



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável

BIOINDICADORES ANIMAIS DE METAIS POLUENTES

Vanessa Miranda de Souza

Goiânia, GO
2010



UNIVERSIDADE CATÓLICA DE GOIÁS
Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Mestrado em Ecologia e Produção Sustentável

**BIOINDICADORES ANIMAIS
DE METAIS POLUENTES**

Vanessa Miranda de Souza

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Produção Sustentável da Pontifícia Universidade Católica de Goiás, como requisito para a obtenção do título de Mestre em Ecologia e Produção Sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães

Goiânia, GO

2010

S729b Souza, Vanessa Miranda de.
Bioindicadores animais de metais poluentes / Vanessa
Miranda de Souza. – 2010.
67 f.

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica
de Goiás, 2010.

“Orientador: Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães”.

1. Poluição ambiental – metais pesados – bioindicadores
animais – revisão da literatura. 2. Aves – moluscos – peixes –
bioindicadores – poluição ambiental. I. Título.

CDU: 504.054:546.3:591(043.3)
504.5

VANESSA MIRANDA DE SOUZA

BIOINDICADORES ANIMAIS DE METAIS POLUENTES

Goiânia – GO, ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães - PUC GOIÁS
(Orientador)

Profa. Dra. Nadya da Silva Castro - UFG
(Avaliadora externa)

Profa. Dra. Cleonice Rocha - PUC GOIÁS
(Avaliadora interna)

AGRADECIMENTOS

A Deus,

Aos meus pais pelo apoio;

Ao meu orientador Prof. Dr. Roberto Toledo de Magalhães, pela orientação e principalmente pela oportunidade que me deu;

As minhas cunhadas e sogro, pelo incentivo, compreensão e pela disponibilidade em ficar com meu filho, nos momentos que estava em aula;

Ao meu filho, fonte de inspiração, te amo!

Ao meu esposo pelo incentivo, paciência, compreensão e estímulo.

A Ms. Ângela Lima Pereira pela participação como segunda pesquisadora neste estudo, bem como suas valiosas contribuições para a realização do mesmo;

E aos grandes amigos e orientadores de graduação Moisés e Elder, que me iniciaram na pesquisa científica e que me deram força e muito incentivo para iniciar no mestrado.

“Pense globalmente e aja localmente”.

RESUMO

O presente estudo trata-se de uma Revisão Sistemática da Literatura. Este tipo de estudo visa integrar informações existentes sobre uma temática específica, pelo agrupamento e análise dos resultados procedentes de estudos primários, permitindo a identificação de evidências científicas. O objetivo desta revisão foi identificar na literatura científica, evidências que respaldem o uso de aves, moluscos e peixes como bioindicadores animais de poluição por metais pesados. Realizada, no dia 14 de agosto de 2009, busca nas seguintes bases de dados: Medline, Lilacs, Repidisca e Scielo, disponíveis na Biblioteca Virtual de Saúde. Esta gerou um total de 1654 referências de estudos, que após aplicação de Testes de Relevância, culminou na exclusão de 1640 estudos e inclusão de 14. A síntese das informações extraídas dos estudos que fizeram parte da análise final desta revisão é apresentada em forma de quadros sinópticos. De maneira geral, os estudos evidenciaram que aves, peixes e moluscos constituem-se bons bioindicadores de metais poluentes na natureza. As penas de aves são potencialmente aptos bioindicadores de poluição ambiental de metais pesados. No entanto, os resultados apresentados indicam claramente que os metais não estão distribuídos homogeneamente entre e dentro das penas. Para a maioria dos metais, a contaminação externa parece alterar a concentração da pena após a formação, resultando em maior concentração nas penas e em segmentos da pena que estão mais expostos às condições externas. Alguns metais, como o cádmio tem sua concentração aumentada com a idade, isso pode induzir a interpretações errôneas em estudos de avaliações ecológicas. Quando se avalia ovos de espécies de aves, também deve-se ter o mesmo cuidado. Quanto aos moluscos, foi evidenciado que não há uma uniformidade de acumulação de metais nas conchas e nem nas partes moles dos mesmos. Com relação aos peixes, diferentes tecidos têm sido utilizados para análise da concentração de metais, todavia devido às suas diferentes funções no processo de bioacumulação, a carne do tecido, fígado e brânquias são os mais freqüentemente utilizados para a análise. De maneira geral, os estudos evidenciaram que aves, peixes e moluscos constituem-se bons bioindicadores de metais poluentes na natureza.

Palavras-chave: metais pesados, poluição ambiental, animais.

ABSTRACT

This study is a systematic review of scientific literature. This type of study aims the integration of information about a specific subject, by grouping and analysing the results from primary studies, allowing the identification of scientific evidence. The objective of this review was to identify in the scientific literature, evidences which support the use of birds, mollusks and fish as animals' bio-indicators of the heavy metal pollution. Search on the Medline, Lilacs, Repidisca and Scielo databases was made on August 14th of 2009 which generated a total of 1654 studies references. After applying relevance tests, 1640 were excluded and 14 were included. The summary of the information extracted from the articles used in the data analysis of this review is presented in synopsis' graphics. In overall, its showed that birds, fish and mollusks are good bio-indicators of metal pollution in the environment. However, the study results clearly indicated that the metal distribution is not uniform in and among the birds' feathers. For most metals, the external contamination seems to affect the feathers' concentration after their formation, resulting in a higher concentration in the feathers and in segments that are more exposed to external conditions. Some metals, such as the cadmium, has its concentration increase as the age and this can mislead the interpretations in ecological studies and when we evaluate eggs from birds' species, should also be taken the same care. In reference to mollusks, was evident that there is not an uniform accumulation of metals nor in the shells or in the soft parts of their bodies. In reference to fish, different fish tissues have been used to analyse the metal concentration; however, because of their different roles in the process of bio-accumulation, the flesh of the tissues, liver and gills are the most frequent used for analysis. In general, studies have shown that birds, fish and shellfish are to be good bioindicators of metal pollutants in nature.

Key words: heavy metals, environmental pollution, animals.

SUMÁRIO

	Pág.
RESUMO	06
ABSTRACT	07
1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVOS	12
2.1. Objetivo Geral	12
2.2. Objetivos específicos	12
3. REVISÃO LITERÁRIA	13
3.1. Biomonitoramento e Bioindicadores	13
3.2. Aves, Peixes e Moluscos como bioindicadores de metais poluentes	13
3.3. Revisão Sistemática da Literatura	16
4. PERCURSO METODOLÓGICO	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
5.1. Quanto ao uso de Moluscos como bioindicadores de metais poluentes	27
5.2. Quanto ao uso de Peixes como bioindicadores de metais poluentes	31
5.3. Quanto ao uso de Aves como bioindicadores de metais poluentes	38
6. CONCLUSÃO	51
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53
8. APÊNDICE I: TESTE DE RELEVÂNCIA 1	63
8.1. APÊNDICE II: TESTE DE RELEVÂNCIA 2	64
8.2. APÊNDICE III: TESTE DE RELEVÂNCIA 3	65
8.3. APÊNDICE IV: ROTEIRO PARA EXTRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DOS ARTIGOS	66
8.4. APÊNDICE V: QUADRO SINÓPTICO REFERENTE A CADA ESTUDO SELECIONADO	67

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Pág.
Figura 1: Percurso utilizado na Revisão Sistemática da Literatura sobre bioindicadores de animais de metais poluentes	26
Quadro 1: Moluscos como bioindicadores de metais poluentes em água doce.	28
Quadro 2: Moluscos como bioindicadores de metais poluentes em áreas de mangue	29
Quadro 3: Moluscos como bioindicadores de metais poluentes na comunidade aquática em área de litoral	32
Quadro 4: Peixes como bioindicadores de poluição aquática em regiões próximas a áreas industriais	33
Quadro 5: Peixes de água doce como bioindicadores de poluição ambiental por metais poluentes	34
Quadro 6: Peixes bioindicando poluição por metais poluentes	36
Quadro 7: Peixes como bioindicadores de metais poluentes em águas mediterrâneas	37
Quadro 8: Aves marinhas como bioindicadores de metais poluentes em áreas de Baía	39
Quadro 9: Aves como bioindicadores de metais poluentes em áreas rurais	41
Quadro 10: Penas de aves como bioindicadores de metais poluentes	43
Quadro 11: Aves aquáticas como bioindicadores de metais poluentes no ecossistema	45
Quadro 12: Aves como bioindicadores de metais poluentes em pradarias	46
Quadro 13: Aves selvagens como bioindicadores de metais poluentes	47
Quadro 14: Aves de rapina como bioindicadores de metais poluentes	50

1. INTRODUÇÃO

O impacto da ação humana sobre o meio ambiente pode ser avaliado pelas medições de metais pesados nos solos, plantas e animais, uma vez que a poluição por metais afeta adversamente a densidade e a diversidade de comunidades bióticas, incluindo os humanos (MOUNTOURIS et al., 2002). Com isso, a avaliação de poluentes em diferentes componentes do ecossistema tornou-se uma tarefa importante na prevenção do risco para a vida natural e saúde pública (GRAGNANIELLO et al., 2001).

A escolha de organismos vivos para análise de poluentes, ao invés da análise dos poluentes no meio abiótico, torna-se mais atraente e promissora, visto que organismos vivos podem fornecer informações precisas sobre a biodisponibilidade de poluentes e de sua ampliação e bio-transferência (PHILLIPS, 1980). Assim, diversos animais têm sido utilizados como bioindicadores da presença de metais no ambiente. Estes podem produzir informações importantes sobre uma grande área ao redor de cada local de amostragem, não só sobre biodisponibilidade de contaminantes, mas também sobre como, onde e quando estes são transferidos dentro da cadeia alimentar (JAGER et al., 1996). Observa-se na literatura que três espécies têm recebido especial atenção em estudos desta natureza, a saber: aves, moluscos e peixes.

Altos níveis de metais descarregados nos ecossistemas aquáticos podem resultar em alterações da comunidade de peixes, tanto na composição e riqueza das espécies, quanto de sua composição trófica (BERVOETS et al., 2005). Desta forma, contribui para eliminação seletiva das mais sensíveis fases de vida das espécies de peixes vulneráveis (SORENSEN, 1991; HOLLIS et al., 1999; ALSOP et al., 1999; BERVOETS e BLUST, 2003). Além disso, é importante salientar que a acumulação de metais poluentes em tecidos de peixes pode representar um risco para a saúde humana se exceder o máximo das concentrações que são permitidas (CHEUNG et al., 2008), assim como ocorre com o consumo de moluscos com altas concentrações de metais.

Moluscos têm sido considerados promissores como bioindicadores, por serem abundantes em muitos ecossistemas terrestres e aquáticos, sendo facilmente disponíveis para coleta. Além disso, são altamente tolerantes a diferentes poluentes

e exibem altas taxas de acumulação destes, particularmente de metais pesados (LAU et al., 1996).

Da mesma forma, as aves têm sido largamente utilizadas como bioindicadores, por estarem no topo da cadeia alimentar, serem sensíveis a produtos tóxicos, por responderem a mudanças sutis no ambiente, e também por causa da sua alta taxa metabólica. Poluição por metais pode acarretar disfunção reprodutiva nas aves, com diminuição no tamanho da ninhada, diminuição da fertilidade, falha na incubação e desbaste da casca de ovo (EDENS e GARLICH, 1983; HEINZ, 1996), além de gerar uma maior suscetibilidade a doenças e estresse, bem como, mudanças nos padrões comportamentais.

Recentemente, tem sido adotada a prática de coleta sistemática de informações produzidas e documentadas sobre os efeitos sofridos em organismos bioindicadores, permitindo a comparação desses resultados e a implantação de um sistema de controle da qualidade ambiental (KLUMPP et al., 2001).

Esta metodologia de trabalho torna-se importante, diante da disponibilidade diária de grande quantidade de estudos publicados em diferentes periódicos, nacionais e internacionais. Sendo necessário que as informações publicadas sejam analisadas e sintetizadas, tornando o conhecimento produzido mais facilmente acessível (PEREIRA, 2006). Daí a importância de estudos de revisão da literatura, que busquem responder questões complexas da prática profissional.

A presente revisão sistemática da literatura visa responder se aves, moluscos e peixes têm sido bons bioindicadores de concentração de metais no ambiente. Os resultados desta revisão podem contribuir para o aumento do conhecimento acerca destas espécies como bioindicadores de poluição ambiental, bem como sobre o impacto da ação humana sobre o meio ambiente investigado nos estudos identificados nesta revisão. Ainda, poderá contribuir para gerar novas questões de pesquisa sobre prevenção e riscos gerados à vida terrestre decorrentes da concentração de metais poluentes.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Identificar na literatura científica, evidências que respaldem o uso de aves, moluscos e peixes como bioindicadores animais de poluição por metais poluentes.

2.2. Objetivos específicos

- Levantar na literatura científica do período compreendido entre janeiro de 1997 a agosto de 2009, estudos que tenham utilizados aves, peixes e moluscos, como bioindicadores de contaminação por metais poluentes, e sua relação com a qualidade do meio ambiente;
- Evidenciar, a importância do uso de aves, peixes e moluscos, em estudos científicos, como bioindicadores de contaminação por metais poluentes.

3. REVISÃO LITERÁRIA

3.1. Biomonitoramento e Bioindicadores

Biomonitoramento pode ser definido como um método experimental indireto de verificar a existência de poluentes em certa área, utilizando organismos vivos, que irão responder ao estresse que estão submetidos por modificações nos ciclos vitais ou pela acumulação de poluentes (CARRERAS e PIGNATA, 2001; PIGNATA et al., 2002). É um método de baixo custo e por isso mais acessível, podendo ser amplamente utilizado, além de ser confiável.

O uso de bioindicadores permite avaliar o risco de exposição, funcionando como sistemas de alerta para a deterioração ambiental (NRC, 1983). Assim, os animais utilizados como bioindicadores são imprescindíveis na medida em que desempenham um papel essencial dentro do ecossistema, podendo gerar informações valiosas sobre a qualidade do ambiente em que vivem. Com base nestas informações, o termo bioindicador pode ser conceituado como espécies, grupos de espécies ou comunidades biológicas cuja presença, abundância e condições são indicativos biológicos de uma determinada condição ambiental.

Avaliar a saúde dos ecossistemas de forma adequada por meio de biomonitoramento requer a seleção de espécies que são representativas no ecossistema monitorado (BURGER, 1993; BURGER e GOCHFELD, 2000). Nesta revisão, foram selecionadas as aves, os peixes e os moluscos, pela sua representatividade nos estudos de monitoramento do meio ambiente.

3.2. Aves, Peixes e Moluscos como Bioindicadores de Metais Poluentes

Muitos metais considerados poluentes são importantes para a manutenção da vida, quando presentes em pequenas quantidades, como o arsênio, zinco, cobre e o cromo, entretanto, podem ser prejudiciais quando encontrados em altas concentrações (WARD, 1995). Diferentemente, o cádmio, mercúrio e o chumbo não são elementos essenciais para os organismos, sendo usualmente tóxicos em baixas concentrações (WILLIAMS, 1975; MATIAZZO-PREZOTTO, 1994).

Os metais são poluentes persistentes que podem ser bioacumulados nas cadeias alimentares, tornando-se cada vez mais perigosos para a saúde humana e

para os animais (MARTÍNEZ-LÓPEZ et al., 2005). Desse modo, iniciou-se o processo de biomonitoramento como método auxiliar de detecção de alterações na qualidade do ambiente (AKOSY e OZTURK, 1997; GARTY et al., 1998; XIAO et al., 1998).

As aves têm sido utilizadas amplamente para avaliar a contaminação ambiental considerando a sua sensibilidade para os efeitos nocivos sobre o ambiente (DENNEMAN e DOUBEN, 1993), estes efeitos podem ser tanto diretos, quanto indiretos. Em locais poluídos moderadamente, somente efeitos indiretos podem ocorrer, e eles podem funcionar pela deterioração do habitat e limitação de alimentos (MORRINSON, 1986). Já em ambientes altamente poluídos, pode ocorrer disfunção reprodutiva nas aves e isso pode ser considerado um efeito direto da poluição (FURNESS e GREENWOOD, 1993).

