



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA
CURSO DE MEDICINA VETERINÁRIA**

MONALLISA ALVES PEREIRA DA CRUZ

**UTILIZAÇÃO DO PELO DE ANIMAIS DOMÉSTICOS COMO BIOINDICADOR DA
CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS**

**BELÉM
2021**

MONALLISA ALVES PEREIRA DA CRUZ

**UTILIZAÇÃO DE PELO DE ANIMAIS DOMÉSTICOS COMO BIOINDICADOR DA
CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado à Coordenadoria do curso de Medicina Veterinária e ao Instituto de Saúde e Produção Animal da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Medicina Veterinária.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Dulcidéia Conceição Palheta.

BELÉM

2021

MONALLISA ALVES PEREIRA DA CRUZ

**UTILIZAÇÃO DE PELO CANINO COMO BIOINDICADOR DA CONTAMINAÇÃO
POR METAIS PESADOS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal Rural da Amazônia, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Medicina Veterinária.

BANCA EXAMINADORA
APROVADO EM 13/08/2021

PROF^a. DR^a. DULCIDÉIA DA CONCEIÇÃO PALHETA
ORIENTADORA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA – UFRA

PROF^a. DR^a. ANA SILVIA SARDINHA RIBEIRO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

PROF^a. DR^a JAMILE ANDREA RODRIGUES DA SILVA
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZONIA - UFRA

RESUMO

Neste estudo, propusemos uma revisão da literatura sobre a **UTILIZAÇÃO DE PELO DE ANIMAIS DOMÉSTICOS COMO BIOINDICADOR DA CONTAMINAÇÃO POR METAIS PESADOS**, focando nas concentrações dos metais pesados como mercúrio (Hg), chumbo (Pb), alumínio (Al) e cádmio (Cd), metais estes que possuem um grande efeito neurotóxico em animais e humanos, a partir de amostras de pelo de cães domésticos (*Canis lupus familiaris*) para verificar a viabilidade de utilização do cão doméstico como bioindicador. Buscando correlacionar achados com possíveis fontes de contaminação, a exemplo alimentação, água, idade dentre outras. A importância desse estudo se dá pela carência de dados na área em detrimento do efeito cumulativo, tóxico e degenerativo destes metais, pois estão presentes no ambiente de forma predominantemente antrópica. Diferentes espécies animais têm sido utilizadas em estudos de biomonitoramento da poluição ambiental em diversos habitats. Animais de estimação podem ser bons indicadores de exposição humana, uma vez que compartilham o mesmo ambiente que seus donos e, portanto, estão expostos aos mesmos poluentes, principalmente em áreas urbanas. A literatura estudada mostra a relevância do tema com enfoque à saúde única e o bem estar animal.

Palavras-chave: Metais pesados; Cães; Contaminação; Tóxico.

ABSTRACT

In this study, we proposed a literature review on the **USE OF HAIR FROM DOMESTIC ANIMALS AS A BIOINDICATOR FOR HEAVY METAL CONTAMINATION**, focusing on concentrations of heavy metals such as mercury (Hg), lead (Pb), aluminum (Al) and cadmium (Cd), metals these that have a great neurotoxic effect in animals and humans, from hair samples of domestic dogs (*Canis lupus familiaris*) to verify the feasibility of using the domestic dog as a bioindicator. Seeking to correlate findings with possible sources of contamination, such as food, water, age, among others. The importance of this study is given by the lack of data in the area, to the detriment of the cumulative, toxic and degenerative effect of these metals, as they are present in the environment in a predominantly anthropic way. Different animal species have been used in biomonitoring studies of environmental pollution in different habitats. Pets can be good indicators of human exposure, as they share the same environment as their owners and are therefore exposed to the same pollutants, especially in urban areas. The studied literature shows the relevance of the theme with a focus on unique health and animal welfare.

Key words: Heavy metals; Dogs; Contamination; Toxic.

LISTA DE ABREVIações

Cd	_____	Cádmio
Co	_____	Cobalto
Hg	_____	Mécurio
Kg	_____	Quilograma
Mg	_____	Miligrama
µg	_____	Micrograma
ml	_____	Mililitro
Mn	_____	Manganês
Ng	_____	Nanograma
Ni	_____	Níquel
Nm	_____	Nanômetro
Pb	_____	Chumbo

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Massa/ Ponto de fusão/ Configuração eletrônica/ N° atômico do alumínio _____	12
Figura 2- Massa/ Ponto de fusão/ Configuração eletrônica/ N° atômico do cádmio _____	13
Figura 3- Massa/ Ponto de fusão/ Configuração eletrônica/ N° atômico do chumbo _____	14
Figura 4 - Massa/ Ponto de fusão/ Configuração eletrônica/ N° atômico do mercúrio _____	15
Figura 5 - Mercúrio metálico/ inorgânico/ orgânico _____	16
Figura 6 - Analisador direto de mercúrio/DMA 80 _____	19

LISTA DE TABELAS/ DIAGRAMAS

Tabela 1 - Tabela periódica metais/ametais/semimetais/gases nobres _____	11
Tabela 2 - Parâmetros de Análise do DMA-80 _____	20
Tabela 3 - Teor de chumbo e cádmio em pêlos de cachorro coletados em diferentes cidades da República da Macedônia _____	22
Tabela 4 - Concentração de metais pesados ($\mu\text{g} / \text{g}$) em pelos de cabras, ovelhas e camelos de diferentes áreas estudadas na Região Sul do Egito _____	23
Diagrama 1 - Funcionamento da espectrometria da absorção atômica _____	21

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. JUSTIFICATIVA	11
3. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO SOBRE OS METAIS PESADOS	12
3.1 Metais	12
3.1.1 Alumínio	12
3.1.2 Cádmi	13
3.1.3 Chumbo	14
3.1.4 Mercúrio	15
4. METODOLOGIA DA ANÁLISE DOS METAIS	17
4.1 Animais/ Bioindicadores	17
4.2 Amostra/ Pelo	18
4.3 Determinação dos metais em pelos	19
4.3.1 Determinação de Hg por Analisador Direto- DMA 80	19
4.3.2 Parâmetros de validação	19
4.3.3 Método FAAS - Absorção Atômica por Chama (Flame Atomic Absorption Spectrometry)	20
5. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO EM ANIMAIS DOMÉSTICOS	21
6. CONCLUSÃO	24
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	24
8. REFERÊNCIAS	25

1. INTRODUÇÃO

Metal compreende um conjunto de elementos químicos da tabela periódica e para ser considerado um metal pesado deve possuir uma densidade alta comparada aos demais elementos. Os metais pesados são capazes de realizar uma série de reações químicas, além disso, não conseguem ser metabolizados pelo organismo vivo e se acumulam ao longo da cadeia trófica (Ruppenthal, 2013). O resultado é um processo de bioacumulação no organismo que provoca danos às células e tecidos, o que causa uma variedade de efeitos danosos aos corpos de humanos e animais, como o desenvolvimento de doenças.

