

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS**

**Carolina Fregonesi de Souza**

**QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO EM AMOSTRAS DE SUÍNOS  
PRODUÇÃO (SUS SCROFA) EM DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS E  
ANIMAIS SELVAGENS (ATROPELADOS) NA BR 262**

**QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO EM AMOSTRAS DE SUÍNOS E  
ANIMAIS SELVAGENS (ATROPELADOS) NA BR 262**

**Uberlândia**

**2024**

**Carolina Fregonesi De Souza**

**QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO EM AMOSTRAS DE SUÍNOS PRODUÇÃO  
(SUS SCROFA) EM DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS E ANIMAIS  
SELVAGENS (ATROPELADOS) NA BR 262**

**Projeto apresentado ao  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciências Veterinárias da Universidade  
Federal de Uberlândia como requisito  
para a titulação de mestre em Ciências  
Veterinárias.**

**Orientador: Prof. Dr. Robson  
Carlos Antunes**

**Uberlândia  
2024**

Ficha Catalográfica Online do Sistema de Bibliotecas da UFU  
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

S729 2024	<p>Souza, Carolina Fregonesi de, 1999- QUANTIFICAÇÃO DE MERCÚRIO EM AMOSTRAS DE SUÍNOS PRODUÇÃO (SUS SCROFA) EM DIFERENTES REGIÕES BRASILEIRAS E ANIMAIS SELVAGENS (ATROPELADOS) NA BR 262 [recurso eletrônico] / Carolina Fregonesi de Souza. - 2024.</p> <p>Orientador: Robson Carlos Antunes. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Pós-graduação em Ciências Veterinárias. Modo de acesso: Internet. Disponível em: <a href="http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.795">http://doi.org/10.14393/ufu.di.2024.795</a> Inclui bibliografia.</p> <p>1. Veterinária. I. Antunes, Robson Carlos, 1968-, (Orient.). II. Universidade Federal de Uberlândia. Pós- graduação em Ciências Veterinárias. III. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU: 619</p>
--------------	--

Bibliotecários responsáveis pela estrutura de acordo com o AACR2:

Gizele Cristine Nunes do Couto - CRB6/2091  
Nelson Marcos Ferreira - CRB6/3074



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Ciências Veterinárias				
Defesa de:	Dissertação de Mestrado Acadêmico PPGCVET Nº 012/2024				
Data:	02 de dezembro de 2024	Hora de início:	15:00	Hora de encerramento:	17:00
Matrícula do Discente:	12312MEV007				
Nome do Discente:	Carolina Fregonesi de Souza				
Título do Trabalho:	Quantificação de mercúrio em amostras de suínos produção (SUS SCROFA) em diferentes regiões brasileira e animais selvagens (atropelados) na BR 262				
Área de concentração:	Produção Animal				
Linha de pesquisa:	Forragicultura, manejo e eficiência na produção dos animais e de seus derivados				
Projeto de Pesquisa de vinculação:	Investigação científica dos fatores que afetam e influenciam o desempenho e eficiência dos suínos nas várias fases de produção e qualidade da carcaça e carne				

Reuniu-se por vídeoconferência, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, assim composta: Professores Doutores: Ricardo Lopes Tortorela de Andrade (UFMT), Rosana Moreira da Silva Arruda (UFMS) e Robson Carlos Antunes- (FMVZ/UFU), orientador da candidata.

Iniciando os trabalhos o presidente da mesa, Dr. Robson Carlos Antunes, apresentou a Comissão Examinadora e a candidata, agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação da Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, às examinadoras, que passaram a arguir a candidata. Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando a candidata:

Aprovada

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente

Ata de Defesa - Pós-Graduação 23 (5861835) SEI 23117.076594/2024-01 / pg. 1

ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Robson Carlos Antunes**, **Professor(a) do Magistério Superior**, em 02/12/2024, às 17:15, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Rosana Moreira da Silva de Arruda**, **Usuário Externo**, em 02/12/2024, às 17:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Ricardo Lopes Tortorela de Andrade**, **Usuário Externo**, em 02/12/2024, às 17:24, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **5861835** e o código CRC **EFCBCB5B**.

## AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos vão primeiramente a Deus pela dádiva da vida, por sempre me iluminar e dar forças para continuar e não desistir de alcançar meus objetivos.

A minha família, aos meus pais Júlio César de Souza e Mariele S Fregonesi de Souza e ao meu irmão Luiz Otávio Fregonesi de Souza por me apoiarem e não medirem esforços para me ajudar durante essa jornada.

Aos meus avós (IN MEMORIAM) que sempre acreditaram em mim e não puderam estar presentes fisicamente para acompanhar essa etapa, mas sempre me guiam.

Ao meu orientador Professor Dr. Robson Carlos Antunes, que além de orientador, professor e amigo, acreditou e apoiou o tema dessa dissertação do início ao fim. E ao Programa de Pós-graduação em Ciências Veterinárias, da Universidade Federal de Uberlândia, pela oportunidade.

A banca Professor Dr. Ricardo Lopes Tortorela de Andrade , a Profa. Dra Rosana Moreira da Silva Arruda e ao Professor Dr. Arlei Quadros pela contribuição e disponibilidade.

A equipe do Laboratório Integrado de Pesquisa em Ciências Químicas (LIPEQ) e ao Professor Msc. Vinícius José Lopes, que não mediram esforços para realizar todo o processo químico e leitura das amostras.

E por fim, a todos os meus amigos e colaboradores que contribuíram na execução da pesquisa.

## **Sumário**

<b>Sumário</b> .....	6
FIGURAS .....	7
TABELAS.....	8
RESUMO.....	9
ABSTRACT .....	10
INTRODUÇÃO.....	11
REVISÃO DE LITERATURA .....	14
MATERIAL E MÉTODO.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	26
CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS .....	35

## FIGURAS

Figura 1 Fêmea que teve o pelo coletado para análise de mercúrio na região dorsal17

Figura 2 Amostras na estufa a 50°**Erro! Indicador não definido.**

Figura 3 Amostras secando com acetona após serem lavadas**Erro! Indicador não definido.**

Figura 4 Pesagem das amostras**Erro! Indicador não definido.**

Figura 5 Descontaminação com permanganato de potássio 5%**Erro! Indicador não definido.**

Figura 6 Amostras devidamente identificadas nos tubos de ensaio prontas para o processo de digestão**Erro! Indicador não definido.**

Figura 7 Adição de ácido sulfúrico nas amostras**Erro! Indicador não definido.**

Figura 8 Início do processo de digestão**Erro! Indicador não definido.**

Figura 9 Amostras sendo digeridas nas placas de digestão a 230°**Erro! Indicador não definido.**

Figura 10 Material biológico digerido sendo transferido do tubo de ensaio para o processo de diluição**Erro! Indicador não definido.**

Figura 11 Amostras diluídas e prontas para a leitura**Erro! Indicador não definido.**

Figura 12 e 13 Processo de leitura da amostra**Erro! Indicador não definido.**

Figura 13 Teste de normalidade Kolmogorov – Smirnov e o tamanho da amostra (N=169) de acordo com os locais GO (GOIÁS), MG\_M (MINAS GERAIS, local 1), MG\_U (Minas Gerais, local 2), MS\_Silvestre (Mato Grosso do sul, fauna silvestre), MS\_liv (Mato Grosso do Sul, suínos livres),PR\_FRI (Paraná, local 1), PR\_V (Paraná, local 2).27