Penas de aves são utilizadas como um indicador de tecido exposto a metais (GOEDE e de BRUIN, 1984; BURGER, 1993), pois acumulam certos metais pesados em proporção aos níveis de sangue no momento da formação das penas. De acordo com Burger (1993) as penas parecem refletir níveis de contaminantes locais para as aves jovens e espécies não migratórias, e integram a exposição sobre um período de tempo em que as penas estão crescendo ativamente. Além disso, o procedimento não é invasivo, pois uma pequena amostra de penas pode ser arrancada de uma ave viva sem causar danos, não havendo necessidade de sacrificar adultos saudáveis. E, certamente, esses níveis podem ser usados para avaliar se existem potenciais problemas de reprodução destas populações.

No que diz respeito ao compartimento marinho, aves marinhas têm sido intensivamente estudadas devido à sua elevada posição trófica e a sua capacidade de bioacumulação (LEWIS e FURNESS, 1991; NYGARD et al., 2001; SAVINOV et al., 2003), juntamente com a sua capacidade de processar alguns elementos inorgânicos. No que se referem às aves predatórias, estas são ditas, também, como excelentes bioindicadores de poluição ambiental por estarem no topo de sua cadeia alimentar, e por serem particularmente susceptíveis a bioacumulação, integrando contaminantes ao longo do tempo (CUSTER et al., 1990; FURNESS e GREENWOOD, 1993).

Em países como a Espanha a qualidade da água vem sendo monitorada e mantida, por meio do uso de moluscos como bioindicadores (SOLAUN et al., 2001). Por serem animais que têm a capacidade de acumular metais poluentes no meio

ambiente nos quais eles vivem, mesmo quando liberados em quantidades mínimas para o ambiente. Isto é importante, uma vez que estes produtos químicos têm um impacto negativo sobre a diversidade das espécies. Como tal, os moluscos têm sido amplamente usados para monitoramento de contaminação em ecossistemas marinhos (LAUENSTEIN e DASKALAKIS, 1998).

Com relação à concentração de metais pesados e outras substâncias tóxicas em organismos silvestres, os peixes recebem muita atenção devido à sua popularidade com relação à alimentação e desporto. Estrutura da comunidade de peixes tem sido utilizada na avaliação do efeito do impacto humano nos ecossistemas aquáticos, incluindo a deterioração da qualidade da água e das mudanças do habitat. Assim, metais poluentes representam uma séria ameaça para a sobrevivência dos peixes. A exposição crônica de peixes a níveis de metais poluentes sub-letais causa, entre outros, reduzida velocidade de natação e a redução do crescimento (SORENSEN, 1991; ALSOP et al., 1999; HOLLIS et al., 1999; BERVOETS e BLUST, 2003).

O rendimento reprodutivo é importante para as populações de peixes e podem influenciar o sucesso reprodutivo dos indivíduos, o que afeta concomitantemente a ecologia e a estrutura da comunidade de um ecossistema (HEATH, 1995). O rendimento reprodutivo em peixes pode ser afetado por contaminantes em vários níveis, incluindo (a) a transferência de produtos químicos de pais para os ovos, levando ao desenvolvimento embrionário reduzido (MILLER, 1993), (b) captação direta do ambiente para os ovos, e (c) efeitos fisiológicos em filhotes recém-nascidos (VON WESTERNHAGEN, 1988). Contaminantes podem levar, ainda, a deformidades do saco vitelino, deformações no olho, anomalias na mandíbula, defeitos nas nadadeiras e malformações da coluna vertebral, levando à sobrevivência reduzida (ROSENTHAL e ALDERDICE, 1976). Ademais, a bioacumulação de metais através da captação direta ou pela alimentação provoca efeitos bioquímicos (por exemplo, inibição enzimática) ou efeitos patológicos (por exemplo, lesões teciduais) em cada peixe, resultando em diminuição do estado, e redução do crescimento, fecundidade e sobrevivência. Ao nível populacional, pode ocorrer declínio na reprodução e abundância (MORAES et al., 2003).

Dessa forma, a bioacumulação de metais pesados em tecidos de animais tem recebido atenção considerável por causa dos efeitos letais e sub-letais de tal acumulação (BURGER et al., 1994).

3.3. Revisão Sistemática da Literatura

A revisão sistemática da literatura constitui um método moderno para a avaliação de um conjunto de dados simultaneamente. E, embora tenha surgido e seja comumente utilizada na área médica, outras disciplinas profissionais, como a biologia, tem se apropriado desta metodologia de trabalho para buscar evidências científicas que respaldem sua prática (SEGURA-MUNÕZ et al., 2003; CARNEIRO e TAKAYANAGUI, 2005; TAKANAYAGUI et al., 2005).

Este modelo de decisão baseada em evidências conduz a uma avaliação crítica sistemática, das informações disponíveis, para a prática da tomada de decisão. Isso requer do profissional desenvolvimento de novas habilidades e/ou aprimoramento destas, para que possa definir critérios como eficácia, efetividade e eficiência. Tais habilidades são importantes no processo de avaliação da qualidade das evidências disponíveis, e para incorporar e praticar os achados sólidos provenientes da pesquisa (AVEZUM et al., 2001; GALVÃO et al., 2004; TAKANAYAGUI et al., 2005).

Este método torna-se um bom recurso de trabalho, tendo em vista o número crescente de publicações diárias, sendo necessário que estas sejam analisadas quanto à consistência interna dos dados apresentados. O que pode ser analisado pela qualidade metodológica dos estudos, bem como clareza na descrição das informações, incluindo eficácia e contribuição dos resultados à prática profissional (AVEZUM et al., 2001; PEREIRA, 2006).

A expansão dos recursos da informática tem contribuído significativamente para consolidação desta modalidade de trabalho, pela disponibilidade de grande quantidade de artigos em formato eletrônico, ampliando a cada dia os bancos de dados eletrônicos, que são determinantes para esse tipo de revisão.

Geralmente, estudos de revisão da literatura eram realizados de forma simplista, sem critérios claramente definidos de como os estudos que fizeram parte da revisão foram selecionados, e com pouca integração dos resultados, o que poderia levar a conclusões inapropriadas (COUTINHO, 2002). Com o método de revisão sistemática da literatura, diminui-se o risco de erros de conclusões.

Revisão Sistemática da Literatura constitui, portanto, um método de pesquisa que visa à síntese de informações disponíveis em um dado momento, sobre um problema de investigação específico, realizada de forma clara, objetiva e

reproduzível (LIMA et al., 2000). Este tipo de estudo visa integrar a informação existente sobre uma temática específica, por meio do agrupamento e análise dos resultados procedentes de estudos primários realizados em locais e momentos diferentes por grupos de pesquisa independentes, permitindo a identificação de evidência científica (EGGER e SMITH, 1998; SIWEK et al., 2002).

Os trabalhos de revisão sistemática iniciam com a definição do problema de investigação (AVEZUM et al., 2001) e objetivo do estudo, devendo ser apresentados de forma clara, evitando dúvidas de entendimento por parte do leitor sobre qual foi o objeto de investigação dos autores.

Em seguida, deve ser realizada a escolha dos bancos de dados que sejam reconhecidos e confiáveis na área de investigação, tais como: MedLine (Literatura Internacional em Ciências da Saúde e Biomédica), Lilacs (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde), Repidisca (Rede Panamericana de Informação em Saúde Ambiental), Scielo (Scientific Electronic Library Online), entre outros. Nestes, serão realizadas as buscas por informações/evidências científicas.

Para a busca nos bancos de dados, é aconselhável que sejam selecionados descritores padronizados que serão usados na pesquisa. Estes configuram palavras ou conjunto de palavras que representam o objeto de estudo.

A literatura específica sobre revisão sistemática da literatura recomenda que os estudos que farão parte da revisão sejam selecionados mediante critérios de inclusão e exclusão pré-estabelecidos, os quais compõem um teste de relevância (TR). Estes devem ser apresentados em forma de perguntas claras, que gerem respostas afirmativas ou negativas (ATALLAH e CASTRO, 1997; LIMA et al., 2000; McDONALDS et al., 2005).

A busca nos bancos de dados, ainda que utilizando descritores específicos, comumente geram uma grande quantidade de estudos que nem sempre atendem aos objetivos da revisão. Assim, é recomendável que seja realizada uma seleção preliminar, com questões óbvias de exclusão, que pode ser realizada por somente um dos pesquisadores. Como exemplo, pode ser observado o Teste de Relevância 1 utilizado nesta revisão (Apêndice I).

Os estudos selecionados nesta primeira etapa deverão ser submetidos a novo Teste de Relevância, desta vez deverá ser aplicado por no mínimo dois pesquisadores de forma independente. Este deve conter perguntas mais específicas

relacionadas ao objeto de pesquisa. Um exemplo deste tipo de Teste de Relevância 2 pode ser observado no modelo utilizado nesta revisão (Apêndice II).

No caso de desacordo entre os pesquisadores quanto à inclusão ou não de algum estudo, aconselha-se consultar um terceiro pesquisador que dará o parecer final quanto à inclusão ou exclusão do estudo em questão (MUÑOZ et al., 2002; ATALLAH e CASTRO, 1997; DAVIES e CROMBIE, 2003; MCDONALDS et al., 2005; COCRHANE, 2009).

Todos os estudos incluídos nesta etapa são submetidos a novo Teste de Relevância visando à análise quanto à qualidade metodológica e confiabilidade dos dados publicados. Ver exemplo de Teste de Relevância 3 utilizado nesta revisão (Apêndice III). Finalmente, os estudos incluídos nesta etapa são submetidos à extração dos dados que serão apresentados de forma sintetizada em quadros sinópticos, possibilitando ao leitor da revisão sistemática, efetuar conclusões acerca dos dados apresentados de forma sintetizada sobre cada estudo que fez parte do *corpus* de análise final da revisão.

4. PERCURSO METODOLÓGICO

Trata-se de um estudo de revisão sistemática da literatura, no qual foram percorridas as seguintes etapas, conforme adaptação do modelo apresentado no estudo de Pereira (2006):

Fase 1- Elaboração de instrumentos para seleção dos estudos

Os instrumentos de seleção de estudos constituíram-se de três formulários denominados de Teste de relevância 1 – TR1 (APÊNCIDE I), Teste de relevância 2 – TR2 (APÊNDICE II), e Teste de relevância 3 – TR3 (APÊNCIDE III), que tiveram o objetivo de avaliar a inclusão ou não dos estudos encontrados durante busca nas bases de dados selecionadas.

Quando se realiza a busca nas bases de dados não se obtém, a princípio, os estudos na íntegra, mas as referências bibliográficas que podem ou não estarem acompanhadas dos respectivos resumos. Desta forma, o TR1 (Apêndice I) foi elaborado para ser aplicado às referências e resumos encontrados, visando excluir os estudos que não atendiam aos seguintes critérios básicos de inclusão (PEREIRA, 2006):

- Período de publicação: foram incluídos estudos publicados entre o período de janeiro de 1997 a agosto de 2009;
- Idioma: estudos publicados em inglês, espanhol ou português;

O TR2 (Apêndice II) foi elaborado para possibilitar a inclusão ou exclusão definitiva, sendo aplicado, inicialmente às referências e resumo, e posteriormente aos artigos na íntegra. Neste, foram considerados como critérios de inclusão:

- Tipo de estudo: artigos primários;
- Assunto de interesse: constituir estudo que envolveu o uso de Aves, Moluscos e Peixes, como bioindicadores de contaminação por metais poluentes;
- Estudos que avaliaram a concentração de metais poluentes em Aves, Moluscos e Peixes;

- Estudos que realizaram correlação de alterações ambientais por metais poluentes em Aves, Moluscos e Peixes.

O TR3 (Apêndice III) foi aplicado aos artigos na íntegra, e visava responder se os dados apresentados nos estudos foram claramente descritos. As questões de interesse se referiam a:

- O problema do estudo foi apresentado de forma clara;
- Os objetivos do estudo são claramente definidos;
- A metodologia é apresentada de forma clara;
- São especificados os metais analisados;
- O processo de análise é descrito claramente;
- Os resultados do estudo são apresentados de forma clara;
- Os resultados do estudo atendem aos objetivos propostos;
- Todos os metais indicados para a avaliação aparecem nos resultados.

Fase 2 – Seleção das Fontes de Dados

Foram selecionadas para esta revisão, as seguintes bases de dados: LILACS, MEDLINE, REPIDISCA e SCIELO. Abaixo, são apresentadas algumas informações referentes às referidas bases de dados:

- **LILACS** (Literatura Latino-Americana e do Caribe em Ciências da Saúde): é uma base de dados cooperativa da Rede BVS que compreende a literatura relativa às ciências da saúde, publicada nos países da América Latina e Caribe, a partir de 1982. Atinge mais de 400.000 mil registros e contém artigos de cerca de 1.300 revistas mais conceituadas da área da saúde, das quais aproximadamente 730 continuam sendo atualmente indexadas e também possui outros documentos tais como: teses, capítulos de teses, livros, capítulos de livros, anais de congressos ou conferências, relatórios técnico-científicos e publicações governamentais (BVS, 2009). A busca foi efetuada por meio de descritores selecionados.
- **MEDLINE** (Literatura Internacional em Ciências da Saúde): é uma base de dados internacional produzida pela NLM (National Library of Medicine, USA) e

que contém referências bibliográficas e resumos de mais de 5.000 títulos de revistas publicadas nos Estados Unidos e em outros 70 países, desde 1966. Cobrem as áreas de: medicina, biomedicina, enfermagem, odontologia, veterinária e ciências afins. A busca foi efetuada por meio de descritores selecionados.

- **REPIDISCA** (Literatura em Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente): esta base de dados é coordenada pelo CEPIS (Centro Pan-Americano de Engenharia Sanitária e Ciências do Ambiente), tendo incorporado, a partir de 1994, registros da base de dados ECO, sobre Ecologia Humana e Saúde, e abrange a literatura publicada nos países da América Latina e Caribe (BVS, 2009). A busca foi efetuada por meio dos descritores selecionados.
- **SCIELO** (Scientific Electronic Library Online): é um projeto consolidado de publicação eletrônica de periódicos científicos seguindo o modelo de Open Access, que disponibiliza de modo gratuito, na Internet, os textos completos de artigos de mais de 290 revistas científicas do Brasil, Chile, Cuba, Espanha, Venezuela e outros países da América Latina. Além da publicação eletrônica de artigos, Scielo provê enlaces de saída e chegada por meio de nomes de autores e de referências bibliográficas. Também publica relatórios e indicadores de uso e impacto das revistas (SCIELO, 2009). A busca foi efetuada por meio de descritores selecionados.

Fase 3 – Definição dos Descritores e Busca na Literatura

A seleção dos descritores se deu por meio de consulta ao DECs (Descritores em Ciências da Saúde) disponível na BVS (Biblioteca Virtual de Saúde), obtendo-se os seguintes descritores: metais pesados (heavy metals), aves (birds), peixes (fishes), moluscos (mollusca), controle da contaminação ambiental (environmental contamination control), toxicidade (toxicity) e poluição ambiental (environmental pollution).

Finalmente, uma vez definido os descritores, os mesmos foram utilizados durante busca nas bases de dados selecionadas.

Fase 4- Seleção de Estudos

Após busca nas bases de dados, foi realizada seleção dos estudos por meio da aplicação do TR1, TR2 e TR3.

O TR1 foi realizado por um pesquisador, e aplicado somente as referências e resumos encontrados, visando excluir os estudos de óbvia exclusão, ou seja, aqueles que não estavam publicados no período e idioma estabelecido para esta revisão.

A todas as referências e resumos de estudos incluídos nesta etapa foi aplicado o TR2, por dois pesquisadores de forma independente, visando responder se os estudos tratavam do tema de interesse. Desta forma, a primeira pesquisadora foi a autora principal, a Prof^a Ms. Ângela Lima Pereira atuou neste trabalho como convidada e “segundo pesquisador”, enquanto o Orientador deste estudo atuou como terceiro pesquisador e “juiz”.

Todos os estudos incluídos nesta fase foram acessados na íntegra, por meio de consulta direta aos periódicos disponíveis em Bibliotecas locais, em Goiânia e Jataí, Goiás; ainda, por meio de consulta aos Periódicos Capes, e por meio do SCAD (Serviço Cooperativo de Acesso a Documentos), disponível na BVS. Aos estudos acessados na íntegra foi aplicado novamente o TR2, e aos inclusos nesta etapa, foi aplicado o TR3, por dois pesquisadores de forma independente.