A intoxicação por metais pesados é causada pela exposição indevida a essas substâncias, pela ingestão por meio da alimentação ou água, pela inalação de partículas na respiração, ou mesmo pelo contato com a pele dos animais e a manifestação dos efeitos tóxicos gerados por estes metais pesados (Calabuig, 2004). Os elementos Alumínio, Cádmio, Chumbo e Mercúrio estão associados à dose e podem distribuir-se por todo o organismo, afetando vários órgãos, alterando os processos bioquímicos, membranas celulares (Colacioppo, 2001). Segundo Apostoli, 1998 & Van Loon, 1992 a toxicidade é uma propriedade dependente da espécie e, assim, o conhecimento das concentrações relativas de todas as espécies químicas presentes em um determinado meio é muito mais relevante para avaliação da exposição do que sua concentração total.

Os efeitos tóxicos dos metais eram considerados como eventos de curto prazo, agudos e evidentes, tais como a anúria e diarreia sanguinolenta, como por exemplo, aquando da ingestão de mercúrio. Atualmente, ocorrências a médio e a longo prazo são observadas e as relações causa-efeito são pouco evidentes, haja visto a exposição à baixas concentrações por um longo período de tempo.

Segundo Arias et al, 2007 a utilização de animais como bioindicadores da poluição ambiental é feita no ambiente aquático através da análise de peixes, no meio rural com a utilização de pelo e bioquímica sérica sanguínea de animais de produção, por exemplo os bovinos, e no ambiente urbano não é uma prática comum de ser realizada. Porém os animais de companhia, como os cães, por terem convívios e hábitos muitas vezes comum aos seres humanos podem indicar o nível de contaminação de determinada área e alertar sobre a contaminação presente no meio urbano.

2. JUSTIFICATIVA

O interesse sobre acumulação e toxicidade de metais tem crescido nos últimos anos como consequência das exposições ocupacionais e ambientais, ou dos distúrbios causados por estes elementos, induzidos por situações especiais de doença (D'haese, 1995). Nesse contexto, de acordo com Gibbs, 2014 a medicina veterinária, pela inserção transversal no contexto da segurança alimentar, integridade dos ecossistemas, ocupação humana, biodiversidade e vínculo humano-animal tem discutido o tema “One Health” mundialmente, reforçando a necessidade de colaboração entre profissionais de diferentes áreas (antropólogos, economistas, físicos, epidemiologistas, engenheiros, biólogos, ambientalistas, médicos, sociólogos dentre muitos outros) para a construção de políticas de combate a grandes crises mundiais associadas a doenças zoonóticas emergentes, segurança alimentar e mudanças de ecossistemas que podem levar a pandemias ou mortalidade (humana ou animal).

De acordo com Chyla 1998, os mamíferos selvagens já são conhecidos por serem indicadores convenientes de poluição por elementos metálicos. Devido ao acúmulo ao longo da cadeia trófica de muitos elementos químicos, os mamíferos fornecem um alerta de efeitos adversos tóxicos nos ecossistemas inteiros. Além disso, possuem relativa vida longa, sofrem os efeitos ambientais durante um longo período de tempo e, por compartilhar algumas características fisiológicas com organismos humanos, podem refletir os mecanismos da poluição que influencia a saúde humana (Furness, 1993).

Além disso, segundo Rashed 2005, os pelos com a sua capacidade única de manter a imagem do ambiente impresso durante boa parte do período de vida dos animais, atualmente ganham importância quando comparados com outros tecidos para se avaliar as concentrações de metais e o estudo de suas consequências no meio ambiente.

Neste contexto, a possibilidade de o cão doméstico desempenhar o papel de bioindicador de contaminações por metais pesados, além de indicar as possíveis fontes de intoxicação.

3. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO SOBRE OS METAIS PESADOS

3.1 METAIS

H																	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba		Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra		Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu			
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr			

Metals: orange
Ametals: green
Semimetals: blue
Gases nobres: purple

Tabela 1

Fonte: manualdequímica

3.1.1 Alumínio

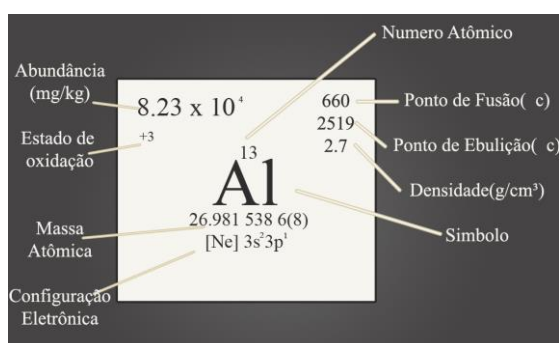


Fig.1

Fonte: manualdaquímica.com

O alumínio (Al) é o terceiro elemento mais abundante da crosta terrestre e onipresente, podendo ser encontrado no ar, na água, no solo, em plantas e em variados tipos de tecidos biológicos (Cardoso et al., 2011; Nanda et al., 2014). Os seres humanos e animais estão frequentemente expostos a este elemento devido às suas inúmeras aplicações, como no tratamento de água, nas indústrias farmacêutica, alimentícia, aeronáutica, siderúrgica, entre outras (Who, 1997).