Figura 14**Erro! Indicador não definido.** ..... 26

Figura 15 Níveis de sensibilidade das categorias: L (leitões), P (porcas) e Sil (silvestres) a presença do mercúrio**Erro! Indicador não definido.**

## **TABELAS**

Tabela 1 - Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott<sup>27</sup>

Tabela 2 Análise de variância (ANOVA)**Erro! Indicador não definido.**

## **RESUMO**

O objetivo deste trabalho foi quantificar o mercúrio (Hg) em amostras de pelos de diversas espécies no Brasil. Foram quantificadas 169 amostras de pelo de espécies que compõem a fauna silvestre e suínos de granja de produção, de diferentes regiões (Goiás, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul). Estas foram submetidas aos processos de análise química e leitura através do espectrofotômetro de absorção atômica. Os dois grupos de maior quantidade de Hg foram os silvestres do Mato Grosso do Sul e suínos do local 2 de Minas Gerais. Resultados estatisticamente significantes, porém, de acordo com a literatura são concentrações aceitáveis encontradas no organismo dos animais. O diagnóstico da presença de mercúrio tanto na fauna silvestre, quanto na área de produção são imprescindíveis por impactarem diretamente na saúde humana. Os animais silvestres, embora não façam parte da alimentação humana, deveriam estar livres de índices de metais tóxicos, especialmente em áreas de conservação. No entanto, a presença desses metais sugere uma possível poluição ambiental em locais que deveriam ser protegidos.

**Palavras Chaves:** Metais pesados; conservação; produção animal; sustentabilidade

## **ABSTRACT**

The aim of this work was to quantify mercury (Hg) in hair samples of various species in Brazil. 169 samples of fur from species that make up the wild fauna and farm pigs were quantified, from different regions (Goiás, Minas Gerais, Paraná and Mato Grosso do Sul). These were subjected to chemical analysis and reading processes through the atomic absorption spectrophotometer. The two groups with the highest amount of Hg were wild animals from Mato Grosso do Sul and pigs from site 2 of Minas Gerais. Statistically significant results, however, according to the literature are acceptable concentrations found in the organism of animals. Diagnosis of the presence of mercury both in wild fauna and production area are essential because they directly impact on human health. Wild animals, although not part of human food, should be free of toxic metal indices, especially in conservation areas. However, the presence of these metals suggests possible environmental pollution in places that should be protected.

**Keywords:** Heavy metals; conservation; animal production and sustainability

## INTRODUÇÃO

O Brasil, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), possui um rebanho suíno de 44.393.930 cabeças. A Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2024) o classifica como o quarto maior produtor de carne suína do mundo, ficando atrás apenas da China (maior produtora da cadeia suinícola do mundo), União Europeia, Estados Unidos da América. (USDA, 2024; ABPA, 2024).

De acordo com a Associação Brasileira de Criadores de Suínos (ABCS), a participação da carne suína brasileira no mercado internacional aumentou em 2023, totalizando 1,229 milhão de toneladas entre carne suína fresca e industrializada. A suinocultura no estado do Mato Grosso do Sul se consolidou como uma atividade moderna e altamente produtiva, ocupando a sexta posição no Brasil. Com um plantel de mais de 100.000 matrizes, projeta-se um crescimento significativo de 49% nos próximos três anos. Esse aumento na eficiência das fazendas não só fortalece o mercado interno, mas também posiciona a carne suína do estado como um produto de excelência no cenário internacional. Entre janeiro e junho de 2023, o Mato Grosso do Sul exportou US\$ 22,45 milhões e 9.810 toneladas de carne suína para 17 países, sendo Hong Kong, Singapura, Uruguai e Emirados Árabes Unidos os principais destinos. Essa trajetória ascendente reforça a importância da suinocultura como pilar econômico e estratégico para o desenvolvimento regional (CNA Brasil, 2023).

O Pantanal é a maior planície inundada do planeta, com uma área de 250.000 km<sup>2</sup>. A base econômica da região é a pecuária, praticada há centenas de anos, conciliando a conservação do meio ambiente com particularidades climáticas, florestais e faunísticas (Souza et al., 2022). No entanto, muitos pecuaristas possuem criações de suínos em suas propriedades, com uma população estimada em cerca de 44.798 (IBGE, 2024). Por ser uma região de difícil acesso, o Pantanal também serve como refúgio para diversas espécies selvagens.

Além do setor pecuário, a região conta com empresas ligadas aos setores de mineração, logística e energia, especialmente na cadeia de produção de carvão vegetal. A remoção da cobertura vegetal para extração de minerais reduz significativamente a biodiversidade. A mineração altera paisagens e diminui a disponibilidade de recursos minerais, envolvendo processos como implosões e transporte de minérios, que transformam o ambiente. Pesquisas recentes enfatizam que as atividades de mineração

levam a graves degradações ambientais, incluindo desmatamento, erosão do solo e contaminação de fontes de água locais devido à poluição por metais pesados (Jiskani et al., 2023). Isso ressalta a necessidade urgente de práticas de mineração sustentáveis que mitiguem esses efeitos adversos sobre os ecossistemas e as comunidades locais. Pesquisas recentes de Silva et al. (2021) destacam as preocupantes consequências ambientais das atividades de mineração no Brasil, particularmente em Minas Gerais. O estudo sublinha a necessidade urgente de mecanismos financeiros eficazes para lidar com esses impactos, que incluem a degradação do solo e a poluição da água por emissões de mercúrio. O mercúrio é um contaminante persistente e tóxico que representa sérios riscos à saúde humana e aos ecossistemas locais. Os autores argumentam que, sem uma gestão adequada e estratégias de compensação, os conflitos entre as operações de mineração e os esforços de preservação do meio ambiente continuarão a dificultar o desenvolvimento sustentável na região. Isso evidencia a importância crítica de integrar considerações ambientais nas políticas de mineração para mitigar os efeitos negativos sobre a biodiversidade e a saúde pública. No geral, a pesquisa enfatiza a necessidade premente de uma abordagem equilibrada que priorize tanto o crescimento econômico quanto a gestão ambiental em áreas afetadas pela mineração.

Li et al. (2024) demonstraram que o mercúrio (Hg) é um poluente global com toxicidade significativa para organismos vivos, desempenhando um papel crucial no ciclo global do Hg e nos riscos de exposição. Embora as transformações do mercúrio sejam bem compreendidas em ambientes naturais, elas ainda são insuficientemente exploradas em organismos não microbianos. Os principais motores das transformações in vivo do mercúrio não estão claramente definidos, e os impactos desses processos no ciclo global do mercúrio e nos riscos à saúde associados são mal compreendidos. Essa lacuna complica o desenvolvimento de estratégias eficazes de mitigação da exposição ao mercúrio. Focando em organismos não microbianos — particularmente algas, plantas e animais, os autores revisaram processos-chave como oxidação/redução e metilação/demetilação, que são essenciais para a compreensão das espécies dominantes de mercúrio: mercúrio elementar ( $\text{Hg}^0$ ), mercúrio inorgânico divalente ( $\text{IHg}^{\text{II}}$ ) e metilmercúrio (MeHg). O resumo do conhecimento atual visa identificar fatores negligenciados e desafios que impedem uma compreensão abrangente das transformações in vivo do mercúrio. Essa compreensão é vital para prever ciclos de mercúrio e mitigar a exposição humana a esse elemento tóxico.