Diante dos desacordos entre os pesquisadores, quanto à inclusão ou não de algum estudo, foi solicitado um terceiro pesquisador, sendo respeitada a decisão do mesmo quanto à inclusão ou exclusão do estudo.

Fase 5 – Análise e Extração de Dados dos Artigos

Nesta fase foi utilizado um Roteiro (APÊNDICE VI), visando obter informações importantes ao alcance dos objetivos desta revisão, porém sucintas e que garantissem a rápida identificação de tópicos essenciais sobre os estudos pesquisados. Este roteiro buscou captar as seguintes informações:

- Referência bibliográfica completa;
- Objetivos do estudo;
- Procedimentos;
- Resultados;

- Conclusões dos autores das obras incluídas nesta revisão.

Fase 6 – Apresentação dos Resultados

Os resultados dos estudos que fizeram parte da análise final são apresentados em quadro sinóptico (APÊNDICE V), de acordo com as categorias que emergiram, utilizando as informações extraídas dos artigos por meio do roteiro de análise e extração de dados.

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Uma vez que diariamente são disponibilizados novos estudos nas bases de dados (PEREIRA, 2006), foi estabelecido um dia específico para realização da busca nas bases selecionadas. Desta forma, a busca para esta revisão foi realizada no dia 14 de agosto de 2009, gerando um total de 1654 referências de artigos, às quais foi aplicado o TR1. Todos os estudos incluídos nesta primeira etapa foram ordenados pelo nome do primeiro autor visando identificar e excluir repetições. Assim, foram excluídos 280 estudos, e incluídos 1374.

Aos 1374 estudos incluídos ao final desta primeira etapa, foi aplicado o TR2 ainda utilizando somente os resumos dos estudos. Todavia, quando estes não apresentavam informações suficientes que possibilitassem a aplicação do TR2, os estudos eram incluídos neste momento, para posteriormente serem novamente submetidos ao TR2, desta vez ao artigo na íntegra. Assim, após a primeira aplicação do TR2 foram excluídos 1304 estudos e incluídos 70.

Todos os 70 estudos foram acessados na íntegra, e então realizada novamente aplicação do TR2, que resultou em 39 exclusões, e 31 inclusões de estudos. Vale ressaltar que neste momento houve desacordos entre os pesquisadores quanto à inclusão ou não de seis estudos, sendo consultado um terceiro pesquisador que deu parecer favorável a inclusão de dois estudos e parecer contrário a inclusão de seis dos estudos.

Aos 31 estudos incluídos nesta etapa, foi aplicado o TR3, também por dois pesquisadores de forma independente, gerando um total de 17 exclusões, e 14 inclusões. Importante ressaltar que nesta fase houve desacordo entre os pesquisadores quanto à inclusão de dois estudos, todavia estes desacordos foram facilmente resolvidos entre os pesquisadores, não necessitando consultar um terceiro pesquisador.

De maneira geral, os problemas encontrados nos estudos durante aplicação do TR3 e que geraram exclusões estiveram relacionadas à falta de clareza na descrição dos objetivos e do percurso metodológico utilizado, falta de especificação dos metais analisados, falta de clareza na apresentação dos resultados e que por vezes eram amplos e não atendiam aos objetivos propostos. E o mais numeroso dos problemas identificados que levaram a exclusão desses artigos foi o fato de que nem

todos os metais indicados na metodologia para a avaliação apareciam nos resultados.

Finalmente, todos os 14 estudos incluídos após aplicação dos TR3 foram submetidos à análise e extração dos dados. A síntese das informações extraídas é apresentada em forma de quadros sinópticos.

A figura 1 apresenta a síntese do percurso realizado desde a busca até a última seleção dos estudos que fizeram parte do corpus de análise final desta revisão.

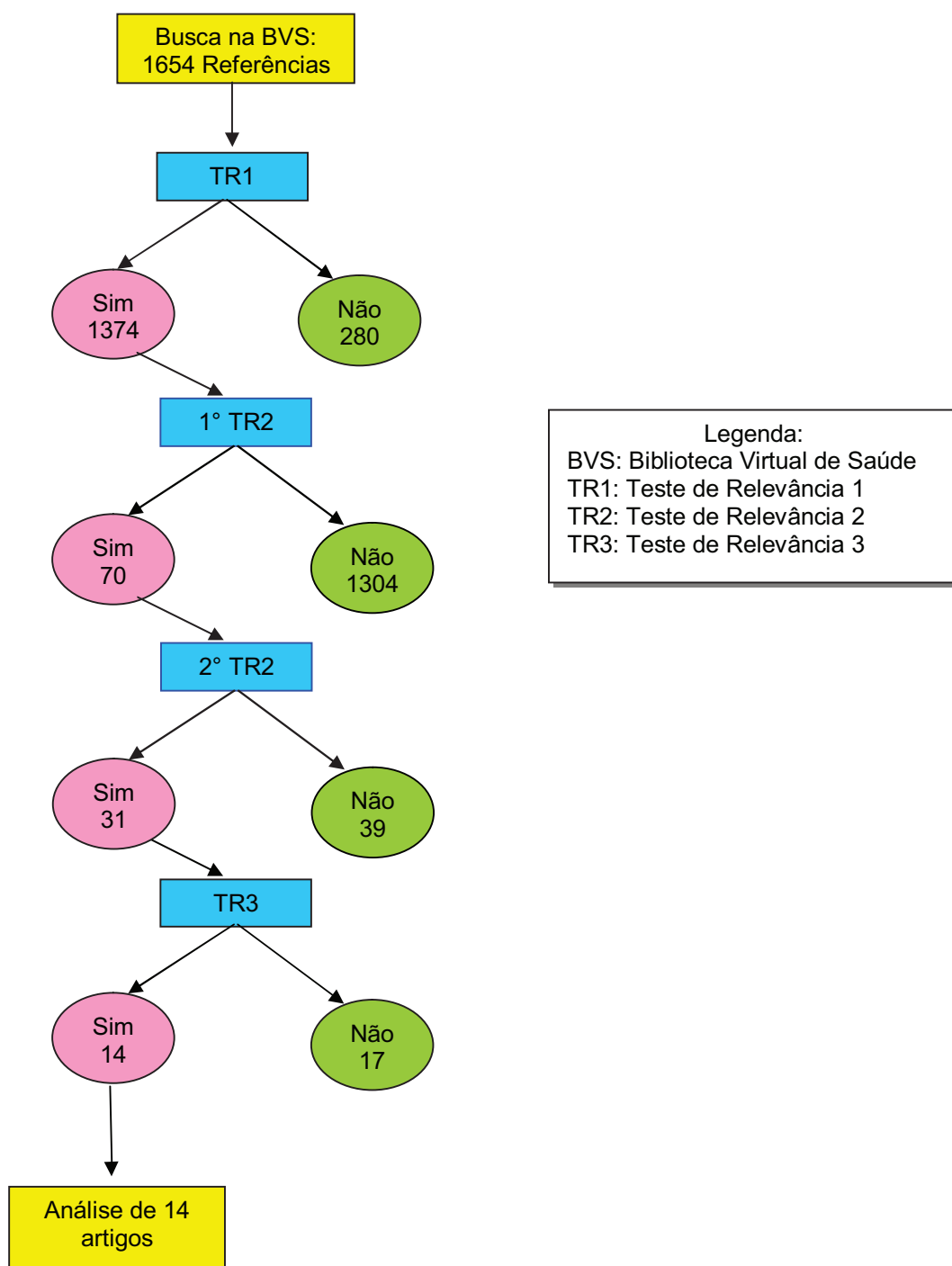


Figura 1. Percurso utilizado na Revisão Sistemática da Literatura sobre bioindicadores de animais de metais poluentes (BVS, 2009).

5.1. Quanto ao uso de Moluscos como bioindicadores de metais poluentes:

Dos três trabalhos selecionados nos quais os autores utilizaram moluscos como bioindicadores, no primeiro estudo foram utilizadas três espécies de moluscos comestíveis (*Brotia costula*, *Clithon* sp. e *Melanooides tuberculata*). Nesse estudo (Quadro 1), as concentrações de metais foram diferentes nas estruturas dos moluscos, as partes moles mostraram mais eficiência para acumular cobre (*Brotia costula*, *Clithon* sp. e *Melanooides tuberculata*) e as conchas demonstraram uma melhor eficiência na acumulação de arsênio (com exceção de *Clithon* sp.). Somente o mercúrio não foi detectado nessas espécies, e em ambas as estruturas (com exceção de *Clithon* sp.).

Os fatores que podem influenciar a bioacumulação de metais pesados em organismos aquáticos incluem o hábito alimentar (MANCE, 1990), taxa de crescimento, idade do organismo (PENTREATH, 1976) e biodisponibilidade dos metais, na qual pode sofrer influência da dureza água, pH e dos sedimentos (BESSER et al., 1996).

No segundo estudo (Quadro 2), no qual foi analisada a população de caramujos (*Littoraria scabra*), também se obteve resultados semelhantes ao primeiro com relação a acumulação de metais nas estruturas do corpo do caramujo. Houve diferença dos níveis de metais nas partes moles e nas conchas desses animais.

Caramujos podem acumular uma quantidade considerável de metais, quer da água circundante ou a partir de sua dieta (BRYAN et al., 1983). Estes metais podem se acumular em as partes moles do corpo, bem como em conchas de gastrópodes (KROLAK, 1998). Da mesma forma, nem todos os metais se acumulam uniformemente em conchas e partes mole do corpo de *L. scabra* (WOLF et al., 2001).

Apesar dos níveis relativamente baixos de metais pesados encontrados em *L. scabra*, não quer dizer, necessariamente, que estes metais não sejam nocivos, pois quando o molusco regula um metal, há muito gasto de energia para isso e, possivelmente, esta tarefa diminui o seu crescimento e/ou taxa de sobrevivência (RAINBOW, 1997).

Quadro 1. Moluscos como bioindicadores de metais poluentes em água doce.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>S.Lau, M.Mohamed, A.Tan Chin Yen, S.Su'ut. Accumulation of heavy metals in freshwater molluscs. The Science of the Environment, v. 214, p. 113-121, 1998.</p>	<p>Determinar adequação, em termos de saúde e segurança, das espécies: <i>Cliton</i> sp., <i>Brotia costula</i> e <i>Melanooides tuberculata</i> – e o potencial dessas espécies como bioindicadores de poluição por metais pesados em ecossistema de água doce.</p>	<p>Trata-se de um estudo exploratório, realizado em Kanan e Sg.Bau em Sarawak, Malásia; sendo coletadas amostras de sete diferentes locais. Realizada análise da presença de As, Cd, Cu, Hg, Pb e Zn, nas conchas e tecidos das espécies de moluscos <i>Brotia costula</i> e <i>Melanooides tuberculata</i>, coletadas nas margens do rio, a partir do sedimento, onde geralmente habitavam; e de <i>Cliton</i> sp. comumente encontrada em superfícies rochosas, troncos e galhos de árvores.</p>	<p><i>Brotia costula</i> e <i>Melanooides tuberculata</i> foram encontradas em um ambiente totalmente de água doce, as mesmas foram coletadas apenas em dois pontos amostrais. <i>Brotia costula</i> mostrou que houve uma marcada diferença na eficiência de acumulação de metal entre os tecidos e a concha. As conchas do mesmo demonstraram uma melhor eficiência na acumulação de As, enquanto que os tecidos eram mais eficientes no acúmulo de Zn e Cu. Esses três metais foram encontrados acima do nível permitido. Os outros metais (Cd, Hg e Pb) não foram detectados na concha e no tecido. <i>Melanooides tuberculata</i> mostrou uma preferência diferente para a acumulação de metais em comparação com <i>Brotia costula</i>. A concha da mesma apresentou uma maior afinidade para o As, Cd, Pb e Zn, enquanto os tecidos acumularam maiores concentrações de Cu. Hg não foi detectado nem no tecido nem na concha. Além disso, As, Cu e Zn ultrapassaram o nível de concentração permitido. <i>Cliton</i> sp. foi a única espécie que foi encontrada em todos os pontos amostrais. Hg foi detectado apenas no tecido, enquanto Pb apenas na concha. A bioacumulação nessa espécie foi muito menor em comparação com as outras duas. Os teores de As foram superiores aos permitidos e os níveis de Zn, Hg e Cu estavam acima do máximo permitido. Cd não foi detectado em nenhuma amostra.</p>	<p>Os moradores que ao longo de Sg. Sarawak Kanan que se alimentam desses moluscos estão em alto risco de envenenamento por As, Cu e Zn. Os níveis de Cd, Hg e Pb foram baixos nos tecidos dos moluscos. Os três moluscos estudados apresentaram algumas características que são adequadas para serem utilizadas como bioindicadores de metais pesados no ambiente aquático.</p>

Quadro 2. Moluscos como bioindicadores de metais poluentes em áreas de mangue.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>H. de Wolf, S. A. Ulomi, T. B. Backeljau, H. B. Pratap e R. Blust. Heavy metal levels in the sediments of four mangroves Dar es Salaam mangroves Accumulation in, and effect on the morphology of the periwinkle, <i>Littoraria scabra</i> (Mollusca: Gastropoda). Environment International, v. 26, p. 243-249, 2001.</p>	<p>Investigar a estrutura morfológica da população de caramujo dominante na habitação de mangue, <i>Littoraria scabra</i>, coletadas em todas as quatro áreas de mangue; determinar e comparar as concentrações de metais pesados em sedimentos com a concentração de metais pesados determinados nas partes moles do corpo, bem como nas conchas dos <i>L. scabra</i>. Ainda, comparar níveis de metais pesados medidos em 1988 nos sedimentos de Msimbazi para avaliar as alterações na poluição por metais pesados em torno do porto de Dar es Salaam durante a década passada.</p>	<p>Em 1998, <i>L. scabra</i> foi coletada em quatro semelhantes locais de mangue ao longo do litoral Dar es Salaam. Um total de 80 espécimes foi coletado, 20 em cada local, e foram caracterizados morfológicamente. Um adicional de 120 espécimes coletados nos mesmos locais foi usado para análise de metais pesados. As conchas e as correspondentes partes moles do corpo foram separadas, secas e armazenadas. Em cada local, duas amostras de sedimentos foram coletadas. Prata, alumínio, arsênio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, ferro, manganês, níquel, chumbo, estrôncio e zinco foram medidos no sedimento, de partes moles do corpo, e amostras de conchas pelo método de espectroscopia de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado. A eficiência analítica do método foi verificada utilizando material de referência padrão (<i>Mytilus edulis</i>, CRM 278R) do Serviço Comunitário de Referência (BCR), digerido e analisado da mesma maneira como as amostras. Padrões morfométricos foram investigados por meio de análise de variância multivariada (MANOVA). Todas as análises estatísticas, com exceção da análise de correspondência, foram realizadas utilizando Statistica v. 5.0 (Statsoft 1995).</p>	<p>Para a análise de metais pesados em sedimentos, todos os elementos, exceto As e Cd, caiu dentro do limite de detecção e poderia ser medida nos sedimentos, pelo menos, uma amostragem local. Destes elementos, apenas Ag, Fe, Mn e Zn diferiram significativamente entre os locais de amostragem. Concentrações de Fe, Mn e Zn diminuíram de Msimbazi para Mbweni, enquanto Ag não se revelou um claro padrão geográfico. Todos os outros elementos foram detectados apenas em Msimbazi ou revelaram uma tendência diminuição da concentração de Msimbazi para Mbweni (isto é, Al, Co, Cr, Ni e Sr). Com exceção de Mn e Ni, as concentrações de todos os metais aumentaram no sedimento de Msimbazi entre 1988 e 1999. Este aumento é mais evidente para o Al, Fe, e Cr. Com relação à análise de metais pesados e tecidos moles, todos os elementos, exceto para o Al, caiu dentro do limite de detecção e estiveram presentes em pelo menos um local. Amostras com diferenças significativas locais foram observados para Cu, Mn, Sr e Zn. Destes elementos Cu, Mn e Zn diminuíram de Msimbazi para Mbweni. Outros elementos não revelaram nenhum padrão geográfico claro (Ag, Cd, Cr e Fe), só foram detectados em Msimbazi (ou seja, As, Co, Ni, Pb), ou revelaram uma tendência decrescente de concentração para os locais menos poluídos (ou seja, Sr). Exceto para Sr, todos os outros metais não foram detectados nas conchas dos <i>L. scabra</i> (isto é, Ag, Al, As, Cd, Co, Cr e Ni) ou ocorreu em</p>	<p>Baseado no aumento dos níveis de contaminação por metais nos últimos 10 anos, parece que a poluição por metais pesados está aumentando rapidamente em torno da área de Dar es Salaam. Este aumento está relacionado com o rápido desenvolvimento industrial e descontrolado que tem sido exercida sem disposição específica para lidar com a poluição ambiental que está relacionada com este desenvolvimento industrial. Apesar dos níveis atualmente relativamente baixos de metais pesados encontrados nos sedimentos e partes do corpo mole de <i>L. scabra</i> coletadas ao redor da área de Dar es Salaam, o cuidado é necessário, e medidas devem ser tomadas a fim de controlar esta tendência a poluição e garantir a proteção da biodiversidade do mangue no ecossistema aquático da Tanzânia.</p>

