RAFAEL VESSECCHI AMORIM ZAFALON

**Determinação de metais pesados em ingredientes e alimentos
comerciais para cães e gatos**

Pirassununga

2020

RAFAEL VESSECCHI AMORIM ZAFALON

Determinação de metais pesados em ingredientes e alimentos comerciais para cães e gatos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Ciências

Departamento:

Departamento de Nutrição e Produção Animal

Área de concentração:

Nutrição e Produção Animal

Orientador:

Prof. Dr. Marcio Antonio Brunetto

De acordo:

Orientador

Pirassununga
2020

Obs: A versão original encontra-se disponível na Biblioteca da FMVZ/USP

Autorizo a reprodução parcial ou total desta obra, para fins acadêmicos, desde que citada a fonte.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO

(Biblioteca Virginie Buff D'Ápice da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo)

T. 3909
FMVZ

Zafalon, Rafael Vessecchi Amorim

Determinação de metais pesados em ingredientes e alimentos comerciais para cães e gatos / Rafael Vessecchi Amorim Zafalon. – 2020.
139 f. : il.

Dissertação (Mestrado) – Universidade de São Paulo. Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia. Departamento de Nutrição e Produção Animal, Pirassununga, 2020.

Programa de Pós-Graduação: Nutrição e Produção Animal.

Área de concentração: Nutrição e Produção Animal.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Antonio Brunetto.

1. Contaminantes. 2. Elementos tóxicos. 3. Elementos traços. 4. Matéria-prima. 5. Minerais. I. Título.

São Paulo, 16 de dezembro de 2019
CEUax N 6717110219

Ilmo(a). Sr(a).

Responsável: Márcio Antonio Brunetto

Área: Nutrição E Produção Animal

Equipe envolvida: Rafael Vescechi Amorim Zafalon - [executor](#) (universidade De São Paulo);

Título do projeto: "Determinação de metais pesados em ingredientes e alimentos comerciais para cães e gatos."

Parecer Consubstanciado da CEUA FMVZ

A Comissão de Ética no Uso de Animais da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, na reunião de 07/03/2019, **ANALISOU** e **APROVOU** o protocolo de estudo acima referenciado. A partir desta data, é dever do pesquisador:

1. Comunicar toda e qualquer alteração do protocolo.
2. Comunicar imediatamente ao Comitê qualquer evento adverso ocorrido durante o desenvolvimento do protocolo.
3. Os dados individuais de todas as etapas da pesquisa devem ser mantidos em local seguro por 5 anos para possível auditoria dos órgãos competentes.
4. **Relatórios parciais** de andamento deverão ser enviados **anualmente** à CEUA até a conclusão do protocolo.

Profa. Dra. Anneliese de Souza Traldi

Coordenador da Comissão de Ética no Uso de Animais

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

Roseli da Costa Gomes

Secretaria

Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade
de São Paulo

FICHA DE AVALIAÇÃO

Autor: Zafalon, Rafael Vessechi Amorim

Título: **Determinação de metais pesados em ingredientes e alimentos comerciais para cães e gatos**

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Mestre em Ciências

Data: ____/____/____

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____ Julgamento: _____

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho aos meus pais, Gerson Amorim Zafalon e Dinorah Vessecchi Zafalon, os quais tenho como exemplo de caráter, dedicação e competência profissional, por serem a razão da minha vida, por todo amor e confiança depositada em um garoto (do qual se orgulham) em busca de seu sonho, sonho esse que está sendo realizado. Por terem acreditado no meu potencial desde meus 6 anos de idade, período no qual me matricularam em um dos melhores e mais tradicionais colégios do Estado de São Paulo, mesmo tendo que renunciar aos seus próprios sonhos devido ao alto custo da minha educação.

Aos meus queridos avós, Nivaldo Zafalon (in memoriam), Elsa Aparecida Amorim Zafalon, Antônio Vessecchi e Lair Camargo Vessecchi (in memoriam), por todo amor e carinho, e grande colaboração na minha educação. Uma dedicação especial ao meu avô Nivaldo Zafalon (in memoriam), que tinha enorme orgulho em me ver cursando medicina veterinária, mas infelizmente não teve a oportunidade de ver meu sucesso profissional, assim como a conclusão deste trabalho. Não poderia deixar de enfatizar também a dedicação deste trabalho à minha querida avó Elsa Aparecida Amorim Zafalon, a qual considero minha segunda mãe, por todo amor, carinho, confiança, e por sempre ter sido uma avó presente e atenciosa, que desde minha infância, quando eu tinha apenas 4 anos de idade, já me levava para “ajudá-la” a cuidar da sua plantação de uva e produção de vinho.

Aos meus queridos bisavós, Waldemar Amorim e Luzia dos Santos Amorim, que apesar do pouco tempo de convivência marcaram minha infância com seu imenso amor, carinho e atenção, mesmo com o curto tempo que tivemos de convivência, infelizmente.

À minha querida tia Eneida Amorim, por toda relação carinhosa que temos, desde meu nascimento até os dias atuais, e também por aguentar minhas brincadeiras o tempo todo em que estamos juntos.

Ao meu Tio Nivaldo Zafalon Júnior (o famoso Juninho), a quem considero meu segundo pai e serviu-me de inspiração para seguir carreira acadêmica. Apesar da

distância, sempre se preocupou em ajudar (-me) e dar (-me) amor, suporte e carinho, carinho esse que não posso deixar de reconhecer e ser grato.

À minha eterna namorada, companheira inseparável e futura noiva, Tamires Fernanda Medeiros, que me acompanha há mais de 11 anos e sempre me apoiou e ficou ao meu lado, mesmo nos momentos mais difíceis pelos quais passei na busca por este sonho. Considero-a um grande exemplo de superação, além de ser uma das pessoas que mais admiro no mundo. Sem dúvidas sua dedicação implacável me inspirou a trabalhar com mais afinco em busca deste sonho que agora realiza-se.

À minha querida irmã, Juliana Vessechi Zafalon, cujo nascimento foi um dos momentos de maior emoção e felicidade da minha vida; peguei-a no colo, crescemos juntos com muito companheirismo, amor e cumplicidade. Minha companheira de travessuras de todo o sempre.

Ao meu orientador, professor, amigo e “pai científico”, Márcio Antonio Brunetto, que foi quem abriu as portas do mundo acadêmico para mim, depositou toda confiança no meu trabalho e me concedeu inúmeras oportunidades, desde o primeiro e-mail que me respondeu, me aceitando como aluno de prática profissionalizante em seu grupo de pesquisa.

À minha filha peluda de quatro patas, Nala (in memoriam), por ter sido a razão pela qual escolhi estudar medicina veterinária e trabalhar com pequenos animais.

Ao meu segundo filho de quatro patas, Zack, por ser um companheiro de todas as horas, por assistir aos meus ensaios de todas as palestras que ministrei nesse período, e por me dar muito amor, companhia e imensurável fidelidade.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, à minha família, que foi a base desta conquista, em especial aos meus pais, Gerson e Dinorah, por terem acreditado em mim e terem me dado todo apoio e suporte financeiro para a realização deste trabalho; aos meus avós, Nivaldo (In memoriam), Antônio e Lair (In memoriam), por terem contribuído com minha educação, contribuição essa que foi fundamental para a realização deste sonho; à minha avó Elsa, por ter dado um grande auxílio e suporte, inclusive financeiro, para que me mantivesse em Pirassununga com um carro, além de ter contribuído muito com minha educação, desde meu primeiro ano escolar; ao meu tio Juninho, pelo grande incentivo em seguir carreira acadêmica e todo auxílio dado durante a realização deste estudo; à minha irmã Juliana, pelo incentivo; à minha namorada Tamires, que sempre esteve ao meu lado em todos os momentos, inclusive nos mais difíceis, que sempre me apoiou e que desde o começo do nosso namoro, foi importantíssima no incentivo do meu estudo, além do seu amor incondicional.

Agradeço de coração, IMENSURAVELMENTE, ao meu orientador, Prof. Dr. Marcio Antonio Brunetto, por acreditar no meu trabalho desde o início, por ter me aberto as portas da Universidade de São Paulo e do mundo acadêmico, bem como pela sua competência, orientação ímpar e esclarecedora, apoio e contribuição na realização deste projeto. Também não poderia deixar de agradecê-lo pela bolsa que me concedeu quando eu era ainda apenas um aluno de prática profissionalizante. Lembro-me que o benefício, chegou em um momento em que a bolsa da empresa já não era mais concedida, e que, talvez, nos últimos dois meses, ele tenha me concedido a bolsa através de recursos próprios. Serei eternamente grato a isso, maior demonstração da valorização do meu esforçado trabalho em seu grupo de pesquisa.

À Universidade de São Paulo, à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Departamento e ao programa de pós-graduação em Nutrição e Produção Animal, pela oportunidade oferecida e por terem me acolhido de forma incrível.

Ao Centro de Pesquisa em Nutrologia de Cães e Gatos (CEPEN-PET), onde passo a maior parte do meu tempo, logo, minha segunda casa, assim como a todos os colaboradores que nele trabalham ou já trabalharam, especialmente à Lucinéia,

Josane, Diego, Cecília, Estela, Cris, Nólia, Chicão, Juninho, Denílson, Oscar e Paraná.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ), pela bolsa concedida.

À Premier Pet, especialmente à Doutora Cristiana Pontieri, por ter acreditado neste trabalho e pelo financiamento do mesmo, assim como pela construção e manutenção do Centro de Pesquisa em Nutrologia de Cães e Gatos (CEPEN-PET).

À colega Raquel Pedreira, pela grande colaboração neste trabalho, principalmente no que diz respeito à aquisição das amostras.

À Biorigin, pela grande contribuição com este trabalho no que se refere à digestão das amostras analisadas. Em especial, agradeço imensamente ao Carlos Alberto Ferreira de Oliveira, João Fernando Albers Koch e à Mariana Coimbra De Lucca.

Ao Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal e Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da FMVZ-USP, especialmente aos funcionários Simi, Renata, Ana e Gílson, pela grande ajuda com as análises.

Ao Professor Dr. Júlio César de Carvalho Balieiro, por todo suporte na realização dos testes estatísticos deste estudo.

À querida professora Dra. Catarina Abdalla Gomide, pela contribuição no processo de qualificação deste projeto, bem como pela grande oportunidade concedida de ajudar a ministrar aulas em sua disciplina de nutrição de cães e gatos para a graduação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA-USP).

Ao meu querido amigo, Thiago Henrique Annibale Vendramini, dono de um coração enorme, por ter me acolhido quando cheguei em Pirassununga, ter me ajudado no momento mais difícil pelo qual passei, pelas grandes oportunidades concedidas durante todo esse tempo, pela enorme contribuição intelectual e incentivo, e também por sua sinceridade e honestidade. O tenho como um exemplo a ser seguido e, muito do conhecimento que adquiri, devo a ele

Ao meu querido amigo, Cláudio Galeno Piantino e Silva, o qual considero, assim como o Thiago, um irmão. Também é dono de um coração que não cabe no seu peito, foi um grande companheiro para todas as horas, companheiro de academia, sempre estava disposto a me ajudar, quando havia necessidade. Apreendi muita coisa com ele.

À minha querida amiga/irmã, Mariana Fragoso Rentas (Melzinha), pelo grande conhecimento compartilhado desde minha chegada em Pirassununga. Foi quem me ensinou a fazer avaliação nutricional e me acompanhou nos atendimentos clínicos logo que cheguei neste grupo de pesquisa. Agradeço-a pela amizade verdadeira e pela contribuição com a realização deste experimento, principalmente pelo auxílio com a estatística.

À minha amiga de todas as horas, Larissa Wunsche Risolia, uma irmã que ganhei da vida. Talvez uma das pessoas mais inteligentes que já conheci. A pessoa mais meiga e simpática que existe. Com ela não tinha tempo ruim, era companheira de cinema, de passeio com os cães na USP, hamburgueria, pizzaria, de assistir séries, de fazer janta, de tomar vinho, cerveja... Muito contribuiu para meu crescimento profissional e a levarei para sempre no meu coração.

À minha grande e querida amiga/irmã, Roberta Bueno Ayres Rodrigues, minha grande parceira de trabalho. No momento mais difícil (financeiro) pelo qual passei em Pirassununga, foi ela quem me ajudou, com seu coração de ouro. Serei eternamente grato por isso e por toda ajuda e contribuição na realização desse trabalho, pela companhia e auxílio nos árduos trabalhos realizados no laboratório. Com certeza também a levarei para sempre no meu coração.

À minha querida amiga/irmã e companheira de pós-graduação, Mariana Pamplona Perini, uma pessoa muito amável, que adora agradar e ver os amigos felizes. Agradeço-a pela amizade verdadeira, pela parceira no laboratório, pela sempre disponibilidade em ajudar e auxiliar no que for preciso, e pela contribuição na realização desse trabalho.

Ao meu amigo de pós-graduação, Henrique Tobarro Macedo (Pajé), pela ótima relação que tivemos durante o tempo que trabalhamos juntos, por inicialmente tentar

me ajudar com a aquisição de amostras de alimentos comerciais para serem analisados.

À minha amiga Andressa, que apesar da distância, sempre me ajudou com conselhos. Entramos juntos na prática profissionalizante (período que antecedeu o mestrado), portanto, um contribuiu muito para o crescimento pessoal e profissional do outro.

À colega de grupo de pesquisa Vivian Pedrinelli, por toda ajuda científica durante o período de mestrado, e por ter me dado uma grande oportunidade, quando me convidou para participar das análises do seu experimento.

Ao colega de grupo de pesquisa Fábio Alves Teixeira, que contribuiu intelectualmente em um dos trabalhos paralelos que realizei, além de ter me dado oportunidade de participar de seu projeto, no que se refere às análises laboratoriais de amostras de alimentos.

Ao colega de grupo de pesquisa Vinicius Vasques, pela oportunidade concedida de ministrar uma palestra, fiquei muito feliz e grato.

À colega Patrícia Massae Oba, que passou pelo nosso grupo de pesquisa, a qual foi minha “supervisora” em parte do período no qual cursei prática profissionalizante, sem dúvidas contribuiu com todo conhecimento que adquiri durante o referido período.

Aos alunos de iniciação científica Matheus Macegoza, Letícia Fioco Trifoni, Pircila Martins, Ana Luiza Campos Moreira, Paula Noventa Diuri, Isabela Benelli Morilha que sempre estavam dispostos a auxiliar com a realização deste estudo, bem como com o manejo dos animais do laboratório.

Aos alunos de prática profissionalizante Camila Gaspersen, Paula Monteiro de Lima, Monique Puludetti, Lucas Ben Fiuza Henriquez, Marina Gonçalves, pela amizade e ajuda na realização deste estudo.

Aos estagiários obrigatórios de conclusão de curso: Rafael Rodrigues Hatamura (Forga), Lucas Martins, Ana Beatriz Fasolai, Lucca Zanini, Thaisa Arruda, Stéfanie Gentil, Guilherme Calomanho, Cauê, Érika, Laurinha, Gaby e Paula Dias pela grande ajuda e auxílio quando eram requeridos.

A todos os demais estagiários que passaram pelo CEPEN-PET, os quais proporcionaram grande ajuda no manejo dos animais, facilitando, portanto, o trabalho dos pós-graduando, os quais puderam se dedicar mais intensamente a seus projetos e experimentos, como este que estou concluindo.

Não poderia deixar de agradecer meu querido professor e orientador de trabalho de conclusão de curso de graduação, Prof. Dr. André Luiz Baptista Galvão, por ter sido uma inspiração para a escolha da carreira acadêmica, de modo que foi um dos poucos professores da graduação que me olhou nos olhos e disse: “Você tem um potencial absurdo, vai muito longe, siga carreira acadêmica, pois é esse o seu perfil”

Meus sinceros agradecimentos!

"The mind is the limit. As long as the mind can envision the fact that you can do something, you can do it, as long as you really believe 100 percent."

Arnold Schwarzenegger

"Atingir a perfeição é impossível. Mas aproximar-se cada vez mais dela, não."

Telê Santana

"Se você quer ser bem sucedido, precisa ter dedicação total, buscar seu último limite e dar o melhor de si."

Ayrton Senna

"Acho que a base do sucesso em qualquer atividade está, primeiro em se ter uma oportunidade, que geralmente aparece não porque você cria esse momento, mas porque alguém chega e abre uma porta."

Ayrton Senna

"Seja você quem for, seja qual for a posição social que você tenha na vida, a mais alta ou a mais baixa, tenha sempre como meta muita força, muita determinação e sempre faça tudo com muito amor e com muita fé em Deus, que um dia você chega lá. De alguma maneira você chega lá..."

Ayrton Senna

RESUMO

ZAFALON, R.V.A. **Determinação de metais pesados em ingredientes e alimentos comerciais para cães e gatos.** [Heavy metals determination in ingredients and commercial foods for dogs and cats]. 2020. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Nos dias atuais há preocupação crescente em relação à contaminação com metais pesados em alimentos para animais de companhia, devido ao grande potencial de riscos à saúde desses elementos. A presença dos mesmos no ambiente, principalmente no solo, pode resultar em contaminação das matérias primas utilizadas na formulação de alimentos para *pets*. Tem sido demonstrada presença de metais pesados em tecidos corporais de cães e gatos e, é conhecido que a principal via de contaminação é através dos alimentos. Diante do exposto, esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a presença dos elementos: alumínio (Al); antimônio (Sb); arsênio (As); bário (Ba); berílio (Be); boro (B); cádmio (Cd); chumbo (Pb); cobalto (Co); cobre (Cu); cromo (Cr); estanho (Sn); ferro (Fe); mercúrio (Hg) níquel (Ni); selênio (Se) urânio (U); vanádio (V) e zinco (Zn) em alimentos comerciais para cães e gatos (n=100), bem como em ingredientes utilizados na fabricação dos mesmos (n=100); comparar os resultados com o nível máximo tolerado (NMT) de cada elemento, recomendado pela *Food and Drug Administration* (FDA,2011) e com o limite legal expresso na FEDIAF (2019) para os minerais: Cu, Fe e Zn; assim como realizar comparações entre alimentos secos e úmidos, alimentos para cães e alimentos para gatos, entre categorias de mercado, entre as fontes de proteína analisadas e, entre as diferentes fontes de carboidratos. Os elementos foram determinados por espectrometria de emissão ótica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES). As análises estatísticas foram realizadas através do *software* estatístico SAS ($P<0,05$). Os elementos As, B, Be e Se não foram detectados em nenhuma amostra de alimento analisada. Observou-se concentrações acima do NMT dos elementos: Al, Hg, Pb, U e V tanto nos alimentos para cães, quanto nos alimentos destinados a gatos, de modo que a porcentagem dos alimentos caninos que excedeu o NMT desses elementos foram: 31,9% (Al); 100% (Hg); 80,55% (Pb); 95,83% (U); 75% (V), e daqueles destinados a gatos foram: 10,71% (Al); 100% (Hg); 32,14% (Pb); 85,71% (U); 28,57% (V). O limite legal do Cu foi excedido em 20,83% e 28,57%; e do Zn em 26,39 e 14,29%

dos alimentos para cães e gatos, respectivamente. Uma pequena parcela dos alimentos para cães (6,94%) excedeu o NMT de Co, enquanto apenas um alimento para a espécie felina excedeu o NMT de Cr. Os alimentos secos apresentaram maiores concentrações da maioria dos elementos analisados ($P < 0,05$), exceto de Sb e Sn que não houve diferença ($P > 0,05$) e Fe que foi superior nos alimentos úmidos ($P < 0,05$). Dentre as fontes de carboidrato, o farelo de trigo apresentou concentrações superiores para a maior parte dos elementos analisados ($P < 0,05$), enquanto que dentre as fontes de proteína, de um modo geral as farinhas de origem animal, mais especificamente as farinhas de carne; vísceras de frango e peixe, apresentaram concentrações mais elevadas de metais tóxicos, quando comparadas às fontes de origem vegetal. Conclui-se que os alimentos analisados apresentaram altas concentrações dos seguintes elementos: Al, Cu, Hg, Pb, U, V e Zn. No geral, os ingredientes de origem animal apresentam maior potencial de contaminação que aqueles de origem vegetal. São necessários mais estudos que avaliem os efeitos da ingestão crônica dos elementos supracitados nas quantidades encontradas neste trabalho e, se nas mesmas circunstâncias, tais metais tóxicos implicam em riscos à saúde de cães e gatos.

Palavras-chave: contaminantes, elementos tóxicos, elementos traços, matéria-prima, minerais.

ABSTRACT

ZAFALON, R.V.A. **Heavy metals determination in ingredients and commercial foods for dogs and cats.** [Determinação de metais pesados em ingredientes e alimentos comerciais para cães e gatos]. 2020. 139 f. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2020.

Nowadays, there is a growing concern about contamination with heavy metals in pet food due to the great potential for health risks of these elements. Their presence in the environment, especially soil, can result in contamination of the raw materials used in pet food formulation. Heavy metals have been shown to be present in dog and cat body tissues and it is known that the main route of contamination is through food. Given the above, this study aimed to evaluate the presence of the elements: aluminum (Al); antimony (Sb); arsenic (As); barium (Ba); beryllium (Be); boron (B); cadmium (Cd); chromium (Cr); cobalt (Co); copper (Cu); iron (Fe); lead (Pb); mercury (Hg); nickel (Ni); selenium (Se); tin (Sn); uranium (U); vanadium (V) and zinc (Zn) in commercial foods for dogs and cats (n = 100) as well as in ingredients used in their composition (n = 100); compare the results with the maximum tolerated level (MTL) of each element recommended by the Food and Drug Administration FDA (2011) and the legal limit expressed at FEDIAF (2019) for the minerals Cu, Fe and Zn; as well as comparing dry and wet foods, dog foods and cat foods, according to the market segmentation (standart, premium and super premium), between the protein sources analyzed and between the different carbohydrate sources. The elements were determined by inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES). Statistical analyzes were performed using SAS statistical software ($P < 0.05$). The elements As, B, Be and Se were not detected in any of the samples analyzed. Concentrations above the MTL of the elements Al, Hg, Pb, U and V were observed in both dog and cat foods, so that the percentage of canine foods that exceeded the MTL of these elements were: 31,9% (Al); 100% (Hg); 80,55% (Pb); 95,83% (U); 75% (V), and for cats were: 10,71% (Al); 100% (Hg); 32,14% (Pb); 85,71% (U); 28,57% (V). The legal limit for Cu in dog and cat foods was exceeded in 20.83 and 28.57%; and Zn in 26.39 and 14.29%, respectively. A small portion of dog foods (6.94%) exceeded Co MTL, while only one food for the feline species exceeded Cr MTL. Dry foods presented higher concentrations of most analyzed elements ($P < 0.05$), except for Sb and Sn, with no

difference between those ($P>0.05$) and Fe which was higher in wet foods ($P<0.05$). Among the carbohydrate sources, wheat bran presented higher concentrations for most of the analyzed elements ($P<0.05$), while among the protein sources, in general animal meal, more specifically the meat meal, poultry meal and fish meal, presented higher concentrations of heavy metals, when compared to the vegetable sources of protein. It was concluded that the analyzed foods presented high concentrations of the following elements: Al, Cu, Hg, Pb, U, V and Zn. In general, ingredients of animal origin have greater potential for contamination than those of plant origin. Further studies are needed to assess the chronic intake of the above elements in the amount found in this work, and if in these circumstances, they imply health risks for dogs and cats.

Key words: contaminants, minerals, raw material, toxic elements, trace elements.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- A. Moinho de facas tipo Willye (Marconi MA340). B. Moinho de micro facas (Marconi MA048). C. Moinho analítico (Ika, A11 Basic Mill).....	72
Figura 2- A. Estufa de ventilação forçada (Marconi MA035/2). B. Estufa 105°C (Fanen 315).....	73
Figura 3- Micro-ondas (Multiwave GO, Anton Paar, Austria).....	74
Figura 4- Aparelho de ICP-OES (ICPE-9000, Shimadzu do Brasil) do Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal e Bromatologia (FMVZ-USP).	77
Figura 5- Gerador de hidretos (hydrideICP, Elemental Scientific) acoplado ao aparelho ICP-OES.....	78
Figura 6- Número de vezes acima do nível máximo tolerado (NMT) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019) para metais tóxicos que tiveram valores superiores aos referidos limites, em alimentos comerciais para cães.	83
Figura 7- Número de vezes acima do nível máximo tolerado (NMT) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019) para metais tóxicos que tiveram valores superiores aos referidos limites, em alimentos comerciais para gatos.	84
Figura 8- Estimativa de ingestão dos elementos que excederam o NMT e/ou limite legal por Kg de peso corporal (PC) de cães de diferentes portes.	85
Figura 9- Estimativa de ingestão dos elementos que excederam o NMT e/ou limite legal por Kg de peso corporal (PC) de gatos de diferentes portes.	86
Figura 10- Concentrações de metais tóxicos em alimentos secos e úmidos.	88
Figura 11- Concentrações de metais tóxicos em alimentos secos e úmidos.	89
Figura 12- Número de vezes acima do NMT e/ou limite legal de metais tóxicos nos ingredientes de origem animal e vegetal.....	96

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Nível máximo tolerado de metais tóxicos recomendados para cães e gatos. Adaptado da FDA (2011).	30
Tabela 2- Ingredientes analisados e número de amostras por ingrediente.....	71
Tabela 3- Condições operacionais da espectrometria de emissão ótica do equipamento utilizado na realização das análises de metais tóxicos do estudo.	76
Tabela 4- Concentrações de metais tóxicos (mg/kg MS) detectados nos 72 alimentos para cães avaliados e comparação com o nível máximo tolerado estabelecido pela FDA (2011) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019).....	81
Tabela 5- Concentrações de metais tóxicos (mg/kg MS) detectados nos 28 alimentos para gatos avaliados e comparação com o nível máximo tolerado da FDA (2011) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019).....	82
Tabela 6- Comparação entre as concentrações de metais tóxicos (mg/kg) detectados em alimentos secos e úmidos em mg/kg de matéria seca.	87
Tabela 7- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre alimentos úmidos para cães e gatos.	90
Tabela 8- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre alimentos secos para cães e gatos.	90
Tabela 9- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre as diferentes categorias de alimentos secos para cães.	91
Tabela 10- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre as diferentes categorias comerciais de alimentos secos para gatos.....	92
Tabela 11- Concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados nas fontes de carboidrato avaliadas.	93
Tabela 12- Concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados nas fontes de proteína avaliadas.	95
Tabela 13- Concentrações (mg/kg) de metais tóxicos nos suplementos minerais analisados.	97

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Trabalhos que avaliaram as concentrações de metais tóxicos em diferentes tecidos corporais de cães e gatos.	32
Quadro 2- Trabalhos que avaliaram as concentrações de metais tóxicos e demais elementos em alimentos comerciais para cães e gatos.	36

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	23
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	25
2.1 O MERCADO PET FOOD	25
2.2 QUALIDADE E SEGURANÇA DE ALIMENTOS COMERCIAIS PARA CÃES E GATOS	26
2.3 METAIS TÓXICOS	Erro! Indicador não definido.
2.4 METAIS TÓXICOS NO ORGANISMO DE CÃES E GATOS	30
2.5 METAIS TÓXICOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL	34
2.6 PRINCIPAIS METAIS TÓXICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE DE CÃES E GATOS	53
2.6.1 Mercúrio (Hg)	53
2.6.2 Chumbo (Pb)	54
2.6.3 Cádmio (Cd)	56
2.6.4 Arsênio (As)	57
2.6.5 Alumínio (Al)	58
2.6.6 Antimônio (Sb)	59
2.6.7 Urânio (U)	60
2.6.8 Cromo (Cr)	60
2.6.9 Cobre (Cu)	60
2.6.10 Vanádio (V)	62
2.6.11 Zinco (Zn)	63
2.6.12 Ferro (Fe)	64
2.6.13 Selênio (Se)	65
2.6.14 Níquel (Ni)	66
2.6.15 Cobalto (Co)	66
2.6.16 Boro (B)	67
2.6.17 Bário (Ba)	67
2.6.18 Berílio (Be)	68
2.6.19 Estanho (Sn)	68
3. OBJETIVOS	69
3.1 OBJETIVO GERAL	70
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	70
4. MATERIAL E MÉTODOS	70
4.1 AQUISIÇÃO DAS AMOSTRAS	71
4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS ALIMENTOS SECOS POR CATEGORIAS	71

4.3 ANÁLISES DE MATÉRIA SECA	72
4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DE METAIS TÓXICOS	73
4.5 DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS EM ICP-OES	74
5. ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	79
6. RESULTADOS	81
6.1 CONCENTRAÇÕES DE METAIS TÓXICOS NOS ALIMENTOS COMERCIAIS.....	81
6.2 CONCENTRAÇÕES DE METAIS TÓXICOS NOS INGREDIENTES	93
7. DISCUSSÃO	98
8. CONCLUSÕES.....	112
9. REFERÊNCIAS	120

1. INTRODUÇÃO

A indústria de alimentos para animais de companhia tem expandido sua produção e variedade de produtos nas últimas décadas com diferentes ingredientes e métodos de processamento. A utilização de matérias primas de baixa qualidade pode introduzir contaminantes, como por exemplo metais pesados ou também denominados de metais tóxicos, os quais podem implicar em riscos à saúde de cães e gatos. Atualmente, o termo “metais tóxicos” tem sido utilizado para se referir a um grupo de metais ou semimetais que tem sido associado à contaminação e potencial toxicidade ao ambiente e seres vivos, mesmo em baixas concentrações. Alguns destes elementos são classificados como essenciais para animais e plantas, mas em altas dosagens podem se tornar tóxicos.

Sabe-se que os metais tóxicos ocorrem naturalmente no ambiente, mas sua presença deve-se principalmente à ação antrópica. A ocorrência natural pode ser decorrente da atividade vulcânica, ou simplesmente, pela presença desses elementos na crosta terrestre. Por outro lado, a contaminação por ação antrópica ocorre, principalmente, devido à atividade agrícola, que inclui a aplicação de fertilizantes e corretivos de solo; atividade industrial, principalmente as indústrias relacionadas com mineração e fundição de metais; queima de combustíveis fósseis, assim como a incineração de resíduos e produtos que contenham metais tóxicos. Com o crescimento da atividade industrial e mineradora, favoreceu-se o aparecimento de enfermidades relacionadas com a exposição a metais tóxicos.

O solo é o mais importante compartimento ambiental e, funciona como depósito desses elementos, podendo sofrer contaminação através de diversas fontes como: fertilizantes agrícolas; corretivos do solo; agroquímicos; água de irrigação, lodo de esgoto e outros resíduos; deposição atmosférica de fontes industriais e de emissões urbanas. Essa contaminação pode atingir áreas de produção agrícola e animais de produção, os quais podem ter seus produtos e subprodutos utilizados na fabricação de alimentos para cães e gatos. Ocorre ainda a contaminação de rios e oceanos, atingindo os organismos aquáticos que também podem ser utilizados como matéria-prima pela indústria de *pet food*. Portanto, há grande preocupação com a ocorrência de metais tóxicos em alimentos para animais de estimação.

Na literatura, encontram-se trabalhos que relataram a presença de metais tóxicos em amostras de sangue, pelo, rins, tecido ósseo e fígado de cães e, em amostras de pelo de gatos. Esses elementos podem adentrar o organismo através da inalação, ingestão de líquidos, incluindo água classificada como potável e, consumo de alimentos industrializados ou in natura. Sabe-se que a ingestão por meio dos alimentos é a principal via de contaminação, portanto, acredita-se que os alimentos consumidos por esses animais possam estar contaminados por esses elementos, o que pode implicar em riscos à saúde de cães e gatos, em decorrência do grande potencial tóxico que esses elementos apresentam.

Até o presente momento, não há muitos estudos que avaliaram a presença de metais tóxicos em alimentos comerciais destinados a cães e gatos, não havendo ainda nenhum trabalho que tenha avaliado as concentrações de metais tóxicos em ingredientes utilizados pela indústria de *pet food*, objetivos da presente proposta.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O MERCADO PET FOOD

Segundo o Instituto Pet Brasil (2018), a população de cães e gatos domiciliados no Brasil foi estimada em 54,2 e 23,9 milhões, respectivamente. Segundo o IBGE (2013), 44,3% dos 65 milhões de domicílios possuem pelo menos um cachorro e 17,7% ao menos um gato. A relação dos tutores com seus animais de companhia mudou consideravelmente nos últimos anos, de maneira que a maioria das pessoas que possuem um cão, o considera como membro da família. Segundo a CVA Pet Care (2016) - 31,0% da população avaliada considera os cães como um membro da família, e 29,0% como filhos. O aumento da população de cães e gatos domiciliados, bem como o estreitamento da relação entre os tutores e seus *pets* refletiu na mudança de visão e ampliação do mercado *pet* de um modo geral, inclusive no segmento de alimentos. Segundo dados da Abinpet (2019), o faturamento do mercado *pet* brasileiro em 2018 foi de 20,3 bilhões de reais, o que tornou o Brasil o segundo maior do mundo em faturamento, representando mais de 5,2% do faturamento mundial. O mercado *pet food* representa 73,9% desse faturamento e, foi o segmento do mercado *pet* que mais cresceu em faturamento entre os anos de 2017 e 2018 (9,9%), tendo uma produção de cerca de 2,74 milhões de toneladas (ABINPET (2019)). Esses números expressivos evidenciam a expansão desse segmento, porém ressalta-se que o aumento da variedade de produtos e ingredientes utilizados na fabricação dos alimentos aumenta as chances da ocorrência de contaminantes no produto final, como por exemplo, os metais tóxicos, caso não seja realizado um bom controle de qualidade.

2.2 QUALIDADE E SEGURANÇA DE ALIMENTOS COMERCIAIS PARA CÃES E GATOS

Nos dias atuais, com o amplo crescimento da utilização de alimentos comerciais completos e balanceados na alimentação de animais de companhia, evidenciado pelos números expressivos supracitados, há preocupação em relação à segurança desses produtos, uma vez que a alimentação exclusiva com esse tipo de alimento é uma realidade.