Estudos que promovem processos associados à bioacumulação de mercúrio e a identificação de espécies que podem se tornar marcadores são importantes (Li et al., 2024). Muitos desses organismos apresentam crescimento indeterminado e podem permitir a quantificação das taxas de bioacumulação e a probabilidade de exposição e acúmulo de poluentes.

O Paraná é o segundo maior produtor nacional de carne suína, com uma produção de 5,9 milhões de toneladas no primeiro semestre de 2023, atrás apenas de Santa Catarina, que atingiu 8,4 milhões de toneladas, produzindo 138 mil toneladas a mais do que no semestre anterior, o que representa um crescimento de 2,3% (IBGE, 2024).

Atualmente, Goiás destaca-se como um dos principais estados mineradores do Brasil, envolvendo a extração de diversos metais, como cobalto, cobre, ouro, níquel, fosfato, nióbio e vermiculita. No cenário econômico e de produção, a mineração ocupa o terceiro lugar em importância, ficando somente atrás dos setores de grãos e cadeia produtiva de proteína animal. (Serviço Geológico do Brasil, Ministério de Minas e Energia, 2023)

Blackley (2021), afirma que o metilmercúrio é mutagênico, carcinogênico, embriotóxico e altamente teratogênico. As formas inorgânicas de mercúrio, incluindo o mercúrio elementar, são pouco absorvidas após exposição cutânea. Os vapores de mercúrio elementar são inalados e absorvidos rapidamente. Essa forma altamente tóxica de mercúrio produz bronquite corrosiva e pneumonia intersticial. Todas as formas de mercúrio atravessam a placenta. As formas inorgânicas de mercúrio se ligam a grupos sulfidríla em enzimas e outras moléculas contendo tiol, como cisteína e glutatona. Tecidos ricos nesses componentes, como o córtex renal, acumulam concentrações notáveis de mercúrio. As formas inorgânicas de mercúrio são citotóxicas e altamente corrosivas. Conseqüentemente, essas formas de mercúrio causam inflamação grave, úlceras e necrose tecidual no trato gastrointestinal. Os rins pálidos e inchados, manifestados histologicamente como necrose tubular e nefrite intersticial, são achados consistentes.

O objetivo desse trabalho foi a quantificação de mercúrio em amostras de pelos de diferentes espécies domésticas e silvestres no Brasil.

## REVISÃO DE LITERATURA

A criação de suínos no Brasil se realiza por meio de dois sistemas, sendo o intensivo o predominante. No sistema extensivo, caracterizado pelo uso limitado de tecnologias, os animais permanecem ao ar livre durante todo o processo produtivo, desde a fase reprodutiva até a terminação, resultando em índices reprodutivos mais baixos. Em contrapartida, na criação intensiva, os suínos são confinados ao longo de todas as fases de desenvolvimento, alojados em ambientes controlados, com arraçoamento ajustado conforme o desempenho individual. Além disso, a densidade animal por baias é ajustada de acordo com a categoria do animal, favorecendo uma exploração mais eficiente do ganho produtivo, conforme destacado pela Embrapa Suínos e Aves em 2023.

O mercúrio (Hg) é um elemento natural que se dispersa no ambiente por meio de fontes naturais, como erosão de rochas, incêndios florestais, erupções vulcânicas ou atividades geotérmicas. Além disso, é liberado como resultado das atividades humanas (BANK, 2020; SOMMAR; OSTERWALDER; ZHU, 2020). O Hg naturalmente presente no ambiente não representa um risco significativo; no entanto, torna-se problemático devido às ações humanas que resultam em sua liberação no meio ambiente. Processos antropogênicos têm elevado a concentração global de mercúrio atmosférico total de duas a cinco vezes mais do que era registrado antes do período industrial (LIN et al., 2012).

Metais pesados abrangem elementos com uma densidade superior a  $5 \text{ g/cm}^3$ , incluindo metais, semimetals e não metais, como selênio e arsênio. Esses compostos são altamente reativos e persistentes, o que significa que, quando introduzidos no ambiente por fontes humanas, como fertilizantes, pesticidas, água de irrigação, queima de biomassa em áreas rurais, combustão de carvão e óleo, emissões veiculares, incineração de resíduos urbanos e industriais, bem como efluentes domésticos e industriais (Queiroz, 2006), eles permanecem por longos períodos. Isso pode levar à incorporação na cadeia alimentar por meio do processo de biomagnificação, causando estresse nos ecossistemas naturais e humanos. Isso ocorre porque os metais pesados se acumulam nos organismos vivos, podendo resultar em contaminação e perda da biodiversidade, como observado por Asaduzzaman (2019).

Estudos recentes sugerem que determinadas espécies podem acumular quantidades significativas de Hg (Axelrad et al. 2011; Drewett et al. 2013). Na verdade, a maioria dos estudos ecotoxicológicos, estudos de bioacumulação de Hg têm se concentrado em

espécies aquáticas ou semiaquáticas (Schneider et al. 2013; Lemaire et al. 2018). Os efeitos do Hg na vida selvagem variam amplamente, mas em aves e mamíferos, estes efeitos são geralmente caracterizados por aberrações nos sistemas endócrino, imunológico, neurológico, e sistemas reprodutivos (Haskins et al., 2019).

O mercúrio pode ter vários impactos negativos na saúde dos animais, incluindo suínos. Quando os suínos são expostos, seja através da ingestão de alimentos contaminados, água ou do ambiente, o metal pesado pode se acumular em seus tecidos e órgãos, promovendo um impacto econômico negativo na indústria suinícola, pois a carne contaminada pode ser rejeitada pelos consumidores devido a preocupações com a segurança alimentar. (Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2024).

A acumulação de mercúrio (Hg) na fauna silvestre demonstra uma variabilidade significativa, dificultando a definição de limites claros de concentração que possam ocasionar danos à saúde dos animais. Estudos prévios fornecem uma gama diversificada de faixas de concentração de mercúrio em diferentes espécies, refletindo a influência de fatores ambientais e antropogênicos. Lima (2013), em seus estudos identificou altas concentrações de metais pesados em especial mercúrio, no tecido muscular de peixes na Bacia do rio Cassiporé proporcionando grandes riscos de exposição da população devido ao consumo das espécies de peixes contaminadas e correlacionando a maior absorção de Hg por espécies aquáticas.

A exposição de suínos criados em granjas ao mercúrio é uma preocupação crescente devido aos potenciais impactos na saúde animal e humana. O mercúrio pode entrar no ambiente de criação de suínos através de diversas fontes, como a contaminação de alimentos e água, ou até mesmo por meio de produtos de limpeza e desinfecção utilizados na granja. Uma vez exposto, o mercúrio pode se acumular nos tecidos dos animais, especialmente no pelo e nas vísceras responsáveis pela filtração e excreção de substâncias tóxicas do organismo como o fígado e rins (Los Santos 2023). Estudos têm demonstrado que níveis elevados de mercúrio em suínos estão associados a problemas reprodutivos, redução do crescimento e alterações no sistema imunológico. Além disso, o consumo de carne de suínos contaminada pode representar um risco para a saúde humana, podendo causar intoxicação por mercúrio. É crucial que medidas de monitoramento e controle sejam implementadas nas granjas para minimizar a exposição dos animais e garantir a segurança dos produtos derivados

## MATERIAL E MÉTODO

### 1. Coletas

As coletas foram realizadas em quatro regiões, a saber: Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais e Paraná. A distância das granjas coletadas em um mesmo estado foi de no mínimo 100 km entre elas.