			<p>concentrações muito menores em comparação com aqueles medidos nos tecidos moles de <i>L. scabra</i>. Apenas as concentrações de Mn nas conchas diferiram significativamente entre os diferentes locais, diminuindo de Msimbazi para Mbweni. As concentrações na concha de outros elementos não revelaram um padrão geográfico (isto é, Cu, Fe, Sr e Zn), ou só foram detectados em Msimbazi (isto é, Pb). É essencialmente uma expressão do Al, Fe e Zn nos sedimentos medidos sendo usado para discriminar Msimbazi dos locais restantes. Ele indica que estes metais ocorrem em concentrações mais elevadas em Msimbazi, enquanto o ângulo entre os vetores ilustra que os três metais apresentam um padrão semelhante de ocorrência nos sedimentos dos quatro locais de mangue. Outras importantes características incluem variáveis de Fe, Zn e Sr, que foram medidos em tecidos moles, e Sr, o que foi medido em conchas de <i>L. scabra</i>. Ele revela que os sedimentos e perfis de partes moles de metais pesados de ambos Fe e Zn não correspondem bem, enquanto as medições que o tecido Fe e Zn apresentam um padrão semelhante de ocorrência. Medidas de Sr nas conchas não corresponde bem com as medidas de Sr em tecidos moles da <i>L. scabra</i>, como ilustra o posicionamento de oposição de ambos os vetores.</p>
--	--	--	---

E no terceiro foram utilizados mexilhões e ostras, no entanto os autores não especificaram as espécies. Como não foi estabelecido, em nenhum dos Testes de Relevância, que os estudos especificassem a espécie de molusco utilizado, todos estes foram incluídos nesta revisão. Neste estudo (Quadro 3), as concentrações de metais nas ostras e nos mexilhões diferiram significativamente. Essas concentrações podem refletir o fato de que ostras e mexilhões não são semelhantes nas suas habilidades em concentrar elementos traços (O'CONNOR, 1993).

5.2. Quanto ao uso de Peixes como bioindicadores de metais poluentes:

Dos quatro trabalhos selecionados sobre peixes, o primeiro utiliza como bioindicador de poluição por metais poluentes uma espécie de peixe de água doce, o Bagre Africano (*Clarias gariepinus*) analisando os metais em amostras de rim, fígado, brânquias e coração. A respeito desse trabalho (Quadro 4) em todas as amostras (rim, fígado, brânquias e coração) o zinco apresentou maior concentração que os demais metais, e em quase todas as amostras o cádmio foi o que apresentou a menor concentração, apenas nas amostras de brânquias não apresentou a menor concentração. No entanto, as concentrações de todos os metais analisados nesse estudo foram superiores ao limite aceitável para o consumo.

O segundo estudo também analisa em amostras de rim, fígado, brânquias e músculo a concentração de metais poluentes em 29 espécies de peixes (*Lampetra planeri*, *Anguilla anguilla*, *Esox lucius*, *Umbra pygmea*, *Salmo trutta*, *Cyprinus carpio*, *Abramis brama*, *Alburnus alburnus*, *Alburnoides bibunctatus*, *Barbus barbus*, *Blicca bjoerkna*, *Carassius auratus gibelio*, *Gobio gobio*, *Leuciscus cephalus*, *Leuciscus idus*, *Phoxinus phoxinus*, *Pseudorasbora parva*, *Rhodeus sericeus*, *Rutilus rutilus*, *Scardinius erythrophthalmus*, *Tinca tinca*, *Cobitis taenia*, *Barbatula barbatula*, *Ictalurus nebulosus*, *Gasterosteus aculeatus*, *Pungitius pungitius*, *Cottus gobio*, *Lepomis gibbosus* e *Perca fluviatilis*). Sobre este trabalho (Quadro 5), os resultados do estudo demonstraram claramente que, mesmo em um ambiente muito elevado de contaminantes e/ou níveis de metais nos tecidos, um número considerável de

Quadro 3. Moluscos como bioindicadores de metais poluentes na comunidade aquática em área de litoral.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>J. Franco, A. Borja, O. Solaun e V. Pérez. Heavy metals in molluscs from the Basque Coast (Northern Spain): results from an 11-year monitoring programme. Marine Pollution Bulletin, v. 44, p. 956-976, 2002.</p>	<p>Investigar a qualidade do meio ambiente marinho ao longo da área do litoral do país de Basque.</p>	<p>Dentro de cada uma das áreas (quatro estuários e uma localizada na costa), três amostras localizadas foram selecionadas. Moluscos foram coletados bi anualmente. Concentração de metais poluentes em moluscos foram analisadas usando o método descrito por Solaun et al., (2001). Em torno de 50 mexilhões ou 30 ostras, foram amostrados em cada área. Cd, Cu, Zn, Pb, Cr, Ni, Hg, As e Ag foram analisados por espectrometria de absorção atômica. Hg foi detectado por vapor frio. As por geração de hidreto e os resíduos de metais por forno de grafite usando a correlação de Zeeman. A fim de investigar diferenças significativas entre espécies e estações do ano, o teste de Mann-Whitney foi usado. A longo prazo tendências foram testadas para obter uma análise estatística significativa usando a correlação de Spearman's. Toda a análise estatística foi realizado usando Statgraphics Plus 5.0.</p>	<p>185 amostras de mexilhões e 145 de ostras foram analisadas até o presente. A média da concentração de metais poluentes no outono – inverno foi mais alta que na primavera – verão, embora diferenças significativas fossem somente estabelecidas para Zn, Ni, Ag e Hg. Concentrações de Cu, Zn e Ag foram significativamente superiores em ostras que em mexilhões, considerando que o contrário é verdadeiro para Pb. A média de concentração em ostras foi uma ordem de magnitude superior que em mexilhões para Cu; eles foram três vezes superiores para Zn e Ag. A média da concentração de Pb em mexilhões foi quase duas vezes maior que em ostras.</p>	<p>Os resultados deste estudo mostram que os moluscos da costa de Basque resultaram em um padrão normal de variabilidade no conteúdo de metais poluentes, relacionadas com as diferentes estações e espécies. As concentrações de metais relatadas em outros programas de monitoramento em todo o mundo refletem uma clara influência das atividades humanas. No entanto, pouca tendência temporal estatisticamente significativa foi observada, embora todas as tendências fossem crescentes dentro da variabilidade aleatória. Algumas das tendências decrescentes poderiam representar uma melhoria real da qualidade da água, associado à instalação de tratamento de regimes de esgotos em alguns dos estuários. Finalmente, de acordo, com as políticas de água dos EUA, membros de Estado podem garantir para 2005 que águas residuais urbanas lançadas nos sistemas coletores deveriam ser assunto de tratamento secundário antes da descarga. Portanto estudos futuros podem revelar baixa concentração de metais em moluscos.</p>

Quadro 4. Peixes como bioindicadores de poluição aquática em regiões próximas a áreas industriais.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
E.O. Farombi, O.A. Adelowo, Y.R. Ajimoko. Biomarkers of oxidative stress and heavy metal levels as indicators of environmental pollution in African cat fish (<i>Clarias gariepinus</i>) from Nigeria Ogun River. International Journal of Environmental Research and Public Health , v.4, n. 2, p. 158-165, 2007.	Determinar os níveis de Zn, Cu, Cd, As e Pb no rim, fígado, brânquias e coração de <i>Clarias gariepinus</i> , além de avaliar estresse ambiental aquático através de enzimas antioxidante como substituto de biomarcadores de poluição aquática, no Rio Ogun localizado perto de seis grandes indústrias na parte ocidental da Nigéria.	As amostras de peixes foram pesadas e dissecadas e o fígado, coração, brânquias e rim sofreram tratamentos específicos para conservação e posterior análise. Os níveis de metais pesados foram determinados com auxílio de um espectrofotômetro de absorção atômica de volume científico (AES, série 2000). Glutationa foi determinado de acordo com Jollow et al. (1974) e Glutationa S-transferase foi determinada pelo método de Habig et al. (1974). A atividade de superóxido dismutase foi determinada medindo-se a inibição da autooxidação de epinefrina em pH 10,2 a 30°C, como descrito por Magwere et al, (1997) e a atividade da catalase foi determinada de acordo com o procedimento de Clairborne (1995), seguindo a absorção de peróxido de hidrogênio a 240 nm, pH 7,0 e 25°C. Malondialdeído foi determinado pela medição das substâncias reagindo com ácido tiobarbitúrico, como descrito por Farombi et al, (2000). Todas as variáveis foram testadas para distribuição normal usando o teste de Kolmogorov-Smirnov ($P > 0,05$) e para homogeneidade de variância entre os grupos utilizamos o Teste de Levene's ($P > 0,05$). ANOVA foi utilizado para comparar os grupos experimentais. Se houve diferenças significativas ($P < 0,05$), os grupos de tratamento foram comparados com o grupo controle através do teste student's. Todas as estatísticas foram realizadas no SAS (O sistema para o Windows, v8, SAS Institute Inc., Cary, NC).	As concentrações de Cd, Pb, As, Cu e Zn em todos os órgãos foram superiores ao limite aceitável para o consumo. Além disso, os níveis de metais nos órgãos dos peixes do rio Ogun foram superiores aos dos níveis dos peixes controle. Os níveis de metais pesados variaram entre 0,25-8,96 ppm no coração, 0,69-19,05 ppm nos rins, 2,10-19,75 ppm no fígado e 1,95-20,35 ppm nas brânquias. Atividade enzimática de superóxido dismutase aumentou 61% no fígado, 50% nos rins e no coração em 28%, enquanto que uma diminuição significativa (44%) foi observada nas brânquias comparada à da piscicultura de Agodi ($P < 0,001$). Pelo contrário, houve 46%, 41%, 50% e 19% de diminuição da atividade da catalase no fígado, rim, brânquias e coração respectivamente. Os níveis de atividades de glutatona S-transferase no fígado, rim e coração aumentaram 62%, 72% e 37%, respectivamente, enquanto houve diminuição significativa (41%) nas brânquias comparada com a da piscicultura de peixes de Agodi. Concentração de glutatona aumentou significativamente em 81%, 83% e 53% no fígado, rim e coração, respectivamente. Diminuição de 44% nas brânquias foi observada comparada com os peixes controle. Níveis de malondialdeído foram significativamente elevados no fígado, rim, brânquias e coração de 177%, 102%, 168% e 71%, respectivamente, em comparação com a piscicultura de Agodi.	O estudo conclui que a elevada concentração de Cd, Zn, Pb, Cu e As acumulado no fígado, rim, coração e brânquias dos peixes do Rio Ogun, foi provavelmente, devido ao elevado nível das atividades industriais, perto do rio. Isto poderia estar relacionado às atividades de alterações na enzima antioxidante e outros biomarcadores de estresse oxidativo em <i>Clarias gariepinus</i> que pode causar disfunção bioquímica desta espécie. Além disso, os resultados fornecem evidência de que biomarcadores enzimáticos ou não enzimáticos de estresse oxidativo podem ser indicadores sensíveis de poluição aquática.

Quadro 5. Peixes de água doce como bioindicadores de poluição ambiental por metais poluentes.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>L. Bervoets, G. Knaepkens, M. Eens e R. Blust. Fish community responses to metal pollution. Environmental Pollution, v.138, p. 338-349, 2005.</p>	<p>Investigar a estrutura da comunidade de peixes em diversos cursos de água em Flandres com diferentes níveis de poluição por metais, incluindo um gradiente de poluição por metal.</p>	<p>Quarenta e sete locais de amostragem, caracterizados por diferentes níveis de contaminação por metais, foram selecionados no Escalda e bacia do rio Mosa, em Flandres, Bélgica. As amostras de água foram coletadas em dois exemplares de todos os meses entre janeiro e julho de 2001 em todas as localizações de amostras. Em todos os locais de coleta de peixes foram capturados entre Dezembro de 2000 e Janeiro de 2001, por pesca elétrica. Cádmio, cobalto, cromo, cobre, níquel, chumbo e zinco foram medidos na água e amostras de tecido de peixe por um método de espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP-AES) ou por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). Dois índices de diversidade de espécies foram calculados: Menhinick e Shannon. Para relacionar as respostas da comunidade de peixes à contaminação por metais, dados sobre os níveis de metais dissolvidos em cada local de estudo foram convertidos para unidades tóxicas. Regressões lineares e não-lineares foram utilizadas para analisar os dados.</p>	<p>Nos locais 1-16, todos pertencentes ao Rio Nete, os níveis de dissolução de um ou mais metais excedeu os critérios de qualidade da água. Altas concentrações de Cd e Zn foram medidas, com gradientes de poluição por metais compreendidos entre o local 2 para o local 12. Nos locais 1 e 13, níveis de Cd e de Zn também foram elevados. Além disso, altos níveis de Cd foram medidos nos locais 14, 15 e 16 e níveis muito elevados de Ni no local 16. Critérios de qualidade da água não foram excedidos em qualquer dos outros locais. No total, 29 espécies foram capturadas, a maioria delas pertencente ao Cyprinidae. Unidades tóxicas com base nos níveis do metal na água e critérios de qualidade da água (TU_w) variaram de 0,07 a 11,8. Nos locais de 20-47, TU_w sempre foi ≤ 1. Unidades de tecidos tóxico (TU_t) foram medidos somente em peixes dos locais 1-23. Nesses locais TU_t variou entre 1 e 38,5.</p>	<p>Os resultados do estudo demonstraram claramente que, mesmo que a contaminação ambiental seja muito elevada e/ou níveis de metais nos tecidos sejam elevados, um número considerável de espécies de peixes estavam presentes (por exemplo, locais de 3 e 4). Por outro lado, alguns locais com baixos níveis de metais e de boa qualidade das características da água continha poucas espécies (por exemplo, locais, 27, 36 e 41). Uma vez que os peixes são relativamente móveis, é muito provável que apenas as fases da vida resistentes ou espécies prioritárias serão presentes nos locais contaminados. Isto, obviamente, não é refletida em índices de diversidade ou no índice ABC. O IBI combina um conjunto de métricas, incluindo as espécies com sensibilidade e de recrutamento, os efeitos sobre as mais sensíveis espécies e fases da vida será refletido no índice. De maneira geral, o estudo concluiu que a poluição por metal em ecossistemas aquáticos pode ser avaliada pela estrutura da comunidade de peixes. O IBI provou ser um índice adequado para a avaliação da poluição por metais, desde que características da qualidade da água cumpram critérios de qualidade e não estejam influenciando negativamente a estrutura da comunidade de peixes.</p>

espécies de peixes ainda estavam presentes. Por outro lado, alguns locais com baixos níveis de metais e de boa qualidade das características da água continham poucas espécies. Uma vez que os peixes são relativamente móveis, é muito provável que apenas as fases da vida resistentes ou espécies prioritárias estariam presentes nos locais contaminados (BERVOETS et al., 2005).