A alta competitividade do mercado *pet food* resultou em uma grande variedade de produtos e ingredientes empregados na formulação dos mesmos, de modo que os alimentos comerciais para animais de companhia podem apresentar vários tipos de matéria-prima, incluindo subprodutos de origem animal, como as farinhas de carne, carne e ossos, vísceras de frango, peixe, cordeiro e pena; fontes de gordura animal como o sebo bovino, banha suína e óleo de peixe; óleos extraídos de vegetais, como soja, borragem e canola; subprodutos da agricultura, como as farinhas e farelos de cereais e leguminosas, produtos minerais e aditivos alimentares, tais como acidificantes, aromatizantes, antioxidantes, nutracêuticos, palatilizantes, prébióticos, probióticos, antifúngicos, corantes e aglutinantes (ABINPET, 2019). Uma diversidade de contaminantes, como por exemplo os metais tóxicos, podem ocorrer nos alimentos comerciais, dependendo da qualidade desses ingredientes empregados.

No Brasil, o órgão que regulamenta os alimentos industrializados para cães e gatos é o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), conforme decreto nº 6296 de 11 de dezembro de 2007. A norma em vigência é a instrução normativa nº 30 de 5 de agosto de 2009. É importante salientar que o MAPA não estabeleceu limites para metais tóxicos e demais elementos com potencial toxicidade em alimentos para cães e gatos. Também não foram regulamentadas as categorias de alimentos comercializados no Brasil, no entanto, a própria indústria os classifica em econômico, *premium* e *super premium*, classificação essa que foi incorporada pelo mercado consumidor e por profissionais como critério para formulação e avaliação da qualidade (CARCIOFI et al., 2009). Os produtos econômicos são formulados visando o menor custo, com concentrações de nutrientes, como proteína e gordura geralmente mais baixas, com valores próximos às recomendações mínimas. Os alimentos

premium, por sua vez, apresentam melhor seleção de ingredientes e concentrações mais altas de nutrientes. Por fim, os alimentos da categoria super *premium* apresentam em sua formulação ingredientes de alta qualidade, proporcionando nutrição mais adequada e, podem inclusive, incorporar ingredientes funcionais (CARCIOFI et al., 2009).

2.3 METAIS TÓXICOS

Os metais são definidos como os elementos químicos que apresentam alta condutividade térmica e elétrica e que apresentam brilho característico (CANTO, 1996). De acordo com a definição clássica, o termo “metais pesados” ou “metais tóxicos” é definido como um conjunto heterogêneo de elementos com densidade atômica maior que 5g/cm^{-3} ou número atômico maior que 20. Nesse grupo, são incluídos tanto elementos sem função biológica conhecida, como alguns elementos considerados essenciais para seres humanos e animais, tais como: Cu, Fe, Mn e Zn; portanto nem todos os elementos classificados como metais tóxicos apresentam toxicidade em qualquer concentração. Essa definição é considerada inadequada, pois inclui elementos não metálicos, como por exemplo o arsênio, ainda é muito utilizada pela comunidade científica (DUFFUS, 2002; ALLOWAY, 2012). Além disso há metais com densidade atômica inferior a 5g/cm^{-3} ou número atômico menor que 20 e capazes de provocar toxicidade, portanto muitos autores acabavam incluindo esses elementos no grupo dos metais tóxicos, mesmo não atendendo as características de densidade e número atômico. Segundo Duffus (2002), a definição de “metais tóxicos” baseada na densidade atômica é constantemente modificada por vários autores (BJERRUM, 1936; CHITTUM, 1964; BENNETT et al., 1986; STREIT 1994; RAND, 1995; THORNTON, 1995).

O termo, “elementos traços”, é constantemente utilizado como sinônimo de metais tóxicos, apesar de também ser considerado inadequado, pois o qualitativo “traço” designa concentrações não detectáveis de qualquer elemento pela mais avançada técnica instrumental disponível, no campo da química analítica quantitativa (SOARES, 2004). Portanto, há controvérsias na utilização dos diferentes termos

mencionados anteriormente, assim como nas suas definições. Nos dias atuais, o termo “metais tóxicos” se refere a um grupo de metais ou semimetais que tem sido associado à contaminação e potencial toxicidade ao ambiente e seres vivos, mesmo em baixas concentrações, independentemente da densidade atômica ou número atômico.

De acordo com a legislação brasileira, os elementos classificados como potencialmente tóxicos são: alumínio (Al), arsênio (As), cádmio (Cd), cromo (Cr), cobre (Cu), ferro (Fe), mercúrio (Hg), níquel (Ni), chumbo (Pb), antimônio (Sb), selênio (Se), estanho (Sn) e zinco (Zn) (BRASIL, 2013). Já a *Agency for Toxic Substances and Disease Registry*, dos Estados Unidos, além dos elementos citados acima, considera que os seguintes metais podem afetar a saúde humana: boro (B), bário (Ba), berílio (Be), cobalto (Co), tântalo (Ta) e vanádio (V) (ATSDR, 2017).

Os metais tóxicos são considerados os contaminantes inorgânicos mais tóxicos encontrados no solo, ambientes aquáticos e, conseqüentemente nos alimentos (MARQUES et al., 2002; SOARES, 2004). A presença de metais tóxicos em alimentos depende de diversos fatores, como: condição do ambiente em que o alimento foi cultivado, composição do solo; local de origem do produto; métodos de produção, exposição a defensivos e fertilizantes; e métodos de processamento do alimento. Segundo Aitio et al. (2007), as principais fontes de metais tóxicos que implicam na contaminação do solo são fertilizantes, agroquímicos, irrigação, lodo e deposição atmosférica de emissões industriais ou urbanas.

Em relação à absorção de metais tóxicos pelo organismo, ela raramente ocorre na mucosa oral. Esses elementos são absorvidos, geralmente no intestino, em virtude da presença das microvilosidades, que proporcionam maior superfície de absorção, além disso, neste órgão há maior quantidade destas substâncias em sua forma não ionizada (POLÁK et al., 1996; BECKETT et al., 2007). Quando a ingestão e absorção excedem a capacidade do organismo de eliminação de metais tóxicos, ocorre o processo denominado bioacumulação, que implica no aumento das concentrações de determinado elemento no organismo. Os principais locais/estruturas de acúmulo de metais tóxicos no organismo são: proteínas plasmáticas, fígado, rins, ossos, tecido adiposo, cabelos e leite materno (BECKETT et al., 2007; MOFFETT et al., 2007; EXLEY e MOLD, 2015; PASSLACK et al., 2015; COSTA JR et al., 2018).

Sabe-se que a toxicidade de um elemento está relacionada ao seu acúmulo nos tecidos corporais, isso depende da frequência e quantificação de exposição do organismo e, da via de exposição. A toxicidade pode ser classificada como aguda ou crônica. A fase aguda ocorre em decorrência de uma única exposição ou múltiplas exposições dentro de um período de 24 horas. Os efeitos resultantes de uma intoxicação aguda podem ser observados imediatamente ou nos dias seguintes. Em relação à intoxicação crônica, a mesma ocorre quando a exposição aos metais tóxicos ocorre em longo prazo, podendo variar de meses a anos (BECKING et al., 2007; MOFFETT et al., 2007). Vários fatores podem interferir na toxicidade de um metal pesado, dentre os quais, destacam-se: forma química do metal pesado (interferem na sua biodisponibilidade); idade do indivíduo exposto; frequência e quantidade de exposições; interação entre metais; interação com nutrientes da dieta, como ferro, fósforo, cálcio e vitaminas A, C e D; e, formação de complexos metal-proteína (BECKETT et al., 2007; JUHASZ et al., 2008).

Em 2011, o *Center for Veterinary Medicine*, da *United States Food and Drug Administration* (FDA), publicou uma revisão sobre a segurança de metais tóxicos em alimentos destinados a animais de companhia (FDA, 2011). A FDA não recomenda para cães e gatos a utilização dos limites para seres humanos, mas sim o nível máximo tolerado (NMT) recomendado pelo *Committee on Minerals and Toxic Substances in Diet and Water for Animals* para diferentes mamíferos (NRC, 2005) (Tabela 1). O NMT é o teor (concentração) do elemento que, quando fornecido por um determinado período, não causará danos ao desempenho ou saúde do animal e, a duração do consumo do elemento influencia o teor que leva à toxicose (NRC, 2005).

Tabela 1- Nível máximo tolerado de metais tóxicos recomendados para cães e gatos. Adaptado da FDA (2011).

Elementos	Nível máximo tolerado (NMT) (mg/kg de matéria seca)
Arsênio (As)	12,5
Berílio (Be)	5,0
Cádmio (Cd)	10,0
Cobalto (Co)	2,5
Cromo (Cr)	10,0
Mercúrio (Hg)	0,27
Níquel (Ni)	50,0
Chumbo (Pb)	10,0
Antimônio (Sb)	40,0
Urânio (U)	10,0
Vanádio (V)	1,0

2.4 METAIS TÓXICOS NO ORGANISMO DE CÃES E GATOS

Animais de companhia são comumente utilizados como indicadores de contaminação ambiental por metais tóxicos em determinadas regiões. Estudos tem demonstrado a presença de metais tóxicos no organismo de cães, em amostras de pelo (HANSEN e DANSCHER, 1995; SAKAI et al., 1995; PARK et al., 2005; DUMLAP et al., 2007; SOUSA et al., 2013), soro (PARK et al., 2005; TOMZA-MARCINIAK et al., 2012), fígado (HANSEN e DANSCHER, 1995; LOPEZ ALONSO et al., 2007; SERPE et al., 2012), rins (LOPEZ ALONSO et al., 2007; SERPE et al., 2012) e tecido ósseo (LANOCHA et al., 2012), e no organismo de gatos, em amostras de pelo (SAKAI et al., 1995). As concentrações dos diferentes elementos analisados nesses estudos estão expressas no Quadro 1. Sabe-se que a principal via de contaminação por metais tóxicos em seres humanos e animais é através dos alimentos, portanto, há grande preocupação em relação à presença de metais tóxicos em ingredientes empregados na fabricação de alimentos para cães e gatos. As concentrações encontradas nesses trabalhos são variáveis, pois, as mesmas dependem do grau de contaminação do ambiente, que reflete na contaminação dos alimentos consumidos pelos animais. Até

o presente momento, não foi publicado nenhum trabalho que tenha avaliado a presença de metais tóxicos no organismo de cães e gatos domiciliados no Brasil.

Quadro 1- Trabalhos que avaliaram as concentrações de metais tóxicos em diferentes tecidos corporais de cães e gatos.

Animal	Material	Método	Elementos	Concentrações	Local	Referência
Gato	pelo	EAA	Hg	7,4±2,93ppm (machos) ^a	Japão	Sakai et al. (1995)
				7,45±1,28ppm (fêmeas) ^a		
Cão	pelo	EAA	Hg	0,99±0,23ppm (machos) ^a	Japão	Sakai et al. (1995)
				0,66±0,1ppm (fêmeas) ^a		
Cão	fígado	EAA	Hg	296-25000mcg/kg ^b	Groenlândia	Hansen e Danscher (1995)
Cão	pelo	EAA	Hg	4105-34743mcg/g ^b	Groenlândia	Hansen e Danscher (1995)
Cão	soro	ICP-MS	Cd, Pb, Hg e Cr	Cd:0,22±0,01mcg/mL ^a	Coréia	Park et al. (2005)
				Pb: 0,24 ±0,04mcg/mL ^a		
				Cr: 0,50±0,06mcg/mL ^a		
				Hg: 0,61±0,08mcg/mL ^a		
Cão	pelo	ICP-MS	Cd, Pb, Hg e Cr	Cd:0,09±0,1mcg/g ^a	Coréia	Park et al. (2005)
				Pb: 0,82±0,09mcg/g ^a		
				Hg: 0,21±0,09mcg/g ^a		
				Cr: 0,48±0,07mcg/g ^a		
Cão	fígado	ICP-MS	As, Cd, Hg e Pb	As: 2,81-333mcg/Kg ^b	Espanha	Lopez-Alonso et al. (2007)
				Cd:ND-606mcg/Kg ^b		
				Hg: ND-294mcg/Kg ^b		
				Pb: ND-856mcg/Kg ^b		
Cão	rim	ICP-MS	As, Cd, Hg e Pb	As: 4.48-337mcg/Kg ^b	Espanha	Lopez-Alonso et al. (2007)
				Cd: 15,5-2756mcg/Kg ^b		
				Hg: ND-379mcg/Kg ^b		

				Pb: ND-264mcg/Kg ^b		
Cão	fígado	EAA	Cd, Pb e Hg	Cd: 0,093mg/kg ^c	Itália	Serpe et al. (2012)
				Pb: 0,321mg/kg ^c		
				Hg: 0,054mg/kg ^c		
Cão	rim	EAA	Cd, Pb e Hg	Cd: 0,259mg/kg ^c	Itália	Serpe et al. (2012)
				Pb: 0,293mg/kg ^c		
				Hg: 0,040mg/kg ^c		
Cão	soro	ICP-AES	Fe, Al, Zn, Cu,	Fe: 1,642mcg/mL ^d	Polônia	Tomza-Marciniak et al. (2012)
				Cu: 1,350mcg/mL ^d		
				Mn: 0,657mcg/mL ^d		
				Cr: 0,239mcg/mL ^d		
				Pb: 0,388mcg/mL ^d		
				Cd: 0,282mcg/mL ^d		
				Sr: 0,305mcg/mL ^d		
				Ni: 0,2mcg/mL ^d		
				V: 0,130mcg/mL ^d		
Cão	osso	EAA	Zn, Cu, Zn, Cd e	Zn: 80,7±53,2mg/kg ^a	Polônia	Lanocha et al. (2012)
				Cu: 0,91±1,22mg/kg ^a		
				Pb: 1,54±1,62mg/kg ^a		
				Cd: 0,11±0,12mg/kg ^a		
				Hg: 0,0041±0,007mg/kg ^a		
Cão	plasma	EAA	Hg	0,16±12,38ng/g ^a	Portugal	Sousa et al. (2013)
Cão	pelo	EAA	Hg	24,16-826,30ng/g ^b	Portugal	Sousa et al. (2013)

Legenda: a= média ± desvio padrão; b= mínimo-máximo; c= média; d= mediana; EAA: espectrometria de absorção atômica; ICP-MS= espectrometria de massas por plasma indutivamente acoplado; ICP-AES= espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado.

2.5 METAIS TÓXICOS NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL

Na nutrição humana, a presença de metais tóxicos em alimentos tem sido alvo de muitos estudos e, recentemente tem-se demonstrado a presença desses elementos em alimentos, tais como peixes, frutos do mar, arroz, vegetais, carne de frango e carne bovina, associadas a diferentes riscos à saúde de seres humanos (LASKY et al., 2004; OLMEDO et al., 2013; CHENG et al., 2017; BAKI et al., 2018; HASHEMI, 2018).

Em relação à nutrição animal, há estudos que investigaram a presença de metais tóxicos em alimentos. Li et al. (2005) avaliaram a contaminação por metais tóxicos na alimentação de vacas leiteiras e, observaram a presença de elementos como: zinco, cobre, arsênio, cádmio, chumbo e cromo em vários ingredientes, de modo que os suplementos minerais apresentaram as maiores concentrações. Em um estudo realizado no Brasil, Marçal et al. (2015) analisaram concentrações de chumbo e cádmio em 10 marcas de suplemento mineral para bovinos e em 6 delas a concentração de chumbo superou o limite máximo aceitável de 30ppm, considerando as recomendações do *National Research Council* (1980) e da *Association of American Feed Control Officials Incorporated* (2001). Em relação ao cádmio, todas as amostras superaram o limite máximo de 0,5ppm. Isso mostra a grande necessidade de controle e monitoramento dos produtos utilizados na alimentação animal. Em outro estudo realizado no Brasil por Gonçalves (2007), mais da metade das amostras de suplementos minerais para bovinos analisadas apresentaram concentrações de chumbo superiores ao limite máximo aceitável (30ppm), assim como ocorreu com o cádmio. Até o presente momento, não há publicado nenhum trabalho que tenha avaliado a contaminação por metais tóxicos em ingredientes utilizados na fabricação de alimentos comerciais para cães e gatos.

No que diz respeito à contaminação de metais tóxicos em alimentos para cães e gatos, em um recente estudo realizado por Pedrinelli et al. (2019), 100 receitas de dietas caseiras (75 para cães, e 25 para gatos), foram reproduzidas e as concentrações de metais tóxicos foram analisadas. Foram encontradas altas concentrações dos elementos: chumbo, cobalto, mercúrio, urânio e vanádio. Das receitas para cães, 92% delas apresentaram concentrações acima do NMT pela FDA

(2011) e 100% das receitas para gatos superaram esse limite, com teores até 16 vezes superiores às recomendações. Em relação ao mercúrio - 70,7% das receitas para cães e, 76% das receitas para gatos superaram o LMT. Algumas receitas para cães superaram em mais de 20 vezes o recomendado. Alguns trabalhos analisaram as concentrações de metais tóxicos e outros elementos em alimentos comerciais para cães e gatos e, os principais resultados estão apresentados no Quadro 2.

Quadro 2- Trabalhos que avaliaram as concentrações de metais tóxicos e demais elementos em alimentos comerciais para cães e gatos.

Referência	Material analisado (e país de origem do estudo)	Nº de amostras	Método de análise	Concentrações dos elementos
Duran et al. (2010)	Alimento seco para cães sabor carne (Hungria)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 3.33 ± 0.25^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 8.10 ± 1.1^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 11.8 ± 1.6^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 36.7 ± 2.9^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 6.89 ± 0.26^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 1.58 ± 0.18^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.74 ± 0.23^a
Duran et al. (2010)	Alimento seco para cães sabor carne (Hungria)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 4.62 ± 0.50^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 12.7 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 5.04 ± 0.65^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 25.0 ± 1.7^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 3.73 ± 0.26^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 3.73 ± 0.32^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.34 ± 0.23^a
Duran et al. (2010)	Alimento seco para cães sabor carne (Hungria)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 3.33 ± 0.25^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 11.9 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 11.9 ± 1.5^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 38.7 ± 1.7^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 3.88 ± 0.45^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 2.19 ± 0.19^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.60 ± 0.23^a

Duran et al. (2010)	Alimento seco para cães sabor carne (Holanda)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 8.34 ± 0.66^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 17.6 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 11.9 ± 1.5^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 62.3 ± 1.7^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 11.9 ± 0.5^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 2.81 ± 0.32^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.74 ± 0.23^a
Duran et al. (2010)	Alimento seco para cães sabor frango (Polônia)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 4.33 ± 0.43^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 10.2 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 13.1 ± 1.6^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 23.9 ± 1.7^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 4.18 ± 0.26^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 3.73 ± 0.32^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 0.60 ± 0.06^a
Duran et al. (2010)	Alimento seco para cães sabor peixe (Dinamarca)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 8.34 ± 0.66^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 19.7 ± 1.7^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 15.5 ± 2.0^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 43.6 ± 3.4^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 12.5 ± 0.4^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 2.27 ± 0.20^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 2.47 ± 0.28^a
Duran et al. (2010)	Alimento úmido para cães sabor carne (Nova Zelândia)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 10.2 ± 0.20^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 14.4 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 7.74 ± 0.65^a

				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 71.1 ± 3.4^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 10.5 ± 0.1^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 2.27 ± 0.27^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 0.75 ± 0.07^a
Duran et al. (2010)	Alimento úmido para cães sabor carne (Dinamarca)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 4.91 ± 0.25^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 7.78 ± 0.85^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 15.5 ± 2.0^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 64.2 ± 1.7^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 5.99 ± 0.69^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 1.75 ± 0.20^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.14 ± 0.16^a
Duran et al. (2010)	Alimento úmido para cães sabor carne (Brasil)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 8.63 ± 0.74^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 16.8 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 11.9 ± 1.5^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 60.3 ± 2.9^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 18.3 ± 0.4^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 1.58 ± 0.18^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.40 ± 0.16^a
Duran et al. (2010)	Alimento úmido para gatos sabor frango (Austrália)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 13.1 ± 0.50^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 14.8 ± 1.7^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 11.8 ± 1.6^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 70.2 ± 4.5^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 10.3 ± 0.2^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 2.03 ± 0.20^a

				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.15 ± 0.17^a
Duran et al. (2010)	Alimento úmido para gatos sabor peixe (EUA)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 7.62 ± 0.66^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 17.6 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 5.04 ± 0.65^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 66.2 ± 2.9^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 9.15 ± 0.26^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 1.73 ± 0.18^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 0.94 ± 0.13^a
Duran et al. (2010)	Alimento úmido para gatos sabor peixe (África do Sul)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 16.6 ± 0.30^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 10.2 ± 1.4^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 1.66 ± 0.17^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 70.1 ± 3.4^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 23.9 ± 0.5^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 2.43 ± 0.26^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 2.14 ± 0.23^a
Duran et al. (2010)	Alimento seco para gatos sabor peixe (Turquia)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 14.6 ± 0.40^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 5.78 ± 0.9^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 11.8 ± 1.6^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 39.7 ± 2.8
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 24.4 ± 0.2^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 0.58 ± 0.07^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.74 ± 0.23
Duran et al. (2010)	Alimento seco para gatos sabor peixe (Turquia)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 5.91 ± 0.25^a

				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 8.18 ± 1.0^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 5.04 ± 0.65^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 25.9 ± 1.7^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 3.28 ± 0.27^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 0.89 ± 0.11^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 2.14 ± 0.23^a
Duran et al. (2010)	Alimento seco para gatos sabor frango (Canada)	3	EAA	Cu ($\mu\text{g/g}$) = 14.8 ± 0.30^a
				Ni ($\mu\text{g/g}$) = 6.95 ± 0.9^a
				Pb ($\mu\text{g/g}$) = 1.66 ± 0.17^a
				Fe ($\mu\text{g/g}$) = 62.3 ± 1.7^a
				Mn ($\mu\text{g/g}$) = 20.7 ± 0.3^a
				Cr ($\mu\text{g/g}$) = 2.35 ± 0.32^a
				Cd ($\mu\text{g/g}$) = 1.60 ± 0.23^a
Elias et al. (2012)	Alimento seco para cães (Brasil)	34	INAA	As (mg/kg) = $<0.29 - 0.49^c$
				Br (mg/kg) = $2.0 - 11.34^c$
				Ca (mg/kg) = $4.900 - 25.900^c$
				Co (mg/kg) = $0.08 - 0.59^c$
				Cr (mg/kg) = $0.52 - 6.47^c$
				Cs (mg/kg) = $<0.03 - 0.11^c$
				Fe (mg/kg) = $188.0 - 646.0^c$
				K (mg/kg) = $5290.0 - 10500.0^c$
				La (mg/kg) = $0.04 - 3.14^c$
				Na (mg/kg) = $3180.0 - 7050.0^c$
				Rb (mg/kg) = $6.44 - 19.81^c$
				Sb (mg/kg) = $<0.01 - 5.43^c$

				Sc (mg/kg) = 0.02 - 0.74 ^c
				Se (mg/kg) = 0.24 - 2.14 ^c
				U (mg/kg) = <0.46 - 3.99 ^c
				Zn (mg/kg) = 44.0 - 633.0 ^c
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para cães a base de carne e ossos (Brasil)	10	ICP-OES	Al (mg/kg) = 236.0 ± 6.0 ^a
				Ba (mg/kg) = 25.1 ± 1.7 ^a
				Ca (g/kg) = 2.3 ± 0.2 ^a
				Cu (mg/kg) = 15.5 ± 1.7 ^a
				Fe (mg/kg) = 606.0 ± 13.0 ^a
				K (g/kg) = 1.3 ± 0.2 ^a
				Mg (g/kg) = 0.33 ± 0.03 ^a
				Mn (mg/kg) = 92.3 ± 3.6 ^a
				P (g/kg) = 2.4 ± 0.2 ^a
				S (g/kg) = 0.36 ± 0.03 ^a
				Sr (mg/kg) = 20.3 ± 2.1 ^a
				Zn (mg/kg) = 251.0 ± 3.0 ^a
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para cães a base de carne e vegetais (Brasil)	8	ICP-OES	Al (mg/kg) = 2835.0 ± 8.0 ^a
				Ba (mg/kg) = 24.6 ± 3.7 ^a
				Ca (g/kg) = 2.5 ± 0.1 ^a
				Cu (mg/kg) = 26.5 ± 0.4 ^a
				Fe (mg/kg) = 421.0 ± 13.0 ^a
				K (g/kg) = 1.2 ± 0.05 ^a
				Mg (g/kg) = 0.23 ± 0.01 ^a
				Mn (mg/kg) = 13.7 ± 4.3 ^a
				P (g/kg) = 2.2 ± 0.1 ^a

				S (g/kg) = 0.52 ± 0.004^a
				Sr (mg/kg) = 21.1 ± 1.2^a
				Zn (mg/kg) = 106.0 ± 5.0^a
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para cães a base de carne (Brasil)	9	ICP-OES	Al (mg/kg) = 45.5 ± 6.4^a
				Ba (mg/kg) = 24.2 ± 1.1^a
				Ca (g/kg) = 2.4 ± 0.3^a
				Cu (mg/kg) = 17.4 ± 0.3^a
				Fe (mg/kg) = 337.0 ± 7^a
				K (g/kg) = 1.0 ± 0.02^a
				Mg (g/kg) = 0.25 ± 0.01^a
				Mn (mg/kg) = 93.2 ± 4.6^a
				P (g/kg) = 2.2 ± 0.2^a
				S (g/kg) = 0.38 ± 0.007^a
				Sr (mg/kg) = 21.4 ± 2.0^a
				Zn (mg/kg) = 293.0 ± 4.0^a
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para cães a base de carne e vegetais (Brasil)	8	ICP-OES	Al (mg/kg) = 475.0 ± 10.0^a
				Ba (mg/kg) = 21.5 ± 4.0^a
				Ca (g/kg) = 2.7 ± 0.3^a
				Cu (mg/kg) = 22.2 ± 0.8^a
				Fe (mg/kg) = 147.0 ± 7.0^a
				K (g/kg) = 1.0 ± 0.1^a
				Mg (g/kg) = 0.14 ± 0.01^a
				Mn (mg/kg) = 6.5 ± 1.0^a
				P (g/kg) = 2.2 ± 0.2^a
				S (g/kg) = 0.43 ± 0.03^a

				Sr (mg/kg) = 21.4 ± 2.7^a
				Zn (mg/kg) = 324.0 ± 3.0^a
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para cães a base de cereais (Brasil)	10	ICP-OES	Al (mg/kg) = 54.0 ± 5.7^a
				Ba (mg/kg) = 7.1 ± 0.8^a
				Ca (g/kg) = 1.6 ± 0.2^a
				Cu (mg/kg) = 34.1 ± 3.2^a
				Fe (mg/kg) = 595.0 ± 8.0^a
				K (g/kg) = 1.1 ± 0.2^a
				Mg (g/kg) = 0.16 ± 0.02^a
				Mn (mg/kg) = 149.0 ± 12.0^a
				P (g/kg) = 2.3 ± 0.2^a
				S (g/kg) = 0.78 ± 0.08^a
				Sr (mg/kg) = 22.4 ± 2.4^a
				Zn (mg/kg) = 419.0 ± 4.0^a
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para gatos sabor mix (Brasil)	9	ICP-OES	Al (mg/kg) = 475.0 ± 8.0^a
				Ba (mg/kg) = 24.6 ± 2.8^a
				Ca (g/kg) = 2.8 ± 0.3^a
				Cu (mg/kg) = 24.7 ± 0.3^a
				Fe (mg/kg) = 569.0 ± 4.0^a
				K (g/kg) = 1.1 ± 0.05^a
				Mg (g/kg) = 0.24 ± 0.01^a
				Mn (mg/kg) = 43.7 ± 6.2^a
				P (g/kg) = 2.5 ± 0.3^a
				S (g/kg) = 0.52 ± 0.03^a
				Sr (mg/kg) = 39.5 ± 4.7^a

				Zn (mg/kg) = 165.0 ± 6.0^a
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para gatos sabor Carne (Brasil)	8	ICP-OES	Al (mg/kg) = 63.1 ± 7.8^a
				Ba (mg/kg) = 3.7 ± 0.5^a
				Ca (g/kg) = 0.79 ± 0.10^a
				Cu (mg/kg) = 17.9 ± 1.0^a
				Fe (mg/kg) = 129.0 ± 3.0^a
				K (g/kg) = 1.3 ± 0.1^a
				Mg (g/kg) = 0.11 ± 0.01^a
				Mn (mg/kg) = 7.8 ± 0.02^a
				P (g/kg) = 1.3 ± 0.1^a
				S (g/kg) = 0.57 ± 0.04^a
				Sr (mg/kg) = 10.0 ± 1.0^a
				Zn (mg/kg) = 235.0 ± 5.0^a
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para gatos sabor carne, arroz e milho (Brasil)	8	ICP-OES	Al (mg/kg) = 47.6 ± 3.8^a
				Ba (mg/kg) = 17.5 ± 1.7^a
				Ca (g/kg) = 2.0 ± 0.2^a
				Cu (mg/kg) = 29.5 ± 2.6^a
				Fe (mg/kg) = 325.0 ± 4^a
				K (g/kg) = 1.1 ± 0.1^a
				Mg (g/kg) = 0.20 ± 0.02^a
				Mn (mg/kg) = 28.0 ± 5.4^a
				P (g/kg) = 2.0 ± 0.1^a
				S (g/kg) = 0.40 ± 0.04^a
				Sr (mg/kg) = 37.6 ± 3.7^a
				Zn (mg/kg) = 208.0 ± 3.0^a

Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para gatos sabor Mix (Brasil)	7	ICP-OES	Al (mg/kg) = 78.7 ± 2.9^a
				Ba (mg/kg) = 15.2 ± 0.4^a
				Ca (g/kg) = 2.0 ± 0.4^a
				Cu (mg/kg) = 6.4 ± 0.5^a
				Fe (mg/kg) = 201 ± 8^a
				K (g/kg) = 0.92 ± 0.1^a
				Mg (g/kg) = 0.19 ± 0.02^a
				Mn (mg/kg) = 13.7 ± 5.1^a
				P (g/kg) = 1.8 ± 0.2^a
				S (g/kg) = 0.43 ± 0.02^a
				Sr (mg/kg) = 29.5 ± 3.1^a
				Zn (mg/kg) = $60,8 \pm 22^a$
Da Costa et al. (2013)	Alimento seco para gatos sabor Peixe (Brasil)	8	ICP-OES	Al (mg/kg) = 33.3 ± 8.4^a
				Ba (mg/kg) = 29.0 ± 3.2^a
				Ca (g/kg) = 3.0 ± 0.2^a
				Cu (mg/kg) = 18.1 ± 2.1^a
				Fe (mg/kg) = 184 ± 10^a
				K (g/kg) = 1.3 ± 0.2^a
				Mg (g/kg) = 0.34 ± 0.05^a
				Mn (mg/kg) = 70.1 ± 10^a
				P (g/kg) = 2.7 ± 0.2^a
				S (g/kg) = 0.36 ± 0.1^a
				Sr (mg/kg) = $36,6 \pm 2.0^a$
				Zn (mg/kg) = 110 ± 6^a
Luippold e Gustin (2016)	Alimento seco e úmido para cães (EUA)	101	ADM	Hg (ng/g) = $43 (1 - 604)^e$

Davies et al. (2017)	Alimento seco para cães (Reino Unido)	15	ICP-MS	S (mg/kg) = 3302 (2925,3923) ^d
				Ca (mg/kg) = 12860 (6290,17813) ^d
				P (mg/kg) = 9555 (5051,13016) ^d
				Na (mg/kg) = 4093 (2743,4375) ^d
				Mg (mg/kg) = 1208 (1129,1360) ^d
				K (mg/kg) = 6254 (5567,7593) ^d
				Zn (µg/g) = 180 (145,214) ^d
				Mn (µg/g) = 57.9 (36.9,75.7) ^d
				Sr (µg/g) = 10.9 (9.34,13.6) ^d
				Rb (µg/g) = 4.68 (2.98,6.20) ^d
				Mo (µg/g) = <0.64 (LOQ) ^d
				Cr (µg/g) = 0.60 (0.43,1.28) ^d
				V (µg/g) = 0.19 (0.14,0.47)
Davies et al. (2017)	Alimento seco para gatos (Reino Unido)	65	ICP-MS	Co (µg/g) = 0.08 (0.07,0.14) ^d
				S (mg/kg) = 4989 (4124,6447) ^d
				Ca (mg/kg) = 14125 (11442,19456) ^d
				P (mg/kg) = 12365 (10730,14194) ^d
				Na (mg/kg) = 5692 (4233,6319) ^d
				Mg (mg/kg) = 1110 (915,1357) ^d
				K (mg/kg) = 7686 (7174,8615) ^d
				Zn (µg/g) = 176 (143,208) ^d
				Mn (µg/g) = 59.6 (37.8,69.4) ^d
				Sr (µg/g) = 13.9 (11.4,17.0) ^d
				Rb (µg/g) = 5.55 (4.16,6.76) ^d
				Mo (µg/g) = <0.64 (LOQ) ^d
				Cr (µg/g) = <0.48 (LOQ) ^d
				V (µg/g) = <0.16 (LOQ) ^d

				Co (µg/g) = 0.08 (0.06,0.13) ^s
Davies et al. (2017)	Alimento úmido para cães (Reino Unido)	49	ICP-MS	S (mg/kg) = 5211 (4442,7528) ^d
				Ca (mg/kg) = 19766 (15147,27387) ^d
				P (mg/kg) = 15672 (10471,21473) ^d
				Na (mg/kg) = 10180 (6350,14148) ^d
				Mg (mg/kg) = 1353 (1080,1762) ^d
				K (mg/kg) = 14857 (10102,19474) ^d
				Zn (µg/g) = 170 (137,223) ^d
				Mn (µg/g) = 23.3 (15.9,35.4) ^d
				Sr (µg/g) = 20.2 (14.0,27.6) ^d
				Rb (µg/g) = 9.32 (5.76,12.5) ^d
				Mo (µg/g) = <0.64 (LOQ) ^d
				Cr (µg/g) = <0.48 (LOQ) ^d
				V (µg/g) = <0.16 (LOQ) ^d
Davies et al. (2017)	Alimento úmido para gatos (Reino Unido)	48	ICP-MS	Co (µg/g) = 0.10 (0.06,0.14) ^d
				S (mg/kg) = 7269 (6348,8442) ^d
				Ca (mg/kg) = 17423 (13580,25565) ^d
				P (mg/kg) = 15715 (13297,19300) ^d
				Na (mg/kg) = 11906 (6437,17135) ^d
				Mg (mg/kg) = 1048 (847,1195) ^d
				K (mg/kg) = 13376 (9943,18670) ^d
				Zn (µg/g) = 154 (127,178) ^d
				Mn (µg/g) = 19.7 (11.3,24.3) ^d
				Sr (µg/g) = 15.0 (10.2,33.8) ^d
				Rb (µg/g) = 8.45 (6.8,11.9) ^d
				Mo (µg/g) = 0.75 (0.46,0.88) ^d
				Cr (µg/g) = <0.48 (LOQ) ^d