Os grupos coletados foram divididos em animais confinados e animais livres. Dentro dessas categorias temos nos confinados as classes de porcas em lactação na fase de maternidade e de leitões lactentes e na fase de creche.

Já na categoria de animais livres encontram-se os suínos domésticos criados livres, os quais são recolhidos no período noturno para evitar a predação e soltos durante o dia, aos redores do município de Aquidauana. Nos animais silvestres as amostras foram coletadas da carcaça de animais atropelados ao longo da BR 262.

As coletas em granjas foram de matrizes na maternidade com diferentes idades, não sendo necessária a contenção destas, visto que no setor de maternidade as fêmeas ficam em gaiolas para evitar o esmagamento de leitões, facilitando o processo de coleta e promovendo um menor estresse aos animais. O material biológico (pelos) foi cortado com o auxílio de uma tesoura cirúrgica desinfetada e luvas cirúrgicas, na região dorsal dos animais (figura 1).



*Figura 1 Fêmea que teve o pelo coletado para análise de mercúrio na região dorsal*

Em contrapartida, os leitões foram contidos, sendo que os mais jovens eram segurados no colo e as amostras coletadas na região dorsal e os leitões maiores contidos com uma tábua de contenção utilizada no manejo diário da granja.

## **2. Determinação da concentração de Hg**

### **2.1 Identificação das amostras**

As amostras foram separadas individualmente em recipientes estéreis com a identificação de P para porcas e L para leitões, sendo ambas de 1 a 15, e os silvestres com o nome científico e comum.

### **2.2 Limpeza e preparação das amostras**

As amostras foram lavadas individualmente em uma peneira três vezes, com água destilada e detergente neutro e o processo de secagem foi em uma estufa a 50° (figura 2) e outra parte das amostras com o auxílio de acetona (figura 3).

Uma vez secas, as amostras foram colocadas em placa de petri com a devida identificação para iniciar o processo de pesagem.



*Figura 2 Amostras na estufa a 50°*



*Figura 3 Amostras secando com acetona após serem lavadas*

### **2.3 Pesagem das amostras**

As massas das amostras foram pesadas em uma balança analítica de precisão de 0,1mg, da marca Shimadzu (figura 4).



*Figura 4 Pesagem das amostras*

### **2.4 Descontaminação**

O processo de descontaminação das vidrarias (tubos de ensaio, balões e funis) se iniciou pela lavagem simples, apenas com água da torneira e enxágue três vezes. Seguido do processo de limpeza onde os frascos foram submersos em permanganato de potássio  $\text{KMnO}_4$  5%, durante 30 minutos (figura 5). Uma vez enxaguados novamente, foram enchidos com ácido clorídrico 20% por mais 30 minutos e o último enxágue foi realizado com água destilada. Ao final de todas as etapas o material estava descontaminado e pronto para uso,



*Figura 5 Descontaminação com permanganato de potássio 5%*

## **2.5 Análise Química**

Durante essa etapa as amostras já pesadas e colocadas em tubos de digestão (figura 6), foram submersas em 1 ml de água destilada, juntamente com 5ml de ácido sulfúrico (figura 7) e 2 ml de ácido nítrico perclórico, iniciando um processo de aumento da temperatura, degradação da amostra e conseqüentemente a digestão (figura 8). Os tubos de ensaio foram colocados em bloco digestor de 40 unidades para aquecer em  $230^{\circ}\text{C}$ , por 30 minutos (figura 9). Após atingirem temperatura ambiente iniciou-se o processo de diluição.



*Figura 6 Amostras devidamente identificadas nos tubos de ensaio prontas para o processo de digestão*



*Figura 7 Adição de ácido sulfúrico nas amostras*



*Figura 8 Início do processo de digestão*



*Figura 9 Amostras sendo digeridas nas placas de digestão a 230°*

## **2.6 Diluição**

O produto da digestão da amostra foi diluído em água destilada em balões de vidro, com a ajuda de um funil (figura 10), - totalizando um volume de 25ml, prontos para o processo de leitura (figura 11).



*Figura 10 Material biológico digerido sendo transferido do tubo de ensaio para o processo de diluição*



*Figura 11 Amostras diluídas e prontas para a leitura*

Cerca de 0,3 g das amostras foram submetidas a digestão úmida utilizando ácido sulfúrico 65% e uma mistura de ácido nítrico e ácido perclórico 1:1, aquecidas em bloco digestor à 230°C durante 30 minutos (Akagi & Nishimura, 1991). As soluções obtidas da digestão foram diluídas em balão volumétrico de 25 mL. O conteúdo total de Hg (THg) foi determinado por espectroscopia de absorção atômica (Agilent AA240FS) por geração de vapor frio. A solução estoque usada para a calibração da curva é rastreável ao NIST, Specsol ®.

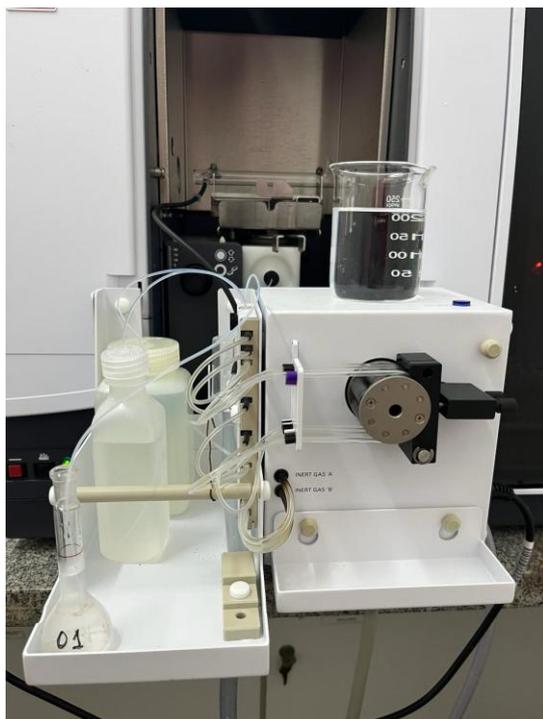


Figura 12 e 13 Processo de leitura da amostra

### 3. Análises Estatísticas

As análises estatísticas foram conduzidas utilizando a linguagem de programação R, versão 4.3.3, com o ambiente de trabalho Rstudio, versão 2023.12.1 Build 402. As condições de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variância. As análises de dados e os testes estatísticos foram realizados utilizando a linguagem de programação R (versão 4.3.2). Esta dissertação foi diagramada com LaTeX + Rmarkdown utilizando o já mencionado ambiente de trabalho. Os seguintes pacotes do R foram utilizados ao longo das análises: agricolae, ggplot2, easyanova, dplyr, sfsmisc, nortest. MASS, multcomp, mvtnorm, nortest. Rcompanion, ScottKnott, sfsmisc, survival, TH.data