O terceiro estudo avalia a concentração de metais poluentes em amostras de tecido muscular (filé) de onze espécies de peixes (*Amia calva*, *Micropterus salmoides*, *Ictalurus punctatus*, *Esox niger*, *Perca flavescens*, *Pomoxis nigromaculatus*, *Anguilla rostrata*, *Lepomis microlophus*, *Lepomis macrochirus*, *Lepomis auritus* e *Minytrema melanops*). Nesse trabalho (Quadro 6) os níveis de metais variaram significativamente entre as espécies. Até certo ponto, diferenças nos níveis de metais podem refletir com a idade, peixes mais velhos e maiores apresentaram níveis mais altos de contaminantes (PHILLIPS et al., 1980; LANGE et al., 1994). Além disso, vários outros fatores afetam a bioacumulação de metais em peixes, incluindo biodisponibilidade do metal que pode variar com o pH da água (SPRY e WINER, 1991). A captação de metais por peixe é influenciado tanto pelas propriedades físicas como pela presença de outras substâncias. Por exemplo, toxicidade de cobre é inversamente correlacionada com a dureza da água e alcalinidade (CHAKOUMAKOS, 1979), resultados semelhantes foram também encontrados para as aves.

E o quarto estudo analisa a concentração de metais em amostras de carne e de brânquias em duas espécies de peixes (*Mullus barbatus*, ou em alternativa em alguns casos, *Mullus surmuletus* e *Boops boops*). Os resultados sobre esse trabalho (Quadro 7), sugerem que as espécies de peixes utilizadas, bem como os tecidos dos peixes selecionados, apresentaram bastante eficácia na utilização como bioindicadores para acompanhar a evolução temporal de metais, apesar das concentrações de metais encontradas terem sido baixas, foram semelhantes a outras áreas do Mar Mediterrâneo.

Devido às suas diferentes funções no processo de bioacumulação, a carne do tecido (músculo), fígado e brânquias são os mais freqüentemente utilizados para a análise. A carne é preferida porque é o destino final do tecido para o armazenamento de metal; além disso, a carne é a principal parte comestível dos peixes e seu estudo constitui a ferramenta para a proteção da saúde

Quadro 6. Peixes bioindicando poluição por metais poluentes.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>J. Burger, K. F. Gaines, C. S. Boring, W. L. Stephens, J. Snodgrass, C. Dixon, M. McMahon, S. Shukla, T. Shukla e M. Gochfeld. Metal Levels in Fish from the Savannah River: Potential Hazards to Fish and Other Receptors. Environmental Research Section A, v. 89, p. 85-97, 2002.</p>	<p>Comparar níveis de metais pesados em 11 espécies de peixes coletados em 1997 a partir do rio Savannah.</p>	<p>Os peixes foram coletados a partir do rio Savannah, que passa entre a Carolina do Sul e na Geórgia. Foram coletadas espécies de peixes de todos os níveis tróficos, por pesca elétrica. Metais (arsênico, cádmio, cromo, cobre, chumbo, manganês e estrôncio⁸⁸) foram analisados por espectroscopia de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). Embora não seja o foco deste trabalho por ter sido incorporada uma análise detalhada de risco humano a partir do mercúrio, também foram incluídos dados de mercúrio na correlação da matriz. O mercúrio foi analisado pela técnica de vapor a frio (HGSS-4). Foi usado Wilcoxon χ^2 para examinar diferenças entre as espécies de peixes e locais, seguidas por correlações não paramétricas para comparar as concentrações entre os metais dentro de cada espécie de peixe. Realizada análise multivariada (PROC GLM) para determinar a contribuição das espécies de peixe, peso, local da amostragem e interações em níveis de metal.</p>	<p>Entre 13 e 59% da variação nos níveis de metal foi explicado por espécie (todos os metais), peso do peixe (apenas cádmio, manganês e mercúrio), local (somente, arsênio cromo, cobre, chumbo e mercúrio), e peso versus espécies (apenas cádmio, chumbo e mercúrio). Para todas as espécies combinadas, se constatou correlações significativas entre os níveis de metais para 20 de 28 possibilidades, mas na maioria dos casos não foram elevados. Além disso, não houve um padrão claro nas relações. Estrôncio, no entanto, foi correlacionado com mais metais que qualquer outro. Houve uma correlação significativa entre o peso corporal e os níveis de metais para mercúrio (oito espécies), cádmio (cinco espécies), manganês (quatro espécies), arsênio e estrôncio⁸⁸ (três espécies), cromo (dois espécies) e chumbo (uma espécie), mas não para o cobre. Em todos os casos, relações significativas entre peso corporal e níveis de metais foram negativas para manganês e estrôncio⁸⁸ e positivo para o arsênio e mercúrio.</p>	<p>Este estudo conclui que (1) níveis de metais variam significativamente entre as espécies, (2) peixes com nível trófico mais elevado tem, geralmente, níveis mais elevados de arsênio, cromo, cobre e mercúrio do que os níveis mais baixos da cadeia alimentar, (3) não houve diferenças consistentes na localização, (4) tamanho corporal e níveis de estrôncio e manganês foram correlacionados negativamente, enquanto essas relações foram positivas para a maioria dos outros metais, (5) os níveis para a maioria dos metais foram semelhantes ou inferiores aqueles para os E.U.A em geral, e (6) os níveis de metais nos peixes do rio Savannah não colocam uma ameaça para a saúde dos peixes ou a ordem superior dos consumidores.</p>

Quadro 7. Peixes como bioindicadores de metais poluentes em águas mediterrâneas.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>V-A.Catsiki e E. Strogyloudi. Survey of metal in common fish species from Greek Waters. The Science of the Environmental, v. 237/238, p. 387-400, 1999.</p>	<p>Este estudo faz parte do programa de poluição do Mediterrâneo coordenado pelo Programa Ambiental das Nações Unidas. Objetiva investigar metais nos tecidos das espécies de peixes comuns em águas gregas, visando: 1. monitoramento dos níveis de metais em torno do mar grego; 2. controlar o conteúdo metálico nos peixes para fins de saúde pública, e 3. investigar a eficácia dos peixes selecionados e os tecidos dos peixes como bioindicadores.</p>	<p>A concentração de metais foi monitorada em duas espécies comum de peixes, <i>Mullus barbatus</i> ou em alternativa, em alguns casos, <i>M. surmuletus</i> e os pelágicos <i>Boops boops</i>. As amostras foram coletadas duas vezes por ano durante o período de 1987-1995 e uma vez por ano para o período 1995-1997. Estas foram tiradas de uma rede de seis amostras locais espalhadas no Mar Egeu e Jónico: local 1 localizado no norte do Mar Egeu (Alexandroupolis); local 2, no Mar Egeu central (ilha de Chios); locais 3 e 4 no sudeste da ilha de Rodas leste e sudoeste da ilha do Mar Egeu (Hania, Creta) respectivamente. O mar Jónico é representado pelo local 5 (Parga), enquanto uma estação adicional (localizado na ilha Aigina – local 6) foi selecionado em ordem para monitorar o Golfo de Saromikos. A Variação espectral AA 20 acrescido de absorção atômica foi utilizada para a determinação de metais. Cu, Cr, Ni e Zn foram selecionadas porque são altamente relacionados às atividades antrópicas e Fe e Mn, por serem abundantes em organismos marinhos. Os dados foram log-transformados antes do tratamento estatístico por ANOVA, análise de regressão e uma técnica de alisamento (regressão ponderada localmente). Para a análise estatística foi usado software STATGRAPHICS PLUS.</p>	<p>Um total de mais de 3400 amostras de peixe (carne e brânquias) coletados durante o período de 1987-1997 foram analisados para Cu, Cr, Ni, Zn, Fe e Mn. Essas análises mostraram que a evolução temporal de cada metal apresentou padrão semelhante em todas as estações de amostragem. Cu, Ni e Zn pareciam aumentar com o tempo, enquanto Cr e Fe pareciam diminuir. No entanto, os metais não foram distribuídos uniformemente nos peixes dos mares grego. As diferenças entre as estações de amostragem não pode ser explicada pelas diferenças conhecidas na qualidade do ambiente marinho.</p>	<p>Os resultados sugerem que as espécies de peixes utilizadas, bem como os tecidos dos peixes selecionados, apresentaram bastante eficácia na utilização como bioindicadores para acompanhar a evolução temporal de metais. Os níveis de poluição, indicados pelos peixes, foram baixos e semelhantes aos de outras áreas poluídas do Mediterrâneo.</p>

pública. Fígado é o principal órgão envolvido no metabolismo xenobiótico dos peixes, enquanto as brânquias são o principal local de absorção do metal no ambiente porque estão em contato direto com água do mar (ROMÉO et al., 1994), bem como também pela água doce.

5.3. Quanto ao uso de Aves como bioindicadores de metais poluentes:

Dos sete trabalhos selecionados de aves como bioindicadores de metais poluentes, três deles avaliaram os níveis de metais nas penas, o primeiro em duas espécies de aves canoras (*Parus major* e *Parus caeruleus*), o segundo em espécies de corujas (*Athene noctua*, *Tyto alba* e *Strix aluco*) e de gavião (*Acciper nisus*) e o terceiro em duas espécies de garças (*Nycticorax nycticorax* e *Egretta garzetta*). A respeito desses três artigos (Quadros 8, 9 e 10, respectivamente), Burger (1993) em uma revisão dos níveis de metais em penas de aves, mostrou que há diferenças significantes nos níveis de metais nas penas entre aves adultos e jovens e entre os sexos em algumas espécies. Além disso, o referido autor sustentou que as penas mais novas devem ter níveis mais baixos de metal que as penas mais velhas. Isso pode ser verdade se a contaminação externa é semelhante para todas as penas (DAUWE et al., 2003).

Os resultados gerados por Dauwe et al., (2003), em um dos artigos selecionados para o nosso estudo, sugere que algumas penas (ou seja, as penas primárias ultra-periféricas) estão mais expostas à contaminação externa do que outras, e por isso teriam as concentrações mais elevadas. Weyers et al., (1988) demonstraram experimentalmente que a fração exógena de Cádmiio não pode ser completamente removida por procedimentos de lavagem. Isso foi encontrado por Fassola et al., (1998), onde os elevados níveis de Cádmiio pode ter sido parcialmente devido a contaminação externa da pena. E isso também foi demonstrado por Hahn apud Dauwe et al., (2003) onde as partes da pena mais expostas à contaminação externa teve níveis mais elevados de cádmio. O estudo de Dauwe et al., (2003), também gerou resultados semelhantes, onde em quase todos os metais, as concentrações foram significativamente maiores nos segmentos da pena que estavam mais expostos às condições externas, o

Quadro 8. Aves como bioindicadores de metais poluentes em áreas rurais.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>M. Eens, R. Pinxten, R. Verheyen, Blust e L. Bervoets. Great and Blue Tits as indicators of heavy metal contamination in terrestrial ecosystems. Ecotoxicology and Environmental Safety, v. 44, p.81-85, 1999.</p>	<p>Analisar e comparar níveis de metais nas penas de duas espécies de aves canoras estreitamente relacionadas, entre um local presumidamente poluído de várias fontes de contaminação por metais pesados e locais de referência em áreas rurais, bem removido com a industrialização e urbanização. Ainda, relatar dados sobre os níveis dos três elementos essenciais (Al, Zn e Cu) e dois metais tóxicos (Cd e Pb) nas penas da cauda de <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i>.</p>	<p>O estudo foi realizado na região de Flandres, no norte da Bélgica. Como um local presumidamente poluído, foi escolhido o campus da Universidade de Antuérpia, Wilrijk, por estar situado próximo a um incinerador de resíduos, localizado em Edegem, na fronteira entre Edegem e Wilrijk. Em 1995 e 1996, foram colocadas caixas de nidificação para <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> no campus universitário. Entre novembro de 1996 e fevereiro de 1997, foram apanhadas <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> que estavam dormindo nas caixas de nidificação. No total, foram arrancadas a parte exterior esquerda e direita das penas da cauda de 15 <i>Parus major</i> e 10 <i>Parus caeruleus</i> e armazenadas para análises posteriores. Para <i>Parus major</i>, o Kalmthout Heath, a maior reserva de natureza estatal do Flandres, foi escolhida como local de referência. Esta reserva tem tamanho de 861 hectares sendo situado cerca de 50 km do campus da Universidade de Antuérpia. No inverno de 1996-1997, foram coletadas penas da cauda de seis grandes melharucos dormindo em caixas de nidificação que já estavam presentes em estudos anteriores. Devido ao tamanho relativamente pequeno da reserva natural Kalmthout Heath, não é improvável que este lugar também sofra com a poluição atmosférica proveniente da indústria pesada situado nos arredores da reserva. Um local de referência externa que foi escolhido para <i>Parus caeruleus</i>. Foram coletadas penas da cauda de <i>Parus caeruleus</i> na ilha de Tenerife, Espanha. As penas foram vigorosamente lavadas em água deionizada alternado com 1 mol/litro⁻¹ de acetona para remover metais externos</p>	<p><i>Parus major</i>: níveis de cádmio foram, em média, três vezes mais elevados no local presumido como poluído do que no lugar de referência, sendo a diferença altamente significativa. Embora os níveis de chumbo fossem maiores no local poluído do que na reserva natural, a diferença não foi significativa. Níveis de cobre também foram significativamente maiores no local poluído: todos, mas um do sexo masculino do local poluído tinha níveis mais elevados do que os machos de referência. Não houve diferença nos níveis de alumínio e zinco entre os dois locais. <i>Parus caeruleus</i>: níveis de cádmio e chumbo foram significativamente mais elevados no local presumido como poluído do que no lugar de referência em Tenerife. Todos os machos do local perto do incinerador de resíduos domésticos tinham níveis mais elevados desses dois metais que os machos de referência em Tenerife. Níveis de chumbo e de cádmio foram, em média, 17 e 4 vezes superiores, respectivamente, no campus da universidade que nos Vilaflor. Níveis de cobre também foram significativamente mais elevados no local poluído. Níveis de alumínio, no entanto, foram significativamente maiores no sítio de referência em Tenerife que na área poluída na Bélgica, enquanto os níveis de zinco também tenderam a ser maiores em Tenerife. Examinada correlações entre os metais apenas na população de <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> no local pressuposto como poluído, porque nos dois lugares de referência um número muito pequeno de</p>	<p>Os dados sugerem que espécies de <i>Parus</i>, que são espécies modelo importante na investigação comportamental e ecológica, podem ser muito úteis como bioindicadores de contaminação local. O principal trunfo de <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> como bioindicadores é sua ubiquidade, que permite a amostragem em quase qualquer área arborizada em grande parte da Europa. Outra vantagem de <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> como bioindicadores provém do hábito da cavidade de nidificação. Porque <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> não podem escavar suas próprias cavidades de ninhos, são frequentemente um recurso limitante e aceitam prontamente as caixas-ninho artificial. Assim, as populações de reprodutores de ambas as espécies podem ser rapidamente criadas e facilmente monitoradas em quase qualquer área de interesse. Além disso, ambas as espécies são residentes ou não migratórias em muitas populações e têm intervalos pequenos, tornando-os úteis como indicadores de ponto-fonte de contaminação em ecossistemas terrestres.</p>

		<p>vinculados. Este procedimento foi repetido três vezes. As amostras foram secas, pesadas, digeridas e armazenadas para análise. Cobre, zinco, cádmio, chumbo e alumínio foram analisados pelo método de espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado. A análise estatística dos dados foi realizada usando SPSS. Testes não-paramétricos De Mann Whitney U foram aplicados para diferenças significativas na concentração de metais entre locais e entre as espécies. Um nível de significância de 0,05 foi escolhido por todos os testes e todos os testes foram bi-caudais.</p>	<p>indivíduos foi amostrado. Em <i>Parus major</i>, havia uma correlação quase significativa entre o chumbo e o cobre. Todas as nove outras correlações não foram significativas. Nos <i>Parus caeruleus</i>, relacionamentos completamente diferentes entre os metais foram encontrados: 6 de 10 correlações foram significativas nesta espécie. O cádmio foi significativamente correlacionado com chumbo, zinco e alumínio. Houve também correlações significativas entre o chumbo e o cobre, chumbo e zinco e de alumínio e zinco. A correlação entre o chumbo e o alumínio quase atingiu significância. Havia diferenças marcantes nos níveis de metal entre <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> que habitam o mesmo local poluído no campus da universidade. Zinco, chumbo e cobre foram significativamente maiores em <i>Parus caeruleus</i> do que em <i>Parus major</i>. A diferença foi maior para o chumbo: em <i>Parus caeruleus</i>, em média, quatro vezes mais que o chumbo nas penas de <i>Parus major</i>. Não houve diferenças significativas em cádmio e alumínio entre <i>Parus major</i> e <i>Parus caeruleus</i> que habitam o mesmo local de estudo.</p>
--	--	--	---