De acordo com Nanda et al. (2014) uma das principais formas de entrada do Al no corpo humano é por meio da ingestão de alimentos e de produtos alimentícios. O Al é um elemento tóxico à saúde humana e ao meio ambiente. A quantificação deste elemento tem despertado muita atenção aos analistas, bem como a sua determinação tornou-se imprescindível para as investigações da área da saúde e a do meio ambiente. A ocorrência de Al no meio ambiente, nos medicamentos, nos alimentos contaminados, água e leite, é hoje, uma séria preocupação de entidades ligadas com

a saúde das populações.

Atualmente há diversos estudos sobre a toxicidade de Al e de seus efeitos nocivos ao organismo. Entre as doenças decorrentes dos efeitos tóxicos deste elemento, tem-se a doença de Alzheimer (Exley, 2013), a demência (Who, 1997), a fibrose pulmonar (Sjorgren et al., 2007), a encefalopatia, a osteomalácia (Klein, 2005) e a anemia (Exley, 2013).

3.1.2 Cádmi

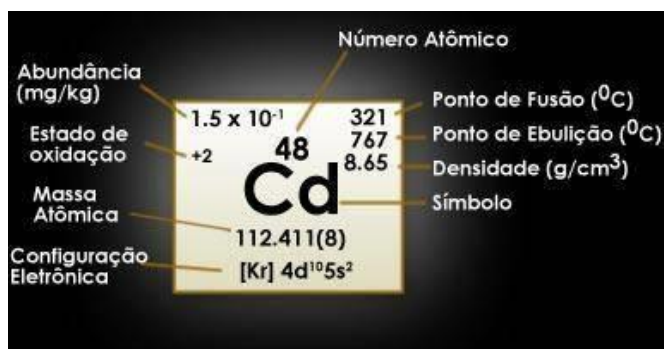


Fig.2

Fonte:manualdequímica.com

O cádmio (Cd) em sua forma pura é um metal branco-prateado que está presente na crosta terrestre em associação com vários metais. Assim, pode ser extraído como produto secundário durante o processamento de zinco (Zn), chumbo (Pb) ou cobre (Cu). A presença de compostos de Cd no ambiente é uma sequência concomitante de dois processos, sendo o primeiro por fontes naturais que incluem atividade vulcânica, intemperismo de rochas, incêndios florestais, mobilização de solos e aterros sanitários. O segundo processo se dá por atividades antrópicas como derivados de baterias, pigmentos, estabilizadores plásticos, pesticidas e fertilizantes, processamento de borracha, processo de galvanização, combustão fóssil e incineração de resíduos (Angelis et al., 2017).

A exposição dos seres humanos a esse metal pode ocorrer através da alimentação, da ingestão de água contaminada, por inalação e tabagismo. O cádmio tem uma meia-vida biológica relativamente longa (20 anos) e em doses agudas pode afetar alguns órgãos alvos como os rins, fígado, testículos e intestino. A exposição crônica favorece o surgimento de câncer no fígado, rins, pulmão, sistema hematopoiético, reprodutor e outros (Waalkes, 2000).

O cádmio consegue atingir o ambiente intracelular eucarioto ligando-se a proteínas transportadoras de zinco e, no caso dos testículos, em proteínas específicas

presentes nas células do tecido que compõem esse órgão (Sarkar et al., 2013). No organismo da maioria dos animais esse metal atinge a corrente sanguínea e se liga à albumina, sendo então transportado até o fígado, onde induz a síntese de metalotioneína (Sarkar et al., 2013).

O cádmio é um elemento com capacidade biocumulativa que pode competir com elementos essenciais, além de causar diversas alterações no organismo, como desregulação hormonal, estresse oxidativo e apoptose (Cupertino et al., 2017B; Nan et al., 2017). No sistema reprodutor masculino, o Cd pode prejudicar o funcionamento normal do sistema, gerando menor capacidade reprodutiva (Traviño et al., 2017).

3.1.3 Chumbo

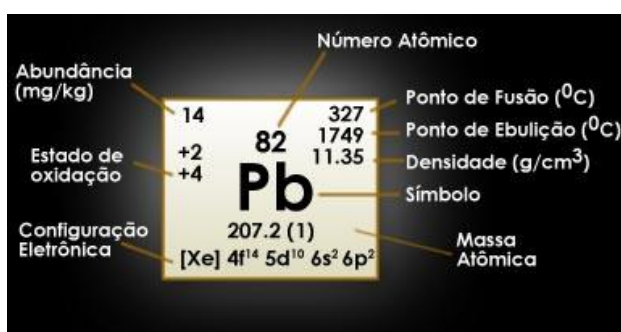


Fig.3

Fonte:manualdequímica.com

O chumbo é um elemento tóxico não essencial que acumula no organismo. Na sua interação com a matéria viva, o chumbo apresenta características dos metais pesados e algumas peculiaridades. Como este metal afeta vitalmente todos os órgãos e sistemas do organismo, os mecanismos de toxicidade propostos envolvem processos bioquímicos fundamentais, que incluem a capacidade do chumbo de inibir ou imitar a ação do cálcio e interagir com proteínas. Em níveis de exposição moderada, um importante aspecto dos efeitos tóxicos deste metal é a reversibilidade das mudanças bioquímicas e funcionais induzidas. Esses efeitos são principalmente devidos à interferência do chumbo no funcionamento das membranas celulares e enzimas, formando complexos estáveis com ligantes contendo enxofre, fósforo, nitrogênio ou oxigênio (grupamentos -SH, -H₂PO₃, -NH₂, -OH) como doadores de elétrons (Agency for Toxic Substances and Disease Registry).

As interações bioquímicas do chumbo com grupamentos -SH são consideradas de grande significado toxicológico, visto que, se isto ocorre numa enzima, sua função pode ser inibida, resultando em efeitos tóxicos (Tsavet, 1985).

A principal via de exposição a este composto é pela ingestão, porém o chumbo é altamente absorvido quando aquecido, provocando a liberação de vapores nocivos, sendo assim, ele pode ser absorvido também a partir da inalação ou da exposição tópica. (Spinosa, 2008).