				V (µg/g) = <0.16 (LOQ) ^d
				Co (µg/g) = 0.08 (0.05,0.11) ^d
Fernandes et al. (2017)	Alimento seco para cães adultos (Brasil)	63	INAA	Al (mg/kg) = <21 - 11.900 ^c
				As (mg/kg) = <0.13 - 0.43 ^c
				Br (mg/kg) = 2.05 - 16.90 ^c
				Cd (mg/kg) = <1.1 - <2.4 ^c
				Co (mg/kg) = 0.08 - 0.82 ^c
				Cr (mg/kg) = <0.20 - 4.33 ^c
				Cs (mg/kg) = 0.02 - 0.17 ^c
				Cu (mg/kg) = 9.0 - 60 ^c
				Fe (mg/kg) = 177 - 862 ^c
				Hg (mg/kg) = <0.05 - <0.10 ^c
				I (mg/kg) = 0.9 - 14 ^c
				La (mg/kg) = <0.02 - 3.32 ^c
				Mn (mg/kg) = 6.0 - 111 ^c
				Rb (mg/kg) = 5.67 - 25.04 ^c
				Sb (mg/kg) = <0.01 - 5.04 ^c
				Sc (mg/kg) = 0.01 - 1.41 ^c
				Ti (mg/kg) = <9.0 - 2300 ^c
				U (mg/kg) = <0.13 - 2.25 ^c
				V (mg/kg) = <0.17 - 4.88 ^c
				Zn (mg/kg) = 44 - 554 ^c
Fernandes et al. (2017)	Alimento seco para cães filhotes (Brasil)	32	INAA	Al (mg/kg) = 49 - 8500 ^c
				As (mg/kg) = <0.14 - 0.56 ^c
				Br (mg/kg) = 3.10 - 15.42 ^c
				Cd (mg/kg) = <1.1 - <2.4 ^c
				Co (mg/kg) = 0.08 - 0.75 ^c

				Cr (mg/kg) = <0.20 - 8.27 ^c
				Cs (mg/kg) = 0.02 - 0.19 ^c
				Cu (mg/kg) = 15 - 64 ^c
				Fe (mg/kg) = 198 - 675 ^c
				Hg (mg/kg) = <0.05 - <0.10 ^c
				I (mg/kg) = 0.7 - 14 ^c
				La (mg/kg) = <0.02 - 3.14 ^c
				Mn (mg/kg) = 16 - 149 ^c
				Rb (mg/kg) = 6.50 - 22.96 ^c
				Sb (mg/kg) = <0.01 - 5.14 ^c
				Sc (mg/kg) = 0.01 - 0.78 ^c
				Ti (mg/kg) = <9.0 - 2140 ^c
				U (mg/kg) = <0.13 - 3.99 ^c
				V (mg/kg) = <0.12 - 3.24
				Zn (mg/kg) = 46 - 614 ^c
Kim et al. (2018)a	Alimento seco para cães (frango como fonte principal de proteína) (EUA)	17	ICP-MS	As (mg/Mcal) = 0.054 (0.007 - 0.133) ^b
				Cd (mg/Mcal) = 0.015 (0.005 - 0.063) ^b
				Hg (mg/Mcal) = 0.0008 (0.0004 - 0.0023) ^b
				Pb (mg/Mcal) = 0.037 (0.019 - 0,305) ^b
Kim et al. (2018)a	Alimento seco para cães (carne vermelha como fonte principal de proteína) (EUA)	17	ICP-MS	As (mg/Mcal) = 0.037 (0.007 - 0.134) ^b
				Cd (mg/Mcal) = 0.013 (0.008 - 0.047) ^b
				Hg (mg/Mcal) = 0.0012 (0.0004 - 0.0064) ^b
				Pb (mg/Mcal) = 0.091 (0.032 - 1.621) ^b

Kim et al. (2018)a	Alimento seco para cães (peixe como fonte principal de proteína) (EUA)	17	ICP-MS	As (mg/Mcal) = 0.343 (0.025 - 1.104) ^b
				Cd (mg/Mcal) = 0.027 (0.014 - 0.215) ^b
				Hg (mg/Mcal) = 0.0082 (0.0010 - 0.0139) ^b
				Pb (mg/Mcal) = 0.049 (0.018 - 0.325) ^b
Kim et al. (2018)b	Alimento seco para cães (EUA)	49	ICP-AES	Cr (mg/Mcal) = 0.47 (0.17–2.05) ^b
				Ni (mg/Mcal) = 0.26 (0.1–0.87) ^b
				Mo (mg/Mcal) = 0.25 (0.04–0.65) ^b
				Si (mg/Mcal) = 6.28 (2.96–83.67) ^b
				Al (mg/Mcal) = 18.22 (5.55–183.23) ^b
Paulelli et al. (2018)	Alimento seco para cães (Brasil)	62	ICP-MS	Fe (mg/kg) = 362 ± 42.6 ^a
				Zn (mg/kg) = 133 ± 8,79 ^a
				Mn (mg/kg) = 37,8 ± 8,79 ^a
				Cu (mg/kg) = 15.8 ± 1.19 ^a
				Rb (mg/kg) = 11.5 ± 0.87 ^a
				Mo (mg/kg) = 0.87 ± 0.06 ^a
				Se (mg/kg) = 0.56 ± 0.05 ^a
				V (mg/kg) = 0.38 ± 0.05 ^a
				Cr (mg/kg) = 5.1 ± 0.4 ^a
				Co (mg/kg) = 0.14 ± 0.02 ^a
				Mg (mg/kg) = 1.6 ± 0.13 ^a
				Ca (mg/kg) = 14.1 ± 1.2 ^a
				P (mg/kg) = 15.8 ± 5.1 ^a

Paulelli et al. (2018)	Alimento seco para gatos (Brasil)	14	ICP-MS	Fe (mg/kg) = 384 ± 102^a
				Zn (mg/kg) = 167 ± 64^a
				Mn (mg/kg) = 25.9 ± 12.5^a
				Cu (mg/kg) = 16.5 ± 3.8^a
				Rb (mg/kg) = 10.3 ± 2.3^a
				Mo (mg/kg) = 0.88 ± 0.38^a
				Se (mg/kg) = 0.74 ± 0.36^a
				V (mg/kg) = 0.27 ± 0.19^a
				Cr (mg/kg) = 5.1 ± 0.4^a
				Co (mg/kg) = 0.13 ± 0.06^a
				Mg (mg/kg) = 1.5 ± 0.57^a
				Ca (mg/kg) = 15.6 ± 7.5^a
				P (mg/kg) = 18.9 ± 7.2^a
Paulelli et al. (2018)	Alimento úmido para cães (Brasil)	6	ICP-MS	Fe (mg/kg) = 910 ± 544^a
				Zn (mg/kg) = 235 ± 66^a
				Mn (mg/kg) = 23.2 ± 12.8^a
				Cu (mg/kg) = 25.7 ± 15.4^a
				Rb (mg/kg) = 14.0 ± 1.5^a
				Mo (mg/kg) = 1.1 ± 0.25^a
				Se (mg/kg) = 1.5 ± 0.19^a
				V (mg/kg) = 0.37 ± 0.16^a
				Cr (mg/kg) = 6.1 ± 0.4^a
				Co (mg/kg) = 0.12 ± 0.08^a
				Mg (mg/kg) = 0.68 ± 0.11^a
				Ca (mg/kg) = 6.8 ± 2.9^a
				P (mg/kg) = 13.9 ± 2.9^a

Paulelli et al. (2018)	Alimento úmido para gatos (Brasil)	6	ICP-MS	Fe (mg/kg) = 896 ± 618^a
				Zn (mg/kg) = 158 ± 67^a
				Mn (mg/kg) = 37.3 ± 16.1^a
				Cu (mg/kg) = 20.1 ± 12.0^a
				Rb (mg/kg) = 8.9 ± 4.2^a
				Mo (mg/kg) = 0.80 ± 0.3^a
				Se (mg/kg) = 1.2 ± 0.43^a
				V (mg/kg) = 0.3 ± 0.07^a
				Cr (mg/kg) = 5.1 ± 0.7^a
				Co (mg/kg) = 0.1 ± 0.05^a
				Mg (mg/kg) = 0.74 ± 0.20^a
				Ca (mg/kg) = 7.0 ± 2.4^a
				P (mg/kg) = 13.6 ± 3.1^a

Legenda: a= média $\pm$ desvio padrão; b= mediana (variação); c= mínimo-máximo; d= mediana (1° - 3° quartil); e= média (variação); ICP-MS= espectrometria de massas por plasma indutivamente acoplado; EAA: espectrometria de absorção atômica; ICP-OES= espectrometria de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado; INAA= ativação neutrônica instrumental; ICP-AES= espectrometria de emissão atômica por plasma indutivamente acoplado; ADM= analisador direto de mercúrio.

2.6 PRINCIPAIS METAIS TÓXICOS E SUAS IMPLICAÇÕES NA SAÚDE DE CÃES E GATOS

2.6.1 Mercúrio (Hg)

O mercúrio (número atômico: 80; massa atômica: 200,5 u) ocorre naturalmente no ambiente, podendo resultar da atividade vulcânica, intempéries das rochas, movimentos de água e processos biológicos (SOUSA et al., 2013). Esse elemento pode ocorrer sob duas formas (orgânica e inorgânica). Porém, a maior parte do mercúrio encontrado no ambiente é proveniente de atividades humanas, como queima de combustíveis fósseis, usinas de geração de eletricidade, mineração de ouro, pesticidas, equipamentos médicos, odontologia, vazamentos industriais (UNEP, 2002). Alguns estudos demonstraram concentrações mais altas de mercúrio na água em regiões próximas à extração de ouro (MAURICE-BOURGOIN et al., 2000; SANTOS et al., 2000; DOLBEC et al., 2001) ou de cidades industriais (ISHIKAWA, 2003), em comparação a outras regiões.

Segundo Kasper et al. (2007), diferentes compostos (orgânicos e inorgânicos) podem ser formados através dos íons mercurioso (Hg^{2+}) e mercúrico (Hg_2^{2+}) no ambiente. No ambiente aquático, compostos inorgânicos podem sofrer processo de biometilação através de microrganismos presentes nos corpos d'água (GUIMARÃES et al., 1998; KASPER et al., 2007). Isso resulta na formação de compostos orgânicos de mercúrio, principalmente o metilmercúrio, o qual sofre bioacumulação e biomagnificação ao longo da cadeia alimentar, particularmente nos animais aquáticos, sendo que os peixes maiores, assim como os mamíferos marinhos apresentam maior acúmulo desse composto (BAMPIDIS et al., 2013). Portanto, a principal via de intoxicação por mercúrio, em seres humanos, é o consumo de peixe (KITAHARA et al., 2000). Em *pet food*, o peixe é amplamente utilizado na sua formulação, tanto como fonte proteica (farinha de peixe), como fonte de gordura (óleo de peixe), portanto, espera-se a presença de mercúrio nesses alimentos.

Tanto a toxicidade quanto a toxicocinética do mercúrio em seres humanos e animais depende da forma pela qual ele se apresenta. No caso do mercúrio elementar, a absorção ocorre, principalmente, pelo trato respiratório (80%) (BAMPIDIS et al., 2013). A absorção intestinal do mercúrio inorgânico pode variar de 10 a 30% e, depois que ela ocorre, esse composto distribui-se pelo organismo principalmente nos rins (60-

90%) (EFSA, 2008) e, em menor escala, no fígado. Em animais, o metilmercúrio é absorvido rapidamente pelo trato gastrointestinal, essa absorção pode ser superior a 80%. Uma vez absorvido, esse composto é amplamente distribuído por todos os tecidos, podendo inclusive atravessar a barreira hematoencefálica, em consequência, o sistema nervoso central acaba sendo o principal tecido a sofrer os efeitos tóxicos do mercúrio em seres humanos e animais.

Acredita-se que a alta afinidade de íons de mercúrio por grupos tiol ou sulfidril de proteínas é o mais importante mecanismo pelo qual esse elemento provoca toxicidade no organismo (ATSDR, 1999). Essa interação com grupos tiol intracelulares provoca estresse oxidativo, peroxidação de lipídios e alterações no metabolismo do grupo heme. Degeneração neuronal, perda de astrócitos e proliferação da glia na porção cortical cerebral podem ser observadas em uma avaliação histológica dos tecidos (NRC, 2005). O mercúrio orgânico é excretado, principalmente através de urina e fezes, via bile, mas uma parcela pode ser excretada através da expiração (NRC, 2005).

Charbonneau et al. (1976) avaliaram o consumo de mercúrio orgânico por gatos, esses autores observaram sinais de alteração neurocomportamental após a ingestão de 0,046mg de Hg/kg de peso corporal/dia. A quantidade de 0,074mg/Kg de peso corporal/dia provocou sinais neurológicos, incluindo convulsões. Com base nesse trabalho, foi estabelecido que para gatos 0,02mg de Hg/kg de peso corporal/dia pode ser considerado seguro, isso corresponde a 0,27mg de Hg/kg de matéria seca de alimento.

2.6.2 Chumbo (Pb)

O chumbo (número atômico: 82; massa atômica: 207,2 u) ocorre naturalmente no ambiente, mas em consequência da sua ampla utilização industrial, como por exemplo, pela indústria de mineração, cerâmica, baterias, soldas de encanamento e ligas, suas concentrações no solo, água e atmosfera tem aumentado (BAMPIDIS et al., 2013). Ainda segundo Bampidis et al. (2013), esse elemento é encontrado sob duas formas: orgânica e inorgânica. A forma inorgânica é predominante no ambiente e também apresenta maior toxicidade.

O chumbo é um metal tóxico que provoca danos ao sistema gastrointestinal, nervoso, renal, cardiovascular e sistema hematopoiético. Seus efeitos no organismo ocorrem devido à sua habilidade em se ligar a proteínas corporais, bem como de sua capacidade em substituir o cálcio no organismo, além disso, esse elemento pode influenciar o status de outros minerais, como o magnésio e o zinco (HOGASEN et al., 2016).

A biodisponibilidade do chumbo depende de vários fatores como forma química, tamanho da partícula, idade e estado nutricional do animal (BARLTROP e MEEK, 1975; HAMIR et al., 1982; HOGASEN et al., 2016). Em estudo conduzido por Polak et al. (1996) com ratos, observou-se que a absorção do chumbo foi maior no período de jejum, quando comparado com período pós-prandial. Esses autores observaram ainda que a suplementação de cálcio reduziu a biodisponibilidade do chumbo.

Uma vez absorvido, o chumbo é transportado pelas hemácias, onde se encontra ligado à hemoglobina, ou a outras proteínas do sangue se distribuindo rapidamente pelo organismo. O chumbo pode atravessar as barreiras hematoencefálica e placentária, e distribui-se de forma desigual pelo organismo, sendo a ordem decrescente de acúmulo: ossos, fígado, rins, baço, pâncreas, sangue e cérebro (STOWE et al., 1973; LLOYD et al., 1975; HOGASEN et al., 2016). Estima-se que a meia-vida biológica do chumbo no tecido ósseo de cães é de 346 dias (BLACK, 1962; HOGASEN et al., 2016). Segundo Lloyd et al. (1975) a principal via de eliminação desse elemento pelo organismo é a biliar, através das fezes.

Sinais neurológicos e gastrointestinais são os mais comuns em casos de intoxicação por chumbo. Segundo Berny et al. (1992), os sinais gastrointestinais ocorrem com maior frequência, quando comparados aos sinais neurológicos, os quais são mais frequentes em cães jovens (< 5 anos). Embora os sinais gastrointestinais sejam comuns, geralmente não são encontradas lesões epiteliais no trato gastrointestinal (ZOOK, 1972). Em cães com desordens neurológicas decorrentes de intoxicação por chumbo, há prevalência de degeneração e necrose de neurônios corticais (ZOOK, 1972). De acordo com Hogasen et al. (2016), as lesões neurológicas são encontradas principalmente nos lóbulos occipital e parietal, mas também podem ocorrer lesões nas células de Purkinje e hipocampo.

O chumbo também pode prejudicar o sistema hematopoiético, isso ocorre principalmente em consequência do prejuízo sobre a síntese do grupo heme, pois a enzima ácido delta-aminolevulínico desidratase (ALA-D), que participa dessa síntese, tem sua atividade inibida pelo chumbo. Portanto, a conversão do ácido delta aminolevulínico (ALA) em porfobilinogênio através da ALA-D é prejudicada, isso resulta em elevadas concentrações de ALA na corrente circulatória e urina (CANFIELD et al., 1984; HUERTER, 2000).

Em relação aos efeitos prejudiciais do chumbo sobre os rins, dentre as principais alterações observadas, destacam-se: nefropatia do túbulo proximal; glomeruloesclerose; fibrose intersticial, proteinúria e, redução da taxa de filtração glomerular (HOGASEN et al., 2016).

2.6.3 Cádmio (Cd)

O cádmio (número atômico: 48; massa atômica: 112,411 u), assim como os demais metais tóxicos, ocorre naturalmente no ambiente, de modo que sua forma inorgânica ocorre em consequência de atividade vulcânica e meteorização das rochas. As concentrações de cádmio no solo, água e no organismo dos seres vivos tem aumentado, em virtude das atividades antropogênicas (fundição de outros metais; queima de combustíveis fósseis; incineração de resíduos; uso na composição de fertilizantes, etc). Tanto as atividades antropogênicas, quanto os processos naturais, contribuem para a contaminação do ambiente e consequentemente para a cadeia alimentar (ALEXANDER, 2009).

A principal fonte de exposição ao cádmio é o consumo de alimentos, apesar da absorção ser baixa (3,0 a 5,0%). Baixo teor de cálcio na dieta, assim como a deficiência de ferro podem contribuir para o aumento da absorção desse elemento (NORDBERG et al., 2007).

O cádmio não tem nenhuma função biológica conhecida no organismo de seres humanos e animais, no entanto, esse elemento pode substituir alguns metais essenciais para várias funções vitais, desse modo, há competição entre eles no organismo. Essa competição ocorre, principalmente, com zinco e cobre e, em menor escala com o ferro (POND et al., 1995; ALEXANDER, 2009; BAMPIDIS et al., 2013). Uma vez absorvido, o cádmio tem a capacidade de atravessar várias membranas

biológicas, desse modo, ele ganha o interior das células e se liga às metalotioneínas, proteínas responsáveis pela entrada de zinco e cobre para o interior das células, por consequência, prejudica-se essa absorção. (BAMPIDIS et al., 2013). O cádmio também pode provocar desmineralização óssea, uma vez que apresenta habilidade em substituir o cálcio (NORDBERG et al., 2007; PASSLACK et al., 2015).

Esse metal pesado se acumula, principalmente, no fígado e rins dos animais, pois tratam-se de tecidos que contém uma grande quantidade de metalotioneínas. Além disso, as células têm baixa habilidade para eliminá-lo, portanto, esse elemento permanece estocado nesses tecidos por um período prolongado (ALEXANDER, 2009). Isso resulta em toxicidade renal, provocando lesão de células tubulares (NORDBERG et al., 2007; PASSLACK et al., 2015).

2.6.4 Arsênio (As)

O arsênio (número atômico: 33; massa atômica: 74,9216 u) ocorre naturalmente no ambiente e está presente no solo, lençóis freáticos e plantas. Assim como os demais metais tóxicos, é encontrado sob duas formas: orgânica e inorgânica. Elas apresentam toxicidade e propriedades físico-químicas diferentes, sendo que os compostos orgânicos apresentam baixa toxicidade, comparados aos inorgânicos. A biodisponibilidade também é influenciada pela forma em que esse metal se apresenta. Alguns estudos com ratos e seres humanos demonstraram que compostos inorgânicos de arsênio apresentaram absorção próxima de 95% após a ingestão (ALEXANDER, 2009). Segundo Bampidis et al. (2013), as principais fontes de ingestão de arsênio na alimentação de seres humanos e animais são peixes e demais organismos marinhos, assim como seus subprodutos. Entretanto, cerca de 99% do arsênio encontrado nos organismos marinhos, especialmente os peixes, estão na forma orgânica, principalmente a arsenobetaina e arsenocolina.

Uma vez absorvido na corrente sanguínea, o arsênio é distribuído através dos eritrócitos, onde encontra-se ligado à hemoglobina. Tanto os compostos orgânicos como os inorgânicos de arsênio se acumulam no organismo de animais em vários tecidos, sendo a ordem decrescente de concentração a seguinte: rins, pulmões, vesícula urinária, pele, sangue e fígado (ALEXANDER, 2009). Nos rins ocorre o maior acúmulo de arsênio no organismo. Isso pode ser explicado pela grande importância

do sistema urinário na eliminação desse elemento. Evidências em cães demonstraram que 40 a 45% do arsênio inorgânico administrado de forma intravenosa foi eliminado pela urina em 100 minutos (TSUKAMOTO et al., 1983). Em seres humanos, intoxicação por arsênio implica, principalmente, no desenvolvimento de doenças cardiovasculares, distúrbios do sistema nervoso central e periférico e desenvolvimento de tumores (FOWLER et al., 2007).

Há preocupação em relação à presença de arsênio em *pet food*, em decorrência de trabalhos (LASKY et al., 2004; NACHMAN et al., 2013) que demonstraram a presença desses compostos em carne de aves de produção e, sabe-se que os subprodutos provenientes da avicultura de corte são muito utilizados como matéria-prima na formulação de alimentos para animais de companhia, como por exemplo a farinha de vísceras de frango. Aves de produção podem ser expostas ao arsênio pelo uso de medicamentos anticoccidianos. Isso implica em excreção de uma fração do medicamento através das fezes, o que pode proporcionar impacto ambiental, visto que a cama do aviário é utilizada como fertilizante, podendo atingir produtos de origem vegetal, solo e corpos d'água (FOWLER et al., 2007). Nachman et al. (2012) observaram presença de arsênio em amostras de farinha de pena, produto utilizado como fertilizante ou na alimentação animal. Todas as amostras analisadas continham arsênio em concentrações que variaram de 0,04 a 4,1mg/kg de produto. Espécies inorgânicas de arsênio representaram 37,0 a 83,0% do arsênio total das amostras.

2.6.5 Alumínio (Al)

O alumínio (número atômico: 13; massa atômica: 26,981539 u) ocorre naturalmente no ambiente e, sabe-se que cerca de 8,0% da crosta terrestre é composta por este mineral, considerado o terceiro mais abundante, atrás apenas do oxigênio e sílica (NRC, 2005). Esse elemento pode estar presente como silicatos, óxidos e hidróxidos, em conjunto com outros elementos como sódio e flúor e complexos de matéria orgânica. O alumínio é absorvido pelo trato gastrointestinal e pelos pulmões, e excretado principalmente pelos rins, na forma de citrato de alumínio (FAWELL, 2010). Sua biodisponibilidade no trato gastrointestinal é baixa (menor que

1,0% em animais), e pode ser influenciada por alguns fatores como: solubilidade, pH do meio e apresentação química (BERTHON, 2002).

Segundo Martisen e Casper (2013), o alumínio é o elemento tóxico encontrado em maior concentração nos alimentos comerciais destinados a cães e gatos. Isso pode estar relacionado com aditivos utilizados em *pet food* que apresentam alumínio na forma de aluminossilicatos hidratados em sua composição, como por exemplo a zeólita, um aditivo muito utilizado para redução de odor e umidade das fezes (FERNANDES et al., 2017).

O alumínio pode implicar em efeitos adversos, principalmente sobre o sistema nervoso, quando ingerido por um período prolongado, por se tratar de um elemento bastante reativo com carbono e oxigênio (YOKEL, 2000; SHAW e TOMLJENOVIC, 2013; EXLEY, 2014). Em um estudo desenvolvido por Katz et al. (1984), dois grupos de beagles (um grupo composto por 6 machos e outro por 6 fêmeas) receberam administração de fosfato sódico de alumínio, nas dosagens de 0,0%; 0,3%; 1,0% e 3,0% por 6 meses. Foram realizados hemogramas, avaliações bioquímicas e exames de urina e, não foram observadas alterações sugestivas de toxicidade. Os autores estabeleceram que a dose de efeito adverso não observado (NOAEL) foi de 70mg/kg PC/dia. Não foi estabelecido pela FDA (2011) para cães e gatos o LMT para alumínio.

2.6.6 Antimônio (Sb)

O antimônio (número atômico: 51; massa atômica: 121,76 u) é potencialmente tóxico para animais, mesmo em pequenas quantidades (FERNANDES et al., 2017). Apesar da maior parte do antimônio absorvido ser eliminado principalmente pela urina, pequena quantidade pode apresentar meia vida biológica longa. Portanto, podem ser encontradas altas concentrações desse elemento nos pulmões, glândula tireóide, fígado e rins. Dentre as principais desordens associadas à exposição crônica ao antimônio, destacam-se alterações reprodutivas, danos aos cromossomos e na oncogênese (NORDERG, 2007).

O antimônio pode estar presente em alimentos comerciais para cães e gatos, e uma das fontes de contaminação, segundo Smichowski (2008), é a própria embalagem do alimento, uma vez que pode ocorrer migração.

2.6.7 Urânio (U)

O urânio (número atômico: 92; massa atômica: 238,02891 u) é um metal branco-níquel encontrado em seu estado natural nas rochas da crosta terrestre. Este elemento é utilizado, principalmente, como combustível para reatores nucleares em usinas para geração de energia elétrica (OLIVEIRA, 2005) e na produção de material radioativo utilizado na agricultura e medicina (PRADO, 2007).

Experimentos com coelhos e ratos demonstraram que esses animais são sensíveis tanto à inalação quanto a ingestão de urânio e esse elemento se acumula principalmente nos ossos, fígado e rins (KEITH et al., 2013). O urânio é considerado um dos elementos tóxicos mais pesados encontrados na natureza, além de ser precursor de radionuclídeos naturais, portanto, emite radiação alfa (GUEVARA, 2002).

O urânio pode contaminar alimentos destinados a animais de companhia e, parece que a principal fonte de contaminação são produtos derivados de rochas fosfatadas, como o fosfato bicálcico, pois ele encontra-se em minérios contendo fosfatos (CASACUBERTA et al., 2009).

2.6.8 Cromo (Cr)

O cromo (número atômico: 24; massa atômica: 51,9961 u) é um mineral com papel importante no metabolismo da glicose em cães e gatos, uma vez que ele parece aumentar a sensibilidade insulínica, efeito que pode auxiliar no controle glicêmico (PITCAIRN e PITCAIRN, 2017). Entretanto, em altas concentrações esse elemento pode se tornar tóxico (ELIAS et al., 2012). Segundo estes autores, a contaminação do alimento pelo cromo pode ser oriunda dos equipamentos de processamento utilizados pela indústria de *pet food*.

2.6.9 Cobre (Cu)

O cobre (número atômico: 29; massa atômica: 63,546 u) é considerado um mineral essencial para cães e gatos e, faz parte da composição de várias metaloenzimas, tais como: monoamina oxidase, lisiloxidase, ferroxidase e citocromo C oxidase (NRC, 2006). Por ser um constituinte da enzima lisiloxidase, o cobre está

envolvido na formação de tecido conjuntivo. Devido ao seu papel na constituição das enzimas ferroxidases, o cobre desempenha papel importante na oxidação do ferro, na sua ligação com a transferrina e na hematopoiese (NRC, 2006). Também atua na pigmentação e queratinização dos pelos, através da enzima tirosinase. Faz parte da constituição da enzima citocromo oxidase, portanto atua na formação de mielina, o que o torna importante para a integridade do sistema nervoso central. Como cofator da enzima superóxido dismutase, o cobre também é importante para os mecanismos de defesa contra os danos oxidativos (TURNLUND, 1994; NRC, 2006).

Apesar da essencialidade do cobre, seu excesso pode ser prejudicial. Em seres humanos, o alto consumo de cobre pode provocar intoxicação crônica, de modo que os sinais clínicos só aparecem quando a capacidade de sequestro hepático protetor de cobre é excedida, levando a hepatite, cirrose hepática, icterícia e, também pode ser observada crise hemolítica semelhante ao que acompanha a toxicidade aguda do cobre (WHO, 1996).

O excesso de ingestão de cobre tem sido relacionado ao maior risco de desenvolvimento de hepatite crônica associada ao cobre em labradores retrievers (HOFFMANN et al., 2009; FIETEN et al., 2012), uma enfermidade caracterizada pela presença de fibrose, inflamação, apoptose e necrose hepatocelular, podendo resultar em cirrose no seu estágio final (HOFFMANN et al., 2006; VAN DEN INGH et al., 2006). Segundo Johnston et al. (2013), presume-se que tem sido observado aumento da prevalência de hepatite crônica associada ao cobre em labradores e, isso pode estar relacionado às alterações no tipo de cobre suplementar utilizado nos alimentos para cães, os quais passaram a ser mais biodisponíveis.

Já foi demonstrada associação positiva entre a concentração de cobre na dieta e a concentração hepática desse elemento (FIETEN et al., 2012). Além disso, é conhecido que o zinco dietético pode influenciar nas concentrações hepáticas desse elemento, de modo que foi demonstrada associação negativa entre o zinco dietético e cobre hepático (FIETEN et al., 2012).

Sabe-se que os labradores retrievers apresentam predisposição ao desenvolvimento dessa afecção, o que poderia estar relacionado a possível alteração no metabolismo hepático do cobre (HOFFMANN et al., 2006).

Ainda não foram estabelecidos limites superiores seguros para as concentrações de cobre em alimentos para cães e gatos, em virtude da escassez de informações na literatura a respeito da toxicidade desse elemento para esses animais.

2.6.10 Vanádio (V)

O Vanádio (número atômico: 23; massa atômica: 50,9415 u) é considerado um potencial poluente ambiental, visto que os óleos combustíveis residuais apresentam altas concentrações desse elemento, dessa forma, o mesmo é emitido nas áreas urbanas através da combustão desses óleos. Dentre os elementos traços presentes nos produtos do petróleo, o vanádio é considerado o principal (ALOWAY, 1990). Estima-se que cerca de 110.000 toneladas de vanádio por ano seja produzida a partir da queima de combustíveis fósseis, sendo lançadas na atmosfera (ANKE, 2004). No que se refere às aplicações industriais do vanádio, esse elemento é utilizado para endurecimento do aço, como ingrediente de pigmentação de fotografia e como ingrediente de alguns inseticidas (MANHAN, 1993). Os metais mais usados pela indústria que contém vanádio são a carnotita, roscoedita, patronita e vanadinita.

A principal fonte de exposição ao vanádio, assim como a maioria dos metais tóxicos, é a alimentação. Nos alimentos, o vanádio é encontrado principalmente na forma de vanadil. Na alimentação animal, a principal fonte de contaminação por vanádio são os fosfatos utilizados em *premix*, que podem conter até 6000mg/kg de vanádio (NRC, 2005).

O vanádio é absorvido principalmente pelo trato gastrointestinal e, a absorção pode variar de 1 a 10% da quantidade ingerida (NRC, 2005). A maior parte desse elemento é convertida em vanadato e depois em vanadil, no estômago de animais monogástricos. Parte do vanadato pode não ser convertido em vanadil, caso a quantidade consumida seja muito grande e, nessa forma, a absorção é de 3 a 5 vezes maior (Nielsen, 1993). Quando consumido em altas quantidades, o vanádio pode implicar em perda de peso em animais adultos, diarreia, redução da fertilidade e até mesmo em óbito (NRC, 2005). Sua excreção ocorre principalmente pelos rins e, em menor proporção, pelas fezes. Para cães e gatos, a recomendação de LMT é de 1mg/kg de matéria seca de alimento (FDA, 2011).

2.6.11 Zinco (Zn)

O zinco (número atômico: 30; massa atômica: 65,38 u) é considerado um mineral essencial para cães e gatos, seu número atômico é o 30, tendo 30 prótons e 30 elétrons em sua composição química e massa atômica de 65,4 unidades (NRC, 2006). Segundo Prakash et al. (2015), o zinco é o segundo metal mais abundante nos organismos vivos, tem muitas funções fisiológicas, dentre elas, é importante co-fator ou constituinte de mais de 300 metaloenzimas. Além disso, é usado como catalizador em muitas reações e estabilizando muitas estruturas proteicas.

Animais em crescimento, assim como animais adultos em reprodução possuem necessidade maior desse elemento (NRC, 2006). A presença desse mineral na alimentação é essencial para o crescimento, homeostase celular, sobrevivência celular e inúmeras funções bioquímicas, incluindo síntese de proteínas, expressão gênica e metabolismo de ácidos nucleicos (TRUONG-TRAN et al., 2001). Além de funções primárias, relacionadas ao *turnover* celular, também tem papel importante na cicatrização de feridas, acuidade do paladar, funções do sistema imunológico, produção de prostaglandinas, mineralização óssea, função tireoidiana, função cognitiva, crescimento fetal e produção de esperma. Ajuda na regulação do pH do fluido corporal, promove a formação de colágeno para produzir cabelos, pele e unhas (BHOWMIK et al. 2010). Por fim, o zinco está envolvido em respostas imunes, estresse oxidativo, apoptose e envelhecimento (PLUM et al., 2010).

Porém, por ser um metal pesado, o zinco em excesso pode ser acumulado no pâncreas, fígado e rim, levando à intoxicação (BISCHOFF et al., 2017). Na literatura, a dose letal média para intoxicação por zinco em cães é de 100mg/kg do sal de zinco (LEE et al., 2016). Sua toxicidade pode ser influenciada por vários fatores, incluindo a forma química, o estado nutricional e outros fatores do paciente (BISCHOFF et al., 2017).

O mecanismo de ação da toxicose pelo excesso de zinco não está completamente compreendido. Sabe-se que os sais de zinco causam irritação direta da mucosa do trato gastrointestinal (BLUNDELL e ADAM, 2013). A hemólise intravascular é provavelmente devido ao dano direto à membrana dos eritrócitos, uma vez que é observada formação de corpúsculo de Heinz apenas em aproximadamente um terço dos casos (HAMMOND et al., 2004; GURNEE e DROBATZ, 2007).

Comprometimento da absorção de cobre pela intoxicação por zinco tem sido associada a anemias em doenças crônicas (DROBATZ et al., 2009). Os sinais clínicos comuns em casos agudos incluem anemia hemolítica, febre, anorexia, salivação, vômito e diarreia (BISCHOFF et al., 2017). Além disso, indivíduos gravemente afetados podem apresentar também icterícia, pigmentúria, insuficiência renal aguda e pancreatite (BENNETT et al., 1997; GURNEE e DROBATZ et al., 2007).

Tendo-se em vista os potenciais efeitos prejudiciais dos metais tóxicos na saúde de cães e gatos, é de suma importância a avaliação da presença desses elementos em alimentos comerciais, bem como em ingredientes empregados na sua formulação, para o controle da contaminação desses produtos, com o objetivo de garantir um produto de qualidade e seguro para o consumo desses animais. Esse cuidado e medida contribuem para a prevenção de doenças relacionadas à ingestão desses elementos.

2.6.12 Ferro (Fe)

O ferro (número atômico: 26; massa atômica: 55,845 u) é considerado o micromineral mais prevalente no organismo de cães e gatos (NRC, 2006). De todo o ferro presente no organismo, cerca de 67% encontra-se na hemoglobina, 27% em macrófagos e, 4% na mioglobina. O restante encontra-se na composição de enzimas. Esse mineral essencial desempenha papel na síntese de hemoglobina e mioglobina, nas quais atua como transportador e aglutinante de oxigênio (NRC, 2006). Também desempenha importantes funções como envolvimento na produção de neurotransmissores e mielina, formação de colágeno, papel imunomodulatório, metabolismo energético e síntese de DNA e RNA (MCCOWN et al., 2011). Também atua em uma série de sistemas enzimáticos, inclusive aqueles que participam do metabolismo energético (FAIRBANKS, 1994; NRC, 2006).

O ferro é encontrado nos alimentos sob duas formas: inorgânica e orgânica (principalmente na forma de heme). Esse elemento em excesso se torna prejudicial, de modo que segundo Mccown et al. (2011), a ingestão acidental de suplementos multivitamínicos contendo ferro pode ocasionar toxicidade grave. No que se refere aos cães, a ingestão de 20 a 60mg/kg de peso corporal de ferro elementar pode resultar

em sinais clínicos leves; ingestão acima de 60mg/kg PC pode provocar sinais clínicos mais graves e a dosagem de 100 a 200mg/kg PC pode ser letal (ALBRETSE, 2006; MCCOWN et al., 2011). Segundo Plumb (2008), os sinais clínicos da intoxicação aguda por ferro podem ser divididos em três fases: primeiramente pode surgir irritação gastrointestinal, na segunda fase pode ocorrer colapso vascular periférico. Na terceira fase pode-se observar edema pulmonar, colapso vasomotor, insuficiência hepática fulminante, assim como cianose, coma e morte.

2.6.13 Selênio (Se)

O selênio (número atômico: 34; massa atômica: 78,96 u) é considerado um mineral essencial para cães e gatos, e encontra-se distribuído nos tecidos corporais, em quantidades muito pequenas em cada órgão. No organismo, esse mineral encontra-se em maiores concentrações no tecido muscular (LEVANDER, 1986; NRC, 2006). Esse elemento desempenha papel importante na composição da glutathione peroxidase, enzima com atividade antioxidante, importante na proteção do organismo contra radicais livres (NRC, 2006). Além disso, é conhecido que o Se é importante para a formação e degradação da triiodotironina (LARSEN e BERRY, 1995), a forma ativa do hormônio da tireóide. O Se também está relacionado com mecanismos de defesa imunológica (BOWERS, 1997; NRC, 2006) e, há evidências em humanos de que o Se possui atividade protetora contra o câncer (CLARK et al., 1998; RAYMAN, 2005).

Apesar de ser um mineral essencial, em altas concentrações pode apresentar toxicidade, como já relatado em cães (RHIAN & MOXON., 1943; WEDEKIND et al., 2002; YU et al., 2006). Já foi demonstrado que dietas contendo 5mg de Selênio/kg na forma de selenometionina provocaram diminuição da ingestão de alimentos e redução do crescimento de pelos em cães adultos, após período de 24 semanas (WEDEKIND et al., 2002; YU et al., 2006). Em um estudo conduzido por Rhian e Moxon (1943) foi demonstrado que a inclusão de 20mg de selênio/Kg de dieta, na forma de selenito de sódio, resultou em redução da ingestão de alimento, perda severa de peso e retardo no crescimento, anormalidades nos pelos e sistema nervoso, ascite e necrose hepática em cães em crescimento.

2.6.14 Níquel (Ni)

O níquel (número atômico: 28; massa atômica: 58,6934 u) é um metal que ocorre de forma natural na crosta terrestre. É amplamente utilizado pela indústria, em virtude de suas propriedades químicas e físicas. A alta produção e consumo de produtos que contém níquel resultam em contaminação ambiental por esse elemento e aumento de suas concentrações no ambiente (DENKHAUS & SALNIKOW, 2002).

Em humanos, sabe-se que o acúmulo de níquel no organismo pode resultar em fibrose pulmonar, nefropatia e doença cardiovascular, no entanto a maior preocupação em relação à exposição ao níquel é quanto ao seu potencial carcinogênico. Já foi demonstrado através de estudos epidemiológicos que trabalhadores da indústria de mineração, fundição e refinaria de níquel apresentam maior incidência de câncer nasal e pulmonar (ANDERSON, 1992; EASTON et al., 1992; ROBERTS et al., 1992), assim como é conhecido que compostos de níquel induziram tumores em vários modelos animais (SUNDERMAN, 1984; COOGAN et al., 1989; DENKHAUS & SALNIKOW, 2002). Em cães e gatos, não há trabalhos que tenham avaliado a toxicidade do níquel.

2.6.15 Cobalto (Co)

O cobalto (número atômico: 27; massa atômica: 58,933195 u), sob a forma de cobalamina, é um elemento essencial para as espécies mamíferas. Se o cobalto estiver presente na dieta, pode ocorrer síntese de cobalamina através da microbiota intestinal de cães e gatos, na porção caudal ao sítio de absorção. No entanto, a suplementação de Co para este fim não é recomendada (NRC, 2006). Segundo Lison (2007), o despejo de lodo de esgoto e a utilização de fertilizantes fosfatados são os principais responsáveis pelas concentrações de cobalto encontradas no ambiente. É conhecido que em seres humanos o cobalto pode provocar asma e câncer de pulmão, através da exposição aérea (LISON, 2007). Em cães e gatos, não há trabalhos que tenham avaliado a toxicidade do cobalto, entretanto, já foi demonstrado em outras espécies, como ratos e suínos, que a intoxicação por cobalto pode resultar em degeneração testicular, cardiomiopatia, diarreia e vômito (VAN VLEET et al., 1977; ANDERSON et al., 1992).

2.6.16 Boro (B)

O boro (número atômico: 5; massa atômica: 10,811 u) é um elemento não metálico que se encontra na crosta terrestre em concentrações médias de 10ppm, com concentrações maiores em rochas sedimentares (SILVA, 2001). Segundo Silva (2001), a quernita é o mineral mais importante do boro, considerada a matéria-prima mais importante para a indústria do ácido bórico. O boro é utilizado pelas indústrias de cerâmica e esmaltes cerâmicos, indústria de sabões e detergentes e na produção de compostos agrícolas (MOORE, 2012). As concentrações de boro nos corpos d'água têm aumentado, em virtude de sua utilização, principalmente de perborato sódico na produção de detergentes, uma vez que os boratos não sofrem modificações de suas concentrações no tratamento de águas residuais (MERCK, 1990).

Em ratos, já foi demonstrado que a ingestão de 29mg de boro/Kg PC/dia resultou em hepatomegalia, nefromegalia e diminuição do ganho de peso durante a gestação, aumento da incidência de má formação fetal; e a ingestão de 58mg de boro/Kg PC/dia resultou em aumento da mortalidade pré-natal (HEINDEL et al., 1992). Em cães e gatos, não há trabalhos que tenham avaliado a toxicidade do boro.

2.6.17 Bário (Ba)

O bário (número atômico: 56; massa atômica: 137,327 u) é um metal presente na crosta terrestre considerado altamente tóxico. Esse metal é utilizado na fabricação de vários produtos, tais como: rodenticidas, inseticidas, agentes depilatórios (OSKARSSON & REEVES, 2007). Nos dias atuais o sulfato de bário é utilizado na prática clínica como agente de contraste para exames de imagens do trato gastrointestinal (BHOELAN et al., 2014). O primeiro relato de intoxicação por bário em seres humanos ocorreu em 1795, no qual observou-se paralisia muscular (MATHER, 1795). Desde 1888 é conhecido que este elemento aumenta a contração vascular e a pressão arterial (BHOELAN et al., 2014).

Além disso, é conhecido que o Ba tem como alvo os canais retificadores internos de potássio, de modo que no meio extracelular ele se liga fortemente à região do filtro de seletividade de potássio, resultando no bloqueio do poro condutor do

potássio, isso resulta em hipocalemia, a qual ocasiona arritmias cardíacas e fraqueza muscular, afetando todos os diferentes tecidos musculares em concentrações micromolares. No início da intoxicação aguda por bário, observou-se sintomas gastrointestinais. Hipocalemia resultante de deslocamento intracelular de potássio e o efeito direto do bário nos canais de potássio explicaram as arritmias cardíacas e fraqueza muscular observadas em situação de envenenamento por bário (BHOELAN et al., 2014). Em cães e gatos não há trabalhos que tenham avaliado sua toxicidade.

2.6.18 Berílio (Be)

O berílio (número atômico: 4; massa atômica: 9,012182 u) é um metal que ocorre naturalmente em pequenas quantidades no ambiente. Esse metal é amplamente utilizado pela indústria, como aquela que fabrica equipamentos de raio-x, além de ser utilizado em reatores nucleares e aplicações aeroespaciais e, também, possui aplicabilidade na fabricação de caixas de som (STRUUP, 2010). No tocante à toxicidade do Be, em um estudo conduzido por Strupp (2011), foi avaliada a toxicidade aguda por via oral do berílio em ratos e, este autor observou que a dose letal para 50% dos animais de teste (LD50) foi de 2000mg/kg PC/dia.

O Berílio e seus compostos são classificados pela *International Agency for Research on Cancer* como agentes cancerígenos Classe 1 ("agente reconhecidamente cancerígeno para humanos") (STRUUP, 2011). Não há estudos que tenham avaliado a toxicidade deste elemento em cães e gatos.

2.6.19 Estanho (Sn)

O estanho (número atômico: 50; massa atômica: 118,71 u) é um metal que ocorre naturalmente no ambiente, através de minérios como a cassiterita (SnO_2) ou polimetálicos (ANJOS, 1997). Pode ser encontrado na forma orgânica e inorgânica. Tanto os compostos inorgânicos como os compostos orgânicos apresentam utilidade industrial, de maneira que os compostos inorgânicos são utilizados pela indústria de tintas, de pasta dental, perfume, sabão e aditivos de alimentos (ANJOS, 1997; WHO, 2005; AZEVEDO, 2009). Em relação aos compostos orgânicos, os mesmos são utilizados como estabilizadores de PVC, pesticidas, conservantes de madeira,

algodão e papel; assim como pela indústria de vidros (HOCH, 2001; GODOI et al., 2003; SARPA, 2003). No que se refere ao estanho metálico, este é utilizado no revestimento de latas para alimentos, bebidas e aerossóis (AZEVEDO, 2009). O estanho adentra o organismo por inalação e, principalmente, pela ingestão. A exposição por ingestão de compostos organoestânicos pode ocorrer de duas formas: através de alimentos contaminados ou por meio de utensílios domésticos contaminados (HOCH, 2001). No que diz respeito ao consumo de alimentos, a carne e peixes contaminados; assim como alimentos enlatados são considerados as principais fontes de compostos orgânicos de estanho (PERRING & DVORZAK, 2002; OSTRAKHOVITCH & CHERIAN, 2007).

Em seres humanos e animais de laboratório, já foi demonstrado que os compostos inorgânicos de estanho apresentam baixa absorção quando comparados aos orgânicos (OSTRAKHOVITCH & CHERIAN, 2007; AZEVEDO, 2009). Há trabalhos com seres humanos e animais de laboratório que demonstraram que o consumo excessivo de compostos inorgânicos de estanho pode resultar em dores estomacais, náusea, vômito, diarreia, cólica abdominal, febre, dor de cabeça, anemia, hepatotoxicidade, nefrotoxicidade, irritação nos olhos e na pele (GOYER & CLARKSON, 2001; SUEHIRO et al., 2006).

Quanto à toxicidade dos compostos orgânicos de estanho, aqueles de cadeia curta, como o trimetilestanho e o trietilestanho, são os mais tóxicos (AZEVEDO, 2009). Estudos com animais de laboratório demonstraram que o estanho orgânico pode provocar neurotoxicidade. Em seres humanos, há evidências que o dialquilestanho resulta em efeitos tóxicos ao fígado, ductos biliares (mudanças distróficas), podendo resultar em esteatose hepática, congestão e inflamação (TSALEV & ZAPRIANOV, 1985). Em cães e gatos, não há nenhum estudo que avaliou a toxicidade de compostos de estanho.

3. OBJETIVOS

3.1 OBJETIVO GERAL

- Avaliar as concentrações de metais tóxicos (Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Sn, U, V e Zn) em ingredientes utilizados na formulação de *pet food*, e em alimentos comerciais disponíveis no mercado.

3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comparar os resultados encontrados nos alimentos comerciais com os valores de níveis máximos tolerados recomendados pela FDA (2011) para cães e gatos, assim como com os limites legais apresentados na FEDIAF (2019);
- Investigar se há diferença entre as concentrações encontradas em alimentos secos e úmidos e, entre as diferentes categorias (econômico, *premium* e *super premium*);
- Analisar se há diferença entre as concentrações encontradas em alimentos para cães e para gatos;
- Investigar se há diferença entre as fontes proteicas, e fontes de carboidratos, quanto às concentrações dos elementos.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 AQUISIÇÃO DAS AMOSTRAS

Foram adquiridas, em casas agropecuárias/*pet shops* localizados em cidades do interior do Estado de São Paulo, tais como São Carlos, Araraquara e Indaiatuba; 100 alimentos comerciais para cães e gatos (de 29 fabricantes diferentes), desse total, 75 eram alimentos secos extrusados (61 para cães e 14 para gatos) e 25 eram alimentos úmidos (14 para gatos e 11 para cães), todos completos e balanceados. As amostras de ingredientes foram fornecidas pela empresa Premier Pet®, de modo que cada alíquota do mesmo ingrediente foi adquirida de fornecedores diferentes. Os ingredientes analisados nesse estudo estão listados na tabela 2.

Tabela 2- Ingredientes analisados e número de amostras por ingrediente.

Ingredientes	Nº de amostras
Farinhas de origem animal	36
Farinha de vísceras de frango	16
Farinha de carne	8
Farinha de peixe	6
Farinha de pena	6
Ingredientes de origem vegetal	40
Quirera de arroz	6
Milho integral moído	10
Farelo de trigo	6
Farelo de soja	6
Farelo de glúten de milho 21	6
Farelo de glúten de milho 60	6
Suplemento mineral	6
Total	82

4.2 CLASSIFICAÇÃO DOS ALIMENTOS SECOS POR CATEGORIAS

Os alimentos secos foram classificados nas seguintes categorias: econômico, *premium* e *super premium*. Essa classificação foi realizada com base no que foi declarado pelo fabricante nos rótulos dos produtos comerciais.

4.3 ANÁLISES DE MATÉRIA SECA

As amostras de cada alimento seco foram moídas em moinho de facas tipo Willye (Marconi MA340, Piracicaba, Brasil) (Figura 1). As amostras dos alimentos úmidos foram previamente desidratadas em estufa de circulação forçada a 55°C (Marconi MA035/2, Piracicaba, Brasil) (Figura 2), durante 72 horas, de acordo com a AOAC (2006), para posterior moagem em moinho analítico [Ika, A11 Basic Mill, Staufen, Alemanha) (Figura 1)]. Em relação aos ingredientes, as amostras de quirera de arroz, milho, farelo de soja e farelo de trigo tiveram que passar por moagem em moinho de micro-facas (Marconi MA048, Piracicaba, Brasil).

Após a moagem, foi retirada uma sub-amostra para análise de matéria seca (MS) em estufa a 105°C [Fanen 315, São Paulo, Brasil (Figura 2)], segundo metodologia descrita na AOAC (1995). Estas análises foram realizadas em duplicata no Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal e Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, situado no campus Fernando Costa na cidade de Pirassununga-SP. Foi realizada repetição quando o coeficiente de variação entre as amostras foi maior do que 5,0%.

Figura 1- A. Moinho de facas tipo Willye (Marconi MA340). B. Moinho de micro facas (Marconi MA048). C. Moinho analítico (Ika, A11 Basic Mill).

Fonte: arquivo pessoal.

Figura 2- A. Estufa de ventilação forçada (Marconi MA035/2). B. Estufa 105°C (Fanen 315).

Fonte: arquivo pessoal.

4.4 PREPARO DAS AMOSTRAS PARA DETERMINAÇÃO DE METAIS TÓXICOS

O preparo das amostras foi realizado por via úmida, conforme metodologia descrita por Costa et al. (2013). Para todas as amostras, foi pesado 0,5 grama e colocado em tubos de polipropileno, posteriormente foi adicionado 1,5mL de HNO₃ P.A. e 2,0mL de H₂O₂ em cada tubo. Passados 30 minutos, o volume foi completado com 4,5mL de água ultrapura. Em seguida, os tubos foram colocados em forno micro-ondas [Multiwave GO, Anton Paar, Austria (Figura 3)] e foram submetidos ao aquecimento em duas fases: na primeira, as amostras foram aquecidas por 20 minutos até atingirem 180°C em potência 400W; na segunda fase, as amostras foram aquecidas por 180°C na potência de 800W por 10 minutos e, na sequência, foi realizado o resfriamento por 10 minutos.

Após o procedimento de digestão, as amostras foram transferidas para tubos de polietileno e os volumes foram completados com água ultrapura até atingirem 25mL. O procedimento foi realizado em replicata.

O preparo das amostras por digestão em micro-ondas foi realizado no Laboratório de Análises da empresa Biorigin Brasil (Lençóis Paulista, SP, Brasil).

Figura 3- Micro-ondas (Multiwave GO, Anton Paar, Austria).

Fonte: <https://www.anton-paar.com/br-pt/produtos/detalhes/sistema-de-digestao-assistida-por-micro-ondas-multiwave-go>.

4.5 DETERMINAÇÃO DOS ELEMENTOS EM ICP-OES

A determinação dos elementos foi realizada por espectrometria de emissão ótica com plasma indutivamente acoplado [ICP-OES (ICPE-9000, Shimadzu do Brasil, Barueri, Brasil) Figura 4], no Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal e Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, localizado no Campus Fernando Costa em Pirassununga-SP.

O ICP-OES é uma técnica considerada sensível e, em virtude das condições de elevadas temperaturas do processo, essa técnica sofre pouca interferência química (SKOOG et al., 2007). As amostras foram introduzidas no aparelho através de uma solução (GINÉ-ROSIAS, 1998; ROBINSON et al., 2004). A solução foi então transportada através de um aerossol (formado no nebulizador a partir do gás de nebulização) para o plasma (RAINONE, 2011). O plasma é definido como um gás parcialmente ionizado, normalmente constituído de argônio, no qual existem elétrons livres e íons positivos (GINÉ-ROSIAS, 1998). Esse plasma é gerado no interior de um compartimento denominado tocha. Quando a amostra atinge a tocha, sob condições de temperaturas elevadas que podem chegar a 10.000K, ocorre transferência de energia através de colisões entre elétrons e íons, essa energia é suficiente para permitir que ocorra os processos de excitação e emissão de radiação eletromagnética pelos átomos e íons gerados no plasma de argônio. Essa radiação é separada (por meio de policromadores) em comprimentos de onda, os quais são utilizados para identificar e quantificar os elementos de interesse que estão presentes na amostra (RAINONE, 2011). Para a análise quantitativa, mediu-se a intensidade da radiação eletromagnética emitida no comprimento de onda do elemento de interesse, de modo que quanto mais átomos de elemento a ser quantificado tiver, maior será a intensidade de radiação neste comprimento de onda (TORRES, 2009).

As condições operacionais estão apresentadas na Tabela 3. Para os elementos As, Hg, Sb e Se foi utilizado gerador de hidretos (hydride ICP, Elemental Scientific, Omaha, EUA) acoplado ao ICP-OES (Figura 5). Para assegurar a veracidade dos resultados, entre as amostras foi utilizada água Milli-Q para limpeza do sistema e, a cada 5 análises de amostras determinadas pelo aparelho de ICP-OES, foi realizada limpeza do sistema com ácido nítrico a 1,0%.

Tabela 3- Condições operacionais da espectrometria de emissão ótica do equipamento utilizado na realização das análises de metais tóxicos do estudo.

Parâmetro	Características
Potência de radiofrequência (W)	1200
Taxa de fluxo de plasma vaporizado (L/min)	10
Taxa de fluxo de gás auxiliar (L/min)	0,6
Tempo de exposição (s)	30
Taxa de fluxo de gás nebulizador (L/min)	0,7
Tipo de nebulizador	Concêntrico
Câmara de spray	Ciclone
Número de réplicas	3

A preparação das curvas de calibração foi realizada através de soluções multielementares de 100mg/L padronizadas para os elementos Al, Ba, Co, Cr, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Sn, V e Zn e, padrões monoelementares de 100mg/L de U. Curvas de calibração foram preparadas para intervalo de 0,1 a 5mg/L para Cu e Zn, e de 0,001 a 2mg/L para os elementos Al, As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Hg, Ni, Pb, Se, Sb, Sn, U e V.

Figura 4- Aparelho de ICP-OES (ICPE-9000, Shimadzu do Brasil) do Laboratório Multiusuário de Nutrição Animal e Bromatologia (FMVZ-USP).

Fonte: Arquivo pessoal.

Figura 5- Gerador de hidretos (hydrideICP, Elemental Scientific) acoplado ao aparelho ICP-OES.

Fonte: Arquivo pessoal.

5. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Para as comparações entre: alimentos secos e úmidos, alimentos para cães e gatos, as categorias de alimentos secos, fontes de carboidrato e fontes de proteína; primeiramente foi realizado o teste de Shapiro-Wilk para avaliar a normalidade dos resíduos e teste F para verificar a homogeneidade das variâncias. Para os dados que não apresentaram distribuição normal, foi realizado o modelo misto linear generalizado com função de ligação logarítmica para estabilização dos resíduos. Após a transformação dos dados, foi realizada ANOVA e, quando houve diferença entre os grupos, foi realizado o teste Tukey. As análises descritas acima foram realizadas no *software Statistical Analysis System* (SAS) versão 9.4 (SAS Institute, Carolina do Norte, EUA) e foram considerados significativos valores de p inferiores a 0,05.

Os resultados encontrados nos alimentos comerciais foram comparados com os NMTs estabelecidos pela FDA (2011) em mg/kg de matéria seca, de forma descritiva. Para os elementos cujos valores não foram indicados pela FDA (2011) (boro, bário e estanho) foram utilizados os valores de NMT do mamífero mais sensível à cada um dos elementos, de acordo com o *Mineral Tolerance of Animals* (NRC, 2005) e, para o cobre, ferro e zinco utilizou-se os valores de limite legal da legislação da União Européia, de acordo com a regulamentação 1831/2003/EC, expressos na FEDIAF (2019), também em mg/kg de matéria seca.

Para aqueles elementos que apresentaram concentrações acima dos NMTs da FDA (2011) ou limite legal expresso na FEDIAF (2019), com o objetivo de melhor investigar se os valores observados nos alimentos realmente são preocupantes, foi calculado o quanto os animais consumiriam desses elementos por kg de peso corporal (PC) por dia, caso eles se alimentassem com esses alimentos analisados. Dessa forma, foi realizada uma simulação com cães de diferentes portes (5kg, 15kg, 30kg e 50kg) e, no caso dos gatos, foram feitas simulações com variação de peso corporal entre 3 e 5kg. Calculou-se a necessidade energética de manutenção para cães através da equação: $95\text{kcal} \times \text{PC}^{0,75}$, e para gatos, através da equação: $100\text{kcal} \times \text{PC}^{0,67}$. Para calcular a quantidade de alimento diária a ser fornecida, foram utilizados os valores de energia metabolizável (EM) declarados nos rótulos dos alimentos

analisados e, para os alimentos que não continham essa informação declarada no rótulo, a EM foi estimada através do método descrito pelo NRC (2006).

Foram realizadas simulações com animais de diferentes portes, pois as quantidades diárias consumidas dos metais foram calculadas por kg de PC, não por kg de peso metabólico. Dessa forma, a quantidade consumida por kg de PC se difere, de modo que os animais mais leves consomem maiores quantidades, quando comparados aos animais de porte maior.

6. RESULTADOS

6.1 CONCENTRAÇÕES DE METAIS TÓXICOS NOS ALIMENTOS COMERCIAIS

Através da metodologia de espectrometria de emissão óptica por plasma indutivamente acoplado (ICP-OES), foi possível determinar 19 elementos. Os resultados das concentrações dos elementos em cada um dos alimentos comerciais para cães e gatos analisados encontram-se nos Apêndices A e B, respectivamente.

Nos alimentos para cães, os elementos antimônio, bário, cromo, estanho, ferro, mercúrio e zinco foram detectados em todas as amostras (Tabela 4).

Tabela 4- Concentrações de metais tóxicos (mg/kg MS) detectados nos 72 alimentos para cães avaliados e comparação com o nível máximo tolerado estabelecido pela FDA (2011) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019).

Elementos	NMT	LL	Média ± DP	mínimo - máximo	CV	% acima NMT(n)	% amostras com detecção (n)
Alumínio (Al)	200a	-	269,17 ± 393,74	0 - 2406	1,46	31,9(23)	98,6 (71)
Antimônio (Sb)	40b	-	2,10 ± 0,48	1,56 - 4,90	0,23	0(0)	100 (72)
Arsênio (As)	12,5b	-	-	-	-	0(0)	0 (0)
Bário (Ba)	100a	-	27,12 ± 21,17	0,38 - 96,41	0,78	0(0)	100 (72)
Berílio (Be)	5b	-	-	-	-	0(0)	0 (0)
Boro (B)	150a	-	-	-	-	0(0)	0 (0)
Cádmio (Cd)	10b	-	2,92 ± 1,77	0 - 6,86	0,61	0(0)	88,9 (64)
Chumbo (Pb)	10b	-	12,55 ± 4,30	0 - 21,82	0,34	80,55 (58)	97,22 (70)
Cobalto (Co)	2,5b	-	1,65 ± 2,36	0 - 14,11	1,43	6,94 (5)	91,67 (66)
Cobre (Cu)	-	28	23,05 ± 13,67	0- 103,65	0,59	20,83 (15)	97,22 (70)
Cromo (Cr)	10b	-	4,73 ± 1,20	0,90 - 7,74	0,25	0(0)	100 (72)
Estanho (Sn)	100a	-	9,88 ± 1,58	6,63 - 14,62	0,16	0(0)	100 (72)
Ferro (Fe)	-	1420	338,64 ± 213,40	18,56 - 1367,32	0,63	0(0)	100 (72)
Mercúrio (Hg)	0,27b	-	2,51 ± 1,31	1,11 - 7,72	0,52	100 (72)	100 (72)
Níquel (Ni)	50b	-	1,67 ± 0,80	0 - 3,48	0,48	0 (0)	93,05 (67)
Selênio (Se)	-	0,568	-	-	-	0 (0)	0 (0)
Urânio (U)	10b	-	76,82 ± 28,09	0 - 122,05	0,37	95,83 (69)	95,83 (69)
Vanádio (V)	1b	-	1,35 ± 0,69	0 - 3,94	0,51	75 (54)	93,05 (67)
Zinco (Zn)	-	227	182,12 ± 76,21	167,50 - 322,56	0,42	26,39 (19)	100 (72)

Legenda: NMT= nível máximo tolerado; LL= limite legal da FEDIAF (2019); DP=desvio-padrão; CV=coeficiente de variação; ^a=valor de referência do mamífero mais sensível de acordo com o *National Research Council* (2005); ^b=valor de referência de acordo com a *United States Food and Drug Administration* (2011).

Nos alimentos para gatos, os metais cromo, mercúrio, antimônio, ferro, estanho e zinco foram detectados em todas as amostras analisadas (Tabela 5). Tanto nos alimentos para cães, como naqueles destinados a gatos, os elementos arsênio, boro,

berílio e selênio estavam abaixo do limite de detecção de 0,05mg/kg em todas as amostras (Tabelas 4 e 5).

Tabela 5- Concentrações de metais tóxicos (mg/kg MS) detectados nos 28 alimentos para gatos avaliados e comparação com o nível máximo tolerado da FDA (2011) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019).

Elementos	NMT	LL	Média ± DP	mínimo - máximo	CV	% acima NMT(n)	% amostras com detecção (n)
Alumínio (Al)	200	-	135,51 ± 143,95	0 - 582,10	1,06	10,71 (3)	96,43 (27)
Antimônio (Sb)	40	-	2,38 ± 1,21	1,68 - 6,08	0,51	0 (0)	100 (28)
Arsênio (As)	12,5	-	-	-	-	0 (0)	0 (0)
Bário (Ba)	100	-	10,80 ± 10,68	0 - 30,15	0,99	0 (0)	96,43 (27)
Berílio (Be)	5	-	-	-	-	0 (0)	0 (0)
Boro (B)	150	-	-	-	-	0 (0)	0 (0)
Cádmio (Cd)	10	-	2,18 ± 1,39	0 - 6,34	0,64	0 (0)	89,29 (25)
Chumbo (Pb)	10	-	9,13 ± 5,42	0 - 25,75	0,59	32,14 (9)	92,86 (26)
Cobalto (Co)	2,5	-	0,66 ± 0,69	0 - 2,49	0,96	0 (0)	82,14 (23)
Cobre (Cu)	-	28	26,32 ± 19,50	0 - 87,44	0,74	28,57 (8)	89,29 (25)
Cromo (Cr)	10	-	3,90 ± 1,75	0,87 - 10,22	0,45	3,57 (1)	100 (28)
Estanho (Sn)	100	-	9,56 ± 2,18	3,96 - 13,98	0,23	0 (0)	100 (28)
Ferro (Fe)	-	1420	383,05 ± 344,87	21,39 - 1871,16	0,9	3,57 (1)	100 (28)
Mercúrio (Hg)	0,27	-	3,47 ± 4,31	1,20 - 18,87	1,24	100 (28)	100 (28)
Níquel (Ni)	50	-	1,13 ± 1,33	0 - 4,94	1,18	0 (0)	78,57 (22)
Selênio (Se)	-	0,568	-	-	-	0(0)	0(0)
Urânio (U)	10	-	49,83 ± 29,18	0 - 111,94	0,59	85,71 (24)	96,43 (27)
Vanádio (V)	1	-	0,81 ± 0,77	0 - 2,87	0,95	28,57 (8)	78,57 (22)
Zinco (Zn)	-	227	173,54 ± 78,00	21,15 - 349,35	0,45	14,29 (4)	100 (28)

Legenda: NMT= nível máximo tolerado; LL= limite legal expresso na FEDIAF (2019); DP=desvio-padrão; CV=coeficiente de variação; ^a=valor de referência do mamífero mais sensível de acordo com o *National Research Council* (2005); ^b=valor de referência de acordo com a *United States Food and Drug Administration* (2011).

Em relação às comparações dos resultados com os NMTs propostos pela FDA (2011), nos alimentos para cães, observou-se valores acima do NMT para os seguintes elementos: alumínio, chumbo, cobalto, mercúrio, urânio e vanádio. Também foram encontrados valores acima do limite legal expresso na FEDIAF (2019) para zinco e cobre (Tabela 4). Nos alimentos para gatos, foram observados valores acima do NMT para os metais: alumínio, cromo, mercúrio, chumbo, urânio e vanádio. Além disso, um alimento apresentou concentração de ferro acima do limite legal expresso na FEDIAF (2019), outros quatro excederam o limite legal para o zinco, e oito alimentos excederam o limite legal para o cobre (Tabela 5).

O número de vezes que os alimentos para cães e gatos excederam o NMT ou limite legal expresso na FEDIAF (2019) (para cobre e zinco) estão apresentados nas Figuras 6 e 7, respectivamente. Nas Figuras 8 e 9 estão representados, em gráficos *box plot*, a quantidade (em mg) que os alimentos analisados fornecem por kg de peso corporal, de cada elemento que apresentou valores superiores ao NMT e/ou limite legal.

Figura 6- Número de vezes acima do nível máximo tolerado (NMT) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019) para metais tóxicos que tiveram valores superiores aos referidos limites, em alimentos comerciais para cães.

Figura 7- Número de vezes acima do nível máximo tolerado (NMT) e/ou limite legal expresso na FEDIAF (2019) para metais tóxicos que tiveram valores superiores aos referidos limites, em alimentos comerciais para gatos.

Figura 8- Estimativa de ingestão dos elementos que excederam o NMT e/ou limite legal por Kg de peso corporal (PC) de cães de diferentes portes.

Figura 9- Estimativa de ingestão dos elementos que excederam o NMT e/ou limite legal por Kg de peso corporal (PC) de gatos de diferentes portes.

Na comparação entre alimentos secos e úmidos, observou-se maiores concentrações de Al ($P<0,0001$); Ba ($P<0,0001$); Cd ($P=0,0008$); Co ($P<0,0001$); Cr ($P=0,0043$); Cu ($P<0,0001$); Hg ($P<0,0001$); Ni ($P=0,0014$); Pb ($P<0,0001$); U ($P<0,0001$); V ($P=0,0011$) e Zn ($P<0,0001$) nos alimentos secos, enquanto o Fe foi identificado em maiores concentrações nos alimentos úmidos ($P<0,0001$) (Tabela 6). Os resultados da mediana, intervalo interquartis e valores mínimos e máximos das concentrações de metais tóxicos nos alimentos secos e úmidos estão ilustrados nas Figuras 10 e 11.

Tabela 6- Comparação entre as concentrações de metais tóxicos (mg/kg) detectados em alimentos secos e úmidos em mg/kg de matéria seca.

Elementos	Alimentos secos	EPM	Alimentos úmidos	EPM	<i>P</i>
Alumínio (Al)	272,95 ^a	1,9077	108,14 ^b	2,0798	<0,0001
Antimônio (Sb)	2,3034 ^a	0,1752	1,7988 ^a	0,2682	0,1429
Bário (Ba)	26,1969 ^a	0,591	11,6018 ^b	0,6812	<0,0001
Cádmio (Cd)	3,0493 ^a	0,2016	1,7146 ^b	0,2619	0,0008
Chumbo (Pb)	13,3327 ^a	0,4216	6,3767 ^b	0,505	<0,0001
Cobalto (Co)	1,6788 ^a	0,1496	0,4394 ^b	0,1326	<0,0001
Cobre (Cu)	25,833 ^a	0,5869	18,3642 ^b	0,8571	<0,0001
Cromo (Cr)	4,8554 ^a	0,2544	3,4159 ^b	0,3696	0,0043
Estanho (Sn)	9,9174 ^a	0,3636	9,4197 ^a	0,6138	0,4927
Ferro (Fe)	323,04 ^b	2,0754	435,19 ^a	4,1723	<0,0001
Mercúrio (Hg)	3,2469 ^a	0,2081	1,3552 ^b	0,2328	<0,0001
Níquel (Ni)	1,758 ^a	0,1531	0,8002 ^b	0,1789	0,0014
Urânio (U)	80,9642 ^a	1,039	34,1501 ^b	1,1688	<0,0001
Vanádio (V)	1,423 ^a	0,1377	0,5407 ^b	0,1471	0,0011
Zinco (Zn)	184,9 ^a	1,5701	164,15 ^b	2,5624	<0,0001

Legenda: EPM: erro padrão da média; *P*=probabilidade de significância; ^{a-b} Médias seguidas de letras desiguais nas linhas se diferem ($P<0,05$).

Figura 10- Concentrações de metais tóxicos em alimentos secos e úmidos.

Figura 11- Concentrações de metais tóxicos em alimentos secos e úmidos.

Quanto às comparações entre os alimentos destinados às diferentes espécies, observou-se maiores concentrações de Al ($P=0,0033$), Ba ($P=0,0116$), Fe ($P<0,0001$) e Zn ($P<0,0001$) nos alimentos úmidos para cães, comparados aos alimentos úmidos para gatos, os quais apresentaram maiores concentrações de urânio ($P=0,0331$) (Tabela 7). Os alimentos secos para cães apresentaram maiores concentrações de Al ($P<0,0001$), Ba ($P<0,0001$), Co ($P=0,0104$) e U ($P<0,0001$), quando comparados aos alimentos secos para gatos, os quais apresentaram maiores concentrações de Cu ($P<0,0001$), Fe ($P<0,0001$), Hg ($P<0,0001$) e Zn ($P=0,0027$) (Tabela 8).

Tabela 7- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre alimentos úmidos para cães e gatos.

Elemento	Alimentos úmidos para cães	EPM	Alimentos úmidos para gatos	EPM	P
Alumínio (Al)	115,84 ^a	3,2452	102,08 ^b	2,7003	0,0033
Antimônio (Sb)	1,7858 ^a	0,4029	1,8091 ^a	0,3595	0,9659
Bário (Ba)	13,718 ^a	1,1167	9,9391 ^b	0,8426	0,0116
Cádmio (Cd)	1,7299 ^a	0,3966	1,7026 ^a	0,3487	0,9591
Chumbo (Pb)	5,9801 ^a	0,7373	6,6883 ^a	0,6912	0,4936
Cobalto (Co)	0,3862 ^a	0,1874	0,4813 ^a	0,1854	0,7255
Cobre (Cu)	17,7631 ^a	1,2708	18,8366 ^a	1,1599	0,5403
Cromo (Cr)	3,4801 ^a	0,5625	3,3654 ^a	0,4903	0,8789
Estanho (Sn)	9,7042 ^a	0,9393	9,1961 ^a	0,8105	0,685
Ferro (Fe)	460,81 ^a	6,4724	415,07 ^b	5,445	<0,0001
Mercúrio (Hg)	1,3323 ^a	0,348	1,3732 ^a	0,3132	0,9314
Níquel (Ni)	0,6435 ^a	0,2419	0,9233 ^a	0,2568	0,4479
Urânio (U)	31,1574 ^b	1,683	36,5015 ^a	1,6147	0,0331
Vanádio (V)	0,5088 ^a	0,2151	0,5658 ^a	0,201	0,8493
Zinco (Zn)	179,62 ^a	4,0409	152 ^b	3,295	<0,0001

Legenda: EPM: erro padrão da média; P=probabilidade de significância; ^{a-b} Médias seguidas de letras desiguais nas linhas se diferem (P<0,05).

Tabela 8- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre alimentos secos para cães e gatos.

Elemento	Alimentos secos para cães	EPM	Alimentos secos para gatos	EPM	P
Alumínio (Al)	296,82 ^a	2,2059	168,94 ^b	3,4738	<0,0001
Antimônio (Sb)	2,1563 ^a	0,188	2,9443 ^a	0,4586	0,0852
Bário (Ba)	29,5342 ^a	0,6958	11,6557 ^b	0,9124	<0,0001
Cádmio (Cd)	3,1375 ^a	0,2268	2,6646 ^a	0,4363	0,3643
Chumbo (Pb)	13,7379 ^a	0,4746	11,5672 ^b	0,909	0,0488
Cobalto (Co)	1,8725 ^a	0,1752	0,835 ^b	0,2442	0,0104
Cobre (Cu)	24,0047 ^b	0,6273	33,7996 ^a	1,5538	<0,0001
Cromo (Cr)	4,951 ^a	0,2849	4,4387 ^a	0,5631	0,4354
Estanho (Sn)	9,914 ^a	0,4031	9,9319 ^a	0,8423	0,9847
Ferro (Fe)	316,61 ^b	2,2782	351,02 ^a	5,0073	<0,0001
Mercúrio (Hg)	2,7167 ^b	0,211	5,5569 ^a	0,63	<0,0001
Níquel (Ni)	1,8538 ^a	0,1743	1,3406 ^a	0,3094	0,1975
Urânio (U)	85,052 ^a	1,1808	63,1533 ^b	2,1239	<0,0001
Vanádio (V)	1,5062 ^a	0,1571	1,0605 ^a	0,2752	0,2137
Zinco (Zn)	182,57 ^b	1,73	195,08 ^a	3,7329	0,0027

Legenda: EPM: erro padrão da média; P=probabilidade de significância; ^{a-b} Médias seguidas de letras diferentes nas linhas se diferem (P<0,05).

Em relação às comparações entre as diferentes categorias de alimentos para cães, a categoria econômica apresentou maiores concentrações de Ba ($P<0,0001$), Fe ($P<0,0001$) e U ($P<0,0001$); enquanto que a categoria *super premium* apresentou maiores concentrações de Al ($P<0,0001$), Cu ($P<0,0001$) e Zn ($P<0,0001$) (Tabela 9). Quanto à essa mesma comparação nos alimentos para gatos, a categoria *premium* apresentou maiores teores de Cu ($P=0,0082$) e U ($P=0,0084$), as concentrações de Fe ($P<0,0001$) e Zn ($P=0,0004$) foram maiores na categoria *super premium*. Em relação aos teores de mercúrio, a categoria *premium* apresentou concentrações superiores quando comparada à categoria *super premium* ($P=0,0359$), e a categoria econômica não diferiu das demais (Tabela 10).

Tabela 9- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre as diferentes categorias de alimentos secos para cães.

Elemento	Econômica	EPM	<i>Premium</i>	EPM	<i>Super premium</i>	EPM	<i>P</i>
Alumínio (Al)	282,79 ^b	3,9637	276,62 ^b	3,468	332,67 ^a	4,0784	<0,0001
Antimônio (Sb)	2,0298 ^a	0,3358	2,3084 ^a	0,3168	2,0952 ^a	0,3237	0,8135
Bário (Ba)	45,7217 ^a	1,5938	23,0179 ^b	1,0004	22,4592 ^b	1,0597	<0,0001
Boro (B)	0,000000153 ^a	0,000092	0,000000153 ^a	0,000082	0,000000153 ^a	0,000087	1
Cádmio (Cd)	3,5462 ^a	0,4567	3,1519 ^a	0,3702	2,9306 ^a	0,3828	0,5783
Chumbo (Pb)	14,8503 ^a	0,9083	13,5389 ^a	0,7672	12,9657 ^a	0,8052	0,2868
Cobalto (Co)	2,1111 ^a	0,3425	1,7649 ^a	0,277	1,7816 ^a	0,2985	0,6803
Cobre (Cu)	17,0288 ^c	0,9726	23,9083 ^b	1,0196	30,4325 ^a	1,2335	<0,0001
Cromo (Cr)	5,2126 ^a	0,5381	4,901 ^a	0,4616	4,7731 ^a	0,4885	0,8242
Estanho (Sn)	9,738 ^a	0,7355	9,676 ^a	0,6486	10,3461 ^a	0,7192	0,7553
Ferro (Fe)	337,6 ^a	4,3308	296,17 ^c	3,5884	321,24 ^b	4,0077	<0,0001
Mercúrio (Hg)	2,4559 ^a	0,3694	2,9791 ^a	0,3599	2,6497 ^a	0,364	0,5902
Níquel (Ni)	2,0304 ^a	0,3359	1,8084 ^a	0,2804	1,7472 ^a	0,2956	0,799
Urânio (U)	97,1009 ^a	2,3226	83,8141 ^b	1,909	75,6316 ^c	1,9446	<0,0001
Vanádio (V)	1,6406 ^a	0,3019	1,5607 ^a	0,2605	1,3226 ^a	0,2572	0,7039
Zinco (Zn)	134,67 ^c	2,7353	182,12 ^b	2,8139	226,18 ^a	3,3629	<0,0001

Legenda: EPM: erro padrão da média; *P*=probabilidade de significância; ^{a-b} Médias seguidas de letras desiguais nas linhas se diferem ($P<0,05$).

Tabela 10- Comparação das concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados entre as diferentes categorias comerciais de alimentos secos para gatos.

Elemento	Econômica	EPM	Premium	EPM	Super premium	EPM	P
Alumínio (Al)	180,54 ^a	6,7182	204,63 ^a	6,3973	123,97 ^b	4,9794	<0,0001
Antimônio (Sb)	2,9313 ^a	0,856	3,8247 ^a	0,8746	2,0742 ^a	0,6441	0,319
Bário (Ba)	9,2112 ^a	1,5175	13,6626 ^a	1,653	11,6045 ^a	1,5234	0,1997
Boro (B)	0,0000004158 ^a	0,000322	0,0000004158 ^a	0,000288	0,0000004158 ^a	0,000288	1
Cádmio (Cd)	2,006 ^a	0,7082	3,4741 ^a	0,8336	2,3821 ^a	0,6902	0,4003
Chumbo (Pb)	9,0741 ^a	1,5062	15,1531 ^a	1,7409	9,9758 ^a	1,4125	0,0412
Cobalto (Co)	0,4962 ^a	0,3522	1,2259 ^a	0,4952	0,7151 ^a	0,3782	0,5
Cobre (Cu)	30,76 ^b	2,7731	41,896 ^a	2,8947	28,134 ^b	2,3721	0,0082
Cromo (Cr)	3,6575 ^a	0,9562	5,5653 ^a	1,055	3,9369 ^a	0,8873	0,3614
Estanho (Sn)	8,5373 ^a	1,4609	10,8585 ^a	1,4737	10,1211 ^a	1,4228	0,5585
Ferro (Fe)	274,59 ^c	8,2854	354,18 ^b	8,4164	409,02 ^a	9,0446	<0,0001
Mercurio (Hg)	6,8257 ^{ab}	1,3063	7,1737 ^a	1,1978	2,9249 ^b	0,7648	0,0359
Níquel (Ni)	0,9347 ^a	0,4834	2,0178 ^a	0,6353	0,988 ^a	0,4445	0,318
Urânio (U)	57,7126 ^b	3,7984	74,2822 ^a	3,8544	56,3769 ^b	3,3579	0,0084
Vanádio (V)	0,7046 ^a	0,4197	1,5588 ^a	0,5584	0,8469 ^a	0,4116	0,4369
Zinco (Zn)	169,58 ^b	6,5111	187,1 ^b	6,1172	223,47 ^a	6,6853	0,0004

Legenda: EPM: erro padrão da média; *P*=probabilidade de significância; ^{a-b} Médias seguidas de letras desiguais nas linhas se diferem (*P*<0,05).

6.2 CONCENTRAÇÕES DE METAIS TÓXICOS NOS INGREDIENTES

Em relação às comparações entre ingredientes utilizados como fonte de carboidrato, o farelo de trigo apresentou maiores concentrações de alumínio, bário, cromo, cobre, ferro, chumbo, estanho e urânio, comparado ao milho e à quirera de arroz ($P < 0,05$). O milho apresentou maiores concentrações de níquel ($P = 0,0007$). Não houve diferença entre as fontes de carboidrato para os demais elementos analisados ($P > 0,05$) (Tabela 11).

Tabela 11- Concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados nas fontes de carboidrato avaliadas.

Elemento	Farelo de Trigo	EPM	Milho	EPM	Quirera de arroz	EPM	P
Alumínio (Al)	61,1269 ^a	3,1918	33,5225 ^b	1,8309	4,8543 ^c	0,8995	<0,0001
Bário (Ba)	21,8277 ^a	1,9073	0,3219 ^b	0,1794	0,3189 ^b	0,2305	<0,0001
Chumbo (Pb)	13,5606 ^a	1,5034	5,8264 ^b	0,7633	3,5085 ^b	0,7647	<0,0001
Cobalto (Co)	0,6809 ^a	0,3369	4,158E-07 ^a	0,000204	4,158E-07 ^a	0,000263	0,9993
Cobre (Cu)	44,1383 ^a	2,7123	5,2534 ^b	0,7248	3,9125 ^b	0,8075	<0,0001
Cromo (Cr)	2,5956 ^a	0,6577	0,4819 ^b	0,2314	-	-	0,0084
Estanho (Sn)	7,2633 ^a	1,1002	3,4455 ^b	0,587	1,9679 ^b	0,5727	0,001
Ferro (Fe)	156,06 ^a	5,1	40,9944 ^b	2,0247	4,2234 ^c	0,839	<0,0001
Mercúrio (Hg)	2,00 ^a	0,5774	-	-	3,2166 ^a	0,8021	0,2443
Níquel (Ni)	1,7282 ^b	0,5367	5,3118 ^a	0,7288	0,1796 ^b	0,173	0,0007
Urânio (U)	116,38 ^a	4,4042	35,6404 ^b	1,8879	19,5955 ^c	1,8072	<0,0001
Vanádio (V)	1,6922 ^a	0,5311	0,2646 ^b	0,1627	-	-	0,0177
Zinco (Zn)	109,94 ^a	4,2806	20,9326 ^b	1,4468	14,6412 ^c	1,5621	<0,0001

Legenda: EPM: erro padrão da média; P =probabilidade de significância; ^{a-b} Médias seguidas de letras desiguais nas linhas se diferem ($P < 0,05$).

Quanto às comparações entre as fontes de proteína, houve diferença entre os ingredientes para a maior parte dos elementos analisados ($P < 0,05$), com exceção do cobalto ($P > 0,05$) (Tabela 12). Na Figura 12 está ilustrado em gráficos *boxplot* o número de vezes que cada tipo de ingrediente excedeu o limite legal da FEDIAF (2019) para o cobre e zinco, e o NMT para os demais elementos encontrados em concentrações acima desses limites nos alimentos comerciais.

Os resultados das concentrações de metais tóxicos nos suplementos minerais analisados estão expressos na Tabela 13. A amostra de fosfato bicálcico analisada foi a que apresentou o maior número de elementos acima do limite de detecção, de forma

que apenas o selênio e o arsênio estiveram em concentrações abaixo do limite de detecção (Tabela 13).

Tabela 12- Concentrações (mg/kg) de metais tóxicos detectados nas fontes de proteína avaliadas.

Elementos	F. Carne	EPM	FGM 21	EPM	FGM 60	EPM	F. Peixe	EPM	F. Pena	EPM	F. Soja	EPM	F. Visceras	EPM	P
Al	221,85 ^a	5,2660	62,0251 ^d	3,2152	95,4710 ^c	3,9890	73,6629 ^d	3,5039	62,8442 ^d	3,2364	148,43 ^b	4,9737	49,1379 ^e	1,7525	<0,0001
As	0,0000 ^a	<0,0001	0,2392 ^a	0,1997	0,0000 ^a	0,0002	0,000 ^a	0,0002	0,000 ^a	0,0002	0,000 ^a	0,0002	0,000 ^a	0,0001	1,000
B	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20,213	1,8354	-	-	-
Ba	136,59 ^a	4,1321	0,2957 ^d	0,2220	0,3342 ^d	0,2360	3,7413 ^c	0,7897	4,4303 ^c	0,8593	9,9167 ^b	1,2856	11,8609 ^b	0,8610	<0,0001
Cd	6,0219 ^a	0,8676	-	-	-	-	3,9481 ^{ab}	0,8112	-	-	-	-	2,6884 ^b	0,4099	0,0027
Co	3,4913 ^a	0,6606	0,0807 ^{ab}	0,1159	0,0063 ^{ab}	0,0325	1,8144 ^{ab}	0,5499	0,3442 ^b	0,2395	1,1074 ^{ab}	0,4296	1,1094 ^b	0,2633	0,0006
Cr	10,0963 ^a	1,1234	0,7348 ^d	0,3499	1,0127 ^d	0,4108	5,8104 ^{ab}	0,9841	1,7835 ^{cd}	0,5452	2,4648 ^{bcd}	0,6409	3,7841 ^{bc}	0,4863	<,0001
Cu	154,77 ^a	4,3984	31,3172 ^{de}	2,2846	23,7500 ^e	1,9896	105,29 ^b	4,1892	34,2754 ^d	2,3901	36,3426 ^d	2,4611	77,5853 ^c	2,2021	<,0001
Fe	257,08 ^b	5,6688	115,86 ^e	4,3943	136,41 ^d	4,7682	213,07 ^c	5,9592	522,37 ^a	9,3307	191,20 ^c	5,6451	199,02 ^c	3,5269	<,0001
Hg	6,195 ^a	0,880	1,632 ^b	5,222	-	-	-	-	0,284 ^b	0,217	0,350 ^b	0,242	5,045 ^a	0,5615	<0,0001
Ni	4,1005 ^a	0,7159	0,2195 ^b	0,1913	0,0553 ^{ab}	0,0960	2,3281 ^{ab}	0,6229	0,5534 ^b	0,3037	2,0148 ^{ab}	0,5795	1,4225 ^b	0,2982	0,0001
Pb	44,2657 ^a	2,3523	3,5215 ^f	0,7661	5,1178 ^{ef}	0,9236	26,4557 ^b	2,0998	9,6875 ^{de}	1,2707	14,2407 ^{cd}	1,5406	19,0577 ^c	1,0914	<,0001
Sb	0,3732 ^b	0,216	10,76 ^a	1,6406	-	-	-	-	8,72 ^a	2,0884	-	-	0,1691 ^b	0,1679	<0,0001
Sn	22,8075 ^a	1,6885	6,4901 ^d	1,0400	6,5571 ^d	1,0454	15,1641 ^b	1,5898	8,7319 ^{cd}	1,2064	8,3889 ^{cd}	1,1824	12,7898 ^{bc}	0,8941	<,0001
U	201,68 ^a	5,0209	36,3262 ^e	2,4606	31,9928 ^e	2,3091	126,17 ^b	4,5856	50,154 ^d	2,8912	110,28 ^b	4,2871	94,6199 ^c	2,4318	<,0001
V	5,1708 ^a	0,8040	0,4283 ^c	0,2672	0,2473 ^c	0,2030	3,5753 ^{ab}	0,7719	0,7391 ^{bc}	0,351	1,8167 ^{abc}	0,5503	2,1038 ^{bc}	0,3626	<,0001
Zn	63,1873 ^c	2,8104	35,0896 ^d	2,4183	32,971 ^d	2,3442	276,31 ^a	6,7861	104,71 ^b	4,1775	54,3981 ^c	3,011	98,848 ^b	2,4856	<,0001

Legenda: Al= alumínio; As= arsênio; B= boro; Ba= bário; Cd= cádmio; Co=cobalto; Cr= cromo, Cu= cobre; Fe= ferro; Hg = mercúrio; Ni= níquel; Pb= chumbo; Sb= antimônio; Sn= estanho; U= urânio; V= vanádio; Zn= zinco; F. Carne= farinha de carne; FGM 21= farelo de glúten de milho 21; FGM 60= farelo de glúten de milho 60; F. Peixe= farinha de peixe; F. Pena= farinha de pena; F. Soja= farelo de soja; F. Visceras= farinha de vísceras de frango; EPM: erro padrão da média; P= probabilidade de significância; ^{a-b} Médias seguidas de letras desiguais nas linhas se diferem (P<0,05).

Figura 12- Número de vezes acima do NMT e/ou limite legal de metais tóxicos nos ingredientes de origem animal e vegetal.

Tabela 13- Concentrações (mg/kg) de metais tóxicos nos suplementos minerais analisados.

Elementos	Cloreto de sódio 1	Cloreto de sódio 2	Cloreto de potássio 1	Cloreto de potássio 2	Carbonato de cálcio 1	Fosfato bicálcico 1
Alumínio (Al)	11,85	<0,05	<0,05	<0,05	316,39	499,54
Antimônio (Sb)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,64
Arsênio (As)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Bário (Ba)	0,27	0,27	0,19	0,46	1,46	1,16
Berílio (Be)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	6,37
Boro (B)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Cádmio (Cd)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	5,83	10,12
Chumbo (Pb)	3,85	2,62	0,72	3,49	66,29	92,51
Cobalto (Co)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	4,44	3,05
Cobre (Cu)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	16,62	505,19
Cromo (Cr)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	13,41	24,21
Estanho (Sn)	0,50	0,86	0,12	0,06	25,71	29,65
Ferro (Fe)	6,55	2,89	7,55	2,20	140,62	10792,48
Mercurio (Hg)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	6,08	4,63
Níquel (Ni)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	8,44	45,84
Selênio (Se)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
Urânio (U)	13,95	12,60	10,31	15,81	281,24	673,24
Vanádio (V)	0,26	0,02	<0,05	0,07	7,83	29,246
Zinco (Zn)	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,51	100,23

7. DISCUSSÃO

Os principais achados desse estudo em relação à contaminação por metais tóxicos nos alimentos comerciais para cães e gatos foram as altas concentrações observadas dos elementos: alumínio, chumbo, cobre, mercúrio, urânio e vanádio. Em relação ao alumínio, nos alimentos para cães e gatos 31,9% e 10,71% apresentaram teores desse elemento acima do NMT, respectivamente. Porém, mais de 75% dos alimentos analisados excederam o NMT menos de 2,5 vezes (Figuras 6 e 7). Em um estudo conduzido por Costa et al. (2013), no qual foram analisados alimentos comerciais para cães e gatos disponíveis no mercado brasileiro, também foram observadas concentrações de alumínio, determinadas por ICP-OES, acima do NMT em vários alimentos. Elias (2015) também observou altas concentrações de alumínio (determinadas por ativação neutrônica instrumental) em alimentos comerciais para cães, que variaram de 58 a 11900mg/kg, o que corresponde a 59,5 vezes o NMT. No estudo de Paulelli et al. (2018), as concentrações de alumínio em alimentos comerciais para cães e gatos variaram de 12 a 519mg/kg.

Vale ressaltar que há poucas informações na literatura a respeito da toxicidade do alumínio em cães e gatos, portanto não é conhecido o teor máximo no alimento que esses animais toleram. Deste modo, o NMT utilizado no presente estudo como parâmetro foi extrapolado da espécie mais sensível a esse elemento, porém é possível que cães e gatos sejam mais tolerantes à ingestão de alumínio, consequentemente, menor proporção dos alimentos analisados estariam excedendo um possível NMT de alumínio para essas espécies.

É conhecido que a absorção de alumínio no trato gastrointestinal é baixa (menor que 1,0% em animais), e pode ser influenciada por alguns fatores como: solubilidade, pH do meio e apresentação química (BERTHON, 2002). Além disso, já foi demonstrado que a presença de ácido cítrico na dieta resulta em aumento da absorção de alumínio em seres humanos (SLANINA et al., 1986), assim como em aumento da retenção de alumínio nos tecidos em animais de laboratório (ECELBARGER et al., 1991; GREGER e POWERS, 1992; ECELBARGER et al., 1994; OWEN et al., 1994). Essa inclusão de ácido cítrico poderia aumentar a absorção do alumínio presente no alimento pelo trato gastrointestinal de cães e gatos e,

especialmente naqueles alimentos com altas concentrações desse elemento, aumentaria o risco de efeitos adversos.

Em um estudo conduzido por Katz et al. (1984), dois grupos de beagles (um grupo composto por 6 machos e outro por 6 fêmeas) receberam administração de fosfato sódico de alumínio, nas dosagens de 0,0%; 0,3%; 1,0% e 3,0% por 6 meses. Foram realizados hemogramas, bioquímicos e exame de urina, onde não foram observadas alterações sugestivas de toxicidade. Os autores concluíram que a dosagem de efeito adverso não observado (NOAEL) foi de 70mg/kg PC/dia. Pettersen et al. (1990) avaliaram os efeitos do consumo de altas doses de alumínio (0 - 1143mg/kg PC para machos; 0 - 1251mg/kg PC para fêmeas) em cães da raça beagle. A toxicidade se limitou a diminuição aguda e transitória do consumo de alimento e diminuição concomitante do peso corporal, observadas apenas nos machos. Não foram observadas alterações na bioquímica sérica, variáveis obtidas nos hemogramas e na urinálise. No presente estudo, foi calculado o quanto os animais consumiriam de alumínio por kg de PC por dia, caso eles se alimentassem com esses produtos analisados e, observou-se que nenhum dos alimentos analisados fornece a quantidade de 70mg/kg PC/dia (Figuras 8 e 9). Isso sugere que as concentrações de alumínio observadas neste estudo não implicam em riscos de intoxicação. Além disso, existe a recomendação de fornecimento de hidróxido de alumínio como quelante de fósforo para pacientes com doença renal crônica na dosagem de até 90mg/kg/dia, considerada segura (KIM et al., 2018b). Com base nos dados do presente estudo, nenhum alimento forneceu mais de 45mg/kg PC/dia.

Os alimentos para cães tiveram concentrações de alumínio superiores aos alimentos para gatos, resultados que corroboram o estudo de Paulelli et al. (2018). Em relação às concentrações de alumínio nos ingredientes analisados, entre as fontes de carboidrato, observou-se maiores concentrações no farelo de trigo (Tabela 11), no entanto nenhuma das amostras desse ingrediente excedeu o NMT para esse elemento (Figura 12). A farinha de carne foi a fonte de proteína com maiores concentrações de alumínio (Tabela 12), de maneira que 25% das amostras excederam mais de duas vezes o NMT.

Quanto às concentrações de mercúrio, observou-se valores muito acima do NMT em todos os alimentos analisados, tanto para cães quanto para gatos, de modo que a maior parte dos alimentos apresentaram concentrações de mercúrio de 5 a 10

vezes superiores ao NMT (Figuras 6 e 7). Há outros estudos que avaliaram os teores de mercúrio em alimentos comerciais para cães e gatos (LUIPPOLD e GUSTIN, 2016; DAVIES et al., 2017; FERNANDES et al., 2017; KIM et al., 2018; PAULELLI et al., 2018). Em nenhum deles foram observadas concentrações tão altas como no presente estudo, em contrapartida em um outro estudo do nosso grupo de pesquisa, Pedrinelli et al. (2019) encontraram altos teores de mercúrio em alimentos caseiros preparados para cães e gatos, de maneira que 70,7% e 76,0% dos alimentos para cães e gatos excederam o NMT, respectivamente. No estudo realizado por Luippold et al. (2016), os autores avaliaram a presença de mercúrio em 101 alimentos comerciais (secos e úmidos) para cães e gatos, sendo que todos continham peixe como principal ingrediente, conforme declarado nos respectivos rótulos. Os valores encontrados variaram de 0,001 a 0,604mg/kg, com concentração média de 0,043mg/kg, portanto houveram alimentos que superaram o NMT (0,27mg/kg), porém em menos de três vezes no máximo.

O NMT recomendado pela FDA foi estabelecido baseado no estudo de Charbonneau et al. (1976) com gatos, no qual foram testadas diferentes doses orais de metilmercúrio, a forma mais tóxica do mercúrio e, concluiu-se que a dose de 0,02mg/kg de PC/dia não provocou efeitos adversos depois de um período de dois anos. Com isso, a FDA (2011) estimou que para um cão ou gato consumir essa quantidade diária, o alimento deve apresentar teor de mercúrio de 0,27mg/kg de matéria seca (NMT de mercúrio). Assim como para o alumínio, foi estimada a quantidade de mercúrio por kg de PC que cães e gatos consumiriam através dos alimentos analisados neste estudo e comparada com a dose de 0,02mg/kg de PC/dia, para o melhor entendimento a respeito dos riscos de intoxicação em longo prazo que esses alimentos podem propiciar. A maior parte dos alimentos, tanto para cães quanto para gatos, fornece quantidade de mercúrio acima de 0,02mg/kg PC/dia (Figuras 8 e 9). Dentre os efeitos adversos da alta ingestão de mercúrio, Charbonneau et al. (1976) observaram ataxia, perda de equilíbrio e incoordenação motora no grupo de gatos que consumiu 0,176mg de mercúrio/kgPC/dia após 14 semanas, e esses mesmos sinais foram observados após 40 semanas no grupo que consumiu 0,074mg de mercúrio/kgPC/dia. Os achados histopatológicos demonstraram lesões em cérebro, córtex e cerebelo, e as lesões corticais cerebrais consistiam em degeneração

neuronal, proliferação microglial e manguito perivascular. No cerebelo, foi observada perda de células granulares.

Salienta-se que o NMT de mercúrio foi determinado com base no consumo de metilmercúrio, a forma mais tóxica do mercúrio, encontrada principalmente nos organismos aquáticos. No presente estudo, a metodologia empregada não permitiu quantificar as diferentes formas de mercúrio presentes nas amostras, apenas a concentração de mercúrio total, entretanto presume-se que o metilmercúrio não seja a forma predominante nos alimentos analisados, visto que esse composto organometálico é encontrado em peixes e demais organismos aquáticos, nos quais cerca de 75% do mercúrio está na forma de metilmercúrio (FILHO e CAMPOS, 1999; KASPER et al., 2007) e, na maior parte dos alimentos analisados, não foram utilizados subprodutos de peixes ou demais organismos aquáticos na sua formulação, de acordo com o que foi declarado nos rótulos. Além disso, nenhuma das seis amostras de farinha de peixe analisadas apresentaram concentrações de mercúrio acima do limite de detecção. Isso sugere que a forma química de mercúrio nos alimentos analisados não é o metilmercúrio, ou seja, pode ser uma forma menos tóxica, que nas concentrações encontradas neste estudo, talvez não implique em efeitos adversos à saúde de animais de companhia. No entanto, esse aspecto precisa ser melhor investigado.

Em nosso estudo, foram observadas maiores concentrações de mercúrio nos alimentos secos, comparados aos úmidos (Tabela 6), resultado inverso ao observado por Paulelli et al. (2018) e Luippold e Gustin (2006). No que se refere aos alimentos secos, aqueles destinados a gatos apresentaram teores de mercúrio superiores aos encontrados nos alimentos para cães (Tabela 8). Isso poderia estar atribuído à maior inclusão de proteína para atender a maior necessidade proteica da espécie felina, posto que as fontes de proteína de origem animal, mais especificamente as farinhas de carne e vísceras de frango, foram os ingredientes com maior contaminação de mercúrio (Tabela 12) e, são amplamente utilizadas na formulação de alimentos secos para cães e gatos.

Conforme já mencionado anteriormente, nenhuma amostra de farinha de peixe teve concentrações de mercúrio acima do limite de detecção, apesar do peixe ser considerado a principal via de intoxicação por mercúrio em seres humanos (KITAHAARA et al., 2000). No estudo conduzido por Kim et al. (2018), ao determinarem

metais tóxicos em alimentos comerciais secos para cães, os autores encontraram maiores concentrações de mercúrio nos alimentos, cuja fonte primária de proteína era à base de subprodutos de peixe, comparados a aqueles que tinham, como principal fonte proteica, subprodutos derivados de carne vermelha e de aves.

Uma variedade de fatores pode influenciar a contaminação de mercúrio em peixes, como: espécie, local de origem, se é originário da piscicultura ou de ambiente natural, alimentação, tempo de vida e tamanho (KASPER et al. 2007). É conhecido que as farinhas de peixe podem ser provindas de duas fontes: subprodutos da pesca, e pescado capturado exclusivamente para produção desse ingrediente (DOREA, 2006). Portanto, todos esses fatores podem influenciar a contaminação de mercúrio nas farinhas de peixe empregadas em *pet food*. Alguns estudos demonstraram que peixes de piscicultura apresentaram menor contaminação de mercúrio que peixes provenientes de ambientes naturais (DASGUPTA et al., 2004; DEWAILLY et al., 2007).

No Brasil, o salmão (nome científico: *Salmo salar*) é bastante empregado nas farinhas utilizadas pela indústria *pet food* e, segundo Ginsberg e Toal (2008), no que se refere ao risco de intoxicação por mercúrio em seres humanos, o salmão não é preocupante. Ademais, no estudo de Olmedo et al. (2013), no qual se avaliou metais tóxicos em várias espécies de peixes, baixas concentrações de mercúrio foram encontradas em amostras de salmão, das quais a mediana e intervalo entre 5° e 95° percentis foram de 0 (0 - 0,004). Isso poderia explicar as concentrações de mercúrio abaixo do limite de detecção nas amostras de farinha de peixe analisadas no presente estudo. Além disso, a farinha de peixe pode ser oriunda de resíduos da indústria de filetagem de tilápia (BOSCOLO et al., 2005), espécie de peixe mais produzida no Brasil (PEIXEBR, 2019), e já foi relatado baixas concentrações de mercúrio nessa espécie no estudo de Kitahara et al. (2000), onde foram analisadas amostras de 11 espécies diferentes de peixes de água doce, das quais a tilápia foi a que apresentou as menores concentrações, variando de 0,01 a 0,02mg/Kg. Isso também poderia justificar a não detecção de mercúrio nas farinhas de peixe analisadas em nosso estudo.

Em referência aos teores de mercúrio nas fontes de carboidrato analisadas, não foi quantificado esse metal pesado acima do limite de detecção em nenhuma amostra de milho (Tabela 11). O farelo de trigo não diferiu da quirera de arroz,

enquanto que dentre as fontes de proteína, além da farinha de peixe, também não foi detectado mercúrio acima do limite de detecção em nenhuma amostra de farelo de glúten de milho 60 (Tabela 12). As farinhas de carne e vísceras de frango apresentaram maiores concentrações, comparadas às demais fontes, que não diferiram entre si (Tabela 12). Na Figura 12 observa-se que as farinhas de carne e vísceras de frango possuem alto potencial de contaminação de mercúrio em alimentos comerciais para *pets*, de modo que os valores excedem em até 40 vezes (farinha de carne) e mais de 50 vezes (farinha de vísceras de frango) o NMT de mercúrio. Outros ingredientes poderiam ser considerados potenciais contaminantes, como a quirera de arroz, visto que mais de 50% das amostras excederam em mais de 10 vezes o NMT, assim como o farelo de glúten de milho 21, o qual teve valores até 20 vezes superiores ao NMT. Esses ingredientes, além de terem apresentado altas concentrações de mercúrio, os mesmos podem ser incluídos em altas quantidades na formulação de alimentos secos para cães e gatos e, são amplamente utilizados pela indústria de *pet food*. Talvez isso justifique as altas concentrações de mercúrio encontradas nos alimentos secos analisados nesse estudo.

No que concerne às concentrações de chumbo, nos alimentos para cães e gatos analisados - 80,55% e 32,14% excederam o NMT para esse elemento, respectivamente. Embora grande parcela dos alimentos, principalmente daqueles destinados a cães, tenha excedido o NMT, apenas dois alimentos para cães e um para gatos excederam o NMT em mais de duas vezes (Figuras 6 e 7). Resultados semelhantes foram observados por Duran et al. (2010) em alimentos para cães e gatos comercializados na Turquia. Em contrapartida, em outro estudo no qual se avaliou alimentos comerciais para cães e gatos comercializados no Brasil, foram observadas concentrações de chumbo inferiores (0,05-1,4mg/kg) (PAULELLI et al., 2018) às observadas em nosso estudo. Pedrinelli et al. (2019) também observaram concentrações de chumbo acima do NMT em alimentos caseiros para cães e gatos preparados com ingredientes comercializados no Brasil.

Dos ingredientes analisados, o farelo de trigo foi a fonte de carboidrato com maiores teores de chumbo (Tabela 11), enquanto que a farinha de carne foi a fonte de proteína que apresentou maiores concentrações desse metal pesado (Tabela 12). Além disso, foram observados valores mais de duas vezes superiores ao NMT de chumbo em amostras de farinha de vísceras, farinha de pena e farinha de peixe

(Figura 12), o que pode contribuir para a contaminação do produto final, caso esses ingredientes sejam utilizados em altas quantidades. Os maiores teores de chumbo encontrados na farinha de carne corroboram os resultados encontrados no estudo realizado por Kim et al. (2018), no qual apesar de não terem sido analisados os ingredientes, foram observadas maiores concentrações de chumbo em alimentos para cães, nos quais a carne vermelha foi a principal fonte proteica (baseado na lista de ingredientes declarada no rótulo), comparados a alimentos compostos principalmente por proteína de frango e, os alimentos à base de proteína de peixe não diferiram dos demais. No referido estudo, a concentração máxima de chumbo também foi encontrada nos alimentos à base de carne vermelha, a qual foi 270 vezes superior à ingestão diária média humana em unidade por megacalorias estimada por Thomas et al. (1999). As medianas dos resultados encontrados nas dietas à base de proteína de frango e à base de peixe excederam a ingestão diária média humana em 6 e 8 vezes, respectivamente.

Quanto aos suplementos minerais analisados, observou-se altas concentrações de chumbo nas amostras de carbonato de cálcio e fosfato bicálcico (Tabela 13), as quais excederam o NMT em 6,63 e 9,25 vezes, respectivamente. Apesar desses ingredientes serem utilizados em pequenas quantidades, comparados às fontes de carboidrato e proteína, eles também poderiam contribuir para contaminação do produto final, devido à maior contaminação observada. A contaminação ambiental por chumbo se deve, principalmente, à queima de combustíveis fósseis (carvão, gás natural e petróleo) e às indústrias de mineração. No passado, era adicionado chumbo tetraetila para aumentar a octanagem da gasolina, de modo que a queima desse combustível era considerada a principal fonte de contaminação ambiental por chumbo. Apesar dessa prática ter sido banida em 1989, boa parte do chumbo presente nos solos brasileiros ainda é atribuída ao chumbo tetraetila (BRASIL, 2018), isso pode justificar os resultados observados no presente estudo.

No que se refere aos efeitos adversos do excesso de chumbo, é conhecido que sua toxicidade pode implicar em sinais gastrintestinais (ZOOK, 1972; BERNY et al., 1992), desordens neurológicas com prevalência de degeneração e necrose de neurônios corticais (ZOOK, 1972), lesões em lóbulos occipital e parietal, assim como em células de Purkinje e hipocampo (HOGASEN et al., 2016). Também já foi

demonstrado que o chumbo pode acarretar em prejuízo ao sistema hematopoiético (CANFIELD et al., 1984; HUERTER, 2000) e efeitos prejudiciais aos rins, tais como: nefropatia de túbulo proximal, glomeruloesclerose, fibrose intersticial, proteinúria e redução da taxa de filtração glomerular (HOGASEN et al., 2016). O NMT de chumbo foi estabelecido baseado em um trabalho no qual não se observou efeitos adversos relacionados ao consumo de uma dieta com 10mg/kg de chumbo em cães por um período de dois anos (AZAR et al., 1973). Não se sabe se os teores de chumbo presentes nos alimentos avaliados no presente estudo que excederam o NMT podem provocar efeitos adversos, salientando que três alimentos excederam em mais de duas vezes esse limite. No estudo conduzido por Steiss et al. (1985), não foi observada neuropatia ou alterações histológicas no sistema nervoso central em cães que consumiram dose oral de 5mg de chumbo/kgPC/dia por 40 semanas, no entanto, dois cães apresentaram evidências de anemia não regenerativa após 24 e 26 semanas de consumo. No nosso estudo, através da simulação do consumo de chumbo por kg de PC, os maiores valores observados foram aproximadamente 0,4mg/kg PC para cães (Figura 8) e 0,5mg/kg PC para gatos (Figura 9), bem inferiores à dose estudada por Steiss et al. (1985), sugerindo uma margem de segurança nos alimentos analisados. Além disso, segundo Wismer (2013), a dose tóxica acumulativa crônica de chumbo para cães é de 1,8 a 2,6mg/kg PC/dia, muito superior à quantidade estimada em nosso estudo.

Dos alimentos para cães e gatos analisados, 85,71% e 95,85% excederam o NMT para o urânio, respectivamente (Tabelas 4 e 5). Além dessa grande parcela ter excedido o NMT, os valores observados excederam em até 14 vezes esse limite (Figura 6). Altas concentrações de urânio também foram encontradas em alimentos caseiros para cães e gatos no estudo de Pedrinelli et al. (2019), de modo que 92% das receitas para cães e 100% das receitas para gatos excederam o NMT, com valores até 16 vezes superiores.

Quanto aos ingredientes analisados, o farelo de trigo foi a fonte de carboidrato que apresentou maiores concentrações de urânio (Tabela 11) e, entre as fontes de proteína, observou-se maiores concentrações de urânio na farinha de carne (Tabela 12). Em relação aos suplementos minerais analisados, foram observadas altas concentrações de urânio nas amostras de carbonato de cálcio (281,24mg/kg) e fosfato

bicálcico (673,24mg/kg) (Tabela 13), o que corresponde a 28,12 e 67,32 vezes o NMT desse elemento, respectivamente.

Além dessas altas concentrações observadas nesses ingredientes, vale ressaltar que a maior parte dos ingredientes de origem animal e vegetal apresentaram concentrações muito superiores ao NMT de urânio, como por exemplo a farinha de carne, da qual todas as amostras avaliadas excederam mais de 17,5 vezes o NMT (Figura 12). Todas as amostras de farinha de peixe, farelo de soja e farelo de trigo excederam em mais de 10 vezes o NMT, no caso da farinha de vísceras de frango, todas as amostras excederam mais de 7,5 vezes o NMT (Figura 12). Em virtude do amplo emprego desses ingredientes na fabricação de alimentos comerciais para cães e gatos, esses resultados podem justificar as altas concentrações de urânio observadas nos alimentos comerciais analisados neste estudo.

O Brasil apresenta a quinta maior reserva mundial de urânio, totalizando 309 mil toneladas desse elemento, representando mais de 5% do total no mundo (BRASIL, 2017). Isso poderia justificar as altas concentrações desse elemento observadas no presente estudo, pois a exploração das minas de urânio pode implicar em contaminação da água e do solo e, conseqüentemente, dos ingredientes utilizados pela indústria *pet food*. Além disso, segundo Prado (2007), a contaminação com urânio em alimentos ocorre, principalmente, como consequência da sua presença em rochas fosfatadas, das quais são extraídos fertilizantes e suplementos minerais utilizadas na alimentação animal, como o fosfato. De todas as amostras de ingredientes analisadas, a amostra de fosfato bicálcico apresentou a maior concentração de urânio (623mg/kg) (Tabela 13). A contaminação com urânio nos produtos de origem vegetal poderia ser atribuída à utilização de fosfatos como fertilizantes do solo, em relação à contaminação de subprodutos de origem animal, isso poderia ocorrer devido ao consumo de fosfato pelos animais como suplemento mineral, assim como em decorrência do consumo de vegetais contaminados pela utilização contínua do fosfato como fertilizante.

As concentrações de urânio nos alimentos analisados são preocupantes, pois esse metal é considerado um dos elementos tóxicos mais pesados presentes no ambiente e, é precursor de radionuclídeos naturais, portanto emite radiação alfa e gama (GUEVARA, 2002). No estudo conduzido por estes últimos autores, foram avaliados os efeitos do consumo de urânio por cães em crescimento na deposição

óssea desse mineral, bem como sobre alterações clínicas e histopatológicas. No referido estudo, um cão da raça beagle consumiu um alimento que continha 20mg/kg de urânio e outros três cães da mesma raça consumiram um alimento com 100mg/kg de urânio por 279 dias. No exame histopatológico, observou-se degeneração glomerular nos três animais que consumiram o alimento com maior teor de urânio, no entanto, não foram observadas alterações no animal que consumiu a dieta com 20mg/kg de urânio. No nosso estudo, dois alimentos para gatos e 12 recomendados para cães apresentaram concentrações de urânio acima de 100mg/kg, o que poderia implicar em riscos de lesão glomerular. Entretanto, vale salientar que no estudo de Guevara (2002) foram avaliados cães em crescimento, que talvez sejam mais susceptíveis aos efeitos maléficos do urânio, além de consumirem quantidade de alimento maior (consequentemente mais urânio) por kg de peso metabólico, devido à maior necessidade energética e nutricional nessa fase de vida.

Ressalta-se que para a determinação do NMT, devido à ausência de informações na literatura a respeito da toxicidade do urânio para cães e gatos, a FDA utilizou o NMT do mamífero mais sensível a esse metal pesado, que nesse caso são os roedores, e reduziu esse valor em 10 vezes, conforme sugerido ao se fazer extrapolação entre espécies. No entanto, segundo Vicente et al. (2010), na comparação entre cães e roedores no tocante à sensibilidade à inalação de urânio, foi observada menor sensibilidade nos cães, sugerindo não haver a necessidade de reduzir em 10 vezes o NMT de ingestão de urânio ao se fazer a extrapolação de roedores para cães. Nesse caso, uma parcela menor dos alimentos analisados estaria acima desse limite. No que se refere aos gatos, até o presente momento não há nenhum trabalho que tenha investigado os efeitos do consumo ou inalação de urânio.

No que diz respeito às concentrações de cobre - 20,83% dos alimentos para cães e 28,57% daqueles destinados a gatos excederam o limite legal expresso na FEDIAF (2019). Contudo, o número de vezes acima do referido limite foi baixo, de maneira que 75% dos alimentos para cães e 75% dos alimentos para gatos excederam em menos de 1,25 e 2 vezes, respectivamente (Figuras 6 e 7). Há trabalhos na literatura nos quais se observou concentrações médias de cobre em alimentos comerciais parecidas com as encontradas em nosso estudo (ALOMAR et al., 2006; COSTA et al., 2013; DAVIES et al., 2017; FERNANDES et al., 2017; PAULELLI et al., 2018). Em contrapartida, em um estudo no qual foram analisados

alimentos comercializados na Turquia, foram observadas concentrações de cobre inferiores, com valores máximos próximos a 10mg/kg.

Em nosso estudo, os alimentos secos apresentaram concentrações de cobre superiores aos alimentos úmidos ($P < 0,0001$), conforme apresentado na Tabela 6. Resultado inverso foi observado por Paulelli et al. (2018). No que se refere aos teores de cobre nos ingredientes analisados, dentre as fontes de proteína, as farinhas de origem animal, exceto a farinha de pena, apresentaram as maiores concentrações, de modo que a farinha de carne apresentou maior concentração que a farinha de peixe, a qual por sua vez, apresentou maiores teores que a farinha de vísceras de frango (Tabela 12). Dentre os ingredientes utilizados como fonte de carboidrato, o farelo de trigo apresentou maiores concentrações que o milho e quirera de arroz, os quais não se diferiram entre si (Tabela 11). Das amostras de suplementos minerais avaliadas, a única que apresentou altas concentrações de cobre foi a de fosfato bicálcico, com 505,19mg/kg (Tabela 13), o que corresponde a 18,04 vezes o limite legal expresso na FEDIAF (2019) para esse mineral, sugerindo ser um potencial contaminante para o produto final. A Figura 12 ilustra que os ingredientes com maiores potenciais de contaminação são as três farinhas de origem animal mencionadas anteriormente, de maneira que a maior parte das amostras das farinhas de carne, peixe e vísceras tiveram concentrações de cobre de cinco a seis, três a quatro, e duas a quatro vezes superiores ao limite legal expresso na FEDIAF (2019), respectivamente.

A contaminação de cobre nos ingredientes e, conseqüentemente, nos alimentos comerciais pode estar relacionada à contaminação do solo e corpos d'água, devido à utilização da água residuária da suinocultura como fertilizante orgânico, posto que os dejetos suínos podem apresentar altas concentrações desse elemento (MATHIAS, 2006) como consequência da adição de quantidades excessivas nas rações com o objetivo de prevenir doenças, melhorar a digestibilidade dos nutrientes e promover o crescimento (SMANHOTTO et al., 2010). As aplicações sucessivas de dejetos suínos podem resultar em acúmulo de cobre no solo, o que o torna uma importante fonte poluidora com grande potencial de contaminação ambiental (GIROTTI, 2007), atingindo os alimentos cultivados nos solos contaminados, bem como os animais de produção que consomem esses alimentos.

Outro fator importante que pode contribuir para contaminação de ingredientes é a ampla utilização de agrotóxicos, mais especificamente os fungicidas cúpricos,

como por exemplo o oxiclureto de cobre, que representa um risco potencial de contaminação ambiental (BOOK e NETO, 2000). Além disso, os fertilizantes fosfatados são considerados importantes fontes com potencial de contaminação, o que foi confirmado na amostra de fosfato bicálcico analisada. Ademais, vale ressaltar que antifúngicos, tais como oxinato de cobre e sulfato de cobre são amplamente utilizados em *pet food* como aditivos, com o objetivo de prevenir a produção de micotoxinas, podendo contribuir para as altas concentrações no produto final.

Outra questão importante a se considerar, que também poderia justificar as concentrações de cobre acima do limite legal expresso na FEDIAF é que, de acordo com Strickland et al. (2018), a crescente variedade de alimentos e diferentes nichos de mercado de alimentos para cães e gatos, somado à falta de regulamentação da concentração de minerais nesses produtos, resultou em formulações realizadas pelos fabricantes de premix que atendem as recomendações de cobre para cães e gatos, no entanto sem levar em consideração o conteúdo deste elemento já existente nos ingredientes empregados na fabricação desses alimentos, resultando em teores de cobre que extrapolam o referido limite.

Na FEDIAF encontra-se expresso apenas o limite legal para o cobre, ou seja, não há um limite nutricional ou limite superior seguro para esse mineral, devido à falta de informações na literatura referentes à toxicidade desse elemento para animais de companhia. O excesso de ingestão de cobre tem sido relacionado ao maior risco de desenvolvimento de hepatite crônica associada ao cobre (HCC) em cães da raça labrador retriever, uma vez que Fiften et al. (2012) observaram associação positiva entre a concentração de cobre na dieta e a concentração hepática desse elemento, além de observarem associação negativa entre o zinco dietético e cobre hepático. Além disso, no referido estudo, um grupo de cães manejados com um alimento com relação zinco/cobre de 32,5, apresentaram menores concentrações hepáticas de cobre, comparados a outro grupo que consumia diferentes alimentos, com variação da relação zinco/cobre entre 8,9 a 18,8. Em nosso estudo, a relação zinco/cobre nos alimentos para cães variou de 2,04 a 14,38 nos alimentos secos e de 5,09 a 12,91 nos úmidos. Isso sugere que esses alimentos podem implicar em maior risco de desenvolvimento de hepatite crônica associada ao cobre em cães de raças predispostas à essa enfermidade, como os labradores.

A influência da relação zinco/cobre no desenvolvimento da HCC pode ser justificada pelo fato do zinco induzir balanço de cobre negativo, por bloquear a absorção de cobre nos enterócitos. O zinco, quando absorvido no enterócito, estimula a metalotioneína, um quelante endógeno de cobre. Com isso, forma-se um complexo zinco-metalotioneína no citosol celular. Quando o cobre é absorvido no enterócito, o zinco é deslocado desse complexo por esse elemento (cobre), desse modo, forma-se um novo complexo: cobre-metalotioneína; este por sua vez permanece no enterócito e não atinge a circulação portal. Com isso, o cobre ligado à metalotioneína é eliminado através das fezes (YUZHASIYAN-GURKAN et al., 1992; FIETEN et al., 2012). Existem relatos prévios de utilização de acetato de zinco, gluconato de zinco e de sulfato de zinco no tratamento de toxicidade ao cobre em cães (HOFFMANN et al., 2009; BREWER et al., 1992).

Johnston et al. (2013) investigaram as concentrações hepáticas de cobre em cães labradores retrievers com e sem hepatite crônica, através de um estudo retrospectivo entre 1980 e 2010. Esses autores observaram que as concentrações desse elemento aumentaram, em ambos os grupos, ao longo de 30 anos. Os autores sugeriram que isso poderia ser explicado pelas formas mais biodisponíveis de cobre utilizadas nos alimentos comerciais nos dias atuais, uma vez que a *Association of American Feed Control Officials* (AAFCO) proibiu a utilização de formas de cobre menos biodisponíveis, como o óxido cúprico, em meados dos anos 1990 (Czarnecki-Maulden et al., 1993; AAFCO, 1997).

Além da relação do cobre com hepatite crônica, foi demonstrado no estudo conduzido por Harro et al. (2019), maiores concentrações de cobre hepático em cães com carcinoma hepatocelular, quando comparados a indivíduos saudáveis, porém no referido estudo não foi possível concluir se houve correlação com o teor dietético de cobre.

Quanto ao vanádio, 75% e 28,57% dos alimentos para cães e gatos excederam o NMT para esse elemento, respectivamente. Porém, a maioria excedeu menos de duas vezes esse limite. Vale salientar que devido à falta de informações referentes à toxicidade do vanádio em cães e gatos, o NMT proposto pela FDA (2011) foi o NMT de vanádio para o mamífero reconhecidamente mais sensível a esse elemento, dividido por 10 (fator de segurança). Portanto, é possível que cães e gatos sejam menos sensíveis e, nesse caso, menor parcela teria excedido o NMT. Ressalta-se que

nenhum alimento excedeu o NMT de vanádio para o mamífero mais sensível (10mg/kg).

Em relação ao zinco - 26,39% e 14,29% dos alimentos para cães e gatos, respectivamente, excederam o limite legal expresso na FEDIAF (2019) para esse elemento. Do total de 100 alimentos comerciais analisados, nenhum excedeu mais de duas vezes o referido limite. Não há informações suficientes na literatura a respeito das possíveis consequências negativas à saúde de cães e gatos em relação ao excesso de zinco dietético, desse modo, assim como para o cobre, não há estabelecido um limite nutricional ou limite superior seguro.

De um modo geral, os ingredientes de origem animal apresentaram maiores concentrações de metais tóxicos, tais como: Ba, Cd, Cr, Cu, Fe, Hg, Pb, Sn, U e V; comparados aos ingredientes de origem vegetal (Figura 12; Tabela 12). Isso poderia estar atribuído ao potencial de acúmulo desses elementos no organismo animal. Segundo o NRC (2005), alguns elementos podem se acumular em tecidos animais, como tecido ósseo, músculo esquelético, fígado, rins, baço, assim como em produtos de origem animal como o leite; atingindo concentrações críticas que podem implicar em efeitos adversos à saúde do ser humano, que consome esses produtos. Ainda segundo o NRC (2005), isso poderia acontecer, mesmo em situações nas quais os teores desses minerais na alimentação animal estejam abaixo do NMT para as respectivas espécies (considerado seguro). Os tecidos animais mencionados anteriormente fazem parte da composição, de um modo geral, das farinhas de origem animal utilizadas na formulação de alimentos para cães e gatos, o que talvez justifique a maior contaminação desses subprodutos.

Em relação às concentrações dos elementos: arsênio, boro, bário, berílio, cádmio, cobalto, estanho, antimônio, níquel e ferro; de um modo geral não foram observados valores acima dos respectivos NMTs e/ou limite legal, tanto nos alimentos comerciais, quanto nos ingredientes analisados no presente estudo, portanto não se considera que há riscos de intoxicação com esses elementos em cães e gatos, através do consumo em longo prazo dos alimentos analisados.

8. CONCLUSÕES

Nas condições de realização do presente estudo, conclui-se que os alimentos comerciais analisados apresentam concentrações preocupantes dos seguintes elementos: alumínio, chumbo, cobre, mercúrio, urânio, vanádio e zinco. De um modo geral, os alimentos secos apresentaram maior contaminação de metais tóxicos, comparados aos úmidos. Houve diferença nas concentrações de alguns metais tóxicos entre alimentos para cães e gatos, assim como entre as diferentes categorias de mercado. Em relação aos ingredientes, o farelo de trigo apresentou maior contaminação dentre as fontes de carboidrato e, as farinhas de origem animal foram as fontes de proteína com teores mais elevados de metais tóxicos, principalmente a farinha de carne, farinha de vísceras de frango e farinha de peixe. São necessários mais estudos que investiguem se as concentrações dos elementos encontradas nos alimentos analisados neste estudo implicam em efeitos prejudiciais em longo prazo para cães e gatos, principalmente em relação aos elementos dos quais o NMT foi extrapolado de outras espécies.

Apêndice A- Concentrações de metais tóxicos (mg/kg MS) nos 72 alimentos comerciais para cães analisados.

Alimentos	As	Hg	Sb	Se	Al	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Fe	Ni	Pb	Sn	U	V	Zn
Seco 1	<0,05	6,08	3,27	<0,05	103,46	<0,05	15,76	<0,05	2,18	1,11	3,79	327,34	1,11	11,39	10,95	77,18	1,13	167,50
Seco 2	<0,05	5,95	2,64	<0,05	92,00	<0,05	13,75	<0,05	2,12	0,68	4,83	584,50	1,80	14,13	12,01	87,13	1,42	322,56
Seco 3	<0,05	5,62	2,54	<0,05	67,50	<0,05	19,34	<0,05	1,91	1,00	6,91	147,85	2,69	14,36	14,62	72,32	1,44	64,82
Seco 4	<0,05	5,35	2,59	<0,05	2405,55	<0,05	20,93	<0,05	3,24	1,04	5,52	482,23	2,27	21,26	9,49	89,30	1,72	304,18
Seco 5	<0,05	4,79	2,34	<0,05	122,22	<0,05	6,25	<0,05	1,86	0,76	5,59	278,66	1,00	9,78	9,02	60,29	2,49	263,99
Seco 6	<0,05	4,62	2,44	<0,05	75,62	<0,05	17,15	<0,05	<0,05	1,12	3,50	246,59	1,56	11,89	6,85	99,73	1,42	161,11
Seco 7	<0,05	7,72	2,82	<0,05	139,26	<0,05	7,45	<0,05	1,92	0,44	3,10	243,70	1,03	10,61	8,70	60,93	0,99	182,23
Seco 8	<0,05	5,36	3,26	<0,05	173,82	<0,05	9,28	<0,05	2,19	1,29	6,15	266,13	1,34	11,82	13,71	68,56	1,20	219,17
Seco 9	<0,05	3,33	2,19	<0,05	138,47	<0,05	10,69	<0,05	3,50	0,60	3,42	336,91	1,35	12,65	7,74	82,32	1,42	183,17
Seco 10	<0,05	3,68	2,54	<0,05	131,82	<0,05	10,84	<0,05	1,76	1,47	3,70	242,39	1,01	11,00	9,37	61,01	1,19	187,38
Seco 11	<0,05	3,19	2,32	<0,05	130,99	<0,05	7,60	<0,05	3,19	0,91	4,01	241,62	1,18	12,49	8,48	79,25	1,39	217,95
Seco 12	<0,05	3,05	2,08	<0,05	142,64	<0,05	19,60	<0,05	3,69	2,03	5,22	427,38	2,35	12,26	9,88	90,34	2,50	313,27
Seco 13	<0,05	2,74	2,14	<0,05	109,81	<0,05	9,90	<0,05	3,45	1,05	3,76	261,27	1,51	13,04	8,49	84,93	1,57	199,60
Seco 14	<0,05	2,92	2,31	<0,05	2133,14	<0,05	13,59	<0,05	2,83	1,40	4,31	310,78	1,65	16,54	8,80	76,30	1,41	203,29
Seco 15	<0,05	3,02	2,30	<0,05	116,44	<0,05	17,44	<0,05	4,32	0,90	4,06	361,77	2,05	13,54	8,77	95,32	1,83	113,73
Seco 16	<0,05	2,81	1,86	<0,05	353,89	<0,05	11,51	<0,05	<0,05	11,72	3,56	248,53	1,57	12,10	7,19	71,32	1,21	256,63
Seco 17	<0,05	2,73	2,23	<0,05	102,20	<0,05	19,57	<0,05	4,48	1,29	4,21	254,96	1,64	11,96	8,64	96,22	1,35	176,13
Seco 18	<0,05	2,72	2,28	<0,05	55,04	<0,05	5,19	<0,05	2,17	0,78	3,40	337,25	1,56	11,28	9,33	82,56	1,23	289,76
Seco 19	<0,05	2,22	2,00	<0,05	371,64	<0,05	57,99	<0,05	3,97	1,95	5,85	311,54	2,90	17,76	12,49	106,48	2,20	132,84
Seco 20	<0,05	2,32	1,93	<0,05	105,90	<0,05	12,80	<0,05	2,48	0,78	3,91	227,07	1,24	10,43	10,38	70,60	1,22	216,54
Seco 21	<0,05	2,60	2,20	<0,05	329,23	<0,05	13,55	<0,05	3,86	1,34	4,27	260,14	1,74	12,90	9,34	87,43	1,35	139,25
Seco 22	<0,05	2,69	2,13	<0,05	86,41	<0,05	19,66	<0,05	4,24	1,92	5,62	362,40	2,62	18,42	11,23	114,50	2,03	165,81
Seco 23	<0,05	2,02	1,95	<0,05	550,95	<0,05	37,18	<0,05	3,90	1,79	5,78	296,34	2,89	21,82	13,05	109,66	2,05	143,89
Seco 24	<0,05	1,72	2,00	<0,05	709,27	<0,05	32,02	<0,05	2,57	0,94	5,20	475,63	1,80	14,34	11,63	70,93	1,57	206,52
Seco 25	<0,05	2,06	1,56	<0,05	484,35	<0,05	17,05	<0,05	3,36	1,22	4,30	255,44	1,29	13,96	9,36	76,31	1,32	296,57
Seco 26	<0,05	1,98	2,01	<0,05	86,66	<0,05	27,60	<0,05	3,59	2,12	4,69	299,03	2,16	13,96	10,22	85,59	1,35	205,42
Seco 27	<0,05	1,99	2,14	<0,05	182,72	<0,05	44,24	<0,05	5,50	1,91	6,95	304,00	3,06	18,22	10,53	118,61	2,23	131,97
Seco 28	<0,05	2,09	2,15	<0,05	68,41	<0,05	63,02	<0,05	5,14	2,18	5,49	256,94	2,50	16,11	11,20	109,35	1,91	200,92
Seco 29	<0,05	1,68	2,27	<0,05	56,14	<0,05	60,50	<0,05	5,83	2,05	5,51	250,18	2,52	17,50	11,39	112,83	2,02	151,53
Seco 30	<0,05	2,04	2,13	<0,05	174,05	<0,05	18,05	<0,05	3,83	1,59	5,77	361,02	2,11	14,12	9,21	82,98	1,47	310,37
Seco 31	<0,05	1,92	2,09	<0,05	722,57	<0,05	34,59	<0,05	4,10	11,26	5,68	403,79	2,95	16,47	11,74	87,66	1,35	198,71

Seco 32	<0,05	2,83	4,90	<0,05	112,33	<0,05	13,13	<0,05	2,55	0,86	5,59	352,18	1,94	10,80	9,01	67,83	2,78	204,58
Seco 33	<0,05	2,70	2,10	<0,05	52,53	<0,05	14,55	<0,05	3,84	1,40	4,26	235,31	1,58	11,31	7,95	74,65	0,98	168,78
Seco 34	<0,05	2,49	2,22	<0,05	45,69	<0,05	6,58	<0,05	2,82	0,54	3,57	205,61	0,95	8,87	8,16	54,94	0,57	173,51
Seco 35	<0,05	1,99	1,91	<0,05	72,55	<0,05	9,89	<0,05	2,53	0,74	4,97	400,39	1,59	10,00	10,05	68,25	1,26	280,00
Seco 36	<0,05	2,11	1,98	<0,05	480,95	<0,05	23,94	<0,05	2,56	1,42	4,66	276,47	1,40	11,45	8,34	58,89	0,78	229,03
Seco 37	<0,05	1,98	1,76	<0,05	577,68	<0,05	18,19	<0,05	2,55	1,02	4,23	281,89	1,41	11,93	9,47	64,72	0,88	185,07
Seco 38	<0,05	1,94	1,78	<0,05	111,68	<0,05	17,37	<0,05	2,84	1,46	4,97	347,85	1,82	10,63	9,67	75,88	0,96	282,66
Seco 39	<0,05	1,86	1,80	<0,05	778,69	<0,05	40,36	<0,05	2,39	1,44	5,36	373,99	1,39	13,22	11,74	63,61	1,44	243,48
Seco 40	<0,05	1,82	1,79	<0,05	738,13	<0,05	43,23	<0,05	3,39	1,34	4,95	391,90	1,73	13,38	10,41	72,75	0,92	227,28
Seco 41	<0,05	1,99	1,82	<0,05	144,99	<0,05	7,74	<0,05	2,95	0,94	5,28	279,07	1,16	8,83	9,05	64,86	1,66	218,57
Seco 42	<0,05	1,71	1,80	<0,05	99,68	<0,05	56,10	<0,05	6,37	1,40	5,44	174,31	2,33	17,16	11,11	106,22	1,78	76,26
Seco 43	<0,05	1,78	1,64	<0,05	189,33	<0,05	7,55	<0,05	3,02	1,15	4,42	242,41	1,23	11,27	9,25	64,57	1,00	165,25
Seco 44	<0,05	3,45	2,46	<0,05	226,32	<0,05	66,12	<0,05	4,87	1,73	5,26	409,10	2,15	17,90	11,50	90,85	2,05	69,89
Seco 45	<0,05	1,58	1,64	<0,05	82,96	<0,05	16,81	<0,05	4,34	0,68	5,23	318,73	1,09	12,12	10,86	74,77	1,15	199,75
Seco 46	<0,05	1,73	1,67	<0,05	147,18	<0,05	45,24	<0,05	0	1,17	4,79	244,21	1,81	14,28	9,10	99,76	1,42	108,48
Seco 47	<0,05	1,75	1,62	<0,05	45,12	<0,05	40,06	<0,05	0	0,30	3,42	112,53	1,13	7,67	6,63	72,30	0,73	56,54
Seco 48	<0,05	1,77	1,67	<0,05	115,94	<0,05	40,22	<0,05	5,33	1,49	5,06	252,01	1,67	12,36	8,49	81,64	1,29	113,21
Seco 49	<0,05	1,62	1,86	<0,05	103,12	<0,05	50,21	<0,05	5,59	1,33	5,12	303,95	1,74	14,55	9,66	94,44	1,37	159,57
Seco 50	<0,05	3,18	2,37	<0,05	135,21	<0,05	65,44	<0,05	5,90	1,56	5,30	276,37	2,51	15,47	10,98	103,84	1,70	108,71
Seco 51	<0,05	2,75	2,16	<0,05	251,21	<0,05	8,96	<0,05	2,86	1,26	4,94	237,25	1,35	12,24	10,04	59,04	0,87	183,04
Seco 52	<0,05	2,08	1,96	<0,05	85,16	<0,05	96,41	<0,05	6,86	1,41	6,05	165,50	2,47	17,25	11,57	117,30	1,92	63,74
Seco 53	<0,05	2,13	1,99	<0,05	545,88	<0,05	59,99	<0,05	0,04	2,46	5,20	295,64	1,98	15,40	10,38	90,80	1,34	114,04
Seco 54	<0,05	2,21	2,04	<0,05	117,14	<0,05	49,85	<0,05	4,36	14,11	5,31	306,75	2,16	15,42	9,97	83,36	1,45	185,80
Seco 55	<0,05	2,80	2,57	<0,05	538,85	<0,05	19,70	<0,05	0,14	3,54	7,74	680,42	3,48	18,55	9,49	145,96	3,94	145,96
Seco 56	<0,05	1,97	1,97	<0,05	584,02	<0,05	57,32	<0,05	4,53	1,77	5,89	465,05	2,20	16,11	11,36	86,52	1,31	269,84
Seco 57	<0,05	1,73	1,87	<0,05	417,78	<0,05	61,30	<0,05	0,32	2,55	6,40	514,56	2,74	18,77	9,95	122,05	1,99	165,07
Seco 58	<0,05	1,70	1,87	<0,05	105,67	<0,05	45,99	<0,05	5,39	1,08	5,06	233,98	1,75	14,29	10,14	89,49	1,47	104,05
Seco 59	<0,05	1,75	1,90	<0,05	116,18	<0,05	60,52	<0,05	<0,05	1,09	5,26	216,69	1,79	12,70	8,16	98,35	1,16	114,56
Seco 60	<0,05	1,65	1,84	<0,05	108,60	<0,05	20,22	<0,05	<0,05	0,98	4,48	330,11	1,35	9,73	8,44	68,28	0,87	127,42
Seco 61	<0,05	1,64	1,87	<0,05	453,23	<0,05	64,52	<0,05	5,86	1,35	5,75	725,81	2,72	16,29	10	104,30	1,84	65,59
Úmido 1	<0,05	1,19	1,81	<0,05	98,32	<0,05	21,23	<0,05	1,76	<0,05	3,67	521,42	0,20	6,80	9,26	32,43	<0,05	278,75
Úmido 2	<0,05	1,11	1,81	<0,05	60,70	<0,05	17,12	<0,05	1,44	<0,05	4,68	127,62	<0,05	5,86	11,62	17,22	<0,05	53,95
Úmido 3	<0,05	1,12	1,76	<0,05	47,72	<0,05	25,55	<0,05	3,06	0,39	3,51	1367,32	1,17	8,02	7,50	53,85	0,15	72,85

Úmido 4	<0,05	1,17	1,85	<0,05	108,09	<0,05	8,92	<0,05	1,68	<0,05	4,83	278,09	<0,05	4,58	7,29	17,84	1,05	250,81
Úmido 5	<0,05	1,17	1,74	<0,05	300,45	<0,05	11,57	<0,05	0,98	<0,05	1,29	201,52	<0,05	0,87	8,58	<0,05	<0,05	62,81
Úmido 6	<0,05	1,39	1,76	<0,05	<0,05	<0,05	0,38	<0,05	<0,05	<0,05	1,51	25,12	<0,05	<0,05	9,02	<0,05	<0,05	81,05
Úmido 7	<0,05	1,60	1,83	<0,05	290,94	<0,05	9,54	<0,05	1,94	0,39	4,67	463,06	0,78	8,79	11,30	42,95	0,79	322,38
Úmido 8	<0,05	1,22	1,67	<0,05	6,40	<0,05	0,48	<0,05	<0,05	<0,05	0,90	18,56	<0,05	0,00	9,20	0,00	<0,05	53,42
Úmido 9	<0,05	1,42	1,76	<0,05	50,01	<0,05	5,32	<0,05	2,27	1,36	4,16	1343,96	3,00	11,24	10,55	76,03	1,25	207,75
Úmido 10	<0,05	1,69	1,81	<0,05	52,45	<0,05	1,93	<0,05	1,65	0,33	2,98	218,74	0,29	6,94	10,03	30,03	0,01	270,53
Úmido 11	<0,05	1,58	1,83	<0,05	259,20	<0,05	48,86	<0,05	4,25	1,78	6,07	503,50	1,64	12,67	12,40	72,39	2,34	321,48

Legenda: Al= alumínio, As= arsênio, B=boro, Ba= bário, Be= Berílio, Cd= cádmio, Co=cobalto, Cr= cromo, Cu= cobre, Fe= ferro, Hg = mercúrio; Ni= níquel, Pb= chumbo; Sb= antimônio; Sn= estanho, U= urânio, V= vanádio e Zn= zinco.

Apêndice B- Concentrações de metais tóxicos (mg/kg MS) nos 28 alimentos comerciais para gatos analisados.

Alimentos	As	Hg	Sb	Se	Al	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Fe	Ni	Pb	Sn	U	V	Zn
Seco 1	<0,05	18,87	6,08	<0,05	144,10	<0,05	2,88	<0,05	6,34	2,49	10,22	332,28	4,65	25,75	13,98	101,62	2,87	201,09
Seco 2	<0,05	13,40	4,31	<0,05	10,92	<0,05	0,28	<0,05	0,02	0,03	2,79	76,66	0,44	6,45	6,95	43,18	0,34	23,44
Seco 3	<0,05	10,26	3,90	<0,05	33,26	<0,05	11,18	<0,05	2,26	0,49	4,30	521,57	1,47	11,55	9,29	83,15	1,16	306,14
Seco 4	<0,05	7,57	3,39	<0,05	70,82	<0,05	4,62	<0,05	3,36	0,87	4,37	805,52	1,97	14,11	9,46	95,15	1,80	134,07
Seco 5	<0,05	6,67	4,07	<0,05	81,43	<0,05	2,26	<0,05	2,54	0,22	3,54	322,42	1,43	9,78	10,16	62,85	1,66	206,02
Seco 6	<0,05	6,39	5,30	<0,05	93,94	<0,05	2,39	<0,05	0,97	0,16	3,05	357,49	0,68	10,25	8,91	47,67	0,72	200,22
Seco 7	<0,05	1,80	1,69	<0,05	125,11	<0,05	13,26	<0,05	3,40	1,41	5,18	283,51	1,36	13,16	10,31	75,17	1,24	141,76
Seco 8	<0,05	1,85	1,82	<0,05	95,86	<0,05	9,05	<0,05	3,32	0,86	4,00	282,77	0,92	8,78	8,03	58,38	0,69	186,91
Seco 9	<0,05	1,80	1,86	<0,05	195,49	<0,05	21,57	<0,05	2,42	0,90	3,59	298,01	0,73	9,03	9,35	52,59	0,68	170,52
Seco 10	<0,05	1,79	1,69	<0,05	582,10	<0,05	16,34	<0,05	2,42	0,60	3,55	217,35	0,91	9,51	9,88	46,14	0,63	161,81
Seco 11	<0,05	1,68	1,71	<0,05	85,75	<0,05	10,16	<0,05	2,19	0,85	3,73	293,79	0,66	10,69	11,86	45,58	0,48	262,03
Seco 12	<0,05	1,80	1,73	<0,05	95,42	<0,05	7,28	<0,05	2,21	0,27	3,89	375,77	0,77	8,03	10,03	45,45	0,81	349,35
Seco 13	<0,05	1,78	1,68	<0,05	172,38	<0,05	14,39	<0,05	1,73	0,69	4,11	272,01	0,82	8,01	9,91	43,12	0,46	201,37
Seco 14	<0,05	2,14	1,99	<0,05	578,56	<0,05	47,52	<0,05	4,12	1,84	5,84	475,17	1,96	16,82	10,93	84,11	1,30	186,43
Úmido 1	<0,05	1,69	1,96	<0,05	85,45	<0,05	9,19	<0,05	3,04	2,48	5,46	1871,16	4,95	16,66	10,06	111,95	2,64	199,55
Úmido 2	<0,05	1,79	1,90	<0,05	172,21	<0,05	15,62	<0,05	1,92	1,03	3,77	384,42	0,78	9,81	10,98	51,18	0,42	203,14
Úmido 3	<0,05	1,47	1,71	<0,05	69,24	<0,05	9,36	<0,05	1,98	0,33	5,34	159,62	0,62	8,46	10,10	49,16	1,87	124,21
Úmido 4	<0,05	1,54	1,74	<0,05	165,76	<0,05	30,15	<0,05	2,64	0,88	4,24	326,78	0,75	9,79	12,31	57,88	0,45	213,12
Úmido 5	<0,05	1,36	1,72	<0,05	0,00	<0,05	0,77	<0,05	<0,05	<0,05	0,87	21,39	4,00	<0,05	4,84	0,00	<0,05	70,41
Úmido 6	<0,05	1,32	1,75	<0,05	20,97	<0,05	0,47	<0,05	<0,05	<0,05	1,34	44,37	<0,05	<0,05	5,34	7,98	<0,05	71,84
Úmido 7	<0,05	1,23	1,75	<0,05	345,67	<0,05	12,29	<0,05	1,25	<0,05	2,63	248,84	<0,05	4,09	9,37	8,75	<0,05	68,72
Úmido 8	<0,05	1,35	2,00	<0,05	160,09	<0,05	3,77	<0,05	2,18	0,62	5,18	364,68	<0,05	7,76	12,21	35,22	0,86	198,08
Úmido 9	<0,05	1,20	1,77	<0,05	12,52	<0,05	0,00	<0,05	0,00	0,00	0,99	75,77	<0,05	0,01	3,96	3,64	<0,05	21,15
Úmido 10	<0,05	1,28	1,83	<0,05	46,08	<0,05	19,17	<0,05	2,26	0,20	4,13	515,14	0,64	8,73	10,40	48,54	0,16	296,76
Úmido 11	<0,05	1,24	1,85	<0,05	71,16	<0,05	7,28	<0,05	3,53	0,70	4,23	803,29	1,11	12,83	10,51	69,01	0,96	133,70
Úmido 12	<0,05	1,25	1,80	<0,05	85,53	<0,05	2,64	<0,05	2,33	0,30	3,33	313,43	0,08	6,10	9,96	29,52	0,57	187,23
Úmido 13	<0,05	1,27	1,84	<0,05	93,63	<0,05	3,18	<0,05	0,82	0,00	2,79	364,89	<0,05	4,55	8,99	13,16	<0,05	189,40
Úmido 14	<0,05	1,23	1,71	<0,05	100,81	<0,05	25,26	<0,05	1,89	0,20	2,81	317,13	<0,05	4,85	9,71	25,04	<0,05	150,69

Legenda: Al= alumínio, As= arsênio, B=boro, Ba= bário, Be= Berílio, Cd= cádmio, Co=cobalto, Cr= cromo, Cu= cobre, Fe= ferro, Hg = mercúrio; Ni= níquel, Pb= chumbo; Sb= antimônio; Sn= estanho, U= urânio, V= vanádio e Zn= zinco.

Apêndice C- Concentrações de metais tóxicos (mg/kg MS) nos ingredientes avaliados no presente estudo.

Ingredientes	As	Hg	Sb	Se	Al	B	Ba	Be	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Ni	Pb	Sn	U	V	Zn
F. Carne 1	<0,05	10,43	1,13	<0,05	906,52	<0,05	134,14	<0,05	6,18	4,99	14,25	145,67	463,74	0,85	48,26	22,32	211,17	6,34	58,16
F. Carne 2	<0,05	6,47	0,48	<0,05	34,34	<0,05	121,89	<0,05	5,72	2,68	8,43	142,02	100,69	3,58	41,12	23,21	191,84	4,63	64,65
F. Carne 3	<0,05	10,66	0,31	<0,05	58,07	<0,05	119,83	<0,05	5,54	2,87	9,24	149,39	135,14	3,85	41,65	22,01	186,34	4,71	67,04
F. Carne 4	<0,05	7,78	0,28	<0,05	38,74	<0,05	127,54	<0,05	6,30	3,32	9,63	162,47	186,28	4,21	44,61	23,71	205,86	5,13	64,03
F. Carne 5	<0,05	6,18	0,29	<0,05	68,15	<0,05	148,97	<0,05	5,65	3,16	8,77	148,44	296,88	3,80	40,94	20,87	191,23	4,66	64,98
F. Carne 6	<0,05	2,08	0,08	<0,05	119,79	<0,05	139,22	<0,05	6,36	3,21	9,67	160,24	121,36	4,96	45,87	23,17	208,05	5,21	67,77
F. Carne 7	<0,05	3,89	0,25	<0,05	495,95	<0,05	135,31	<0,05	6,18	3,85	10,87	155,55	392,61	7,14	45,71	23,33	203,49	5,38	59,13
F. Carne 8	<0,05	2,08	0,16	<0,05	53,22	<0,05	165,85	<0,05	6,24	3,83	9,92	174,38	359,96	4,42	45,97	23,84	215,44	5,31	59,73
F. Vísceras 1	<0,05	4,73	0,19	<0,05	51,61	<0,05	12,63	<0,05	2,41	0,99	3,41	54,53	218,66	1,12	17,82	12,53	90,16	1,73	115,00
F. Vísceras 2	<0,05	5,52	0,09	<0,05	138,29	<0,05	18,81	<0,05	2,79	1,28	4,03	70,75	215,47	1,98	20,15	13,67	100,23	2,18	94,87
F. Vísceras 3	<0,05	7,02	0,34	<0,05	75,50	<0,05	5,69	<0,05	2,95	1,22	3,18	54,23	324,88	1,23	15,95	11,54	88,80	1,78	100,49
F. Vísceras 4	<0,05	5,28	0,17	<0,05	50,67	<0,05	11,07	<0,05	2,51	1,10	3,79	58,54	208,63	1,02	17,46	12,19	93,14	1,98	102,18
F. Vísceras 5	<0,05	3,73	0,02	<0,05	81,46	<0,05	15,49	<0,05	2,83	1,61	3,89	73,47	222,01	1,24	20,02	12,88	97,96	2,41	112,87
F. Vísceras 6	<0,05	13,85	0,20	<0,05	43,42	<0,05	4,56	<0,05	2,27	0,82	3,23	106,02	207,78	0,91	16,09	11,29	75,65	1,88	106,02
F. Vísceras 7	<0,05	7,08	<0,05	<0,05	34,66	<0,05	12,99	<0,05	3,61	1,44	5,38	87,85	118,73	1,76	25,50	15,71	119,79	2,85	95,83
F. Vísceras 8	<0,05	4,28	<0,05	<0,05	26,41	<0,05	17,43	<0,05	2,93	1,11	4,28	68,43	122,43	1,47	20,64	13,37	101,04	2,38	89,28
F. Vísceras 9	<0,05	2,41	<0,05	<0,05	40,10	<0,05	17,71	<0,05	3,43	1,37	4,99	81,90	143,06	2,75	23,99	14,04	114,34	2,87	92,54
F. Vísceras 10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	19,17	<0,05	9,08	<0,05	2,51	0,95	3,30	64,60	152,16	0,88	20,13	13,56	93,97	1,92	76,88
F. Vísceras 11	<0,05	2,15	<0,05	<0,05	82,97	<0,05	5,74	<0,05	1,75	0,98	2,47	53,19	229,78	1,34	13,24	9,73	72,34	1,75	100,53
F. Vísceras 12	<0,05	1,46	<0,05	<0,05	34,23	<0,05	8,82	<0,05	3,02	1,04	4,48	109,10	185,58	1,85	19,47	12,57	95,73	2,11	92,52
F. Vísceras 13	<0,05	12,96	<0,05	<0,05	32,23	<0,05	11,05	<0,05	2,54	1,06	3,47	104,08	146,57	1,17	17,68	12,37	87,62	2,12	107,80
F. Vísceras 14	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	28,83	<0,05	7,45	<0,05	1,67	0,44	2,55	42,72	419,71	0,97	13,41	10,69	73,94	1,27	108,52
F. Vísceras 15	<0,05	7,54	<0,05	<0,05	14,92	<0,05	10,43	<0,05	2,89	1,17	3,85	124,10	133,19	1,40	21,77	14,71	107,51	2,28	90,40
F. Vísceras 16	<0,05	2,70	<0,05	<0,05	31,73	<0,05	20,82	<0,05	2,90	1,18	4,25	87,84	135,76	1,68	21,62	13,79	101,69	2,16	95,83
F. Trigo 1	<0,05	2,10	<0,05	<0,05	123,30	<0,05	17,33	<0,05	<0,05	0,82	2,56	36,25	217,61	1,70	12,95	7,22	114,77	1,74	118,18
F. Trigo 2	<0,05	2,59	<0,05	<0,05	37,84	<0,05	26,70	<0,05	<0,05	0,76	2,82	48,86	154,55	2,11	14,38	7,84	126,70	1,82	119,32
F. Trigo 3	<0,05	1,77	<0,05	<0,05	36,82	<0,05	27,44	<0,05	<0,05	0,67	2,41	45,91	139,20	1,97	13,81	8,41	119,89	1,65	115,34
F. Trigo 4	<0,05	1,30	<0,05	<0,05	69,89	<0,05	16,59	<0,05	<0,05	0,49	2,06	35,80	144,32	1,24	13,13	6,25	105,68	1,49	92,05
F. Trigo 5	<0,05	2,08	<0,05	<0,05	67,05	<0,05	20,34	<0,05	<0,05	0,70	2,74	50,34	153,41	1,76	13,41	7,39	114,77	1,74	104,55
F. Trigo 6	<0,05	2,16	<0,05	<0,05	31,88	<0,05	22,56	<0,05	<0,05	0,64	2,98	47,67	127,27	1,58	13,69	6,48	116,48	1,71	110,23
F. Pena 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	86,96	<0,05	3,12	<0,05	<0,05	<0,05	1,08	17,45	581,52	0,04	8,86	6,25	42,07	0,61	100,00

F. Pena 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	84,78	<0,05	3,52	<0,05	<0,05	<0,05	1,15	40,11	722,83	0,70	8,86	7,17	45,43	0,55	102,17
F. Pena 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	33,37	<0,05	2,59	<0,05	<0,05	<0,05	2,14	14,13	299,46	0,42	10,71	8,70	43,37	0,45	111,96
F. Pena 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	87,50	<0,05	13,04	<0,05	3,27	2,07	5,54	81,52	246,74	2,16	24,13	15,00	115,22	2,82	121,20
F. Pena 5	<0,05	1,70	8,75	<0,05	43,37	<0,05	1,28	<0,05	<0,05	<0,05	0,50	39,24	864,13	<0,05	2,15	7,23	26,20	<0,05	90,76
F. Pena 6	<0,05	<0,05	8,70	<0,05	41,09	<0,05	3,03	<0,05	<0,05	<0,05	0,29	13,21	419,57	<0,05	3,42	8,04	28,64	<0,05	102,17
F. Peixe 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	18,80	<0,05	1,04	<0,05	4,46	1,78	6,47	117,30	155,12	2,18	27,13	16,06	138,13	4,25	470,29
F. Peixe 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	13,27	<0,05	1,12	<0,05	2,92	1,40	5,08	88,66	98,51	1,56	24,06	14,36	111,47	3,14	119,25
F. Peixe 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	58,68	<0,05	1,66	<0,05	4,16	2,06	5,46	104,20	376,78	2,15	25,94	14,64	126,69	3,13	406,40
F. Peixe 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	49,88	<0,05	6,36	<0,05	3,07	1,77	5,43	107,47	152,34	2,28	28,33	16,54	128,34	3,05	54,78
F. Peixe 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	275,70	<0,05	11,42	<0,05	5,18	2,44	7,05	100,69	331,16	3,97	31,12	16,69	142,70	4,44	92,08
F. Peixe 6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	25,65	<0,05	0,84	<0,05	3,89	1,42	5,38	113,44	164,52	1,84	22,15	12,69	109,68	3,45	515,05
F. Soja 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	90,00	18,06	6,28	<0,05	<0,05	0,9	2,59	36,94	159,44	1,68	15,33	8,22	107,78	1,83	56,11
F. Soja 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	137,78	17,44	6,94	<0,05	<0,05	0,86	2,77	29,72	171,67	1,77	14,44	8,28	103,89	1,77	55,22
F. Soja 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	136,67	12,11	11,78	<0,05	<0,05	0,99	2,71	31,44	231,11	1,13	14,11	8,00	105,00	1,92	49,11
F. Soja 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	95,00	22,22	13,28	<0,05	<0,05	1,22	2,46	37,94	137,22	1,86	15,83	7,39	108,89	1,87	55,44
F. Soja 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	162,78	9,17	12,00	<0,05	<0,05	1,03	2,74	39,11	203,89	1,98	15,44	8,00	104,44	1,98	51,06
F. Soja 6	<0,05	2,1	10,28	<0,05	268,33	42,28	9,22	<0,05	<0,05	1,65	1,52	42,89	243,89	3,67	10,28	10,44	131,67	1,54	59,44
Q. Arroz 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,85	<0,05	0,28	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,58	2,92	<0,05	2,73	2,03	17,14	<0,05	13,62
Q. Arroz 2	<0,05	0,42	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,36	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	5,68	1,01	<0,05	3,80	2,43	20,02	<0,05	13,78
Q. Arroz 3	<0,05	2,23	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,49	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,27	1,86	<0,05	4,35	1,70	24,88	<0,05	16,07
Q. Arroz 4	<0,05	5,08	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,15	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	1,88	0,10	<0,05	2,98	1,76	17,34	<0,05	12,04
Q. Arroz 5	<0,05	3,57	<0,05	<0,05	0,36	<0,05	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	5,13	10,61	<0,05	3,79	1,11	14,00	<0,05	14,11
Q. Arroz 6	<0,05	4,78	<0,05	<0,05	24,92	<0,05	0,34	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,92	8,84	1,08	3,39	2,78	24,20	0,01	18,23
F. G. de milho (60) 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	73,91	<0,05	0,22	<0,05	<0,05	<0,05	0,07	16,96	144,57	<0,05	2,78	4,71	14,40	<0,05	15,87
F. G. de milho (60) 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	86,96	<0,05	0,40	<0,05	<0,05	<0,05	1,12	20,60	150,54	<0,05	4,56	6,96	18,80	0,04	32,88
F. G. de milho (60) 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	88,04	<0,05	0,42	<0,05	<0,05	<0,05	1,45	35,76	128,26	0,15	7,72	8,59	57,07	0,68	43,37
F. G. de milho (60) 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	115,76	<0,05	0,32	<0,05	<0,05	0,04	1,67	30,82	117,39	0,18	8,42	7,61	57,61	0,61	47,34
F. G. de milho (60) 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	119,02	<0,05	0,46	<0,05	<0,05	<0,05	0,85	16,85	153,80	<0,05	2,87	5,18	11,85	<0,05	31,09
F. G. de milho (60) 6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	89,13	<0,05	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	0,92	21,52	123,91	<0,05	4,36	6,30	32,23	0,15	27,28
Milho 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	60,67	<0,05	0,36	<0,05	<0,05	<0,05	0,34	6,63	160,67	3,62	6,74	3,81	39,83	0,33	21,46
Milho 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	86,52	<0,05	0,55	<0,05	<0,05	<0,05	0,58	8,43	48,65	10,39	6,85	3,46	40,17	0,34	26,40
Milho 3	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	17,98	<0,05	0,30	<0,05	<0,05	<0,05	0,62	5,73	27,75	11,85	5,67	3,52	34,83	0,23	19,27
Milho 4	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	44,94	<0,05	0,43	<0,05	<0,05	<0,05	0,64	5,73	29,16	2,73	5,10	3,69	33,31	0,19	18,60

Milho 5	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	26,80	<0,05	0,38	<0,05	<0,05	<0,05	0,78	5,07	26,63	2,48	6,07	3,31	37,36	0,25	16,69
Milho 6	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	21,46	<0,05	0,28	<0,05	<0,05	<0,05	0,24	6,01	19,61	0,93	5,61	3,29	33,37	0,28	20,56
Milho 7	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	31,35	<0,05	0,29	<0,05	<0,05	<0,05	0,39	5,17	33,09	1,98	4,88	3,02	31,57	0,34	22,58
Milho 8	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	12,53	<0,05	0,20	<0,05	<0,05	<0,05	0,28	1,99	26,07	14,55	5,44	3,25	35,00	0,28	20,17
Milho 9	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	22,02	<0,05	0,26	<0,05	<0,05	<0,05	0,47	3,83	21,97	2,66	5,90	3,11	37,19	0,27	21,97
Milho 10	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	10,96	<0,05	0,17	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	3,94	16,35	1,92	6,01	4,00	33,76	0,13	21,63
F. G. milho (21) 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	27,74	<0,05	0,73	<0,05	<0,05	0,31	1,87	28,60	82,26	0,46	10,70	6,02	89,25	1,31	85,48
F. G. milho (21) 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	20,22	<0,05	1,04	<0,05	<0,05	0,18	2,53	24,41	55,91	0,86	9,84	5,86	84,95	1,26	54,84
F. G. milho (21) 3	0,58	0,00	10,91	<0,05	80,11	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,01	33,60	136,02	<0,05	0,59	7,47	16,08	<0,05	17,42
F. G. milho (21) 4	<0,05	5,38	9,62	<0,05	74,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	32,80	132,80	<0,05	<0,05	6,08	15,54	<0,05	17,20
F. G. milho (21) 5	0,86	2,05	11,88	<0,05	94,09	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	35,86	153,23	<0,05	<0,05	8,23	6,02	<0,05	18,39
F. G. milho (21) 6	<0,05	2,37	10,65	<0,05	75,81	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	32,63	134,95	<0,05	<0,05	5,28	6,13	<0,05	17,20
Cloreto de sódio 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	11,85	<0,05	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	6,55	<0,05	3,85	0,50	13,95	0,26	<0,05
Cloreto de sódio 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,27	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,89	<0,05	2,62	0,86	12,60	0,02	<0,05
Cloreto de potássio 1	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,19	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	7,55	<0,05	0,72	0,12	10,31	<0,05	<0,05
Cloreto de potássio 2	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	0,46	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	2,20	<0,05	3,49	0,06	15,81	0,07	<0,05
Carbonato de cálcio 1	<0,05	6,08	<0,05	<0,05	316,39	<0,05	1,46	<0,05	5,83	4,44	13,41	16,62	140,62	8,44	66,29	25,71	281,24	7,83	2,51
Fosfato bicálcico 1	<0,05	4,63	0,64	<0,05	499,54	<0,05	1,16	6,37	10,12	3,05	24,21	505,19	10792,48	45,84	92,51	29,65	673,24	29,24	100,22

Legenda: Al= alumínio, As= arsênio, B=boro, Ba= bário, Be= Berílio, Cd= cádmio, Co=cobalto, Cr= cromo, Cu= cobre, Fe= ferro, Hg = mercúrio; Ni= níquel, Pb= chumbo; Sb= antimônio; Sn= estanho, U= urânio, V= vanádio; Zn= zinco; F. Carne= farinha de carne; F. Trigo= farelo de trigo; Q. Arroz= quirera de arroz; F. G. milho (21) = farelo de glúten de milho 21; F. G. de milho (60) = farelo de glúten de milho 60; F. Peixe= farinha de peixe; F. Pena= farinha de pena; F. Soja= farelo de soja; F. Vísceras= farinha de vísceras de frango.

9. REFERÊNCIAS

AAFCO. **Association of American Feed Control Officials**: Official Publication. 2003.

ABINPET. **Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação**. 2019. Disponível em: <http://abinpet.org.br/mercado/>. Acesso em: 31 out. 2019.

AITIO, A.; BERNARD, A.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, G. F. Biological monitoring and biomarkers, In: NORDBERG, G. F.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. T. (Ed.). **Handbook on the Toxicology of Metals**, 3, ed, San Diego, Estados Unidos: Elsevier, p, 65–78, 2007.

ALBRETSSEN J. The toxicity of iron, an essential element. **Vet Med** v.101, p. 82–90, 2006.

ALEXANDER, Jan et al. SCIENTIFIC OPINION Cadmium in food Scientific Opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain. **The EFSA Journal**, v. 980, p. 1-139, 2009.

ALLOWAY, Brian J. (Ed.). **Heavy metals in soils: trace metals and metalloids in soils and their bioavailability**. Springer Science & Business Media, 2012.

ALOMAR, D. et al. Nutritional evaluation of commercial dry dog foods by near infrared reflectance spectroscopy. **Journal of animal physiology and animal nutrition**, v. 90, n. 5-6, p. 223-229, 2006.

ALLOWAY, B. J. **Heavy metal in soil**. London: Blackie Academic & Professional, p. 346-352, 1990.

ANDERSON A. **Recent follow up of nickel refining workers in Norway and respiratory cancer**. In: Nieboer E, Nriagu JO, editors. Nickel and human health: current perspectives. New York: Wiley, p. 621-7, 1992.

ANDERSON, M. B.; PEDIGO, N. G.; KATZ, R. P.; GEORGE, W. J. Histopathology of tests from mice chronically treated with cobalt. **Reproductive Toxicology**, v. 6, p. 49–54, 1992.

ANJOS A.P. **Estudo de modificadores químicos e superfícies modificadas para a determinação de estanho por espectrometria de absorção atômica com forno de grafite**. Tese de doutorado. Campinas [SP]: Universidade estadual de Campinas; 1997.

ANKE, M. Vanadium: an element both essential and toxic to plants, animals and humans? **Anales de la Real Academia Nacional de Farmacia**, v. 70, p. 961-999, 2004.

AOAC. **Official methods of analysis**. Gaithersburg. EUA: AOAC International, 2006.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS [AOAC], 1995: **Official Methods of Analysis**. 16 edn. AOAC, Washington, DC.

ATSDR, **ATSDR's substance priority list**, Disponível em: <https://www.atsdr.cdc.gov/spl/index.html#modalIdString_myTable2017>, Acesso em: 25 abr. 2018.

ATSDR, **Toxicological profile for mercury**. [s.l.] U. S. Department of Health and Human Services, 1999.

AZAR, A.; TROCHIMOWICZ, H. J.; MAXFIELD, M. E. Review of lead studies in animals carried out at Haskell Laboratory: two-year feeding study and response to hemorrhage study. In: **Environmental health aspects of lead: Proceedings International Symposium**. 1972. p. 199-208.

AZEVEDO, S. V. D. **Determinação dos níveis de estanho em fluidos biológicos de população exposta ambientalmente na Vila Massangana, RO**, Dissertação de mestrado, Fundação Oswaldo Cruz, 2009.

BAKI, Mohammad Abdul et al. Concentration of heavy metals in seafood (fishes, shrimp, lobster and crabs) and human health assessment in Saint Martin Island, Bangladesh, **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 159, p. 153-163, 2018.

BAMPIDIS, Vasileios Anastasios; NISTOR, Eleonora; NITAS, Dimosthenis. Arsenic, cadmium, lead and mercury as undesirable substances in animal feeds. **Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies**, v. 46, n. 1, p. 17-22, 2013.

BARLTROP, D.; MEEK, F. Absorption of different lead compounds. **Postgraduate medical journal**, v. 51, n. 601, p. 805-809, 1975.

BECKETT, W. S.; NORDBERG, G. F.; CLARKSON, T. W. Routes of exposure, dose, and metabolism of metals. In: NORDBERG, G. F.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. T. (Ed.), **Handbook on the Toxicology of Metals**, 3. Ed. San Diego, Estados Unidos: Elsevier, p. 39–64, 2007.

BECKING, G. C.; NORDBERG, M.; NORDBERG, G. F. Essential metals: assessing risks from deficiency and toxicity. In: NORDBERG, G. F.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. T. (Ed.). **Handbook on the Toxicology of Metals**, 3. Ed. San Diego, Estados Unidos: Elsevier, p. 163–176, 2007.

BENNETT, Daniel R. et al. Zinc toxicity following massive coin ingestion. **The American journal of forensic medicine and pathology**, v. 18, n. 2, p. 148-153, 1997.

BENNETT, Harry et al. **Concise chemical and technical dictionary**. Chemical Pub. Co., 1986.

BERNY, P. J.; COTE, L. M.; BUCK, W. B. Case reports of lead poisoning in dogs from the National Animal Poison Control Center and the Centre National D'Informations Toxicologiques, Veterinaires: anecdotes or reality?. **Veterinary and human toxicology**, v. 34, n. 1, p. 26-31, 1992.

BERTHON, Guy. Aluminium speciation in relation to aluminium bioavailability, metabolism and toxicity. **Coordination Chemistry Reviews**, v. 228, n. 2, p. 319-341, 2002.

BHOELAN, B. S., STEVERING, C. H., VAN DER BOOG, A. T. J., & VAN DER HEYDEN, M. A. G. Barium toxicity and the role of the potassium inward rectifier current. **Clinical Toxicology**, v. 52(6), p. 584-593, 2014.

BHOWMIK, Debjit; CHIRANJIB, K. P.; KUMAR, S. A potential medicinal importance of zinc in human health and chronic. **Int J Pharm**, v. 1, n. 1, p. 05-11, 2010.

BISCHOFF, Karyn et al. Zinc toxicosis in a Boxer dog secondary to ingestion of holiday garland. **Journal of Medical Toxicology**, v. 13, n. 3, p. 263-266, 2017.

BJERRUM, N. Bjerrum's Inorganic Chemistry, 3rd Danish ed. 1936.

BLACK, Stuart C. Storage and excretion of lead 210 in dogs. **Archives of Environmental Health: An International Journal**, v. 5, n. 5, p. 423-429, 1962.

BLUNDELL, R.; ADAM, F. Haemolytic anaemia and acute pancreatitis associated with zinc toxicosis in a dog. **Veterinary Record Case Reports**, v. 1, n. 1, p. e100376, 2013.

BONACIN SILVA, A. L. **Caracterização ambiental e estudo do comportamento do chumbo, zinco e boro em área degradada por indústrias cerâmicas-região dos lagos de Santa Gertrudes**, SP, tese de doutorado (Universidade de São Paulo), 2001.

BOOCK, M. V.; NETO, JG Machado. Estudos toxicológicos do oxicloreto de cobre para tilápia vermelha (*Oreochromis sp.*). **Arq. Inst. Biol**, v. 67, n. 2, p. 215-221, 2000.

BOSCOLO, Wilson Rogério et al. Farinha de resíduo da filetagem de tilapia em rações para alevinos de Piavuçu, (*Leporinus macrocephalus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1819-1827, 2005.

BOWERS, T. Nutrition and immunity. Part 2: The role of selected micronutrients and clinical significance. **Vet. Clin. Nutr.** V. 4, p. 96-101, 1997

BRASIL. **Brasil possui a 5ª maior reserva de urânio do mundo**. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/noticias/infraestrutura/2016/09/brasil-possui-5-maior-reserva-de-uranio-no-mundo>>. Acesso em: 29 out. 2019.

BRASIL. **Chumbo**. 2018 Disponível em: <http://portalms.saude.gov.br/vigilancia-em-saude/vigilancia-ambiental/vigipeq/contaminantes-quimicos/chumbo>. Acesso em: 29 out. 2019.

BRASIL. **Resolução da diretoria colegiada - RDC n. 42 de 29 de agosto de 2013**. Ministério da Saúde - Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2013.

BREWER, G. J. et al. Use of zinc acetate to treat copper toxicosis in dogs. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 201, n. 4, p. 564-568, 1992.

CANFIELD, P. J. et al. 2494921. Blood lead, urinary delta aminolevulinic acid and the diagnosis of lead poisoning in dogs. **Australian veterinary journal**, v. 61, n. 10, p. 323-324, 1984.

CARCIOFI, Aulus Cavalieri et al. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 10, n. 2, 2009.

CASACUBERTA, N. et al. Radioactivity contents in dicalcium phosphate and the potential radiological risk to human populations. **Journal of Hazardous materials**, v. 170, n. 2-3, p. 814-823, 2009.

CHARBONNEAU, S. M. et al. Chronic toxicity of methylmercury in the adult cat interim report. **Toxicology**, v. 5, n. 3, p. 337-349, 1976.

CHENG, Jiali et al. Concentrations and human health implications of heavy metals in market foods from a Chinese coal-mining city. **Environmental toxicology and pharmacology**, v. 50, p. 37-44, 2017.

CHITTUM, John W. **Van Nostrand's international encyclopedia of chemical science**. 1964.

CLARK, L. C. et al. Decreased incidence of prostate cancer with selenium supplementation: results of a double-blind cancer prevention trial. **British journal of urology**, v. 81(5), p. 730-734, 1998.

COOGAN T.P. et al. Toxicity and carcinogenicity of nickel compounds. **Crit Rev Toxicol**. V. 19, p. 341–84, 1989.

COSTA JUNIOR, José Maria Farah et al. Teores de mercúrio em cabelo e consumo de pescado de comunidades ribeirinhas na Amazônia brasileira, região do Tapajós. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 23, p. 805-812, 2018.

CVA PETCARE Cães e Gatos - **Mercado para cães e gatos deve apresentar grande expansão com os pets sendo considerados “filhos” e “bebês” pelas famílias, revela novo Estudo Petcare da CVA Solutions**, 2016, Disponível em: <http://www.cvasolutions.com/noticias/noticia105.html/>. Acesso em: 31 out. 2019.

CZARNECKI MAULDEN, G. L.; RUDNICK, R. C.; CHAUSOW, D. G. COPPER BIOAVAILABILITY AND REQUIREMENT IN THE DOG-COMPARISON OF COPPER-OXIDE AND COPPER-SULFATE. In: **FASEB JOURNAL**. 9650 ROCKVILLE PIKE, BETHESDA, MD 20814-3998 USA: FEDERATION AMER SOC EXP BIOL, 1993. p. A305-A305.

DA COSTA, Silvânio Silvério Lopes et al. Multivariate optimization of an analytical method for the analysis of dog and cat foods by ICP OES. **Talanta**, v. 108, p. 157-164, 2013.

DASGUPTA, S. et al. Methylmercury Concentrations Found in Wild and Farm-raised Paddlefish. **Journal of Food Science**, v. 69, n. 2, p. fct122-fct125, 2004.

DAVIES, Mike et al. Mineral analysis of complete dog and cat foods in the UK and compliance with European guidelines. **Scientific reports**, v. 7, n. 1, p. 17107, 2017.

DE OLIVEIRA, Márcia Cristina Candido. **Estudo da exposição ambiental a metais e radionuclídeos em crianças do entorno da Represa Guarapiranga**. 2005. Dissertação de mestrado. Universidade de São Paulo.

DENKHAUS, E., & SALNIKOW, K. Nickel essentiality, toxicity, and carcinogenicity. **Critical reviews in oncology/hematology**, v. 42(1), p. 35-56, 2002.

DEWAILLY, E. et al. Risk and benefits from consuming salmon and trout: a Canadian perspective. **Food and chemical toxicology**, v. 45, n. 8, p. 1343-1348, 2007.

DO CANTO. Eduardo Leite. **Minerais, minérios, metais: de onde vêm? para onde vão?**, Editora Moderna, 128p, 1996.

DOLBEC, Julie et al. Sequential analysis of hair mercury levels in relation to fish diet of an Amazonian population, Brazil. **Science of the total environment**, v. 271, n. 1-3, p. 87-97, 2001.

DOREA, Jose G. Fish meal in animal feed and human exposure to persistent bioaccumulative and toxic substances. **Journal of food protection**, v. 69, n. 11, p. 2777-2785, 2006.

DOS SANTOS, Luciane do SN et al. Evaluation of total mercury concentrations in fish consumed in the municipality of Itaituba, Tapajos River Basin, Para, Brazil. **Science of the total environment**, v. 261, n. 1-3, p. 1-8, 2000.

DROBATZ, Kenneth J. et al. Association of holidays, full moon, Friday the 13th, day of week, time of day, day of week, and time of year on case distribution in an urban referral small animal emergency clinic. **Journal of veterinary emergency and critical care**, v. 19, n. 5, p. 479-483, 2009.

DUFFUS, John H. " Heavy metals" a meaningless term? (IUPAC Technical Report). **Pure and applied chemistry**, v. 74, n. 5, p. 793-807, 2002.

DUNLAP, Kriya L. et al. Hair analysis in sled dogs (*Canis lupus familiaris*) illustrates a linkage of mercury exposure along the Yukon River with human subsistence food systems. **Science of the Total Environment**, v. 385, n. 1-3, p. 80-85, 2007.

DURAN, Ali; TUZEN, Mustafa; SOYLAK, Mustafa. Trace element concentrations of some pet foods commercially available in Turkey. **Food and Chemical Toxicology**, v. 48, n. 10, p. 2833-2837, 2010.

EASTON D.F., et al. **Respiratory cancer in Welsh nickel refiners: which nickel compounds are responsible?** In: NIEBOER E, NRIAGU JO, editors. Nickel and human health: current perspectives. New York: Wiley, p. 603–19, 1992

ECELBARGER, Carolyn A.; GREGER, J. L. Dietary citrate and kidney function affect aluminum, zinc and iron utilization in rats. **The Journal of nutrition**, v. 121, n. 11, p. 1755-1762, 1991.

ECELBARGER, Carolyn A.; MACNEIL, Gwendolyn G.; GREGER, J. L. Tissue aluminum accumulation and toxic consequences in rats chronically fed aluminum with and without citrate. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 42, n. 10, p. 2220-2224, 1994.

ELIAS, Camila. **Qualidade nutricional de rações para cães: Influência de Zn na absorção de Cu e na prevenção de doença hepática**. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, 2015.

ELIAS, Camila; DE NADAI FERNANDES, Elisabete; BACCHI, Márcio. Neutron activation analysis for assessing chemical composition of dry dog foods. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, v. 291, n. 1, p. 245-250, 2011.

EXLEY C. What is the risk of aluminum as a neurotoxin? **Expert Ver Neurother** 14:589–591, 2014.

EXLEY, Christopher; MOLD, Matthew J. The binding, transport and fate of aluminium in biological cells. **Journal of Trace Elements in Medicine and Biology**, v. 30, p. 90-95, 2015.

FAIRBANKS, V. **Iron in medicine and nutrition**. Pp. 185-213 in: Modern Nutrition in Health and Disease, M. SHILS, J. OLSON, and M. SHIKE, eds. Philadelphia: Lea and Febiger., p. 185-213, 1994

FAWELL, J. K. **Aluminium in drinking-water**, 2010.

FDA. **Target Animal Safety Review Memorandum**. [s.l.] U. S. Food and Drug Administration - Center for Veterinary Medicine, 2011.

FERNANDES, Elisabete A. De Nadai et al. Trace element measurement for assessment of dog food safety. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 25, n. 3, p. 2045-2050, 2017.

FIETEN, H, et al. Association of dietary copper and zinc levels with hepatic copper and zinc concentration in Labrador Retrievers. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 26, n.6, p. 1274-1280, 2012.

FOWLER, B, A,; CHOU, C,-H, S, J,; JONES, R, L,; CHEN, C,-J, Arsenic, In: NORDBERG, G, F,; FOWLER, B, A,; NORDBERG, M,; FRIBERG, L, T, (Ed,), **Handbook on the Toxicology of Metals**, 3, ed, San Diego, Estados Unidos: Elsevier. p, 367–406, 2007.

GINÉ-ROSIAS, Maria Fernanda Georgina. **Espectrometria de emissão atômica com plasma acoplado indutivamente:(ICP-AES)**. 143p, 1998.

GINSBERG, Gary L.; TOAL, Brian F. Quantitative approach for incorporating methylmercury risks and omega-3 fatty acid benefits in developing species-specific

fish consumption advice. **Environmental Health Perspectives**, v. 117, n. 2, p. 267-275, 2008.

GIROTTI, E. **Cobre e zinco no solo sob uso intensivo de dejetos líquidos de suínos**, 2007. 121 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

GODOI A.F.L. et al. Contaminação ambiental por compostos organoestênicos. **Quím. Nova**. V. 26(5), p. 708-716, 2003.

GONÇALVES, José Rubens. **Determinação de Pb, Cd, Fe, Zn e Cu em carnes de bovinos e Pb, Cd e P em suplementos minerais no estado de Goiás**. Goiânia: Universidade Federal de Goiás, 2007.

GOYER R.A & CLARKSON T.W. **Toxic Effects of Metals – Minor Toxic Metals: Tin**. In: C.D. KLAASSEN (Eds.), CASARETT & DOULL'S Toxicology: The Basic Science of Poisons, 6 ed. USA: McGraw-Hill Professional; p. 561-62, 2001.

GREGER, J. L.; POWERS, Carolyn F. Assessment of exposure to parenteral and oral aluminum with and without citrate using a desferrioxamine test in rats. **Toxicology**, v. 76, n. 2, p. 119-132, 1992.

GUEVARA, María Victoria Manso. **Estudo da incorporação de urânio em ossos de ratos wistar e cães beagles, utilizando técnicas nucleares**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2002.

GUIMARÃES, Jean RD et al. Hg methylation in sediments and floating meadows of a tropical lake in the Pantanal floodplain, Brazil. **Science of the Total Environment**, v. 213, n. 1-3, p. 165-175, 1998.

GURNEE, Carolyn M.; DROBATZ, Kenneth J. Zinc intoxication in dogs: 19 cases (1991–2003). **Journal of the American Veterinary Medical Association**, v. 230, n. 8, p. 1174-1179, 2007.

HAMIR, A. N.; SULLIVAN, N. D.; HANDSON, P. D. The effects of age and diet on the absorption of lead from the gastrointestinal tract of dogs. **Australian veterinary journal**, v. 58, n. 6, p. 266-268, 1982.

HAMMOND, Genevieve M.; LOEWEN, Matthew E.; BLAKLEY, Barry R. Diagnosis and treatment of zinc poisoning in a dog. **Veterinary and human toxicology**, v. 46, n. 5, p. 272-275, 2004.

HANSEN, Jens C.; DANSCHER, Gorm. Quantitative and Qualitative Distribution of Mercury in Organs from Arctic Sledgedogs: An Atomic Absorption Spectrophotometric and Histochemical Study of Tissue Samples from Natural Long-Term High Dietary Organic Mercury-Exposed Dogs from Thule, Greenland. **Pharmacology & toxicology**, v. 77, n. 3, p. 189-195, 1995.

HARRO, Cailin C. et al. Hepatic copper and other trace mineral concentrations in dogs with hepatocellular carcinoma. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 33, n. 5, p. 2193-2199, 2019.

HASHEMI, Majid. Heavy metal concentrations in bovine tissues (muscle, liver and kidney) and their relationship with heavy metal contents in consumed feed. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 154, p. 263-267, 2018.

HEINDEL, J. J., PRICE, C. J., FIELD, E. A., MARR, M. C., MYERS, C. B., Morrissey, R. E., & Schwetz, B. A. Developmental toxicity of boric acid in mice and rats. **Fundamental and applied toxicology**, v.18(2), p. 266-277, 1992.

HOCH M. Organotin compounds in the environment – an overview. **Applied Geochemistry**. V.16, p. 719-743, 2001.

HOFFMANN, G. et al. Dietary management of hepatic copper accumulation in Labrador Retrievers. **Journal of veterinary internal medicine**, v. 23, n. 5, p. 957-963, 2009.

HOFFMANN, Gaby et al. Copper-associated chronic hepatitis in Labrador Retrievers. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, v. 20, n. 4, p. 856-861, 2006.

HØGÅSEN, Helga R. et al. Lead intoxication in dogs: risk assessment of feeding dogs trimmings of lead-shot game, **BMC veterinary research**, v. 12, n. 1, p. 152, 2016.

HUERTER, Lori. Lead toxicosis in a puppy. **The Canadian Veterinary Journal**, v. 41, n. 7, p. 565, 2000.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional de Saúde**. 2013. Disponível em: https://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/pns/2013_vol3/default.shtm. Acesso em: 31 out. 2019.

INSTITUTO PET BRASIL. **Censo Pet: 139,3 milhões de animais de estimação no Brasil**. 2019. Disponível em: <http://institutopetbrasil.com/imprensa/censo-pet-1393-milhoes-de-animais-de-estimacao-no-brasil/>. Acesso em: 12 nov. 2019.

ISHIKAWA, Nilton Massuo. **Toxicidade aguda e crônica do mercúrio em tilápia Tailandesa, Oreochromis niloticus: determinação da CL50-96h e alterações hematológicas**. Dissertação de mestrado, 2003.

JOHNSTON A.N., CENTER S.A., MCDONOUGH S.P. et al. Hepatic copper concentrations in Labrador Retrievers with and without chronic hepatitis: 72 cases (1980-2010). **J Amer Vet Med Ass**, v. 242, p. 372–380, 2013.

KASPER, Daniele et al. Mercúrio em peixes-fontes e contaminação. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 2, p. 228-239, 2007.

KASPER, Daniele et al. Mercúrio em peixes-fontes e contaminação. **Oecologia Brasiliensis**, v. 11, n. 2, p. 228-239, 2007.

KEITH S, FAROON O, RONEY N. Toxicological profile for uranium, **Agency for Toxic Substances and Disease Registry**, Atlanta, 2013.

KIM, Hyun-Tae et al. Evaluation of arsenic, cadmium, lead and mercury contamination in over-the-counter available dry dog foods with different animal ingredients (red meat, poultry, and fish). **Frontiers in veterinary science**, v. 5, 2018.

KIM, Hyun-tae et al. Evaluation of selected ultra-trace minerals in commercially available dry dog foods. **Veterinary Medicine: Research and Reports**, v. 9, p. 43, 2018.

KITAHARA, Sandra Emi et al. Mercúrio total em pescado de água doce. **Ciênc Tecnol Aliment**, v. 20, n. 2, p. 267-73, 2000.

LANOCHA, Natalia et al. Evaluation of dog bones in the indirect assessment of environmental contamination with trace elements. **Biological trace element research**, v. 147, n. 1-3, p. 103-112, 2012.

LARSEN, P., and M. BERRY. Nutritional and hormonal regulation of thyroid hormone deiodinases. **Annual Review of Nutrition**, v. 15, p. 323- 352, 1995.

LASKY, Tamar et al. Mean total arsenic concentrations in chicken 1989-2000 and estimated exposures for consumers of chicken. **Environmental Health Perspectives**, v. 112, n.1, p. 18, 2004.

LEE, Ye-Rin; KANG, Min-Hee; PARK, Hee-Myung. Treatment of zinc toxicosis in a dog with chelation using d-penicillamine. **Journal of veterinary emergency and critical care**, v. 26, n. 6, p. 825-830, 2016.

LEVANDER, O. **Trace Elements in Human and Animal Nutrition, 5th edition**, W. Mertz, ed. Orlando, Fla.: Academic Press, p. 209-279, 1986.

LI, Y, et al. A survey of selected heavy metal concentrations in Wisconsin dairy feeds, **Journal of Dairy Science**, v. 88, n. 8, p. 2911-2922, 2005.

LISON, D. **Cobalt**. In: NORDBERG, G. F.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. T. (Ed.). **Handbook on the Toxicology of Metals**. 3. ed. San Diego, Estados Unidos: Elsevier, p. 511–528, 2007.

LLOYD RD, MAYS CW, ATHERTON DR, BRUENGER FW, PB-210 studies in beagles. **Health Physiol**, 28(5):575–83, 1975.

LÓPEZ-ALONSO, M. et al. Use of dogs as indicators of metal exposure in rural and urban habitats in NW Spain, **Science of the Total Environment**, v. 372, n. 2-3, p. 668-675, 2007.

LUIPPOLD, Adriel; GUSTIN, Mae Sexauer. Mercury concentrations in wet and dry cat and dog food. **Animal Feed Science and Technology**, v. 222, p. 190-193, 2016.

MANHAN, S. E. **Toxicological chemistry and biochemistry**. Florida: CRC Press, 1993. p. 215-216.

MARCAL, W. Sachetin; DO NASCIMENTO, Marcos Roberto; MENCK, Maísa Fabiana. Níveis de metais tóxicos em suplementos minerais para bovinos comercializados em Londrina. Uma Revisão. **Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal: RBHSA**, v. 9, n. 3, p. 592-601, 2015.

MARQUES, João José et al. Trace element geochemistry in Brazilian Cerrado soils. **Geoderma**, v. 121, n. 1-2, p. 31-43, 2004.

MARTISEN N, CASPER J. Allergies and elemental minerals: a new understanding. **Dogs Naturally**. 4:56–59, 2013.

MATHER A. An account of the effects of an over-dose of the Terra Ponderosa Muriata. **Medical Commentaries**. V.9, p. 265 – 270, 1795.

MATTIAS, Jorge Luis et al. **Metais tóxicos em solos sob aplicação de dejetos líquidos de suínos em duas microbacias hidrográficas de Santa Catarina**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

MAURICE-BOURGOIN, Laurence et al. Mercury distribution in waters and fishes of the upper Madeira rivers and mercury exposure in riparian Amazonian populations. **Science of the Total Environment**, v. 260, n. 1-3, p. 73-86, 2000.

MCCOWN, J. L., & SPECHT, A. J. Iron homeostasis and disorders in dogs and cats: a review. **Journal of the American Animal Hospital Association**, v. 47(3), p.151-160, 2011.

MERCK, E. **Determinación colorimétrica y fotométrica de boro com curcumina**. 4p, 1990.

MOFFETT, D, B,; EL-MASRI, H, A,; FOWLER, B, A, General considerations of dose-effect and dose-response relationships, In: NORDBERG, G, F,; FOWLER, B, A,; NORDBERG, M,; FRIBERG, L, T, (Ed,), **Handbook on the Toxicology of Metals**, 3, ed, San Diego, Estados Unidos: Elsevier, 2007, p, 101–115.

MOORE, J. W. **Inorganic contaminants of surface water: research and monitoring priorities**. Springer Science & Business Media, 2012.

NACHMAN, K. E[†] et al. Arsenic species in poultry feather meal. **Science of the Total Environment**, v. 417, p. 183-188, 2012.

NACHMAN, Keeve E. et al. Roxarsone, inorganic arsenic, and other arsenic species in chicken: a US-based market basket sample. **Environmental health perspectives**, v. 121, n. 7, p. 818, 2013.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL et al. **Nutrient requirements of dogs and cats**. National Academies Press, 2006.

NIELSEN, F. H. Ultratrace elements of possible importance in human health: an update, **Progress in Clinical and Biological Research**, v. 380, p. 355–376, 1993.

NORDBERG, G. F.; NOGAWA, K.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. T. Cadmium, In: NORDBERG, G. F.; FOWLER, B. A.; NORDBERG, M.; FRIBERG, L. T. (Ed.), **Handbook on the Toxicology of Metals**, 3. Ed. San Diego, Estados Unidos: Elsevier, p. 445–486, 2007.

NORDBERG, Gunnar F.; FOWLER, Bruce A.; NORDBERG, Monica (Ed.), **Handbook on the Toxicology of Metals**, Academic Press, 2014.

NRC. **Mineral Tolerance of Animals**. Washington, D.C.: National Academies Press, 2005.

OLMEDO, P. et al. Determination of toxic elements (mercury, cadmium, lead, tin and arsenic) in fish and shellfish samples. Risk assessment for the consumers. **Environment international**, v. 59, p. 63-72, 2013.

OSKARSSON A., REEVES A.L. **Barium**. In: Nordberg G, Nordberg M, Fowler B, Friberg L, eds . *Handbook of the Toxicology of Metals* . Boston: Academic Press, p. 407 – 414 , 2007.

OSTRAKHOVITCH EA & CHERIAN MG. **Tin**. In: G.F. NORDBERG, B.A. FOWLER, M. NORDBERG, L.T. FRIBERG (Eds.), *Handbook on the Toxicology of Metals*, 3ed. California, USA: Academic Press – Elsevier; p. 839-859, 2007.

OWEN, L. M. W. et al. Aluminium uptake from some foods by guinea pigs and the characterization of aluminium in in vivo intestinal digesta by SEC-ICP-MS. **Food and chemical toxicology**, v. 32, n. 8, p. 697-705, 1994.

PARK, S. H.; LEE, M. H.; KIM, S. K. Studies on Cd, Pb, Hg and Cr values in dog hairs from urban Korea. **Asian-australasian journal of animal sciences**, v. 18, n. 8, p. 1135-1140, 2005.

PARK, S. H.; LEE, M. H.; KIM, S. K. Studies on the concentrations of Cd, Pb, Hg and Cr in dog serum in Korea. **Asian-australasian journal of animal sciences**, v. 18, n. 11, p. 1623-1627, 2005.

PASSLACK, N.; MAINZER, .B.; LAHRSEN-WIEDERHOLT, M.; SCHAFFT, H.; PALAVINSKAS, R.; BREITHAUPT, A.; NEUMANN, K.; ZENTEK, J. Concentrations of strontium, barium, cadmium, copper, zinc, manganese, chromium, antimony, selenium and lead in the equine liver and kidneys, **Journal of Veterinary Science**, v. 16, n. 1, p. 57–66, 2015.

PAULELLI, Ana Carolina Cavaleiro et al. Risk assessment of 22 chemical elements in dry and canned pet foods. **Journal of Consumer Protection and Food Safety**, v. 13, n. 4, p. 359-365, 2018.

PEDRINELLI, Vivian et al. Concentrations of macronutrients, minerals and heavy metals in home-prepared diets for adult dogs and cats. **Scientific reports**, v. 9, n. 1, p. 1-12, 2019.

PEIXE, B. R. Anuário Peixe BR da piscicultura 2018. São Paulo: **Associação Brasileira de Piscicultura**, 2019.

PERRING L & BASIC-DVORZAK M. Determination of total tin in canned food using inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. **Anal Bioanal Chem.** V. 374, p. 235-243, 2002.

PETTERSEN, John C. et al. Twenty-six week toxicity study with KASAL®(basic sodium aluminum phosphate) in beagle dogs. **Environmental geochemistry and health**, v. 12, n. 1, p. 121-123, 1990.

PITCAIRN, Richard H.; PITCAIRN, Susan Hubble. **Dr. Pitcairn's complete guide to natural health for dogs & cats**. Rodale, 2017.

PLUM, Laura M.; RINK, Lothar; HAASE, Hajo. The essential toxin: impact of zinc on human health. **International journal of environmental research and public health**, v. 7, n. 4, p. 1342-1365, 2010.

PLUMB, D.C. Ferrous sulfate. In: PLUMB, D.C, ed. **Veterinary drug handbook**. 6th ed. Ames (IA): Blackwell Publishing. p.382, 2008.

POLAK, J. et al. Evaluating lead bioavailability data by means of a physiologically based lead kinetic model. **Toxicological Sciences**, v. 29, n. 1, p. 63-70, 1996.

POND, W. G., CHURCH, D. C. AND POND, K. R. **Basic Animal Nutrition and Feeding**, 4th ed. John Wiley & Sons, Inc., New York, NY, USA, 1995.

PRADO, Geórgia Reis. **Estudo de contaminação ambiental por urânio no município de Caetité-Ba, utilizando dentes humanos como bioindicadores**. Dissertação de mestrado-UESC—Universidade Estadual de Santa Cruz, 2007.

PRAKASH, Atish; BHARTI, Kanchan; MAJEED, Abu Bakar A. Zinc: indications in brain disorders. **Fundamental & clinical pharmacology**, v. 29, n. 2, p. 131-149, 2015.

RAINONE, Raquel. **Avaliação de métodos analíticos para determinação de Na, K, Ca, Mg, P e S em biodiesel por ICP OES**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2011.

RAND, G. M.; WELLS, P. G.; MCCARTY, L. S. Introduction to aquatic toxicology. **Fundamentals of aquatic toxicology effects, environmental fate, and risk assessment**. Taylor and Francis Publishers, North Palm Beach, Florida, USA, p. 3-67, 1995.

RAYMAN, M. P. Selenium in cancer prevention: a review of the evidence and mechanism of action. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 64(4), p. 527-542, 2005.

RHIAN, M., and A. A. MOXON. Chronic selenium poisoning in dogs and its prevention by arsenic. **J. Pharm. Exp. Therap.** V. 78, p. 249–264, 1943.

ROBERTS R.S., JULIAN J.A., JADON N., MUIR D.C.F. **Cancer mortality in Ontario nickel workers, 1950–1984**. In: NIEBOER E, NRIAGU JO, editors. Nickel and human health: current perspectives. New York: Wiley, p. 629–48, 1992.

ROBINSON, J. W.; FRAME, E. M. S.; FRAME G. M. **Undergraduate instrumental analysis**. Boca Raton: CRC Press, 1080 p, 2004.

SAKAI, T. et al. Hair mercury concentrations in cats and dogs in Central Japan. **British Veterinary Journal**, v. 151, n. 2, p. 215-219, 1995.

SARPA, M. **Avaliação da toxicidade pré-natal do trifetil hidróxido de estanho (TPTH) em camundongos**. Dissertação de mestrado. Rio de Janeiro [RJ]: Escola Nacional de Saúde Pública; 2003.

SERPE, F. P. et al. Levels of heavy metals in liver and kidney of dogs from urban environment. **Open veterinary journal**, v. 2, n. 1, p. 15-18, 2012.

SHAW, C. A.; TOMLJENOVIC, L. Aluminum in the central nervous system (CNS): toxicity in humans and animals, vaccine adjuvants, and autoimmunity. **Immunologic research**, v. 56, n. 2-3, p. 304-316, 2013.

SKOOG, D. A.; HOLLER, F. J.; CROUCH, S. R. **Principles of instrumental analysis**. Stamford: Cengage Learning, 1056 p, 2007.

SLANINA, P. et al. Dietary citric acid enhances absorption of aluminum in antacids. **Clinical chemistry**, v. 32, n. 3, p. 539-541, 1986.

SMANHOTTO, Adriana et al. Cobre e zinco no material percolado e no solo com a aplicação de água residuária de suinocultura em solo cultivado com soja. **Engenharia Agrícola**, p. 347-357, 2010.

SMICHOWSKI, Patricia. Antimony in the environment as a global pollutant: a review on analytical methodologies for its determination in atmospheric aerosols. **Talanta**, v. 75, n. 1, p. 2-14, 2008.

SOARES, Marcio Roberto. **Coeficiente de distribuição (Kd) de metais tóxicos em solos do estado de São Paulo**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo, 2004.

SOUSA, Ana CA et al. Mercury, pets' and hair: baseline survey of a priority environmental pollutant using a noninvasive matrix in man's best friend. **Ecotoxicology**, v. 22, n. 9, p. 1435-1442, 2013.

STOWE, H. D. et al. Experimental oral lead toxicity in young dogs. **Arch, Pathol.**; (United States), v. 95, 1973.

STREIT, B. **Lexikon der Okotoxikologie**.-VCH Verl., 901 S. 1994.

STRICKLAND, Jaimie M. et al. Hepatic copper concentrations in 546 dogs (1982–2015). **Journal of veterinary internal medicine**, v. 32, n. 6, p. 1943-1950, 2018.

STRUPP C. Beryllium Metal I. Experimental Results on Acute Oral Toxicity, Local Skin and Eye Effects, and Genotoxicity. **Annals of occupational hygiene**; v. 55: p. 30–42, 2011.

STRUPP, C. Beryllium metal II. A review of the available toxicity data. **Annals of occupational hygiene**, v. 55(1), p. 43-56, 2010.

SUEHIRO F., et al. Degradation of tributyltin in microcosm using Mekong River sediment. **Microbial Ecology**. V. 52, p.19-25, 2006.

SUNDERMAN F. W. Jr. **Carcinogenicity of nickel compounds in animals**. In: SUNDERMAN F.W. Jr., editor. Nickel in the human environment, vol. 53. Lyon: IARC Scientific Publications, p. 127–42, 1984.

THOMAS, Kent W.; D PELLIZZARI, E. D. O.; BERRY, Maurice R. Population-based dietary intakes and tap water concentrations for selected elements in the EPA region V National Human Exposure Assessment Survey (NHEXAS). **Journal of Exposure Science and Environmental Epidemiology**, v. 9, n. 5, p. 402, 1999.

THORNTON, Iain. **Metals in the global environment: facts and misconceptions**. International Council on Metals and the Environment, 1995.

TOMZA-MARCINIAK, Agnieszka et al. Lead, cadmium and other metals in serum of pet dogs from an urban area of NW Poland. **Biological trace element research**, v. 149, n. 3, p. 345-351, 2012.

TORRES, Daiane Placido. **Desenvolvimento de métodos simples e rápidos para determinação de mercúrio total e inorgânico em amostras biológicas por espectrometria de absorção atômica com vapor frio**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina, 2009.

TRUONG-TRAN, Ai Q. et al. New insights into the role of zinc in the respiratory epithelium. **Immunology and cell biology**, v. 79, n. 2, p. 170-177, 2001.

TSALEV D.L. & ZAPRIANOV Z.K. **Tin**. In: Atomic Absorption Spectrometry in Occupational and Environmental Health Practice. 2 ed. Florida [EUA]: CRC Press; p. 199-204, 1985.

TSUKAMOTO, H.; PARKER, H. R.; PEOPLES, S. A. Metabolism and renal handling of sodium arsenate in dogs. **American journal of veterinary research**, v. 44, n. 12, p. 2331-2335, 1983.

TURNLUND, J. **Copper**. in: SHILS, Maurice E.; OLSON, James A.; SHIKE, Moshe. Modern nutrition in health and disease. 1994. Eds. Philadelphia: Lea and Febiger, 1994.

UNEP. **Global mercury assessment**. Geneva, Switzerland, 2002.

VAN DEN INGH, Ted SGAM et al. Morphological classification of parenchymal disorders of the canine and feline liver. **WSAVA Standards for clinical and histological diagnosis of canine and feline liver disease**, 2006.

VAN VLEET, J. F.; REBAR, A. H.; FERRANS, V. J. Acute cobalt and isoproterenol cardiotoxicity in swine: protection by selenium-vitamin E supplementation and potentiation by stress-susceptible phenotype. **American Journal of Veterinary Research**, v. 38, p. 991–1002, 1977.

VICENTE-VICENTE, Laura et al. Nephrotoxicity of uranium: pathophysiological, diagnostic and therapeutic perspectives. **Toxicological sciences**, v. 118, n. 2, p. 324-347, 2010.

WEDEKIND, K. J., C. KIRK, S. YU, and R. NACHREINER. Defining the safe lower and upper limits for selenium (Se) in adult dogs. **Fed. Proc.** V. 16, p. A992–A993, 2002.

WHO. World Health Organization. **Trace elements in human nutrition and health**. Geneva, 343p, 1996.

Wisner T. Lead. In: Peterson M, Talcott P, eds. **Small animal toxicology**. 3rd edn. Saunders, 609-15, 2013.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). International Labour Organization. Concise International Chemical Assessment Document 65: **Tin and Inorganic Tin Compounds**. United Nations Environmental Programme. Geneva. WHO, 2005.

YOKEL, ROBERT A. The toxicology of aluminum. **Neurotoxicology**, v. 21, p. 813-828, 2000.

YU, S., K. J. WEDEKIND, C. A. KIRK, and R. F. NACHREINER. Primary hair growth in dogs depends on dietary selenium concentrations. **J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.** V. 90, p. 146–151, 2006.

YUZHASIYAN-GURKAN, Vilma et al. Treatment of Wilson's disease with zinc: X. Intestinal metallothionein induction. **The Journal of laboratory and clinical medicine**, v. 120, n. 3, p. 380-386, 1992.

ZOOK, Bernard C. The pathologic anatomy of lead poisoning in dogs, **Veterinary Pathology**, v. 9, n. 5, p. 310-327, 1972.