Quadro 9. Aves de rapina como bioindicadores de metais poluentes.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>T. Dauwe, L. Bervoets, R. Pinxten, R. Blust and M. Eens. Variation of heavy within and among feather of birds of prey: effects of molt and external contamination. Environmental Pollution, v. 124, p. 429-436, 2003.</p>	<p>Investigar a variação de 13 metais pesados (Ag, Al, As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn, Ni, Pb e Zn), entre as 10 penas primárias do <i>Accipiter nisus</i>, <i>Athene noctua</i> e <i>Tyto alba</i> e dentro das penas de <i>Strix aluco</i>.</p>	<p>Espécimes para análise foram obtidos a partir de santuários de aves oficiais em Flandres, na Bélgica, de janeiro até Junho de 2001. A maioria das aves morreu por acidentes ou fome. As carcaças foram armazenadas congeladas (-20 °C) até análise. No total foram coletados sete espécies de <i>Accipiter nisus</i> mortos, sete espécies de <i>Athene noctua</i> mortas e cinco espécies de <i>Tyto alba</i> mortas para análise de metais. Para investigar a variação dentro da pena foram coletadas penas da cauda ultraperiféricas de sete gaviões mortos e as penas da cauda ultraperiféricas de sete corujas adultas capturados no ninho. Foram determinadas concentrações de prata, alumínio, arsênio, cádmio, cobalto, cromo, cobre, ferro, mercúrio, manganês, níquel, chumbo e zinco em todas as amostras através do método de espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS). A análise estatística dos dados foi realizada utilizando Software Statistica. Os dados foram testados quanto à normalidade usando um teste de Shapiro-Wilks. Além disso, também foram realizados ANOVA, correlações de Pearson e um teste de Tukey.</p>	<p>Usando ANOVA, verificou-se interação significativa entre o tipo de pena e espécies para cobre e zinco. Para todos os outros elementos não foram encontradas interações significativas. Prata, arsênio, cádmio, cobalto, ferro, níquel e chumbo diferiram significativamente entre as penas primárias. Encontrado também diferença significativa entre as espécies em suas concentrações nas penas primárias para o cromo e mercúrio. A seqüência da muda foi somente em alguns casos, significativamente e positivamente correlacionada com as concentrações médias de metais nas penas. Encontrada correlação significativa e positiva entre a seqüência da muda e a média de concentração de mercúrio nas penas primárias de gaviões e corujas. Em <i>Athene noctua</i>, as concentrações de cobre e zinco também foram significativamente e positivamente correlacionadas com a seqüência das mudas. Para a maioria dos outros elementos, a concentração nas penas primárias foi significativamente correlacionada com a seqüência muda em gavião e/ou coruja. Para o cádmio, cobalto, cobre e níquel foi encontrado interação significativa entre espécies e segmento. Em <i>Accipiter nisus</i> as concentrações de cádmio, cobalto e níquel foi significativamente maior nos segmentos 1, 2 e 3 do que no segmento 4, enquanto em <i>Strix aluco</i> eles foram superiores aos segmentos 4 e 5. A concentração de cobre nos segmentos 1, 2 e 4 das penas de <i>Accipiter nisus</i> foram significativamente superior à concentração no segmento 5. Na <i>Strix aluco</i>, apenas a</p>	<p>Penas de aves de rapina e corujas são potencialmente aptos bioindicadores de poluição ambiental de metais pesados. No entanto, os resultados indicam claramente que os metais não estão distribuídos homogeneamente entre e dentro das penas. Para a maioria dos metais, a contaminação externa parece alterar a concentração da pena após a formação, resultando em maior concentração nas penas e em segmentos da pena que estão mais expostos às condições externas. Portanto, todos os fatores que podem ter uma influência sobre a extensão da contaminação externa (ou seja, a exposição a condições externas e da idade da pena) têm que ser levados em conta na interpretação dos resultados de análise de metais pesados nas penas. Em contraste, as concentrações de mercúrio fez refletir significativamente a seqüência da muda. Estes resultados sugerem que os níveis de mercúrio nas penas refletem com precisão os níveis de mercúrio no sangue quando as penas são formadas e que as concentrações da pena são estáveis e inertes após a formação.</p>

				<p>concentração de cobre no segmento 2 foi significativamente maior do que nos segmentos 4 e 5. Em ambas as espécies, prata, alumínio, cromo, ferro, manganês, chumbo e zinco diferiram significativamente entre os cinco diferentes segmentos. A concentração de arsênio só tendeu a diferir entre os segmentos. Em geral a concentração foi maior nos segmentos 1, 2 e 3 do que nos segmentos 4 e 5. Encontrada também diferença significativa entre <i>Accipiter nisus</i> e <i>Strix aluco</i> para arsênio, manganês e zinco em seus segmentos. A concentração de arsênio, um elemento não-essencial foi significativamente maior no <i>Accipiter nisus</i>, enquanto os elementos essenciais, manganês e zinco foram significativamente superiores em <i>Strix aluco</i>. A concentração de mercúrio em <i>Strix aluco</i> foi ligeiramente, mas não significativamente superior ao de <i>Accipiter nisus</i>.</p>
--	--	--	--	--

Quadro 10. Penas de aves como bioindicadores de metais poluentes.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
M. Fasola, P. A. Movalli e C. Gandini. Heavy Metal, Organochlorine Pesticide and PCB Residues in Eggs and Feathers of Breeding Herons in Northern Italy. Archives of Environmental Contamination and Toxicology , v. 34, p. 87-93, 1998.	Investigar presença de organoclorados e contaminantes PCB em ovos de <i>Nycticorax nycticorax</i> e <i>Egretta garzetta</i> , em 1993 e 1994, e contaminação por mercúrio, chumbo e cádmio nas penas dessas espécies em 1994.	As penas foram analisadas para mercúrio, cádmio e chumbo. O mercúrio foi analisado pela técnica de vapor frio. Resíduos de cádmio e chumbo foram analisados usando um Varian 1275 espectrofotômetro de absorção atômica equipado com uma termelétrica GTA-95 tubo atomizador de grafite.	As médias geométricas encontrados para o mercúrio, cádmio e chumbo nas penas foram 2,59, 0,63 e 4,52 ppm, respectivamente, para <i>Egretta garzetta</i> e 1,98, 0,55 e 3,36 ppm, respectivamente, para <i>Nycticorax nycticorax</i> . As concentrações de metais foram ligeiramente superiores em <i>Egretta garzetta</i> do que em <i>Nycticorax nycticorax</i> . Não foi encontrada correlação entre as concentrações de metais.	Os níveis de metais pesados encontrados são relativamente elevados e mostram que as populações estudadas estão expostas a esses metais no meio ambiente. Em geral, é difícil ligar diretamente níveis de metal, com o sucesso reprodutivo. Os possíveis efeitos sub-letais desses metais, levando em consideração os efeitos interativos de combinações de poluentes e outros fatores de estresse, podem garantir maior pesquisa nesta área de estudo.

que sugere novamente que parte da concentração medida em penas são resultados da deposição externa.

Em se tratando do mercúrio, Appelquist et al., (1984) confirmaram experimentalmente que concentração de mercúrio nas penas não é afetado por vários tratamentos incluindo lavagem rigorosa. O padrão encontrado para o mercúrio é, portanto, semelhante a várias espécies de aves de diferentes taxa e é provavelmente universal para todas as espécies de aves (DAUWE et al., 2003). Isso significa que o mercúrio encontrado nas penas pode refletir com precisão suas concentrações.

Sobre o chumbo, o mesmo não pode ser completamente removido por procedimentos de lavagem (WEYERS et al., 1988), e as concentrações de chumbo em penas são provavelmente mais atribuível a contaminação externa do que aos níveis diários de chumbo durante a formação da pena (GOEDE e de VOOGT, 1985; SHEUHAMMER, 1987).

Dos demais artigos, três deles avaliaram os níveis de metais poluentes em amostras de fígados. O primeiro na espécie de pelicano (*Pelecanus erythrorhynchos*), o segundo em espécies de aves aquáticas (*Anas penelope*, *Anas strepera*, *Anas crecca*, *Anas platyrhynchos*, *Anas acuta*, *Anas querquedula*, *Anas clypeata*, *Netta rufina*, *Aythya ferina*, *Aythya fuligula*, *Fulica atra* e *Gallinago gallinago*) e o terceiro em pombos selvagens, neste terceiro trabalho além dos níveis de metais nas amostras de fígados, foram analisadas também em amostras de rim, pulmão e sangue. Nesses trabalhos (Quadros 11, 12 e 13, respectivamente) houve diferença entre os sexos e uma maior acumulação de metais com a idade. As diferenças nos níveis de contaminação encontradas entre os sexos, no estudo de Donaldson e Braune (1999), foram, provavelmente, detectadas devido a diferentes graus de exposição de contaminantes em diferentes épocas do ano e em locais diferentes.

No estudo de Mateo e Guitart (2003), três metais, cádmio, zinco e cobre estavam em uma concentração maior nos adultos do que nos juvenis. Sendo que o aumento mais significativo foi observado para o cádmio. O cádmio é conhecido por ter seu aumento da concentração com a idade, devido a sua meia-vida biológica (SCHEUHAMMER, 1987; DONALDSON et al., 1997).

Quadro 11. Aves como bioindicadores de metais poluentes em pradarias.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>G. M. Donaldson e B. M. Braune. Sex-Related levels of selenium, heavy metals and organochlorine compounds in American White Pelicans (<i>Pelecanus erythrorhynchos</i>). Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 37, p. 110-114, 1999.</p>	<p>Relatar níveis de organoclorados e metais em tecidos de fígado de um pelicano americano branco da parte central do Canadá e descrever esses níveis em relação ao sexo e comentar o potencial risco baseado nos níveis dos resíduos detectados.</p>	<p>O pelicano americano branco foi coletado em uma praia de amaranho no lago ocidental de Winnipeg, em 1989. Essas aves foram encontradas mortas na seqüência de uma tempestade de granizo e foram consideradas como tendo sido capturadas em águas abertas do lago. Uma amostra de 20 carcaças, todos adultos, foram congeladas logo depois da coleta. Fígados foram dissecados das carcaças para posteriormente análise de contaminantes. Amostras foram também analisadas para a mostra de mercúrio total, chumbo e cádmio. Antes da determinação de metais, amostras foram digeridas em ácidos minerais de acordo com os padrões (Associação oficial de químicos analíticos 1990). Níveis de mercúrio foram determinados usando vapor atômico frio por absorção espectrofotométrica e níveis de chumbo e cádmio foram determinados usando chama atômica de absorção espectrofotométrica. Níveis de selênio e arsênio foram analisados por laboratório de Fenwick por espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado. Todos os testes estatísticos foram realizados usando o software Estatística (StatSoft Inc. 1994). Dados foram checados para desvios a partir da distribuição normal pelo teste de Wilks-Shapiro e diferenças nas amostras de variância aplicando o teste de Levene's. Diferenças significativas entre os níveis de contaminação entre os sexos foram testadas com um Teste Bicaudal T.</p>	<p>Mercurio, selênio e arsênio foram detectados em todas as amostras de fígado, considerando que cádmio foi detectado em 75% das amostras. Chumbo não foi detectado em qualquer amostra. Concentrações de mercúrio, cádmio e arsênio em fígados foram todas encontradas significativamente diferentes entre os sexos. Para esses três metais, concentrações foram duas vezes mais altas que em machos comparados com as fêmeas. Selênio esteve presente em quase todas as concentrações em fígados de machos e fêmeas.</p>	<p>Aumentos no tamanho das populações dos pelicanos americanos nas pradarias canadenses provam em toda parte a saúde dessas aves. O fato que níveis de organoclorados medidos nesse estudo são abaixo dos níveis do efeito conhecido, isso sugere que estes compostos não representam uma ameaça. Contudo, a presença de níveis de selênio que excedem algumas concentrações crítica em fígados de ambos os machos e fêmeas, sugerem que o biomonitoramento de sinais de toxicidade do selênio em colônias de pelicanos possa ser justificado.</p>

Quadro 12. Aves aquáticas como bioindicadores de metais poluentes no ecossistema.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>R. Mateo e R. Guitart. Heavy Metals in Livers of Waterbirds from Spain. Archives of Environmental Contamination and Toxicology, v. 44, p. 398-404, 2003.</p>	<p>O presente estudo avalia as concentrações de seis metais pesados (Cr, Mn, Cu, Zn, Cd e Pb) no fígado de aves aquáticas em cinco zonas úmidas espanholas, para avaliar a ameaça potencial da poluição por metais pesados nas populações de aves aquáticas.</p>	<p>Um total de 364 aves aquáticas, incluindo 11 espécies de <i>Fulica atra</i> e <i>Gallinago gallinago</i>, foram obtidos a partir de caçadores entre 1986-1995 para uma pesquisa sobre o envenenamento por chumbo na Espanha em cinco zonas úmidas: Ebro Delta, Albufera de Valência, El Hondo, Tablas de Daimiel, e Donãna. Os fatores sexo, idade, quantidades de areia ingerida e dose de Pb e dieta foram avaliados para explicar o acúmulo de metais nas aves. Concentrações no fígado de Cr, Mn, Cu, Zn, Cd e Pb foram determinados por espectrometria de emissão atômica com plasma indutivamente acoplado. Diferenças nas concentrações de metais entre duas localidades com as mesmas espécies foram estudadas com análises de variâncias (ANOVA). Diferenças entre os locais foram estudados com o teste de Tukey. As análises estatísticas foram realizadas utilizando o SPSS/PC.</p>	<p>Embora nem todas as espécies estivessem presentes em todos os locais de amostragem, as comparações mostram os níveis mais elevados de Cr no fígado em Donãna e Daimiel e o nível mais elevado de Cu no Daimiel, e com o menor nível de Cd em Albufera de Valência. Não foram observados diferenças entre os locais para Mn, Pb e Zn. Nas aves do delta do Ebro, as diferenças relacionadas à idade foram observadas para Cd, Cu e Zn; relacionada com o sexo para Pb, e entre as espécies para todos os metais. As concentrações de cádmio foram maiores em adultos do que nos juvenis. Concentrações de Cu também foram altas em adultos do que nos juvenis, mas houve uma interação significativa com o fator de espécies e o aumento de Cu com a idade foi observada somente em <i>Aythya ferina</i>, <i>Netta rufina</i> e <i>Anas strepera</i>. As aves adultas também tiveram maiores concentrações de Zn que as juvenis. Os machos apresentaram maiores concentrações de Pb do que as fêmeas. A dieta mostrou um efeito significativo sobre Cr, Zn, e as concentrações de Cd, as aves herbívoras apresentando concentrações mais elevadas que as granívoras. O oposto é observado para o Pb, com os pássaros granívoros com concentrações mais elevadas que os herbívoros. Concentrações de todos os metais, exceto para Mn foram maiores em <i>Anas acuta</i>. Dentro das aves encontradas mortas, <i>Anas acuta</i> apresentaram maiores concentrações de Cr e Cd que flamingos maiores, mas o oposto foi observado para Zn.</p>	<p>Em conclusão, grãos de areia pode ser uma fonte significativa de Cr e pode contribuir para um menor grau de absorção de Zn, Cd e Mn por aves aquáticas no Delta Ebro. No entanto, a principal preocupação sobre a exposição a metais pesados em aves aquáticas nas zonas úmidas estudadas provém do gasto de doses de Pb presentes nos sedimentos, provavelmente a fonte mais evitável de metais pesados no ambiente.</p>