Os dados tiveram sua normalidade avaliada através da inspeção do Teste de Kolmogorov-Smirnov. O teste de Levene foi utilizado para verificar se as amostras possuem igual variância. Assim, quando não atendidas, os dados foram transformados log, conforme resultados apresentados mais adiante. Para comparação de grupos, realizou-se as análises de variância, com testes paramétricos e análise de variância de um fator ANOVA one-way.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + C_j + \varepsilon_{ijk}$$

Onde  $Y_{ijk}$  = é a quantidade de Hg estimada

$\mu$  = é a média geral

$L_i$  = efeito fixo do  $i$ ésimo local ( $i = 1 \dots 7$ )

$C_j$  = efeito fixo da  $j$ ésima categoria (Porca; Leitão; Silvestres)

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório com média 0 e variância  $\sigma^2$

O valor-p limite considerado neste estudo para rejeição de hipótese nula foi de  $< 0,05$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Um total de 169 amostras, incluindo aquelas de animais selvagens e porcos de fazenda, foram coletadas de regiões como Goiás, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul. A análise utilizou espectrofotometria de absorção atômica para medir as concentrações de mercúrio (Hg), destacando disparidades significativas entre os grupos. Notavelmente, animais selvagens do Mato Grosso do Sul e porcos de fazendas específicas em Minas Gerais apresentaram os níveis mais altos de mercúrio. Esses resultados estão alinhados com estudos de Jedruch et al. (2021), que indicam que a exposição ao mercúrio não se limita a áreas com histórico de mineração; por exemplo, um estudo em aldeias indígenas da Amazônia brasileira revelou que 42% dos peixes consumidos tinham níveis de mercúrio total acima dos limites seguros estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde. Isso ressalta um problema ambiental mais amplo, onde tanto espécies aquáticas quanto terrestres estão em risco devido à poluição por mercúrio, o que pode ter implicações graves para a saúde humana e a biodiversidade. A presença de mercúrio em pelos de animais serve como um importante biomarcador para a avaliação da contaminação ambiental e destaca a necessidade urgente de estratégias de monitoramento e gestão para mitigar esses riscos em vários ecossistemas.

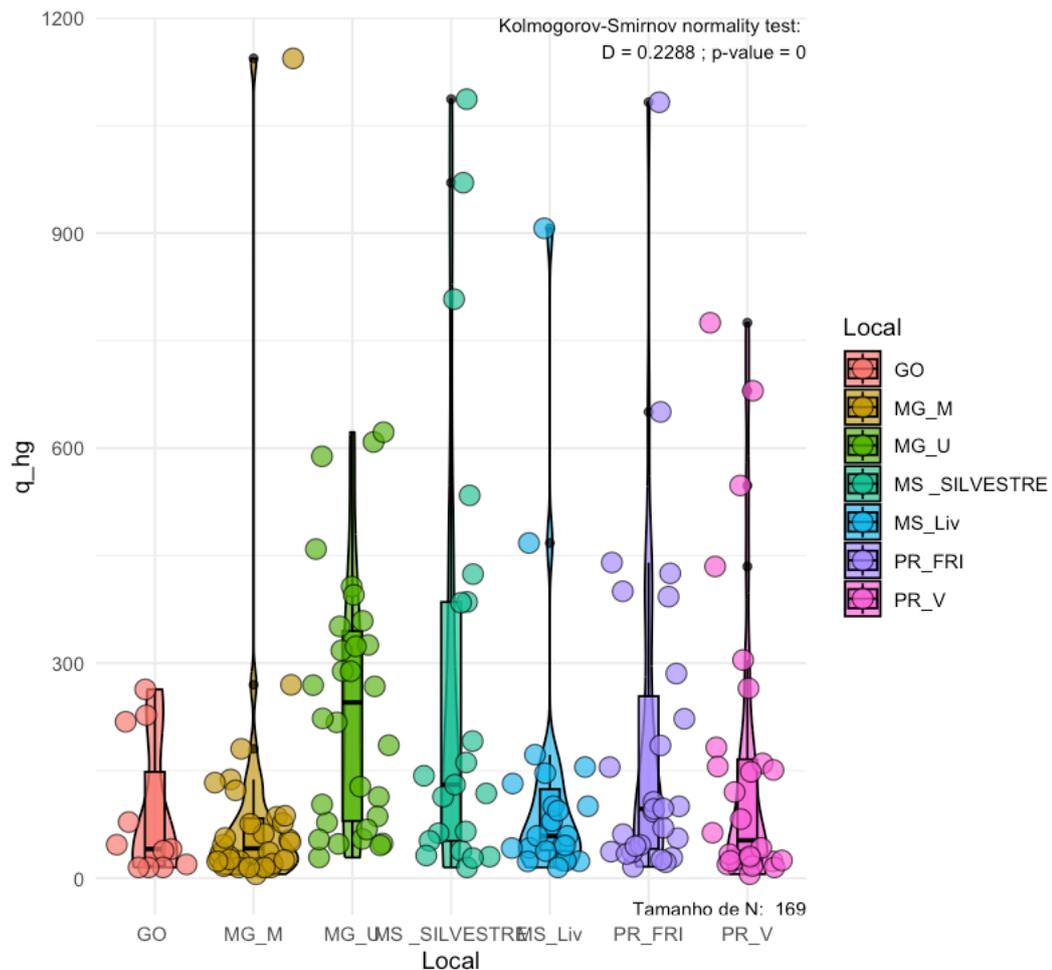


Figura 13 Teste de normalidade Kolmogorov – Smirnov e o tamanho da amostra (N=169) de acordo com os locais GO (GOIÁS), MG\_M (MINAS GERAIS, local 1), MG\_U (Minas Gerais, local 2), MS\_Silvestre (Mato Grosso do sul, fauna silvestre), MS\_Liv (Mato Grosso do Sul, suínos livres), PR\_FRI (Paraná, local 1), PR\_V (Paraná, local 2).

Os resultados revelam uma significativa disparidade na concentração de mercúrio entre suínos de granja de produção e animais silvestres no Pantanal. Enquanto os suínos de granja apresentaram níveis elevados de mercúrio, indicando uma possível contaminação associada à alimentação controlada e ambiente de criação, os animais silvestres demonstraram concentrações variáveis, refletindo a complexidade dos ecossistemas naturais e as diferentes fontes de exposição ao mercúrio. Essa disparidade ressalta a importância de monitorar e controlar a presença de mercúrio em ambientes tanto domésticos quanto selvagens, visando mitigar os impactos negativos sobre a saúde pública e a conservação da biodiversidade no Pantanal.

As análises estatísticas encontram-se sumarizadas na tabela 1.

Tabela 1 - Comparação de médias pelo teste de Scott-Knott

<b>Local</b>	<b>Concentração de Hg (<math>\mu\text{g kg}^{-1}</math>)</b>
GO	88,8 $\pm$ 32,3 <sup>b</sup>
MG_M	96,7 $\pm$ 15,8 <sup>b</sup>
MG_U	245,1 $\pm$ 13,6 <sup>a</sup>
MS_Liv	127,1 $\pm$ 15,3 <sup>b</sup>
MS_Silvestre	274,9 $\pm$ 24,8 <sup>a</sup>
PR_FRI	193,0 $\pm$ 18,7 <sup>a</sup>
PR_V	157,7 $\pm$ 16 <sup>b</sup>

Os resultados da análise de concentração de mercúrio (Hg) em diferentes localidades revelaram padrões distintos de distribuição, como evidenciado pelas médias e erro padrão apresentados na Tabela 1. Essa variação na concentração de mercúrio entre as localidades pode ser atribuída a uma série de fatores antropogênicos, ambientais, geográficos e, que influenciam o ciclo biogeoquímico do mercúrio e sua disponibilidade nos diferentes ambientes estudados (Carvalho, 2018).