O chumbo interfere com as vias metabólicas na síntese da hemoglobina e da maturação dos eritrócitos. Estes se tornam mais frágeis (tempo de vida diminuído) e possuem capacidade reduzida de carrear oxigênio levando a isquemia, causando assim sinais neurológicos, além disso, altas concentrações de chumbo são conhecidas por causarem edema cerebrais e lesões neuronais no SNC. O chumbo causa desmielinização dos nervos e diminuição das velocidades de condução nervosa. (Kumar, 2002)

Cães jovens são mais suscetíveis, desenvolvendo sinais neurológicos, tais como convulsões, demência, pressão da cabeça contra objetos, bruxismo, vocalizações, corridas a esmo, mordidas sem motivo aparente, andar em círculos e compulsivos, espasmos musculares, opstotono, polineuropatia, tetraparesia, tetraparalisia e reflexos espinhais diminuídos. Sinais oculares como midríase, cegueira, iridociclite e edemaciamento de disco óptico também são observados, assim como sinais gastrointestinais, que envolvem anorexia, apetite depravado, vômitos, constipação geralmente seguido de diarréia, dor abdominal e abdômen retraído (Spinosa, 2008).

3.1.4 Mercúrio

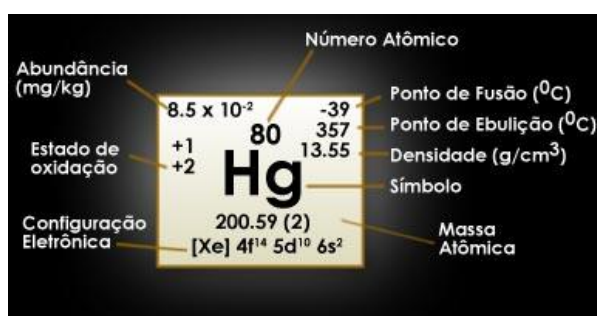


Fig.4

Fonte:manualdequímica.com

O mercúrio é um metal líquido tóxico usado muito tempo antes de cristo pelos egípcios, fenícios gregos e chineses na extração do ouro, porém possui uma alta toxicidade devida suas várias formas químicas sendo elas metálicas, inorgânicas e compostos orgânicos (Faria, 2003).

- O mercúrio elementar (Hg^0) ou metálico é encontrado como um líquido, extremamente volátil. A exposição ocupacional é a forma mais comum de contaminação.
- O Hg inorgânico não é classificado como carcinogênico, devido sua baixa biodisponibilidade oral, especialmente quando comparado à sua forma orgânica. Apesar disso induz diversos outros efeitos toxicológicos, como neurológicos, corrosivo, hematopoiéticos, efeitos renais e doenças cutâneas.
- O mercúrio orgânico é frequentemente encontrado na cadeia alimentar e pode ser encontrado em 3 formas: aril, alquil de cadeia curta e de cadeia longa. A toxicidade desses compostos depende da facilidade com que a cadeia orgânica se dissocia do ânion. Compostos de alquil mercúrio orgânico têm alta solubilidade lipídica e são distribuídos uniformemente por todo o corpo, acumulando no cérebro, rim, fígado, cabelo e pele (Almeida, 2005).



Fig.5

Fonte:ecodigital.org

Por possuírem uma elevada volatibilidade e solubilidade em água e lipídios, estes são facilmente transportados no sangue e captados nos alvéolos pelos eritrócitos ou por proteínas plasmáticas. Este composto atravessa livremente a barreira hematoencefálica, ocasionando lesão do sistema nervoso central (SNC) (Gfeller & Messonniers, 2006; Bueno, 2005).

O mercúrio (Hg) ocupa um lugar de destaque entre vários metais pesados, associados à contaminação do ambiente aquático devido a sua alta toxicidade. Os dados de intoxicação por mercúrio em humanos relatam que a principal via de intoxicação é através do consumo de peixes, este é o alimento normalmente consumido pelos homens que contém os maiores níveis desse metal (Kitahara et al. 2000). Além de utilizado como fonte protéica para a produção de farinhas, rações que são utilizadas na alimentação de animais.

A ingestão do mercúrio pode resultar em alterações gastrointestinais decorrentes da ação corrosiva que esses compostos exercem sobre a mucosa. Os sinais consistem em salivação excessiva, náuseas, hematoêmese, diarreia sanguinolenta, disenteria com perda abundante de líquido, que pode evoluir para choque hipovolêmico. Intoxicação aguda: a sintomatologia desenvolvida por esses indivíduos é de caráter respiratório inicia-se: com dispnéia, tosse seca e febre, podendo evoluir para pneumonia intersticial, atelectasia, bronquiolite necrosante, hemorragia pulmonar com epistaxe e edema pulmonar. Se persistir a exposição podem surgir alterações visuais e neurológicas, com aparecimento de tremores de membros olhos boca e língua. (Gfeller & Messonniers, 2006; Micaroni, 2000). Se houver a ingestão do mercúrio é necessário fazer a descontaminação do trato gastro intestinal utilizando lavagem gástrica ou uso de catárticos que aumentam o transito intestinal e diminuição da absorção. Pode-se também usar substâncias queladoras como cálcio e ácido etilenodiamino tetra-acético. (Faria, 2003; Spinosa, 2008). Forma crônica não existe tratamento somente sintomático com drogas antidepressivas, tranqüilizantes e analgésicos. (Faria, 2003)

4. METODOLOGIA DA ANÁLISE DOS METAIS

4.1 Animais/Bioindicadores:

Os indicadores biológicos, também chamados de bioindicadores, podem ser definidos como determinadas espécies ou comunidades, que, por sua presença ou por suas respostas biológicas, fornecem informações sobre o ambiente físico e ou químico em um determinado local (Bellinger; Sigee, 2010).

A resposta biológica a alterações nos ecossistemas podem ser observadas em vários níveis de organização, desde ecossistemas até compartimentos subcelulares ou reações intracelulares, passando por comunidades, populações, organismos, sistemas fisiológicos e celulares. No entanto, toda resposta biológica aparece inicialmente em nível bioquímico, celular e molecular (Walker et al., 2006).

Os bioindicadores podem ser definidos para os diversos ambientes (água, solo e ar), sendo que os tipos mais comuns são denominados:

- ♦ Bioindicadores sentinela: espécies que são introduzidas para indicar níveis de degradação e prever ameaças ao ecossistema;
- ♦ Bioindicadores detectoras: são espécies locais que respondem a alterações e

estresses ambientais de forma mensurável;

- ♦ Bioindicadores exploradoras: são espécies que reagem positivamente a perturbações;
- ♦ Bioindicadores acumuladoras: são espécies que permitem a verificação de bioacumulação;
- ♦ Bioindicadores bio-ensaio: são espécies usadas na experimentação;
- ♦ Bioindicadores sensíveis: são espécies que modificam acentuadamente o comportamento frente a alterações ambientais (Zamoner, 2007).