Quadro 13. Aves selvagens como bioindicadores de metais poluentes.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>P. A. Schilderman, J. A. Hoogewerff, F.-J. van Schooten, L. M. Maas, E. J.C. Moonen, B. J.H.van Os, J. H. van Wijnen e J. C.S Kleinjans. Possible Relevance of Pigeons as an Indicator Species for Monitoring Air Pollution. Health Perspect. v. 105, p. 322-330, 1997.</p>	<p>Determinar os níveis de HPA-DNA adultos, danos de DNA oxidativo, bem como resíduos de metais pesados em tecidos de pombos selvagens na cidade de Amsterdã, Maastricht e Assen, na Holanda.</p>	<p>Um total de 29 pombos selvagem da cidade foi capturado em quatro locais diferentes, com diferentes densidades de tráfegos. Em Amsterdã, dois locais de alimentação foram selecionados, um junto a uma estrada principal (alta densidade de tráfego) e um mais distante de uma estrada principal (densidade de tráfego médio). Em Maastricht e Assen, a densidade do tráfego foi menor do que em Amsterdã (sem semáforos ou interseções). As aves foram capturadas com armadilha de gaiolas. Amostras de fígado, pulmão e rim foram realizadas por Espectrometria de absorção atômica. As concentrações de Cd e Pb foram determinadas por AAS com forno de grafite com correção de fundo Zeeman e as concentrações de Zn por chama FAAS com deutério correção de fundo. As concentrações de Pb, Cd e Zn no sangue de pombo foram analisados em separados na mesma solução. As medições foram realizadas em um espectrômetro de massa com plasma indutivamente acoplado. Além disso, houve uma estimativa da parte do Pb da gasolina presentes em pombos, estimada utilizando um balanço de massa descrito pelo autor. A avaliação estatística das diferenças entre os diversos grupos em relação a níveis de adulto, teor de metais pesados e peso dos órgãos foi realizada utilizando o teste de Kruskal-Wallis.</p>	<p>O padrão de acumulação de Pb, Cd e Zn nas quatro áreas diferentes foi comparável. Os maiores teores de Pb encontrados nos rins, no fígado e no pulmão dos níveis de Pb eram duas a três vezes menores. Cd predominantemente acumulado no rim, seguido pelo fígado; significativamente níveis mais baixos foram encontrados no tecido pulmonar. O acúmulo de Zn no fígado e no tecido renal foi comparável; tecido pulmonar continha cerca de metade da quantidade de Zn encontrada no fígado e rim. Análise de Kruskal-Wallis demonstrou diferenças altamente significativas regionais no conteúdo de Pb em fígado, rim e pulmão, bem como no sangue. Níveis de Pb mais elevados foram encontrados em Amsterdã, seguido de Maastricht e de Assen. Conteúdo de Pb em sangue e tecido do órgão foram de aproximadamente cinco vezes maior na localidade de alta densidade de tráfego de Amsterdã, em comparação com a localidade média densidade de tráfego. A análise de regressão mostrou uma correlação significativa entre os níveis sanguíneos de Pb e teor de Pb no fígado, rim, e o tecido do pulmão. Pombos do local de alta densidade de tráfego em Amsterdã teve a maior porcentagem de Pb na gasolina, seguido pela localização de densidade de tráfego média em Amsterdã. Pombos em Assen e Maastricht tinha 56,2 e 48,9%, respectivamente, Pb derivados da gasolina em seu sangue. Houve uma diferença significativa no teor de Cd em todos os órgãos examinados entre os quatro locais diferentes. Análise do teor de zinco</p>	<p>A partir destes primeiros resultados, parece que os pombos podem ser utilizados para o biomonitoramento da exposição aos metais pesados. Os achados mais impressionantes são as diferenças regionais de poluição de Pb e Cd que se refletem no corpo de carga do pombo. Além disso, a contribuição do Pb na gasolina pode ser determinada com base na análise da composição isotópica do Pb no sangue, que também resultaram em marcadas diferenças regionais, como foi demonstrado neste estudo.</p>

				no sangue revelou uma diferença significativa entre Amesterdã e as duas áreas de controle dos níveis de zinco no sangue.	
--	--	--	--	--	--

O último artigo (Quadro 14) avaliou os níveis de metais poluentes nos ovos de cinco espécies de aves marinhas (*Larus marinus*, *Larus argentatus*, *Rynchops niger*, *Sterna hirundo* e *Sterna forsterii*), foram evidentes as diferenças interespecíficas para todos os metais analisados, exceto para o cádmio. Embora essas diferenças não tenham sido grandes, com exceção do mercúrio. No entanto, trabalhos que utilizam ovos de aves para bioindicar contaminação por metais poluentes são resultados apenas de exposição local. Pois eles representam locais onde os adultos se estabeleceram.

Quadro 14. Aves marinhas como bioindicadores de metais poluentes em áreas de Baía.

REFERÊNCIA	OBJETIVO	PROCEDIMENTOS	RESULTADOS	CONCLUSÕES DOS AUTORES
<p>J. Burger. Food Chain Differences Affect Heavy Metals in Bird Eggs in Barnegat Bay, New Jersey. Environmental Research Section A, v. 90, p. 33-39, 2002.</p>	<p>Examinar os níveis de arsênio, cádmio, cromo, chumbo, mercúrio, manganês e selênio nos ovos de cinco espécies de aves marinhas que nidificam na Baía de Barnegat, Nova Jersey, incluindo <i>Larus marinus</i>, <i>Larus argentatus</i>, <i>Rynchops niger</i>, <i>Sterna hirundo</i> e <i>Sterna forsterii</i>.</p>	<p>Entre 12 e 15 ovos foram coletados de cada espécie, exceto para <i>Sterna hirundo</i>. Ovos foram homogeneizados, digeridos e posteriormente diluídos com água deionizada. O mercúrio foi analisado pela técnica do vapor frio e outros metais foram analisados por absorção atômica em forno de grafite. Os dados foram analisados por ANOVA para determinar as diferenças entre as espécies. Usou a opção de escala múltipla de Duncan com a ANOVA como Teste <i>post hoc</i> da importância das diferenças entre as médias para as diferentes espécies na Baía de Barnegat.</p>	<p>Houve diferenças significativas interespecíficas em níveis de metais nos ovos para todos os metais, exceto o cádmio. Embora as diferenças fossem significativas para a maioria dos metais, esta não foi grande. Para o mercúrio, os ovos de <i>Rynchops niger</i> tinham níveis cinco vezes mais elevados do que os níveis de <i>Larus marinus</i>. No entanto, a maioria das espécies exibiu uma vasta gama de contaminantes entre os indivíduos. Apesar disso, o mercúrio refletiu nível de diferenças tróficas ao contrário de outros metais. Para todos os ovos combinados, houve correlações significativas entre os metais para apenas 7 das 21 possíveis correlações. As maiores correlações foram de manganês com cádmio e cromo, e cromo com arsênio. Da mesma forma, houve pouca correlação significativa entre os metais de cada espécie, incluindo as de mercúrio, e não houve um padrão claro.</p>	<p>Relação entre o nível de metal em ovos e efeitos adversos no desenvolvimento é conhecida para mercúrio, tal como: mortalidade, baixas taxas de incubação, maiores defeitos nos pintinhos, efeitos neuro-comportamentais quando níveis de ovos são menores que 0,5 ppm (peso úmido). Efeitos mais graves ocorrem em 1,0-2,0 ppm. Isto sugere que níveis de mercúrio nos ovos de <i>Sterna forsterii</i> e <i>Rynchops niger</i> da Baía de Barnegat pode ser suficiente para causar efeitos adversos que podem afetar os níveis de população. Nos últimos 20 anos o número de colônias de <i>Rynchops niger</i> tem diminuído na Baía de Barnegat. Só uma colônia de <i>Sterna forsterii</i>, que se manteve relativamente estável. O declínio dos <i>Rynchops niger</i> na Baía de Barnegat é preocupante porque espécies ameaçadas de extinção, em Nova Jersey, e populações em outras áreas do estado também estão mal. As causas destas quedas são muitas, incluindo perturbação humana e possibilidade da diminuição da oferta de alimentos por causa do aquecimento global ou sobre-pesca, alterando padrões de migração dos peixes predadores. O stress de contaminantes pode interagir com outros efeitos adversos para diminuir o sucesso reprodutivo e a sobrevivência global. Estes dados sobre os níveis de mercúrio, em conjugação com a diminuição das populações de <i>Rynchops niger</i>, é motivo de preocupação. A desregulamentação da energia pode resultar em elevados níveis de mercúrio na atmosfera e níveis mais elevados de deposição em Nova Jersey, afetando espécies que são mais elevadas na escala da cadeia trófica.</p>

6. CONCLUSÃO

Os estudos que fizeram parte desta revisão evidenciaram que as aves constituem-se excelentes bioindicadores de contaminação por metais, podendo ser utilizado em estudos futuros, várias composições destas, como: penas, tecidos corpóreos, ovos.

Penas de aves são potencialmente aptos bioindicadores de poluição ambiental de metais pesados. No entanto, os resultados apresentados nos estudos selecionados indicam claramente que os metais não estão distribuídos homogeneamente entre e dentro das penas. Para a maioria dos metais, a contaminação externa parece alterar a concentração da pena após a formação, resultando em maior concentração nas penas e em segmentos desta, que estão mais expostos às condições externas (DAUWE et al., 2003).

Importante ressaltar que alguns metais, como o cádmio tem sua concentração aumentada com a idade, podendo induzir a interpretações errôneas em estudos de avaliações ecológicas. Dessa forma, deve-se observar o tipo de animal a ser utilizado nessas avaliações, se juvenis ou adultos, e tentar equilibrar essa questão. Quando se avalia ovos de espécies de aves, também deve-se ter o mesmo cuidado, pois dependendo da dieta da espécie escolhida os resultados podem ser alterados.

Com relação aos moluscos, os estudos que fizeram parte da análise final desta revisão revelaram que não há uma uniformidade de acumulação de metais nas conchas e nem nas partes moles dos mesmos. E apesar de estudos com moluscos serem, ainda, pouco utilizados em países subdesenvolvidos, estes tem-se mostrado bastante promissores como bioindicadores de poluição.

Os peixes também mostraram-se muito eficientes como bioindicadores de poluição por metais pesados. As estruturas que mais foram utilizadas para analisar os níveis de metais poluentes nos peixes têm sido as brânquias, fígado, tecido muscular e rins.

A experiência adquirida nesta pesquisa nos permite concluir que o método da Revisão Sistemática da Literatura é uma importante ferramenta de trabalho que possibilita a apresentação da síntese de informações produzidas em diferentes estudos, facilitando ao leitor o acesso a informações resumidas de

determinada área temática de interesse. Todavia, não é uma modalidade simplista de estudo, ao contrário, requer a formação de um grupo de pesquisadores com experiência e conhecimento de metodologia científica, conhecimento na área específica da questão de investigação, habilidades de análise e síntese, e critérios de pensamento crítico acurado. Ainda, é importante que os pesquisadores contem com o apoio de pelo menos mais um pesquisador que tenha tais habilidades, e que contribuirá como “juiz” em caso de desacordo entre os pesquisadores. Assim, desenvolver este estudo foi um desafio dada a pouca experiência como pesquisadora, exigindo o desenvolvimento de novas habilidades e recursos de estudo.

Assim como observado no estudo de Pereira (2006), pudemos vivenciar a ansiedade com a grande quantidade de exclusões com a aplicação dos Testes de Relevância. Mas como abordado por Wiechula (2003), em estudos de revisão sistemática, é comum que haja um grande contingente de exclusões, dado os critérios adotados para seleção dos estudos. Por sua vez, esta seleção mostra-se imprescindível para separar os estudos de interesse para a questão de investigação, daqueles irrelevantes ao tema ou que apresentem fragilidades comprometendo a confiabilidade dos dados.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AKOSY, A e OZTURK, M.A. *Nerium oleander* L. of lead and other heavy metal pollution in Mediterranean environments. **The Science of the Total Environment**, v. 205, p. 145-150, 1997.

ALSOP, D. H.; McGEER, J.C.; McDONALD, D.G.; WOOD, C. M. Costs of chronic waterborne zinc exposure and the consequences of zinc acclimation on the gill/zinc interactions of rainbow trout in hard and soft water. **Environmental Toxicology and Chemistry**, v.18, p. 1014-1025, 1999.

APPELQUIST, H.; ASBIRK, S.; DRABAEK, I. Mercury monitoring: Mercury stability in bird feathers. **Marine Pollution Bulletin**, v.15, p. 22–24, 1984.

ATALLAH, N.A e CASTRO A. A. Revisões sistemáticas da literatura e metanálise: a melhor forma de evidência para tomada de decisão em saúde e a maneira mais rápida de atualização terapêutica. **Diagnóstico & Tratamento**. v.2, n.2, p.12-15, 1997.

AVEZUM, A.; CAVALCANTI, A.B.; FARSKY, P.S.; KNOBEL, M. Transferindo as evidências da pesquisa clínica para a prática cardiológica. **Revista da Associação Médica Brasileira**, v.47, n.2, p.165-168, 2001.

BERVOETS, L e BLUST, R. Metal concentrations in water, sediment and gudgeon (*Gobio gobio*) from a pollution gradient: relationship with fish condition factor. **Environmental Pollution**, v.126, p. 9-19, 2003.

BERVOETS, L.; KNAEPKENS, G.; EENS, M.; BLUST, R. Fish community responses to metal pollution. **Environmental Pollution**, v.138, p. 338-349, 2005.

BESSER, J. M.; INGERSOLL, C.G.; GIERY, J.P. Effects of spatial and temporal variation of acid-volatile sulphide on the bioavailability of copper and zinc in

freshwater sediment. **Environmental Technology Chemical**, v.15, p. 286-293, 1996.

BRYAN, G. W.; LANGSTON, W. J.; HUMMESRTONE, L. G.; BURT, G. R.; HO, Y. B. An assessment of the gastropod *Littorina littorea* as an indicator of heavy-metal contamination in United Kingdom estuaries. **Journal Marine Biology**, v. 63, p. 327-45, 1983.

BURGER, J. Metals in avian feathers: bioindicators of environmental pollution. **Revised Environmental Toxicology**, v. 5, p. 203–311, 1993.

BURGER, J e GOCHFELD, M. Metal levels in feathers of 12 species of seabirds from Midway Atoll in the northern Pacific Ocean. **Science Total Environmental**, v. 257, p. 37–52, 2000.

BURGER, J.; VEITCH, C. R.; GOCHFELD, M. Locational differences in metal concentrations in feathers of Australasian Gannet (*Morus serrator*) in New Zealand. **Environmental Monitoring Assess**, v. 32, p. 47-57, 1994.

BVS. **Biblioteca Virtual em Saúde**. Disponível em: <<http://www.bireme.br/php/index.php>>. Acesso em: 02 de agosto 2009.

CARNEIRO, M. R. A e TAKAYANAGUI, A. M. M. T. O uso de bioindicadores vegetais em processos de verificação da poluição do ar. **Anais do VI Simpósio Nacional e Congresso Latino-Americano**, 2005 .

CARRERAS, H.A e PIGNATA, M.L. Comparison among air pollutants, meteorological conditions and some chemical in the transplanted lichen *Usnea amblyoclada*. **Environmental Pollution**, v. 111, p. 45-52, 2001.

CHAKOUMAKOS, C. Toxicity of copper to cutthroat trout (*Salmo clarki*) under different conditions of alkalinity, pH, and hardness. **Environmental Science Toxicology**, v.13, p. 213-219, 1979.

CHEUNG, K.C.; LEUNG, H.M.; WONG, M. H. Metal Concentrations of Common Freshwater and Marine Fish from the Pearl River Delta, South China. **Archives Environmental Contamination Toxicology**, v. 54, p. 705–715, 2008.

COCHRANE. **The Cochrane Collaboration**. Preparing, maintaining and promoting the accessibility of systematic reviews of the effects of health care interventions. Disponível em: <<http://www.cochrane.de/cc/cochrane/cdRS.htm>>. Acesso em: 21 set. 2009.

COUTINHO, E.S.F. Meta-análise. In: MEDRONHO, R.A.; et al. **Epidemiologia**. São Paulo: Atheneu, p. 447-455, 2002.

CUSTER, T. W.; PENDLETON, G.; OHLENDORF, H. M. Within-clutch and among clutch variation of organochlorines residues in eggs of black-crowned night herons. **Environmental Monitoring Assess**, v.15, p. 83–90, 1990.

DAUWE, T. L.; BERVOETS, R.; PINXTEN, R.; BLUST, M.; EENS, M. Variation of heavy metals within and among feathers of birds of prey: effects of molt and external contamination. **Environmental Pollution**, v.124, p. 429-436, 2003.

DAVIES, H.T.O e CROMBIE, I.K. What is a Systematic Review? **Haywands Medical Communication**. Serie: What is Health Economics? v.1, n.5, p.1-2, 2003.

DENNEMAN, W.D e DOUBEN, P. E. T. Trace metals in primary feathers of the barn owl (*Tyto alba guttattus*) in the Netherlands. **Environmental Pollution**, v. 82, p. 301–310, 1993.