Ao examinar as médias de concentração de mercúrio para cada localidade, observamos que MG\_U (Minas Gerais – local 2) apresentou a maior média (245,1 $\pm$ 177,3), seguida por MS\_SILVESTRE (Mato Grosso do Sul - fauna silvestre) e PR\_FRI (Paraná – local 1), com médias de 274,9 $\pm$ 323,4 e 193,0 $\pm$ 243,3, respectivamente. Essas diferenças nas médias sugerem que fatores locais específicos podem estar influenciando as concentrações de mercúrio, como atividades industriais, urbanização, e características geológicas e geográficas.

É importante destacar que as localidades MG\_U (Minas Gerais – local 2), MS\_Silvestre (Mato Grosso do Sul - fauna silvestre) e PR\_FRI (Paraná – local 1) apresentaram as maiores médias de concentração de mercúrio, todas acompanhadas pela mesma letra "a" no teste de Scott-Knott. Esses resultados sugerem que essas áreas podem estar sujeitas a fontes significativas de contaminação por mercúrio, possivelmente devido à influência das atividades industriais, urbanização e degradação ambiental.

Por outro lado, as localidades GO (Goiás), MG\_M (Minas Gerais – local 1), MS\_Liv (Mato Grosso do Sul – suínos livres) e PR\_V (Paraná – local 2) exibiram médias de concentração de mercúrio mais baixas, todas acompanhadas pela mesma letra "b" no teste de Scott-Knott. Esses resultados sugerem uma menor influência de fontes antropogênicas de mercúrio nessas áreas, o que pode ser atribuído à sua localização geográfica, padrões

de uso da terra e menor atividade industrial. A exposição ao Hg pode ser observada na figura 14, nas categorias de leitão, porcas e animais silvestres.

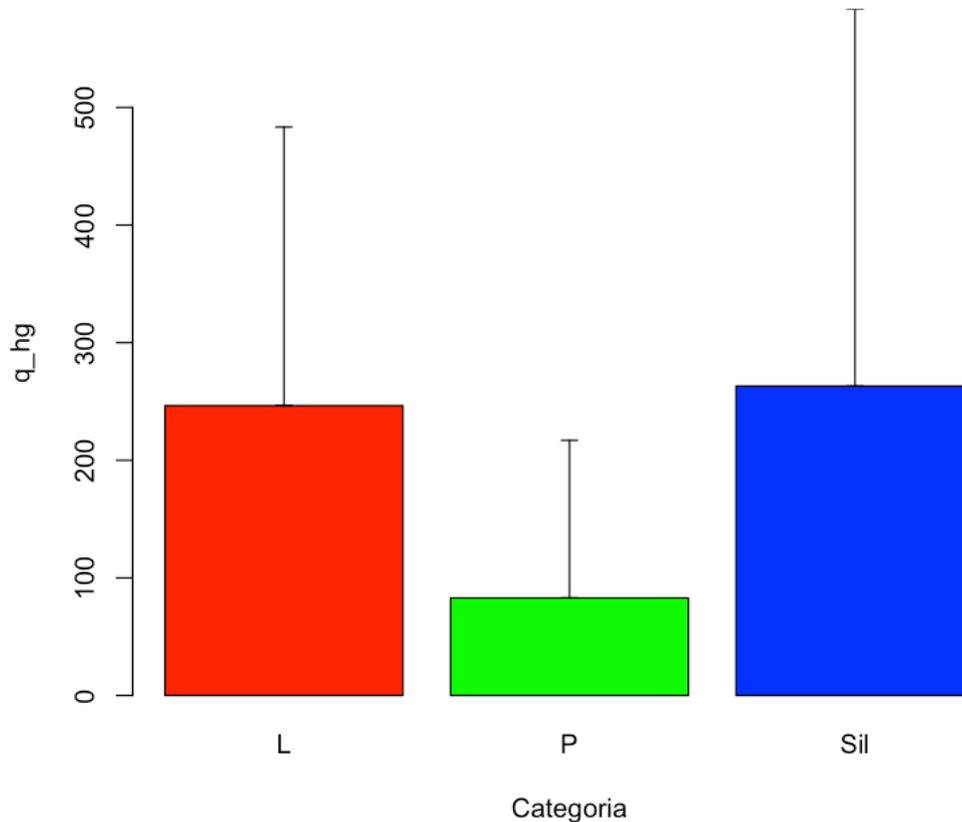


Figura 14 Níveis de exposição das categorias: L (leitões), P (porcas) e Sil (silvestres) a presença do mercúrio

Leão em 2007 quantificou a concentração de mercúrio em pelos de 13 lobos-guarás no interior e no entorno do Parque Nacional da Serra da Canastra (PNSC), A autora considerou que os animais foram expostos à contaminação pelo mercúrio, mesmo estando distantes de fontes importantes desse elemento e que os pequenos mamíferos também estão expostos. Sugerindo que a assimilação do mercúrio pelos lobos seja em função de se alimentarem desses pequenos mamíferos e que, dentro do PNSC, as concentrações de mercúrio total estavam mais elevadas do que nas regiões do entorno. Assim sendo, uma possível fonte de exposição desses animais de granja talvez seja através da alimentação e água.

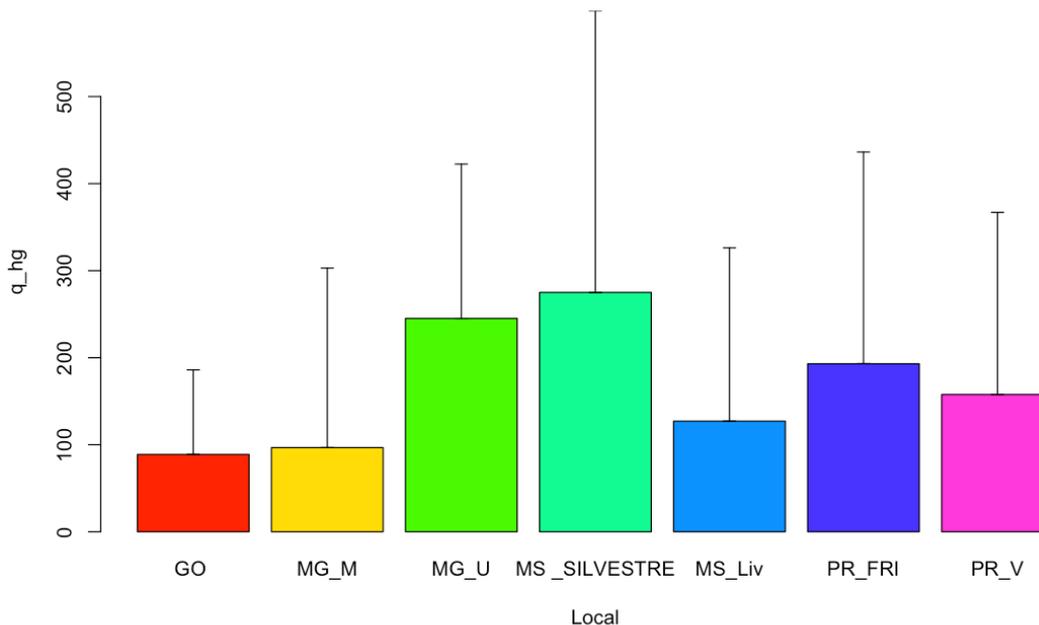


Figura 15 Sensibilidade a mercúrio por região GO (Goiás), MG\_M (Minas Gerais, local 1), MG\_U (Minas Gerais, local 2), MS\_SILVESTRE (Mato Grosso do Sul, animais silvestres), MS\_LIV (Mato Grosso do Sul, suínos livres) PR\_FRI (Paraná, local 1) e PR\_V (Paraná, local 2)

Os resultados da análise de variância (ANOVA) realizada para investigar as diferenças nas concentrações de mercúrio entre os locais amostrados indicaram que há variação estatisticamente significativa entre os grupos ( $F = 2,36$ ,  $p > 0,05$ ). Isso confirma nossa hipótese de que as concentrações de mercúrio podem variar significativamente entre diferentes locais de coleta. Este resultado é consistente com estudos anteriores que relataram a influência de fatores geográficos, ambientais e antropogênicos na distribuição de mercúrio em diferentes regiões.

Além disso, o teste de Levene foi realizado para verificar a homogeneidade de variâncias entre os grupos, revelando um p-valor de 0,1772. Essa não significância estatística indica que a suposição de homogeneidade de variâncias foi satisfeita, fortalecendo a confiabilidade dos resultados da ANOVA.

A análise de variância revelou diferença entre os locais (figura 18). Dados normais pelo teste de Levene, onde  $p = 0,1772$ . Os quais apresentaram diferença significativa (ANOVA  $F = 2,36$ ,  $p > 0,05$ ), rejeitando a  $H_0$  e aceitando a  $H_1$ , de que há presença de mercúrio nas amostras coletadas.

Blakley, 2021 afirma que existem duas formas de intoxicação por mercúrio a aguda e a crônica. A intoxicação associada a várias formas de mercúrio tem diminuído nos últimos anos. A exposição crônica em espécies de peixes e vida selvagem, relacionada à bioacumulação de mercúrio no meio ambiente, continua sendo um problema (Moura & Monteiro, 2021). Em espécies de animais domésticos, os sinais clínicos de envolvimento do sistema nervoso, gastrointestinal, respiratório e reprodutivo são típicos e influenciados pela forma, dose e duração da exposição. O diagnóstico pode ser confirmado com base no quadro clínico, achados histopatológicos e resultados da análise de tecidos para concentração de mercúrio. Devido ao dano permanente nos tecidos e às importantes implicações para a segurança alimentar, as opções de tratamento podem ser limitadas e muitas vezes desencorajadas. Apesar das amostras dos animais silvestres serem de carcaças encontradas na beira da rodovia, a causa mais provável de morte destes foi por atropelamento e não intoxicação. E nos suínos de produção nenhum apresentou quadro de possível intoxicação por metal pesado.

Jenkins et al. (1980) identificaram uma média de 1,1 mg por grama de pelo em esquilos de áreas urbanas, enquanto em regiões rurais, com menor impacto humano direto, a média foi de 0,43 mg kg<sup>-1</sup> de pelo. Sheffy e Amant. (1982) sugerem que concentrações normais de mercúrio em pelos de animais silvestres, como guaxinins, lontras e vison-americano em áreas não industrializadas, variam entre 1 e 5 mg kg<sup>-1</sup> de pelo.

Outros estudos também contribuem para a compreensão da variação das concentrações de mercúrio na fauna silvestre. Benson, Gabica e Beecham (1974) relataram uma média de 0,18 mg por grama de pelo de urso-negro em Idaho, EUA, sugerindo uma origem natural para essa contaminação. Jenkins et al., (1980) encontraram concentrações de mercúrio em pelos de esquilo-cinzento variando de 0,07 a 9,2 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto em pelos de cães de trenó, os valores variaram de 0,14 a 15,8 mg kg<sup>-1</sup>, ainda dentro da faixa considerada normal para esta espécie (DUNLAP et al., 2007).

No Brasil, estudos também revelaram uma ampla variação nas concentrações de mercúrio em animais silvestres. Indivíduos de lobo-guará, analisados no Parque Nacional da Serra da Canastra – MG, apresentaram concentrações de mercúrio entre 0,62 e 9,8 mg kg<sup>-1</sup> de pelo (Leão, 2007).

Júnior et al., (2017) investigaram a contaminação em pelos de onça-pintada, encontrando concentrações variando de 673 a 917 mg kg<sup>-1</sup> em áreas influenciadas pela mineração em Mato Grosso, enquanto em Mato Grosso do Sul, onde não há influência conhecida de mineração, as concentrações variaram de 29,7 a 23,3 mg kg<sup>-1</sup>. As amostras da fauna silvestre analisada no Mato Grosso do Sul, apresentaram uma concentração média de 274,9±323,4 µg kg<sup>-1</sup>, apesar de não serem as mesmas espécies, indicaram uma possível contaminação que exige um estudo mais aprofundado sobre a origem. Carvalho (2018) observou concentrações de 0,27 a 4,80 mg kg<sup>-1</sup> em tamanduá bandeiras (*Myrmecophaga tridactyla*) em rodovias do Mato Grosso do Sul as quais ficaram abaixo da faixa associada a efeitos adversos em outras espécies.

Esses resultados destacam a complexidade da contaminação por mercúrio na fauna silvestre e a necessidade de monitoramento contínuo para avaliar os riscos à saúde dos animais e dos ecossistemas. A variação nas concentrações de mercúrio reflete a diversidade de fatores ambientais e antropogênicos que podem influenciar a exposição e o acúmulo desse metal pesado em diferentes regiões e espécies.

É importante ressaltar que os resultados observados podem ter implicações relevantes para a saúde humana e o ecossistema, uma vez que o mercúrio é um contaminante ambiental conhecido por seus efeitos adversos à saúde, especialmente quando bioacumulado na cadeia alimentar. Além disso, a análise da presença de mercúrio em suínos pode servir como indicador ambiental, ajudando a monitorar a contaminação do meio ambiente por esse metal. A contaminação por mercúrio pode ocorrer através de diversas fontes, incluindo atividades industriais, mineração, e processos naturais. Portanto, o diagnóstico da presença de mercúrio em pelos de suínos é fundamental para garantir a segurança alimentar, proteger a saúde pública e monitorar a contaminação ambiental, contribuindo assim para práticas sustentáveis e a preservação da saúde tanto animal quanto humana.

No entanto, é necessário um estudo mais aprofundado para identificar as fontes específicas de contaminação por mercúrio em cada localidade, bem como avaliar os potenciais impactos sobre a saúde pública e a conservação ambiental. Além disso, estratégias de monitoramento contínuo e mitigação de contaminação por mercúrio devem ser implementadas para proteger a saúde humana e preservar a integridade dos ecossistemas afetados. Esses resultados têm implicações importantes para a gestão ambiental e saúde pública, destacando a necessidade de monitoramento contínuo das

concentrações de mercúrio em diferentes áreas geográficas e a implementação de medidas de mitigação para reduzir a exposição humana e proteger a saúde dos ecossistemas afetados.

