wintering waterfowl in Spain. **Arch. Environ. Contam. Toxicol.** 35, 342–347.

Ochiai, K., Jin, K., Itakura, C., Goryo, M., Yamashita, K., Mizuno, N., Fuginaga, T., Tsuzuki, T., 1992. Pathological study of lead poisoning in whooper swans (*Cygnus cygnus*) in Japan. **Avian Dis.** 36, 313–323.

Pattee, O.H., Hennes S.K., 1983. Bald eagles and waterfowl: the lead shot connection. In: 48th North American Wildlife Conference 1983. **Wildlife Management** Inst, Washington DC, pp. 230–237.

Pain, D.J., Sears, J., Newton, I., 1995. Lead concentration in birds of prey in Britain. **Environ. Pollut.** 87, 173–180.

Pepinelli, M.; Corbil, J.J.; Santos, A.; Trivinho-Strixino, S. 2005. **Concentração de metais em insetos aquáticos de córregos sob diferentes usos do solo: um estudo preliminar.** Resumo VII Congresso Brasileiro de Ecologia, Caxambu, MG.

Pereira, L.B.F. 2003. **Distribuição de metais pesados e cianeto total nos sedimentos de drenagem e pilha de rejeito na área da mina Bonfim, município de Lajes (RN).** Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, RN, 225p.

Perez-Lopez, M., Mendonza, M.H., Beceiro, A.L., Rodriguez, F.S.2008. Heavy metal (Cd, Pb, Zn) and metalloid (As) content in raptor species from Galicia (NW Spain). **Ecotoxicology and Environmental Safety** (70) 154–162.

Prestes, E.C.; Anjos, V.E.; Sodré, F.F.;Grassi, M.T. 2006. Copper, lead and cadmium loads and behavior in urban stormwater runoff in Curitiba, Brazil. **Journal of Brazilian Chemical Society**, 17: 53-60.

Ramo, C., Sanchez, C., Hernandez, S.A., 1992. Lead poisoning of greater flamingos *Phoenicopterus ruber*. **Wildfowl** 43, 220–222.

Rattner, B.A, Golden, N.H, Toschik, P.C, Mcgowan, P.C., Custer, T.W. 2008. Concentrations of metals in blood and feathers of nestling ospreys (*Pandion haliaetus*) in chesapeake and delaware bayss. **Ach. Environ. Contam. Toxicol.**, 54: 114-122.

Sansalone, J.J.; Buchberger, S.G. 1997. Partitioning and first flush of metals in urban roadway stormwater. **Journal of Environmental Engineering**, 123: 134-143.

Sörme, L.; Lagerkvist, R. 2002. Sources of heavy metals in urban wastewater in Stockholm. **Science of the Total Environment**, 298: 131-145.

Taggart, M.A., Figuerola, J., Green, A.J., Mateo, R., Deacon, C., Osborn, D., Meharg, A.A., 2006. After the Aznalco´llar mine spill: arsenic, zinc, selenium, lead and copper levels in the livers and bones of five waterfowl species. **Environ. Res.** 100, 349–361.

Uluozlu, O.D., Tuzen, M., Mendil, D., Soylak, M. 2009. Assessment of trace element contents of chicken products from Turkey. **J. Hazardous Mater**, 163: 982-987

Walsh, P.M., 1990. The use of seabirds as monitors of heavy metals in the marine environment. In: Furness, R.W., Rainbow, P.S. (Eds.), **Heavy Metals in the Marine Environment**. CRC Press, Boca Raton, pp. 183–204.

Wayland, M., and T. Bollinger. 1999. Lead exposure and poisoning in bald eagles and golden eagles in the Canadian Prairie provinces. **Environmental Pollution** 104:341–350.

Wenzel, C., Adelung, D., Theede, H., 1996. Distribution and age-related changes of trace elements in kittiwake *Rissa tridactyla* nestlings from an isolated colony in the German Bight, North Sea. **Sci. Total Environ.** 193, 13–26.

Zaccaroni, A., Amorena, M., Naso, B., Castellani, G., Lucisano, A., Stracciari, G.L., 2003. Cadmium, chromium and lead contamination of *Athene noctua*, the little owl, of Bologna and Parma, Italy. **Chemosphere** 52 (7), 1251–1258.

Zhuang, P., McBride, M.B., Xia, H., Li, N., Li, Z. 2009. Health risk from heavy metals via consumption of food crops in the vicinity of Dabaoshan mine, South China **Science of the Total Environment**, 407 (5) 1551–1561.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

O uso de aves de rapina que foram a óbito por atropelamentos foi viável para identificação de metais pesados, permitindo que o estudo fosse conduzido, aproveitando material biológico sem interferir no ambiente.

Os resultados aqui apresentados nos permite afirmar que as aves de rapina são excelentes indicadoras da qualidade ambiental, refletindo os níveis de contaminação dos locais habitados por elas.

Todos os tecidos utilizados na pesquisa se mostraram bons bioindicadores. O tecido sanguíneo deve ser utilizado para expor a situação atual do ambiente e os tecidos hepático e cardíaco são úteis para apresentar uma contaminação em longo prazo, já que são órgãos acumuladores. Grande parte das amostras apresentaram concentrações de elementos-traço, principalmente, não essenciais (Pb e Cd) elevadas, o que nos permite inferir que os locais estudados apresentam contaminação.

Vale ressaltar que existem poucos trabalhos que envolvem rapinantes e metais pesados no Brasil, principalmente no estado do Espírito Santo, local onde foram coletadas a maior parte das amostras. O presente estudo pode ser utilizado como ponto de partida para futuras ações, fornecendo dados úteis para casos de diagnóstico e de contaminação, através do biomonitoramento ambiental.