Sendo o cão doméstico (*Lupus familiaris*), um bioindicador acumulador. Consoante Brait et al, 2009 os mamíferos são conhecidos como indicadores convenientes de poluição.

4.2 Amostra/Pelo:

O cabelo humano e pelos de animais são substratos acessíveis para a investigação de alguns elementos químicos. O cabelo humano foi selecionado como um importante material para monitoramento biológico no Sistema de Monitoramento Ambiental Global (GEMS) do programa ambiental das Nações Unidas. São bem aceitos em toxicologia, poluição ambiental e criminalística, provavelmente porque neste caso as contaminações endógena e exógena são mais facilmente distinguidas (Pozebon, 1999).

Pelos de animais constituem um indicador ambiental melhor que o cabelo humano porque estão expostos a contaminações do solo e alimentos (Ashurbekov, 1989). Estes refletem o acúmulo e concentração dos elementos de interesse através de meses ou anos e por isso representam um processo longo de exposição, além de ser um método não invasivo (Ray et al, 1997).

Considerando a origem dos vários elementos nos cabelos e nos pelos, duas fontes principais devem ser distinguidas: a endógena e a exógena. A fonte endógena representa as quantidades de metais que são incorporadas através da dieta às proteínas dos cabelos e pelos durante o curto período de formação destas estruturas. Os elementos traços endógenos são considerados metabolicamente inertes, irreversíveis ou, pelo menos, muito firmes (Chatt e Katz, 1988). Por sua vez, quantidades exógenas de elementos são aquelas que ocorrem por contato direto com o ambiente após a formação do cabelo (Leotsinides e Kondakis, 1990).

4.3 Determinação de metais em pelos

Para fins de análise laboratoriais, as amostras de pelo devem ser submetidas à processamentos onde possam ser realizada a leitura, para averiguação do quantitativo de metal. Para análise de mercúrio (Hg), pode ser feita por meio do Analisador Direto de Mercúrio DMA-80, e demais metais como, Alumínio (Al), Arsênico (As) e Chumbo (Pb) a determinação pelo método FAAS – Absorção Atômica Por Chama.

4.3.1 Determinação de Hg por Analisador Direto- DMA 80

O DMA é um analisador totalmente dedicado à determinação de mercúrio em diferentes matrizes usando os princípios de decomposição térmica, amalgamação e absorção atômica. O princípio de operação deste equipamento é baseado na introdução de uma pequena quantidade de material em uma barca de quartzo. O DMA-80 usa 3 células de diferentes caminhos óticos, com dois conjuntos lâmpada – detectores distintos, o que amplia a faixa de trabalho e permite a detecção de até 0,01 ng de Hg (U. S. Environmental Protection Agency, 1997).



Fig.6

Fonte:webanalítica.com

A análise direta de mercúrio ocorre em quatro etapas:

Primeira etapa: Decomposição térmica

A amostra é inserida no forno, onde ocorre o aquecimento controlado para secagem e, posteriormente, decomposição da matriz da amostra.

Segunda etapa: Conversão catalítica

O mercúrio presente na amostra é levado por um fluxo de oxigênio para o catalizador, onde todo mercúrio Hg^+ e Hg^{2+} é convertido em Hg^0 .

Terceira etapa: Amalgamação

O mercúrio é seletivamente capturado pela amalgama de ouro, enquanto os demais compostos da amostra são eliminados através de um fluxo contínuo de ar. O amalgamador é aquecido e o mercúrio é liberado.

Quarta etapa: Detecção do mercúrio por absorção atômica

O mercúrio liberado é encaminhado para as celas (dupla ou tripla, dependendo do modelo do equipamento), por onde passa o feixe (simples ou duplo, dependendo do modelo do equipamento). A absorbância é medida em 253,7 nm.

4.3.2 Paramêtros de validação

Como parte dos protocolos analíticos para determinação dos metais potencialmente tóxicos, o controle de qualidade é essencial para assegurar a confiabilidade dos resultados obtidos e validação dos métodos que forem usados.

Tabela 2 . Parâmetros de Análise do DMA-80

Paramêtros	Ajuste
Temperatura mínima inicial	200°
Tempo de Aquecimento	30 s até 200°C
Tempo de secagem	3 min.
Tempo de Aquecimento	1 min. até 650 °C
Tempo de decomposição	2 min.
Temperatura do Amalgamador	850°C por 12 s
Tempo de Purga	60 s
Tempo de Gravação	30 s

4.3.3 Método FAAS - Absorção Atômica por Chama (Flame Atomic Absorption Spectrometry)

O princípio fundamental da espectrometria da absorção atômica envolve a medida da absorção da intensidade eletromagnética, proveniente de uma fonte de radiação primária, por átomos gasosos no estado fundamental. Os componentes básicos de um espectrômetro incluem fonte de radiação, sistema de atomização, conjunto monocromador, detector e processador.

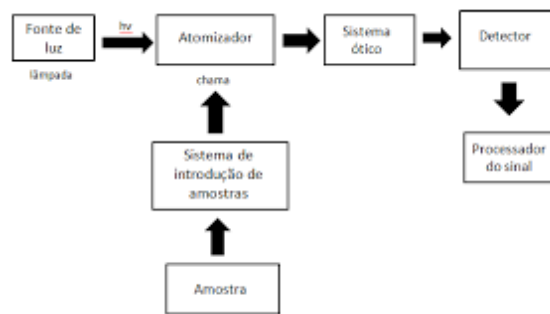


Diagrama 1.

A espectrometria da absorção atômica (AAS) utiliza esse fenômeno para a determinação quantitativa de elementos (metais em soluções líquidas, gasosas e sólidas, semi-metais e alguns não metais) em uma ampla variedade de amostras, tais como, materiais biológicos (tecidos e fluídos), ambientais (solo, água, sedimentos e plantas), alimentos, geológicos etc. Os dois tipos de atomizadores mais usados em ASS são a chama e o forno grafite. A espectrometria da absorção atômica com chama (FAAS) é a técnica mais utilizada para análises elementares em níveis de mg/L, enquanto a espectrometria de absorção atômica com atomização eletrotérmica em forno de grafite (ETAAS) é utilizada para determinações de baixas concentrações ($\mu\text{g/L}$) (Welz, 1999).