DONALDSON, G. M.; BRAUNE, B. M.; GASTON, A. J.; NOBLE, D. G. Organochlorine and heavy metal residues in breast muscle of known-age thick-billed murre (*Uria lomvia*) from the Canadian Arctic. **Archives Environmental Contamination Toxicology**, v.33, p. 430–435, 1997.

DONALDSON, G.M e BRAUNE, B.M. Sex-Related levels of selenium, heavy metals and organochlorine compounds in American White Pelicans (*Pelecanus erythrorhynchos*). **Archives Environmental Contamination Toxicology**, v. 37, p. 110-114, 1999.

EDENS, F. W e GARLICH, J. D. Lead-induced egg production decrease in leghorn and Japanese quail hens. **Polution Science**, v. 62, p. 1757-1763, 1983.

EGGER, M e SMITH, G.D. Bias in location and selection of studies. **BMJ**. v. 316, p. 61-6, 1998.

FASOLA, M.; MOVALLI, P. A.; GANDINI, C. Heavy metal, organochlorine pesticide and PCB residues in eggs and feathers of herons breeding in northern Italy. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 34, p. 87-93, 1998.

FURNESS, R. W e GREENWOOD, J. J. D. Birds as monitors of environmental change. **Chapman & Hall**, London, p. 102–120, 1993.

GALVÃO, C. M.; SAWADA, N. O.; TREVISAN, M. A. Revisão sistemática: recurso que proporciona a incorporação das evidências na prática da enfermagem. **Revista Latino-America de enfermagem**, v.12, n.3, p. 549-556, 2004.

GARTY, J.; KLOOG, N.; COHEN, Y. Integrity of lichen cell membranes in relation to concentration of airborne elements. **Archives Environmental Contamination Toxicology**, v. 34, p.136-144, 1998.

GOEDE, A. A e de BRUIN, M. The use of bird feather parts as a monitor for metal pollution. **Environmental Pollution A**, v. 37, p. 287-309, 1984.

GOEDE, A. A e de VOOGT, P. Lead and cadmium in waders from the Dutch Wadden sea. **Environmental Pollution**, v. 37, p. 311–322, 1985.

GRAGNANIELLO, S. D.; FULGIONE, M.; MILONE, O.; SOPPELSA, P. ; CACACE, L. FERRARA, L. **Bulletim Environmetal Contamination Toxicology**, v. 66, p. 719, 2001.

HEATH, A.G. 1995. Water Pollution and Fish Physiology. **CRC Press**, Boca Raton, Florida.

HEINZ, G. H. Selenium in birds. In Beyer, WN, Heinz, GH, Redmon-Norwood, AW, (eds). **Environmental Contaminants in Wildlife**. Interpreting Tissue Concentrations. SETAC Special Publication Series, CRC, Boca Raton, USA, pp 447-458, 1996.

HOLLIS, L.; McGEER, J. C.; McDONALD, D. G.; WOOD, C. M. Cadmium accumulation, gill Cd binding, acclimation, and physiological effects during long term sublethal Cd exposure in rainbow trout. **Aquatic Toxicology**, v. 46, p. 101-119, 1999.

JAGER, L. P.; RIJINIERSE, F.V.J.; ESSELINK, H.; BAARS, A.J. Biomonitoring with the buzzard *Buteo buteo* in the Netherlands: heavy metals and sources of variation. **Jornal Ornithology**, v. 137, p. 295–318, 1996.

KLUMPP, A.; ANSEL, W.; KLUMPP, G.; FOMIN, A. Um novo conceito de monitoramento e comunicação ambiental: a rede europeia para a avaliação da qualidade do ar usando plantas bioindicadoras (EuroBionet). **Revista Brasileira de Botânica**, n.4, p. 511-518, 2001.

KROLAK, E. Concentration of heavy metals in the snails *Lymnaea* (Radix) peregra (O.F. Mull) and *Lymnaea stagnalis* (L.) occurring in rivers near Siedlce town. **Pol Arch Hydrobiol**, v. 45, p. 553- 563, 1998.

LANGE, T. R.; ROYALS, H. E. ; CONNOR, L. L. Mercury accumulation in largemouth bass (*Micropterus salmoides*) in a Florida Lake. **Archives Environmental Contamination Toxicology**, v. 27, p. 466-471, 1994.

LAU, S.; TAN, A. C. Y.; SBTUYAH, S. Bioaccumulation of heavy metals in mollusca from Sg. Sarawak. Proceeding Malaysian. **Chemical Congress 96'**: Genting Highland, 1996.

LAUENSTEIN, G. G e DASKALAKIS, K. D. US long-term coastal contaminant temporal trends determined from mollusk monitoring programs, 1965–1993. **Marine Pollution Bulletin**, v. 37, p. 6–13, 1998.

LEWIS, S. A e FURNESS, R. W. Mercury accumulation and excretion by laboratory reared black-headed gulls (*Larus ridibundus*) chicks. **Archives Environmental Contamination Toxicology**, v. 21, p. 316–320, 1991.

LIMA, M.S.; SOARES, B.G.O.; BACALTCHK, J. Psiquiatria baseada em evidências. **Revista Brasileira de Psiquiatria**, v.22, n.3, p. 142-146, 2000.

MANCE, G. Pollution threat of heavy metal in aquatic environments. New York: **Elsevier Applied Science**, 1990.

MARTÍNEZ-LÓPEZ, E. P.; MARÍA-MOJICA, J. E.; MARTÍNEZ, J. F.; CALVO, D.; ROMERO, D.; GARCÍA-FERNÁNDEZ, A. J. **Environmental Contamination Toxicology**, v. 74, p. 477, 2005.

MATEO, R e GUITART, R. Heavy metals in livers of waterbirds from Spain. **Archives Environmental Contamination Toxicology**. v. 44, p. 398-404, 2003.

MATIAZZO-PREZOTTO, M.E. Comportamento de cobre, cádmio, cromo, níquel e zinco adicionados a solos de clima tropical em diferentes valores de pH. Piracicaba; Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo. **Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz**. 1994.

McDONALD, S.; CRUMLEY, E.; EISINGA, A.; VILLANUEVA, E. Search strategies to identify reports of randomized trials In: MEDLINE: protocol for a Cochrane review. Oxford: **The Cochrane Libraly**, Issue 2, 2005.

MILLER, M. Maternal transfer of organochlorine compounds in salmonines to their eggs. **Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 50, p. 1405-1412, 1993.

MORAES, R.; GERHARD, P.; ANDERSSON, L.; STURVE, J.; RAUCH, S.; MOLANDER, S. Establishing Causality between Exposure to Metals and Effects on Fish. **Human and Ecological Risk Assessment**, v. 9, n. 1, p. 149-169, 2003.

MORRISON, M. L. Bird populations as indicators of environmental change. **Curr Ornithol**, v. 3, p. 429-451, 1986.

MOUNTOURIS, A.; VOUTSAS, E.; TASSIOS, D. Bioconcentration of heavy metals in aquatic environments: the importance of bioavailability. **Marine Pollution Bulletin**, v. 44, p. 1136-1141, 2002.

MUÑOZ, W. I. S.; TAKAYANAGUI, A. M. M.; SANTOS, C. B. dos.; SANCHEZ-SWEATMAN, O. Revisão sistemática da literatura e metanálise: noções básicas sobre seu desenho, interpretação e aplicação na área de saúde. **Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Comunicação em Enfermagem**, 2002.

NRC (National Research Council). Risk assessment in the federal government. Managing the process. **National Academy Press**, Washington, DC, 1983.

NYGARD, T.; LIE, E.; ROY, N.; STEINNES, E. Metal dynamics in an Antarctic food chain. **Marine Pollut Bull**, v. 42, p. 598-602, 2001.

O'CONNOR, T. P. The NOAA National Status and Trends Mussel Watch Program: national monitoring of chemical contamination in the coastal United States. In: Cothorn, C.R., Ross, N.P. (Eds.), **Environmental Statistics, Assessment and Forecasting**. Lewis Publishing, Boca Raton, FL. 1993.

PEREIRA, A.L. Revisão Sistemática da Literatura sobre produtos usados no tratamento de feridas; (Dissertação) - Universidade Federal de Goiás, **Faculdade de Enfermagem**, 2006.

PENTREATH, R. J. The accumulation of organic mercury from sea water by the plaice, *Pleuronectes platessa*. **J. Exp. Mar. Biol. Ecol.**, v. 24, p. 121-132, 1976.

PHILLIPS, G. R.; LENHART, T. E.; GREGORY, R. W. Relations between trophic position and mercury accumulation among fishes from the Tongue River Reservoir, Montana. **Environ. Res.**, v. 22, p. 73-80, 1980.

PIGNATA, M.L.; GUDIÑO, G.L.; WANNAZ, E.D.; PLÁ, R.R.; GONZÁLEZ, C.M.; CARRERAS, H.A.; ORELLANA, L. Atmospheric quality and distribution of heavy metals in Argentina employing *Tillandsia capillaris* as a biomonitor. **Environmental Pollution**, v. 120, p. 59-68, 2002.

RAINBOW, P. S. Trace metal accumulation in marine invertebrates: marine biology or marine chemistry? **J. Mar. Biol. Assoc. UK.**, v. 77, p. 195-210, 1997.

ROMÉO, M.; MATHIEU, A.; GNASSIA-BARELLI, M.; ROMANA, A.; LAFAURIE, M. Heavy metal content and biotransformation enzymes in two fish species from the NW Mediterranean. **Mar. Ecol. Prog. Ser.**, v. 107, p. 15-22, 1994.

ROSENTHAL, H e ALDERDICE, D. F. Sublethal effects of environmental stressors, natural and pollutional on marine fish eggs and larvae. **Journal of the Fisheries Board of Canada**, v. 33, p. 2047-2055, 1976.

SAVINOV, V. M.; GABRIELSEN, G. W.; SAVINOVA, T. N. Cadmium, zinc, copper, arsenic, selenium and mercury in seabirds from the Barents Sea: levels, inter-specific and geographical differences. **Sci. Tot. Environ.**, v. 306, p. 133-58, 2003.

SCIELO. **Biblioteca Científica Eletrônica Online**. Disponível em: <<http://www.scielo.org/php/index.php>>. Acesso em: 02 de agosto 2009.

SEGURA-MUNÓZ, S.I.; TAKAYANAGUI, A. M. M. L.; LOPES, T. M.; TREVILATO, T. M. B.; HERING, S. Estudo do efeito neurotóxico da exposição ocupacional ao mercúrio, chumbo e manganês utilizando como ferramenta metodológica a Revisão Sistemática da Literatura. **Revista o Mundo da Saúde**, v.27, n.4, p. 589-595, 2003.

SHEUHAMMER, A. M. The chronic toxicity of aluminium, cadmium, mercury, and lead in birds: A review. **Environmental Pollution**, v. 46, p. 263–295, 1987.

SIWEK, K. J.; GOURLAY, M. L.; SLAWSON, D. C.; SHAUGHNESSY, A. F. How to write an evidence-based clinical review article. **AM. Fam. Physician.**, v.65, n. 2, p. 251-8, 2002.

SOLAUN, O.; BORJA, A.; FRANCO, J. El seguimiento de la calidad de aguas para cultivo de moluscos y marisqueo en el País Vasco (1990–2000). Informe Técnico. Gobierno Vasco, Departamento de Agricultura y Pesca. **Servicio Central de Publicaciones Del Gobierno Vasco**. Vitoria-Gasteiz, n. 90, p. 94, 2001.

SORENSEN, E. M. Cadmium. In: Sorensen, E. M. (Ed.). **Metal poisoning in fish**. CRC Press, Boca Raton, p. 175-234. 1991.

SPRY, D. J e WINER, J. G. Metal bioavailability and toxicity to fish in low-alkalinity lakes: A critical review. **Environmental Pollution**, v. 71, p. 243-304, 1991.

TAKANAYAGUI, A. M. M.; LOPEZ, T. M.; MUNÓZ, S. I. I. El conocimiento sobre el grado de riesgo de residuos de servicios de salud obtenido a partir de una revisión sistemática de literatura. Proceedings of JSWA. **World Congress**, Buenos Aires, Argentina, 2005.

VON WESTERNHAGEN, H. Effects on pollutants on fish eggs and larvae. In: Hoar, W., Randall, D. (Eds.). **Fish Physiology**, Academic Press, London. v. XI, 1988.

WARD, N. I. Trace elements. In: FIELD, F. W.; HAINES, P. J. (Eds.). **Environmental analytical chemistry**, London: Blackie Academic and Professional. Chapman and Hall, 1995.

WEYERS, B.; GLUCK, E.; STOEPLER, M. Investigation of the significance of heavy metal contents of blackbird feathers. **Science Total environmental**, v. 77, p. 61–67, 1988.

WIECHULA, R. The use of moist wound-healing dressings in the management of split-thickness skin graft donor sites: a systematic review. **International Journal of Nursing Practice**. v. 9, n.2, p. 9 -17, 2003.

WILLIAMS, J.H. Use of sewage on agricultural land and the effects of metals on crops. **Water Pollut Control**, v. 74, p. 44-635, 1975.

WOLF, H. DE.; ULOMI, S. A.; BACKELJAU, T.; PRATAP, H. B.; BLUST, R. Heavy metal levels in the sediments of four Dar ES Salaam mangroves accumulation in and effect on the morphology of the periwinkle, *Littoraria scabra* (Molusca: Gastropoda). **Environmental International**, v. 26, p. 243-249, 2001.

XIAO, Z.; SOMMAR, J.; LINDQVIST, O.; GIOULEKA, E. Atmospheric mercury deposition to grass in southern Sweden. **The Science of the Total Environment**, v. 213, p. 85-94, 1998.

APÊNDICE I

TESTE DE RELEVÂNCIA 1 (TR1)

(Aplicado às referências e resumos)

Identificação da Pesquisa/Estudo		Protocolo N°.		
Autor (es):				
Título:				
Periódico:		Volume	N°.	Ano
Questões			Sim	Não
1. Trata-se de trabalho publicado no período de janeiro de 1997 a agosto de 2009?				
2. O estudo foi publicado em língua inglesa, espanhola ou portuguesa?				
Parecer do avaliador: Inclusão () Exclusão ()				
Avaliador: _____ Data: ___/___/____.				

APÊNDICE II

TESTE DE RELEVÂNCIA 2 (TR2)

(Aplicado inicialmente às referências e resumos, posteriormente ao artigo na íntegra)

Identificação da Pesquisa/Estudo		Protocolo N°.		
Autor (es):				
Título:				
Periódico:		Volume	N°.	Ano
Questões			Sim	Não
1. Trata-se de um artigo primário?				
2. São trabalhos que envolvem aves, moluscos ou peixes como bioindicadores de contaminação por metais poluentes?				
3. São trabalhos que envolvem a concentração de metais poluentes nesses animais?				
4. Há uma correlação de alterações ambientais por metais poluentes nesses animais?				
Parecer do avaliador: Inclusão () Exclusão ()				
Avaliador: _____			Data: __/__/____.	

APÊNDICE III

TESTE DE RELEVÂNCIA 3 (TR3)

(Aplicado aos artigos na íntegra)

Identificação da Pesquisa/Estudo		Protocolo N°.		
Autor (es):				
Título:				
Periódico:		Volume	N°.	Ano
Questões			Sim	Não
1. O problema do estudo é apresentado de forma clara?				
2. Os objetivos do estudo são claramente definidos?				
3. A metodologia é apresentada de forma clara?				
3.1. São especificados os metais analisados?				
3.2. O processo de análise é descrito claramente?				
4. Os resultados do estudo são apresentados de forma clara?				
5. Os resultados do estudo atendem aos objetivos propostos?				
6. Todos os metais indicados para a avaliação aparecem nos resultados?				
Parecer do avaliador: Inclusão () Exclusão ()				
Avaliador: _____			Data: ___/___/___.	

APÊNDICE IV

ROTEIRO PARA EXTRAÇÃO DAS INFORMAÇÕES DOS ARTIGOS

1. Identificação do Artigo (referência bibliográfica):

2. Objetivos da pesquisa:

3. Local de estudo:

4. Animal utilizado (nível trófico):

5. Metais encontrados:

6. Resultados encontrados:

7. Conclusões:
