

TOXICOLOGIA VETERINÁRIA: EFEITOS DE METAIS PESADOS EM ANIMAIS DOMÉSTICOS

Priscila Dalmagro¹
Cleber Ferreira Ramos Rodrigues²
Kéthelin Fagundes Pussi³

Resumo: A toxicologia veterinária dos metais pesados constitui um campo essencial para a compreensão dos impactos ambientais e sanitários sobre os animais domésticos. Metais como chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg) apresentam elevada toxicidade, mesmo em baixas concentrações, devido à sua capacidade de bioacumulação e persistência no organismo. As principais fontes de contaminação incluem atividades industriais, uso de fertilizantes, pesticidas, poluição ambiental e alimentos contaminados. Esses metais possuem propriedades químicas que favorecem sua reatividade biológica, promovendo estresse oxidativo, formação de radicais livres e interferência em processos enzimáticos. A bioacumulação ocorre principalmente em órgãos como fígado, rins e sistema nervoso, afetando múltiplos sistemas fisiológicos. Clinicamente, os animais podem apresentar distúrbios neurológicos, renais, gastrointestinais e reprodutivos, variando conforme o metal e o nível de exposição. A detecção desses contaminantes é realizada por técnicas como espectrometria de massa, permitindo análise precisa em tecidos biológicos. O tratamento inclui terapias quelantes e medidas de suporte, enquanto a prevenção baseia-se no controle ambiental e alimentar.

Palavras-chave: Toxicologia veterinária; Metais pesados; Bioacumulação; Estresse oxidativo; Animais domésticos; Contaminação ambiental; Espectrometria; Intoxicação.

Abstract: Veterinary toxicology of heavy metals is an essential field for understanding the environmental and health impacts on domestic animals. Metals such as lead (Pb), cadmium (Cd), arsenic (As), and mercury (Hg) exhibit high toxicity, even at low concentrations, due to their bioaccumulation and persistence in the body. The main sources of contamination include industrial activities, the use of fertilizers, pesticides, environmental pollution, and contaminated food. These metals possess chemical properties that favor their biological reactivity, promoting oxidative stress, the formation of free radicals, and interference in enzymatic processes. Bioaccumulation occurs mainly in organs such as the liver, kidneys, and nervous system, affecting multiple physiological systems. Clinically, animals may present neurological, renal, gastrointestinal, and reproductive disorders, varying according to the metal and the level of exposure. The detection of these contaminants is performed using techniques such as mass

¹ Doutora em Ciência Animal pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho - Araçatuba. (2016)

² Graduação em Medicina Veterinária. Faculdade de Ciências Sociais e Agrárias de Itapeva, FAIT. (2014)

³ Mestrado em Ensino de Ciências. Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, UFMS. (2025)

spectrometry, allowing precise analysis in biological tissues. Treatment includes chelation therapies and supportive measures, while prevention is based on environmental and dietary control.

Keywords: veterinary toxicology; heavy metals; bioaccumulation; oxidative stress; domestic animals; environmental contamination; spectrometry; poisoning.

1. INTRODUÇÃO

A toxicologia veterinária tem ganhado destaque no contexto da saúde animal e ambiental, especialmente diante do aumento da exposição a contaminantes químicos provenientes das atividades antrópicas. Dentre esses contaminantes, os metais pesados destacam-se por sua elevada toxicidade, persistência no ambiente e capacidade de bioacumulação em organismos vivos. Elementos como chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg) são amplamente reconhecidos como agentes tóxicos relevantes para animais domésticos, podendo causar efeitos adversos mesmo em concentrações reduzidas.

As fontes de contaminação por metais pesados são diversas, incluindo atividades industriais, mineração, poluição atmosférica, uso de fertilizantes e pesticidas, além da contaminação de água, solo e alimentos. Animais domésticos estão particularmente expostos por meio da ingestão de ração, água contaminada e pastagens, sendo frequentemente considerados bioindicadores da poluição ambiental. Além disso, produtos agrícolas tratados com compostos químicos, como fungicidas à base de mercúrio, também contribuem significativamente para intoxicações.

Do ponto de vista químico, os metais pesados apresentam propriedades que favorecem sua interação com sistemas biológicos, especialmente na forma iônica, permitindo ligação com proteínas e enzimas. Essa característica resulta na inibição de processos metabólicos essenciais e na geração de espécies reativas de oxigênio (ROS), promovendo estresse oxidativo e danos celulares. Tais mecanismos são determinantes para o desenvolvimento de toxicidade sistêmica.

A bioacumulação é um fenômeno central na toxicologia desses metais, uma vez que eles não são facilmente metabolizados ou eliminados pelo organismo. Assim, acumulam-se progressivamente em tecidos como fígado, rins, ossos e sistema nervoso, podendo ser transferidos ao longo da cadeia alimentar. Esse processo representa risco tanto para os animais quanto para a saúde humana, especialmente pelo consumo de produtos de origem animal contaminados.

Os efeitos clínicos da intoxicação por metais pesados variam conforme o tipo de metal, dose e tempo de exposição. De maneira geral, incluem distúrbios gastrointestinais, neurológicos, renais e respiratórios. No caso do mercúrio, por exemplo, observa-se comprometimento do

sistema nervoso central, trato gastrointestinal e rins, podendo evoluir para quadros graves e até fatais. Já metais como chumbo e cádmio estão associados a alterações renais, anemia, alterações neurológicas e redução da produtividade animal.

A identificação da contaminação por metais pesados é realizada por métodos analíticos avançados, com destaque para a espectrometria de massa, técnica amplamente utilizada para quantificação precisa desses elementos em tecidos biológicos. Esses métodos são fundamentais tanto para diagnóstico quanto para monitoramento ambiental e controle sanitário.

Quanto ao tratamento, a abordagem depende do metal envolvido e da gravidade da intoxicação, sendo comum o uso de agentes quelantes, além de terapias de suporte para estabilização do animal. No entanto, a prevenção ainda é a estratégia mais eficaz, envolvendo o controle das fontes de contaminação, manejo adequado de alimentos e água, e fiscalização ambiental rigorosa.

Diante desse cenário, torna-se evidente a importância do estudo dos efeitos dos metais pesados em animais domésticos, não apenas sob a perspectiva clínica, mas também ambiental e de saúde pública, reforçando a necessidade de medidas integradas de controle e prevenção.

2. FONTES DE CONTAMINAÇÃO E VIAS DE EXPOSIÇÃO

A contaminação por metais pesados em animais domésticos está diretamente relacionada às atividades antrópicas e aos processos naturais que promovem a dispersão desses elementos no ambiente. Dentre as principais fontes de contaminação, destacam-se as atividades industriais, mineração, uso de fertilizantes e pesticidas, descarte inadequado de resíduos, poluição atmosférica e contaminação de recursos hídricos e do solo. Esses fatores contribuem para a introdução contínua de metais como chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg) nos ecossistemas, elevando o risco de exposição para os animais domésticos (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

As atividades industriais e urbanas representam uma das principais fontes de poluição por metais pesados, especialmente em regiões próximas a fábricas, fundições e áreas de intenso tráfego de veículos. A emissão de partículas metálicas no ar, associada à deposição no solo e na água, favorece a contaminação de pastagens e fontes de abastecimento hídrico utilizadas pelos animais. Além disso, práticas agrícolas que utilizam fertilizantes, herbicidas e inseticidas contendo metais contribuem significativamente para o acúmulo desses contaminantes no solo, podendo ser absorvidos pelas plantas e posteriormente ingeridos pelos animais (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Outra importante fonte de contaminação está relacionada à alimentação animal. Rações, suplementos minerais e grãos podem apresentar níveis elevados de metais pesados, seja por contaminação durante o cultivo, processamento ou armazenamento. No caso do mercúrio, por exemplo, a intoxicação em animais domésticos está frequentemente associada ao consumo de alimentos tratados com compostos mercuriais utilizados como fungicidas, evidenciando o risco alimentar como via crítica de exposição (OBERHERR; ROSSATO, 2002).

As vias de exposição aos metais pesados em animais domésticos são variadas, sendo a ingestão a principal forma de entrada desses contaminantes no organismo. A ingestão ocorre principalmente por meio do consumo de água contaminada, alimentos, pastagens e solo. Animais de produção, como bovinos, estão particularmente vulneráveis devido ao hábito de pastejo, o que aumenta a probabilidade de ingestão de partículas contaminadas presentes no ambiente (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Além da via oral, a inalação de partículas contaminadas também constitui uma via relevante de exposição, especialmente em regiões com elevada poluição atmosférica. A inalação permite que partículas metálicas atinjam diretamente o sistema respiratório, podendo ser absorvidas pela corrente sanguínea e distribuídas para diversos órgãos. Embora menos significativa em comparação à ingestão, essa via pode contribuir para a exposição crônica, principalmente em áreas industriais (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

A absorção cutânea representa outra via possível, embora menos frequente. Em situações específicas, como o contato com produtos químicos contendo metais pesados ou o uso de substâncias tóxicas contaminadas, pode ocorrer a penetração desses elementos através da pele. No caso do mercúrio, há evidências de intoxicação decorrente da absorção percutânea após aplicação de compostos contendo esse metal, demonstrando que essa via, apesar de secundária, pode ser relevante em determinadas circunstâncias (SMITH, 1993).

Após a entrada no organismo, os metais pesados são distribuídos via corrente sanguínea e tendem a se acumular em tecidos específicos, como fígado, rins e sistema nervoso, devido à sua baixa taxa de eliminação. Esse acúmulo progressivo caracteriza a exposição crônica e potencializa os efeitos tóxicos ao longo do tempo, mesmo quando a exposição ocorre em baixas concentrações (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

3. PROPRIEDADES QUÍMICAS E COMPORTAMENTO DOS METAIS PESADOS

Os metais pesados são definidos, de modo geral, como elementos químicos de elevada densidade, massa atômica significativa e propriedades físico-químicas que lhes conferem alta

reatividade e potencial tóxico. Entre os principais metais de interesse na toxicologia veterinária destacam-se o chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg), os quais apresentam comportamento químico complexo e elevada persistência ambiental. Essas características influenciam diretamente sua biodisponibilidade, toxicidade e capacidade de interação com sistemas biológicos (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Uma das propriedades mais relevantes desses metais é a sua capacidade de existir em diferentes estados de oxidação e formas químicas, o que determina sua toxicidade e mobilidade no ambiente. O arsênio, por exemplo, pode ser encontrado nas formas trivalente (As^{3+}) e pentavalente (As^{5+}), sendo a forma trivalente mais tóxica devido à sua maior afinidade por grupos sulfidril de proteínas (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023). De maneira semelhante, o mercúrio pode ocorrer nas formas metálica, inorgânica e orgânica, sendo esta última, especialmente o metilmercúrio, altamente tóxica e facilmente absorvida pelos organismos (OBERHERR; ROSSATO, 2002).

Os metais pesados apresentam elevada afinidade por grupos funcionais presentes em biomoléculas, como grupos sulfidril (-SH), carboxila (-COOH) e fosfato ($-\text{PO}_4^{3-}$). Essa característica permite que se liguem a proteínas, enzimas e ácidos nucleicos, interferindo em processos metabólicos essenciais. Como consequência, ocorre inibição enzimática, alteração da estrutura proteica e comprometimento de funções celulares vitais, contribuindo para o desenvolvimento de toxicidade sistêmica (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Outro aspecto importante do comportamento químico desses metais é sua capacidade de gerar espécies reativas de oxigênio (ROS), promovendo estresse oxidativo. Esse processo ocorre devido à interação dos metais com sistemas redox celulares, resultando na formação de radicais livres que causam danos a lipídios, proteínas e DNA. O chumbo e o cádmio, por exemplo, estão fortemente associados à indução de peroxidação lipídica e redução da atividade de enzimas antioxidantes, intensificando os danos celulares (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Além disso, os metais pesados apresentam baixa biodegradabilidade, o que significa que não são facilmente degradados no ambiente. Como resultado, permanecem por longos períodos no solo, na água e nos organismos vivos, acumulando-se ao longo do tempo. Essa persistência ambiental está diretamente relacionada ao fenômeno da bioacumulação e biomagnificação, no qual a concentração dos metais aumenta progressivamente ao longo da cadeia alimentar (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

O comportamento desses metais também é influenciado por fatores ambientais, como pH, temperatura, presença de matéria orgânica e interações com outros elementos químicos. Em

condições ácidas, por exemplo, muitos metais tornam-se mais solúveis, aumentando sua biodisponibilidade e, conseqüentemente, o risco de absorção pelos organismos. Além disso, interações entre metais podem potencializar ou reduzir seus efeitos tóxicos, dependendo da combinação e das condições ambientais (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Dessa forma, as propriedades químicas dos metais pesados estão diretamente relacionadas ao seu comportamento no ambiente e nos organismos, determinando sua toxicidade, mobilidade e impacto biológico. A compreensão dessas características é fundamental para o desenvolvimento de estratégias de monitoramento, controle e prevenção da contaminação em animais domésticos.

4. BIOACUMULAÇÃO E BIOMAGNIFICAÇÃO EM SISTEMAS BIOLÓGICOS

A bioacumulação e a biomagnificação são processos fundamentais para a compreensão da dinâmica dos metais pesados em sistemas biológicos, especialmente no contexto da toxicologia veterinária. Esses fenômenos explicam como substâncias tóxicas, como chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg), se acumulam nos organismos e se concentram progressivamente ao longo da cadeia alimentar, representando riscos significativos à saúde animal e humana.

A bioacumulação refere-se ao processo pelo qual substâncias químicas são absorvidas por um organismo em uma taxa superior à sua capacidade de eliminação. No caso dos metais pesados, essa característica é particularmente relevante, uma vez que esses elementos não são biodegradáveis e possuem baixa taxa de excreção. Assim, ao longo do tempo, acumulam-se em tecidos específicos, como fígado, rins, ossos e sistema nervoso, podendo atingir níveis tóxicos mesmo quando a exposição ocorre em baixas concentrações (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Esse acúmulo está diretamente relacionado às propriedades químicas dos metais, como sua afinidade por proteínas e estruturas celulares. Muitos metais pesados ligam-se a grupos sulfidrila de enzimas e proteínas, dificultando sua eliminação e favorecendo sua retenção nos tecidos. Além disso, mecanismos de transporte celular podem facilitar sua absorção, contribuindo para o aumento da carga corporal ao longo do tempo (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

A bioacumulação também é influenciada por fatores como tempo de exposição, dose, espécie animal e estado fisiológico. Animais expostos cronicamente, mesmo a pequenas quantidades de metais pesados, tendem a apresentar maior acúmulo tecidual, o que pode resultar em efeitos tóxicos tardios. Em bovinos, por exemplo, há evidências de acúmulo significativo de

metais como Cd e Pb nos rins e fígado, órgãos diretamente envolvidos nos processos de detoxificação (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

A biomagnificação, por sua vez, refere-se ao aumento progressivo da concentração de substâncias tóxicas ao longo dos níveis tróficos da cadeia alimentar. Esse fenômeno ocorre porque organismos predadores consomem presas que já contêm metais acumulados em seus tecidos, resultando em concentrações ainda mais elevadas nos níveis superiores da cadeia. Dessa forma, animais domésticos podem ser expostos a altas cargas de metais pesados por meio da alimentação, especialmente quando consomem produtos de origem vegetal ou animal contaminados.

No ambiente, os metais pesados entram na cadeia alimentar principalmente por meio da contaminação do solo e da água. Plantas absorvem esses metais através das raízes, acumulando-os em seus tecidos. Posteriormente, herbívoros ingerem essas plantas contaminadas, incorporando os metais em seus próprios organismos. Esse processo continua ao longo da cadeia alimentar, levando à biomagnificação (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Além disso, a transferência de metais pesados pode ocorrer por meio de produtos de origem animal, como leite e carne, o que representa um risco adicional para a saúde pública. Estudos indicam que metais como arsênio e cádmio podem ser encontrados em produtos animais provenientes de áreas contaminadas, evidenciando a importância da biomagnificação na segurança alimentar (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

O mercúrio merece destaque nesse contexto, especialmente na forma de metilmercúrio, que apresenta alta capacidade de bioacumulação e biomagnificação. Esse composto orgânico é facilmente absorvido pelos organismos e tende a se concentrar no sistema nervoso, causando efeitos neurotóxicos graves. Em animais domésticos, a ingestão de alimentos contaminados pode levar a quadros clínicos severos, incluindo alterações neurológicas e comprometimento sistêmico (OBERHERR; ROSSATO, 2002).

Outro aspecto relevante é que a bioacumulação pode ocorrer mesmo em ambientes com baixa concentração de metais pesados, devido à exposição contínua. Isso reforça a importância do monitoramento ambiental e da qualidade dos alimentos fornecidos aos animais, uma vez que a exposição crônica pode passar despercebida até que os níveis tóxicos sejam atingidos.

Do ponto de vista fisiopatológico, o acúmulo de metais pesados está associado ao desenvolvimento de estresse oxidativo, disfunções metabólicas e danos celulares. A presença prolongada desses elementos nos tecidos pode comprometer funções orgânicas essenciais, como a filtração renal, a atividade hepática e o funcionamento do sistema nervoso.

Diante disso, a compreensão dos processos de bioacumulação e biomagnificação é essencial para a avaliação dos riscos associados aos metais pesados em animais domésticos. Esses fenômenos não apenas explicam a persistência e o agravamento da toxicidade, mas também evidenciam a necessidade de estratégias preventivas, como controle ambiental, monitoramento de alimentos e políticas de segurança sanitária.

5. MECANISMOS DE TOXICIDADE E EFEITOS FISIOPATOLÓGICOS

Os metais pesados exercem seus efeitos tóxicos por meio de mecanismos bioquímicos complexos que interferem diretamente na homeostase celular e nos processos metabólicos dos organismos. Entre os principais metais envolvidos na toxicidade em animais domésticos destacam-se o chumbo (Pb), cádmio (Cd), arsênio (As) e mercúrio (Hg), os quais apresentam alta afinidade por estruturas biológicas, resultando em danos sistêmicos significativos (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Um dos principais mecanismos de toxicidade desses metais está relacionado à sua capacidade de se ligar a grupos sulfidril (-SH) presentes em proteínas e enzimas. Essa interação promove a inibição enzimática, comprometendo processos metabólicos essenciais, como a respiração celular, síntese proteica e regulação do equilíbrio oxidativo. Além disso, os metais podem substituir íons essenciais, como cálcio, zinco e ferro, alterando funções fisiológicas fundamentais (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Outro mecanismo relevante é a indução do estresse oxidativo. Os metais pesados estimulam a produção excessiva de espécies reativas de oxigênio (ROS), como radicais livres, que causam danos a lipídios, proteínas e DNA. Esse processo leva à peroxidação lipídica, disfunção mitocondrial e ativação de vias inflamatórias, contribuindo para a morte celular por apoptose ou necrose. No caso do chumbo e do cádmio, há evidências de redução da atividade de enzimas antioxidantes, agravando os danos oxidativos (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Do ponto de vista fisiopatológico, os efeitos dos metais pesados variam conforme o tipo de metal, dose e tempo de exposição. O sistema renal é um dos mais afetados, especialmente devido à capacidade dos rins de filtrar e concentrar substâncias tóxicas. Metais como Pb, Cd e As estão associados a nefrotoxicidade, causando lesões nos túbulos renais, redução da função glomerular e, em casos graves, insuficiência renal (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

O sistema nervoso também é altamente suscetível à toxicidade desses metais. O mercúrio, especialmente em sua forma orgânica, apresenta forte ação neurotóxica, levando a alterações comportamentais, incoordenação motora e degeneração neuronal. Da mesma forma, o chumbo

pode provocar distúrbios neurológicos, incluindo convulsões e alterações cognitivas (OBERHERR; ROSSATO, 2002).

Além disso, os metais pesados podem afetar o sistema hematológico, causando anemia, e o sistema reprodutivo, reduzindo a fertilidade e a taxa de reprodução. Também são descritos efeitos imunossupressores, aumentando a suscetibilidade a infecções (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

6. DIAGNÓSTICO TOXICOLÓGICO EM MEDICINA VETERINÁRIA

O diagnóstico toxicológico em medicina veterinária é um processo fundamental para a identificação, confirmação e monitoramento da exposição a substâncias tóxicas, incluindo os metais pesados. Esse processo envolve a integração de dados clínicos, histórico de exposição, exames laboratoriais e análises específicas, sendo essencial para a definição de condutas terapêuticas adequadas e medidas de controle (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Inicialmente, o diagnóstico baseia-se na anamnese detalhada e na avaliação clínica do animal. Informações sobre o ambiente, alimentação, acesso a substâncias potencialmente tóxicas e histórico de exposição são essenciais para direcionar a investigação. Os sinais clínicos observados podem variar conforme o agente tóxico, mas frequentemente incluem alterações neurológicas, gastrointestinais, respiratórias e renais. No caso da intoxicação por metais pesados, esses sinais tendem a ser inespecíficos, o que torna indispensável a confirmação laboratorial (OBERHERR; ROSSATO, 2002).

Os exames laboratoriais desempenham papel central no diagnóstico toxicológico. Amostras biológicas como sangue, urina, fezes, leite e tecidos (fígado, rins, cérebro) são frequentemente utilizadas para a detecção e quantificação de metais pesados. A análise desses materiais permite avaliar tanto a exposição recente quanto a crônica, considerando que muitos metais apresentam tendência à bioacumulação em órgãos específicos (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Dentre as técnicas analíticas mais utilizadas, destaca-se a espectrometria de massa com plasma indutivamente acoplado (ICP-MS), considerada padrão ouro para a detecção de metais pesados devido à sua alta sensibilidade e precisão. Outras técnicas incluem espectrometria de absorção atômica e análise por fluorescência de raios X. Esses métodos permitem identificar concentrações mínimas de metais em diferentes matrizes biológicas, contribuindo para um diagnóstico confiável (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Além das análises químicas, exames histopatológicos também são importantes ferramentas diagnósticas. A avaliação microscópica de tecidos pode revelar alterações características associadas à intoxicação, como necrose, inflamação e degeneração celular. No caso do mercúrio, por exemplo, o diagnóstico pode ser confirmado por meio da análise de tecidos como rins, cérebro e mucosas, evidenciando lesões compatíveis com intoxicação (OBERHERR; ROSSATO, 2002).

Outro aspecto relevante é a necessidade de diagnóstico diferencial, uma vez que os sinais clínicos da intoxicação por metais pesados podem ser semelhantes aos de outras enfermidades, como infecções, distúrbios metabólicos e outras intoxicações. Dessa forma, a interpretação dos resultados deve ser realizada de forma criteriosa, considerando o conjunto de evidências clínicas e laboratoriais.

O monitoramento ambiental também integra o diagnóstico toxicológico, especialmente em casos de exposição coletiva ou recorrente. A análise de água, solo, ração e pastagens permite identificar fontes de contaminação e prevenir novos casos de intoxicação.

7. TRATAMENTO E MANEJO CLÍNICO DAS INTOXICAÇÕES

O tratamento e manejo clínico das intoxicações por metais pesados em medicina veterinária exigem abordagem rápida, integrada e baseada na identificação do agente tóxico, no grau de exposição e nas manifestações clínicas apresentadas pelo animal. De modo geral, as estratégias terapêuticas envolvem a interrupção da exposição, a redução da absorção do tóxico, a promoção de sua eliminação e o suporte às funções vitais comprometidas (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

A primeira medida no manejo clínico consiste na remoção da fonte de contaminação, evitando a progressão da intoxicação. Isso inclui a substituição de alimentos e água contaminados, isolamento do animal em ambiente seguro e controle das condições ambientais. Essa etapa é fundamental, uma vez que a exposição contínua pode agravar significativamente o quadro clínico, sobretudo em casos de intoxicação crônica por metais pesados, que apresentam tendência à bioacumulação (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Em seguida, deve-se considerar a redução da absorção do agente tóxico, especialmente em casos de exposição recente. Procedimentos como lavagem gástrica e administração de adsorventes podem ser utilizados em situações específicas, embora sua aplicação dependa do tempo decorrido desde a ingestão e das características do metal envolvido. No caso de

intoxicações alimentares, medidas de suporte gastrointestinal também podem ser indicadas para minimizar os danos à mucosa digestiva (OBERHERR; ROSSATO, 2002).

A terapia quelante representa uma das principais abordagens no tratamento das intoxicações por metais pesados. Os agentes quelantes atuam formando complexos estáveis com os metais, facilitando sua excreção pelo organismo, principalmente via renal. Entre os quelantes mais utilizados estão o dimercaprol (BAL), o EDTA (ácido etilenodiaminotetracético) e a D-penicilamina, sendo a escolha dependente do tipo de metal envolvido. No entanto, é importante destacar que a quelação deve ser realizada com cautela, pois pode mobilizar rapidamente o metal armazenado nos tecidos, aumentando temporariamente sua concentração circulante e potencializando efeitos tóxicos (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

Além da terapia específica, o tratamento de suporte é essencial para estabilizar o animal e minimizar os efeitos sistêmicos da intoxicação. A fluidoterapia é amplamente utilizada para manter a perfusão tecidual, corrigir desequilíbrios hidroeletrólíticos e favorecer a eliminação renal dos metais. Em casos de comprometimento renal, pode ser necessário monitoramento rigoroso da função renal e ajuste terapêutico adequado (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

O manejo clínico também inclui o controle dos sinais clínicos apresentados. Em casos de intoxicação por mercúrio, por exemplo, podem ocorrer manifestações gastrointestinais severas, como diarreia e vômitos, além de lesões renais e neurológicas. Nesses casos, o tratamento pode envolver o uso de adstringentes, reposição de fluidos e administração de agentes quelantes, como o tiosulfato de sódio e o dimercaprol (OBERHERR; ROSSATO, 2002). Já em intoxicações por chumbo, podem ser observados sinais neurológicos, como convulsões, exigindo o uso de anticonvulsivantes e monitoramento intensivo.

Outro aspecto importante do manejo clínico é a avaliação contínua da resposta ao tratamento. Exames laboratoriais periódicos são fundamentais para monitorar a concentração de metais no organismo e avaliar a eficácia da terapia instituída. A análise de sangue, urina e tecidos permite acompanhar a evolução do quadro e ajustar as condutas terapêuticas conforme necessário (TAHIR; ALKHERAIJE, 2023).

A prevenção também deve ser considerada parte integrante do manejo clínico. Após a estabilização do animal, é essencial identificar a fonte de contaminação e implementar medidas para evitar novos casos. Isso inclui o controle da qualidade da alimentação, da água e do ambiente, além da orientação aos responsáveis pelos animais quanto aos riscos associados à exposição a metais pesados.

Por fim, é importante ressaltar que o prognóstico das intoxicações por metais pesados varia de acordo com o tipo de metal, a dose absorvida e a rapidez na instituição do tratamento. Casos agudos podem evoluir rapidamente para óbito, enquanto intoxicações crônicas podem apresentar evolução lenta, porém com danos irreversíveis a órgãos vitais.

Dessa forma, o tratamento e manejo clínico das intoxicações exigem abordagem multidisciplinar, envolvendo diagnóstico preciso, intervenção terapêutica adequada e medidas preventivas eficazes, visando não apenas a recuperação do animal, mas também a proteção da saúde coletiva.

8. CONCLUSÃO

A toxicologia veterinária aplicada ao estudo dos metais pesados em animais domésticos revela-se um campo de extrema relevância diante do cenário contemporâneo de intensificação das atividades antrópicas e consequente aumento da contaminação ambiental. Ao longo deste artigo, buscou-se compreender, de forma integrada, os principais aspectos relacionados aos efeitos desses elementos tóxicos, abordando desde suas fontes de contaminação até os mecanismos de toxicidade, diagnóstico, tratamento e implicações para a saúde animal e pública.

Inicialmente, verificou-se que as fontes de contaminação por metais pesados estão amplamente associadas às atividades humanas, como processos industriais, uso de insumos agrícolas, descarte inadequado de resíduos e poluição ambiental. Essas fontes contribuem diretamente para a presença de metais como chumbo, cádmio, arsênio e mercúrio no solo, na água e nos alimentos, tornando inevitável a exposição dos animais domésticos. As vias de exposição, predominantemente por ingestão, mas também por inalação e absorção cutânea, evidenciam a vulnerabilidade desses organismos, especialmente em sistemas de produção extensivos, onde o contato com o ambiente é constante.

No que se refere às propriedades químicas dos metais pesados, destacou-se sua elevada reatividade, persistência ambiental e capacidade de interação com biomoléculas. Essas características são determinantes para sua toxicidade, uma vez que favorecem a ligação com proteínas, enzimas e estruturas celulares, interferindo em processos metabólicos essenciais. A capacidade de geração de espécies reativas de oxigênio e indução de estresse oxidativo constitui um dos principais mecanismos responsáveis pelos danos celulares observados em organismos expostos.

A bioacumulação e a biomagnificação foram discutidas como processos fundamentais para a compreensão da dinâmica desses contaminantes nos sistemas biológicos. A incapacidade do organismo de eliminar eficientemente os metais pesados leva ao seu acúmulo progressivo em

tecidos como fígado, rins e sistema nervoso. Além disso, a transferência desses elementos ao longo da cadeia alimentar potencializa seus efeitos, representando não apenas um risco para os animais, mas também para a saúde humana, especialmente por meio do consumo de produtos de origem animal contaminados.

No âmbito dos mecanismos de toxicidade e efeitos fisiopatológicos, observou-se que os metais pesados atuam de forma multifatorial, comprometendo diversos sistemas orgânicos. Entre os principais efeitos, destacam-se a nefrotoxicidade, neurotoxicidade, alterações hematológicas, distúrbios reprodutivos e imunossupressão. Esses efeitos são resultado da interação dos metais com sistemas enzimáticos, da substituição de elementos essenciais e da indução de danos oxidativos, culminando em disfunções celulares e orgânicas.

O diagnóstico toxicológico, por sua vez, mostrou-se um processo complexo que exige abordagem multidisciplinar. A combinação de dados clínicos, histórico de exposição e exames laboratoriais é essencial para a identificação precisa da intoxicação. Técnicas analíticas avançadas, como a espectrometria de massa, desempenham papel fundamental na detecção e quantificação de metais pesados em diferentes matrizes biológicas, permitindo não apenas o diagnóstico, mas também o monitoramento da exposição.

Quanto ao tratamento e manejo clínico, evidenciou-se que a abordagem terapêutica deve ser rápida e eficaz, visando interromper a exposição, reduzir a absorção do tóxico e promover sua eliminação. A utilização de agentes quelantes, associada a terapias de suporte, constitui a principal estratégia de tratamento. No entanto, a eficácia dessas intervenções depende da precocidade do diagnóstico e da gravidade do quadro clínico, sendo que, em muitos casos, os danos causados podem ser irreversíveis.

Diante desse panorama, o presente artigo teve como objetivo principal analisar os efeitos dos metais pesados em animais domésticos, abordando seus aspectos toxicológicos, mecanismos de ação, manifestações clínicas e estratégias de diagnóstico e tratamento. Além disso, buscou-se evidenciar a importância da prevenção como medida essencial para a redução dos riscos associados à exposição a esses contaminantes.

A prevenção, aliás, deve ser considerada a estratégia mais eficaz no controle das intoxicações por metais pesados. Medidas como o monitoramento da qualidade da água e dos alimentos, controle ambiental, manejo adequado de resíduos e fiscalização das atividades industriais são fundamentais para minimizar a exposição dos animais. A educação dos produtores e profissionais da área veterinária também desempenha papel crucial na identificação precoce de riscos e na adoção de práticas seguras.

Adicionalmente, destaca-se a importância da abordagem integrada entre saúde animal, saúde humana e meio ambiente, conforme preconizado pelo conceito de “Saúde Única” (One Health). A contaminação por metais pesados não se restringe ao ambiente ou aos animais, mas representa um problema global que afeta diretamente a segurança alimentar e a saúde pública. Dessa forma, o controle desses contaminantes deve envolver políticas públicas, ações interdisciplinares e investimentos em pesquisa científica.

Por fim, conclui-se que os metais pesados representam uma ameaça significativa à saúde dos animais domésticos, exigindo atenção constante por parte de médicos veterinários, produtores e órgãos reguladores. A compreensão dos mecanismos de toxicidade, aliada ao desenvolvimento de técnicas diagnósticas e estratégias terapêuticas eficazes, é essencial para o enfrentamento desse problema. No entanto, somente por meio de ações preventivas e de gestão ambiental será possível reduzir de forma efetiva os impactos desses contaminantes, garantindo a saúde animal, a qualidade dos produtos de origem animal e a proteção da saúde pública.

9. REFERÊNCIAS

OBERHERR, Jordana; ROSSATO, Cristina Krauspenhar. **Intoxicação por mercúrio em animais domésticos: revisão bibliográfica**. Cruz Alta: Universidade de Cruz Alta – UNICRUZ, 2002.

TAHIR, Ifrah; ALKHERAIJE, Khalid Ali. **A review of important heavy metals toxicity with special emphasis on nephrotoxicity and its management in cattle**. *Frontiers in Veterinary Science*, v. 10, p. 1149720, 2023. DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2023.1149720>