5. IMPORTÂNCIA DO ESTUDO EM ANIMAIS DOMÉSTICOS

Um estudo foi realizado 2011, para testar e comparar os níveis de chumbo e cádmio em pelo de cães em diferentes idades e habitando diferentes áreas na República da Macedônia. Um total de 95 amostras de pelo de cachorro foram coletados em diferentes áreas da República da Macedônia. Trinta e oito eram retirado de cidades menores (população <20.000) - 18 de Delcevo e 20 de Probistip. As outras 57 amostras de pelo foram retirado de cães em cidades maiores (população > 60.000): Bitola, Prilep e Veles. Todos os cães foram mantidos como animais de companhia. A idade dos cães era de 1 a 10 anos.

O processamento estatístico dos dados foi por meio do Software STATISTICA 6.0 STATSOFT.

O conteúdo de chumbo e cádmio no pelo de cães de Delcevo estava entre 66,38 e 2085,7 $\mu\text{g / kg}$ e 12,32-266,50 $\mu\text{g/kg}$, respectivamente.

As maiores concentrações médias de metais pesados em pelos de cachorro se originaram de Veles, para chumbo e para o cádmio.

Como mostra a tabela:

CIDADES	Nº	CHUMBO	CÁDMIO
Delcevo	18	66,8 - 2085,70	12,32 - 266,50
Probistip	20	180,21 - 1866,23	5,00 - 78,00
Veles	17	220,26 - 2233,33	34.21 - 625.50
Prilep	18	50,04 - 987,54	2.61–38.10
Bitola	21	54,16 - 1827,27	4.38–267.07
Total	95		

Tabela 3. Teor de chumbo e cádmio em pêlos de cachorro coletados em diferentes cidades da República da Macedônia.

Em geral, principais fontes de acúmulo de metais pesados no meio ambiente são fontes pontuais locais que emitem, para o ambiente (Ondrašovič et al., 1996). As emissões de chumbo são originadas da queima de combustíveis fósseis que são usados para transporte, produção de ferro e aço, indústria metalúrgica e outros. Quanto ao cádmio, as principais fontes de suas emissões ocorrem durante a produção de vidro e cerâmica, e em menor grau pela produção em metalurgia de não ferrosos e transporte.

As amostras de pelo de cachorro coletadas de regiões onde o chumbo foi depositado no ambiente apresentaram níveis médios mais elevados, como nas amostras do Probistip e Veles. Perto de Probistip, há uma mina de minério de chumbo em funcionamento, Zletovo. Além disso, em 1976, uma velha barragem de rejeitos desabou e contaminou o solo e dois regionais rios. A cerca de 5 km de Veles, existe uma fundição de chumbo e zinco que funcionou mais de 20 anos até 2004.

O nível médio de cádmio mais baixo foi que em amostras de pelo de Prilep, enquanto as amostras da Delcevo e Bitola apresentou níveis médios mais elevados. As amostras de pelo de Prilep foram coletadas de cães mantidos como animais de estimação em apartamentos, alimentados com comida preparada em casa. As amostras de pelo de Delcevo eram principalmente cães de caça, alimentados com

comida preparada em casa. Delcevo e Bitola obtiveram níveis semelhantes de contaminação com cádmio. Metade das amostras de Bitola eram de cães das aldeias de Pelagonija, usados para a caça.

O Complexo de Mineração na região provavelmente poderia desempenhar um papel na poluição de o ambiente. Este pode ser o motivo para níveis mais elevados de chumbo e cádmio em Bitola em comparação com Prilep (cidades com 45 km de distância).

Outro estudo realizado por M. NAGEEB RASHED e M. E. SOLTAN em 2004, revela a presença de metais pesados Fe, Mn, Co e Ni, bem como tóxicos metais Cd e Pb foram determinados em pêlos de cabra, ovelha e camelo (20 animais de cada espécie foram usados em todas as regiões), forragem e solo coletado de quatro diferentes regiões ambientais urbanas e rurais. Essas regiões são fazendas da cidade de Aswan, pasto do deserto de Allaqi (Egito), fazendas Kalabsha e pasto do deserto Halaiub no extremo sul do Egito. Os resultados revelam que pelo de ovelhas contém os níveis mais altos de Fe e Mn, o pelo de camelo contém o Pb mais alto, enquanto para Cd e Ni caprinos foram os mais elevados. Concentrações de metais pesados no estudo dos pelos, refletem a presença desses metais na forragem circundante e no solo e variam em uma área para outra, e dá conhecimento sobre a poluição na área. Como mostra a tabela:

Cidades		Pb	Cd	Fe	Mn	Co	Ni
Allaqi	Cabra	4 ± 0.17	29 ± 4.23	342 ± 49	23 ± 4.56	1.0 ± 0.11	1.25 ± 0.15
	Ovelha	2 ± 0.21	0.25 ± 0.13	708 ± 65.1	36 ± 11	1.75 ± 0.23	1.25 ± 0.23
	Camelo	4 ± 0.51	0.25 ± 0.09	219 ± 39.6	25 ± 8.43	1.25 ± 0.32	1.25 ± 0.21
Kalabsha	Cabra	7.2 ± 0.32	4.33 ± 1.22	466 ± 56.3	35 ± 7.65	0.88 ± 0.25	2.11 ± 0.98
	Ovelha	6 ± 0.72	6.25 ± 1.11	695 ± 91.2	44 ± 9.23	1.0 ± 0.31	1.75 ± 0.65
	Camelo	9 ± 0.86	5.75 ± 0.87	557 ± 121	25 ± 7.54	0.25 ± 0.76	1.75 ± 0.91
Halaiub	Cabra	12 ± 0.97	3.25 ± 1.223	879 ± 91	35 ± 8.65	1.0 ± 0.23	1.75 ± 0.13
	Ovelha	8.9 ± 1.43	2.16 ± 0.87	996 ± 121	55 ± 12	0.91 ± 0.12	1.66 ± 0.65
	Camelo	13 ± 4.32	2.99 ± 0.54	681 ± 97	41 ± 22	0.75 ± 0.21	1.75 ± 0.32
Aswan	Cabra	0.35 ± 0.09	0.12 ± 0.08	45 ± 3.21	2.71 ± 0.76	0.82 ± 0.09	0.71 ± 0.21
	Ovelha	0.01 ± 0.04	0.10 ± 0.02	128 ± 19	4.3 ± 0.97	0.70 ± 0.07	0.60 ± 0.17
	Camelo	0.90 ± 0.11	0.11 ± 0.04	85 ± 21	5.07 ± 0.55	0.45 ± 0.11	0.45 ± 0.09

Tabela 4.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Metais pesados em amostras de pelo de animais são, apenas alguns dos parâmetros que podem ser examinados para avaliação do ambiente poluição. Exames de água e solo junto com a presença de metais pesados em animais podem dar uma avaliação mais complexa da poluição ambiental. Além disso as amostras de pelo não devem ser analisadas de forma isolada, já que existem outros fatores que corroboram com a investigação da contaminação por metais pesados, tais como: alimentação, idade, local onde reside, qualidade da água consumida, acesso à ambientes propensos à contaminação, dentre outros.

7. CONCLUSÃO

A determinação de metais em pelos de animais demonstra inclusive, ser útil para comparar os níveis de impacto ambiental sobre os seres vivos de diferentes regiões, auxiliando no monitoramento ambiental e na determinação da fonte de contaminação. Por isso, a partir da realização do presente trabalho concluiu-se que, por mais que o cão doméstico possa desempenhar papel de bioindicador para contaminação por metais pesados, é necessário ampliar os conhecimentos e pesquisas nessa área tendo em vista que não é uma prática tão comum e rotineira como ocorre nas demais áreas, a exemplo da fauna aquática, selvagem e até mesmo com animais de produção. E os efeitos nocivos destes metais podem se prologarem ao longo de anos no ambiente tendo em vista que a maioria possuem meia-vidas longa, portanto os benefícios advindos a partir desses estudos poderão ser bem satisfatórios.

8. Referências Bibliográficas

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry; *Toxicological Profile for Lead*, Public Health Service - US Department of Health and Human Services: Atlanta, 1999.**
- ALMEIDA, M.D. **Bioquímica do mercúrio na interface do solo - Atmosfera na Amazônia**. Niterói, 2005.
- ANGELIS, C. D.; GALDIERO, M.; PIVONELLO, C.; SALZANO, C.; GIANFRILLI, D.; PISCITELLI, P.; LENZI, A.; COLAO, A.; PIVONELLO, R. **The environment and male reproduction: The effect of cadmium exposure on reproductive function and its implication in fertility**. *Reproductive Toxicology*, 73:105-127, 2017.
- ARIAS, A. R. L.; BUSS, D. F.; ALBURQUERQUE, C.; INÁCIO, A. F.; FREIRE, M. M.; EGLER, M.; MUGNAI, R.; BAPTISTA, D. F. **Utilização de bioindicadores na avaliação de impacto e no monitoramento da contaminação de rios e córregos por agrotóxicos**. *Ciência & Saúde Coletiva*, v. 12, n. 1, p. 61-72, 2007.
- APOSTOLI, P.; *Med. Lav.* 1998, 89, 3.
- ASHURBEKOV, T. R.; *Sud. Med. Ekspert.* 1989, 32, 20.
- BELLINGER, E.; SIGEE, D.C. C. **Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators**. John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
- BRAIT, C. H. H.; FILHO, A.R.N.; MALZONI, M. (2009). **Utilization of wild animal hair for the environmental monitoring of Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb e Zn**. *Quím. Nova*. 2009, vol.32, n.6, pp.1384-1388.
- BUENO, L. A. B. **Contaminação por Metais Tóxicos: Medicação Homeopática como Quelante de Mercúrio**, São Paulo, 2005.
- Calabuig, G.; **Medicina Legal y Toxicología**, 6ª Edicion; E. Villanueva Cañadas, Masson; 939-967; Barcelona; Espanha; 2004;
- CARDOSO, J. G. da R.; CARVALHO, P. S. L.; FONSECA, P. S. M.; da SILVA, M. M., ROCIO; M. A. R. **A indústria do alumínio: estrutura e tendências**. *BNDES Setorial*, 33, 43–88, 2011.
- CHATT, A.; KATZ, S. A.; **Hair Analysis: Applications in the Biomedical and Environmental Sciences**, VCH Publishers: New York, 1988.
- CHYLA, M. A.; **Master of Science Thesis**, Central European University, Hungary, 1998.
- Colacioppo, S.; **Higiene e Toxicologia Ocupacional – Metais Pesados;**

Universidade de São Paulo; Brasil; 2001;

CUPERTINO, M. C.; NOVAES, R. D.; SANTOS, E. C.; NEVES, A. C.; SILVA, E.; OLIVEIRA, J. A.; MATTA, S. L. P. **Differential Susceptibility of Germ and Leydig Cells to Cadmium-Mediated Toxicity: Impact on Testis Structure, Adiponectin Levels, and Steroidogenesis**. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 1–11, 2017B.

D'HAESE, P. C.; Van Landeghem, G. F.; Lamberts, L. V.; DeBroe, M. E.; *Mikrochim. Acta* **1995**, *120*, 83.

EXLEY, C. **Human exposure to aluminium**. *Environmental Science: processes & impacts*. v. 15, n. 10, p. 1807-1816, 2013.

FARIA, M. A. M. **Mercurialismo Metálico Crônico Ocupacional**. *Rev. Saúde Pública*; ano 37(1): 2003; p.116-127.

FURNESS, R. W. Em *Birds as Monitors of Environmental Change*; Furness, R. W.; Greenwood, J. J. D., eds.; Chapman & Hall: London, 1993.

GIBBS, E. P. J. **The evolution of One Health: a decade of progress and challenges for the future**. *Veterinary Record*, v. 174, p. 85-91, 2014.

GFELLER, R.W.; MESSONNIER, S.P. **Intoxicação aguda por organofosforado e carbamato**. In: **Manual de toxicologia e envenenamentos em pequenos animais**. 2.ed. São Paulo: Roca, 2006. p.179-182.

KITAHARA, S.E.; OKADA, I.A.; SAKUMA, A.M.; ZENEBON, O.; JESUS, R.S. & TENUTA FILHO, A. 2000. **Mercúrio total em pescado de água-doce**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 20: 267-273.

KLEIN, G. L. **Aluminum: new recognition of an old problem**. *Current Opinion in Pharmacology*, v. 5, n. 6, p. 637-640, 2005.

KUMAR, P.; HUSAIN, S.G.; MURTHY R.C.; SRIVASTAVA S.P.; et al. **Neuropsychological studies on lead battery workes**. *Vet Hum Toxicol*. 2002; 44(2):76-78.

LEOTSINIDES, M.; KONDAKIS, X.; *Sci. Total Environ*. 1990, 95, 149.

RASHED, M.N; SOLTAN, M. E. Chemistry Department, **Faculty of Science, Aswan**, Egypt. 2004

MICARONI, R. C. C.; BUENO, M. I. M. S.; JARDIM. W. F. **Composto de Mercúrio. Revisão de Métodos de Determinação, Tratamento e Descarte**. Departamento de Química Analítica- Instituto de Química - UNICAMP - CP 6154 - 13081-970, Química Nova, 23 (4). Campinas – SP. 2000.

NAN, V. U.; UJAH, G. A.; MOHAMED, ETIM, M.; K. B.; IGBA, B. O.; AUGUSTINE, E. R.; OSIM, E. E. **Cadmium chloride–induced testicular toxicity in male wistar rats; prophylactic effect of quercetin, and assessment of testicular recovery following cadmium chloride withdrawal.** Biomedicine and Pharmacotherapy, 94:109- 123, 2017.

NANDA, B. B.; BISWAL, R. R.; ACHARYA, R.; RAO, J. S. B.; PUJARI P. K. **Determination of aluminium contents in selected food samples by instrumental neutron activation analysis.** Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, v. 302, n. 3, p. 1471–1474, 2014

Nikolovski, G. & E. Atanaskova, 2011. **Use of canine hair samples as indicators of lead and cadmium pollution in the Republic of Macedonia.** Bulg. J. Vet. Med., 14, No 1, 57–61.

PARK, S. H. LEE, M. H. KIM, S. K. **Studies on Cd, Pb, Hg and Cr Values in Dog Hairs from Urban Korea.** Asian-Aust. J. Anim. Sci. 2005. Vol 18, No. 8: 1135-1140p.

ONDRASOVIC, M., L. Para, O. Ondrašovičová, M. Vargová & A. Kočišová, 1993. **Veterinary Care about the Environment – Practical Lessons.** UVM Košice. MAGNUS Košice, pp. 153.

POZEBON, D.; Dressler, V. L.; Curtius, A. J.; **Quim. Nova** 1999, 22, 838.

RASHED, M. N.; Soltam, M. E.; **Env. Monit. Ass.** 2005, 110, 41.

RAY, S. K.; Roychoudhury, R.; Bandopadhyayi, S.; Basu, K. S.; **Vert. Res. Commun.** 1997, 21, 541.

RUPPENTHAL, J. Elisa. **Toxicologia.** Universidade Federal de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 2013.

SARKAR, A.; RAVINDRAN, G.; KRISHNAMURTHY, V. **A brief review on the effect of cadmium toxicity: from cellular to organ level.** International Journal of Bio - Technology and Research, 3:17–36, 2013.

SJÖRGREN, B.; IREGREN, A.; ELINDER; C.G.; YOKEL, R. A. Aluminum. In: NORDBERG, G. F.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. T. (Ed.). **Handbook on the toxicology of metals.** 3 ed. USA: American Press, 2007. Cap. 17. p.339-352.

- SOUZA, M. V. et al. **Metais pesados em amostras biológicas de bovinos**. Ciência Rural, Santa Maria, v.39, n.6, p.1774-1781, set, 2009.
- SPINOSA, H.S; GÓRNIAC L. S.; PALERMO J. P. **Toxicologia aplicada à Medicina Veterinária**. Manole 1^a. ed., Barueri-SP, 2008.
- TRAVIÑO, J. R.; BASSOL-MAYAGOITIA, S.; HERNANDEZ-IBARRA, J. A.; RUIZ-FLORES, P.; NAVA-HERNANDEZ, M. P. **Toxic Effect of Cadmium, Lead, and Arsenic on the Sertoli Cell: Mechanisms of Damage Involved**. Dna and Cell Biology. 00(00):1-9, 2017.
- TSALEV, D. L.; Zaprianov, Z. K.; **Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice**, 2nd ed., CRC Press: Boca Raton, 1985, vol. I. U.S.EPA-7473, Method 7473, **Mercury in solids and solutions by thermal decomposition, amalgamation and atomic absorption spectrophotometry, revision**. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, 1997.
- VAN LOON, J.; Barefoot, R. R.; **Analyst** **1992**, *117*, 563.
- WAALKES, M. P. **Cadmium carcinogenesis in review**. Journal of Inorganic Biochemistry, 79:240–244, 2000.
- WALKER, R. M. **Innovation type and diffusion: an empirical analysis of local government**. Public Administration. 84(2):311-335, 2006.
- WELZ, B.; Sperling, M.; **Atomic Absorption Spectrometry**, 3th ed., VCH: Weinheim, 1999.
- WHO. **World Health Organization. Aluminium. (Environmental Health Criteria 194)** Geneva: International Programme of Chemical Safety (IPCS), 1997.
- ZAMONER, M. **Biologia Ambiental**. 1. ed. Curitiba: Protexto, 2007.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- C955u Cruz, Monallisa Alves Pereira da
Utilização do pelo de Animais domésticos como bioindicador da contaminação por metais pesados / Monallisa Alves Pereira da Cruz. - 2021.
28 f. : il. color.
- Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) - Programa de Residência Multiprofissional em Área de Saúde, Campus Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2021.
Orientador: Profa. Dra. Dulcidéia da Conceição Palheta
1. Toxicologia . I. Palheta, Dulcidéia da Conceição , orient. II. Título

CDD 615.9