## **CONCLUSÃO**

O diagnóstico da presença de mercúrio nos suínos no Brasil é de grande importância devido aos potenciais impactos na saúde pública e na segurança alimentar. No contexto dos suínos, a presença de mercúrio nos pelos pode indicar a exposição dos animais a fontes contaminantes, como solos ou alimentos contaminados. Isso pode ter implicações diretas na qualidade da carne suína e, por extensão, na segurança alimentar para os consumidores. Apesar dos volumes quantificados nas regiões da pesquisa não serem considerados nocivos, é de suma importância maiores pesquisas abordando a quantificação e inspeção da deposição de mercúrio nos animais.

## REFERÊNCIAS

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual 2023. Disponível em: <https://abpa-br.org/>. Acesso em: 02 dez. 2023.

AGÊNCIA ESTADUAL DE NOTÍCIAS DO GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ. Paraná alcança maior produção semestral de frangos e suínos da história em 2023. Disponível em: [https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Parana-alcanca-maior-producao-semestral-de-frangos-e-suinos-da-historia-em-2023#:~:text=Os%20resultados%20do%20Paran%C3%A1%20na,rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20semestre%20imediatamente%20anterior](https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Parana-alcanca-maior-producao-semestral-de-frangos-e-suinos-da-historia-em-2023#:~:text=Os%20resultados%20do%20Paran%C3%A1%20na,rela%C3%A7%C3%A3o%20ao%20semestre%20imediatamente%20anterior.). Acesso em: 30 jan. 2024.

AKAGI, H.; NISHIMURA, H. Speciation of mercury in the environment. In: SUZUKI, T.; IMURA, N.; CLARKSON, T.W. (Eds.). *Advances in Mercury Toxicology*. Rochester Series on Environmental Toxicity. Boston: Springer, 1991.

ALLOWAY, B. J.; AYRES, D. C. *Chemical Principles of Environmental Pollution*. 2. ed. New York: Chapman & Hall, 1997. p. 291.

ASADUZZAMAN, A. et al. Environmental Mercury Chemistry – In Silico. *Accounts of Chemical Research*, v. 52, n. 2, p. 379–388, 2019. <https://doi.org/10.1021/acs.accounts.8b00454>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). Relatório Anual 2022. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/580722064/Relatorio-Anual-ABPA-2022-1>. Acesso em: 20 abr. 2024.

AXELRAD, D. M. et al. Chapter 2B: Mercury Monitoring, Research and Environmental Assessment in South Florida. In: *2005 South Florida Environmental Report – Volume I*. South Florida Water Management District, West Palm Beach, FL, 2005.

BENSON, W. W.; GABICA, J.; BEECHAM, J. Pesticide and mercury levels in bear. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 11, n. 1, p. 1–4, jan. 1974.

BAKLEY, B. Mercury poisoning in animals. *MSD Veterinary Manual*, 2021. Disponível em: <https://www.msdsmanual.com/toxicology/mercury-poisoning/mercury-poisoning-in-animals>. Acesso em: 04 dez. 2024.

CARVALHO, G. O. et al. Biomonitoring mercury contamination using fur from roadkilled giant anteaters. *Chemosphere*, v. 270, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.128644>.

COSTA, M. Com oferta de suínos ajustada desde 2023, ano começa com preço estável e custos em baixa. Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2024. Disponível em: <https://abcs.org.br/noticia/com-oferta-de-suinos-ajustada-desde-2023-ano-comeca-com-preco-estavel-e-custos-em-baixa/>. Acesso em: 08 mai. 2024.

CASAGRANDE, G. C. R. et al. Atmospheric mercury in forests: accumulation analysis in a gold mining area in the southern Amazon, Brazil. *Environmental Monitoring and Assessment*, v. 195, n. 4, p. 477, 2023. <https://doi.org/10.1007/s10661-023-11063-6>.

COSTA, Letícia Soto da. Bioacumulação de metais pesados em pequenos mamíferos em áreas de remanescentes de Mata Atlântica e monocultura de cana-de-açúcar na Paraíba, Brasil. 2020. 70 f. Tese (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

COSTA, M. Com oferta de suínos ajustada desde 2023, ano começa com preço estável e custos em baixa. Associação Brasileira de Criadores de Suínos, 2024. Disponível em: <https://abcs.org.br/noticia/com-oferta-de-suinos-ajustada-desde-2023-ano-comeca-com-preco-estavel-e-custos-em-baixa/>. Acesso em: 08 mai. 2024.

COSTA et al. *Revista Brasileira de Higiene e Sanidade Animal*, v. 14, n. 1, p. 108-124, jan./mar. 2020.

COSTA, Letícia Soto da. Bioacumulação de metais pesados em pequenos mamíferos em áreas de remanescentes de Mata Atlântica e monocultura de cana-de-açúcar na Paraíba, Brasil. 2020. 70 f. Tese (Bacharelado em Ciências Biológicas) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2020.

DREWETT, J. D. et al. Inter- and intraspecific variation in mercury bioaccumulation by snakes inhabiting a contaminated river floodplain. *Environmental Toxicology and Chemistry*, v. 32, p. 1178-1186, 2013. <https://doi.org/10.1002/etc.2157>.

EMBRAPA SUÍNOS E AVES. Documentos / Embrapa Suínos e Aves, ISSN 01016245; 240. Concórdia, 2023. 33 p.

GONÇALVES, L. D. P.; BEZERRA, J. F. R. Alterações Ambientais Decorrentes da Extração do Ouro no Garimpo de Caxias-Município de Luís Domingues-MA. *Revista Equador (UFPI), Piauí*, Vol. 6, No 2, p. 165–179, 2017.

HASKINS, D. L.; GOGAL, R. M.; TUBERVILLE, T. D. Snakes as Novel Biomarkers of Mercury Contamination: A Review. In: de VOOGT, P. (ed.). *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology Volume 249*. Cham: Springer, 2019. [https://doi.org/10.1007/398\\_2019\\_26](https://doi.org/10.1007/398_2019_26).

HOPKINS, B. Análise segundo o modelo de Hopkins das ações de responsabilidade social empresarial. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 8, n. 2, p. 1-15, 2006.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Produção Agropecuária. 2023. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/br>. Acesso em: 30 jan. 2024.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Estatística da Produção Pecuária - Indicadores IBGE. 2019. Disponível em: [https://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Pecuaria/Fasciculo\\_Indicadores\\_IBGE/2019/abate-leite-couro-ovos\\_201904caderno.pdf](https://ftp.ibge.gov.br/Producao_Pecuaria/Fasciculo_Indicadores_IBGE/2019/abate-leite-couro-ovos_201904caderno.pdf). Acesso em: 11 jun. 2024.

JENKINS, J. H. et al. Mercury and cesium-137 in urban gray squirrels. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, v. 25, n. 1, p. 321–324, dez. 1980.

LACERDA, L. D. D.; MALM, O. Contaminação por mercúrio em ecossistemas aquáticos: uma análise das áreas críticas. *Estudos avançados*, v. 22, p. 173-190, 2008.

LAMBORG, C. et al. A global ocean inventory of anthropogenic mercury based on water column measurements. *Nature*, v. 512, p. 65–68, 2014. <https://doi.org/10.1038/nature13563>.

LANEIRO, M. C. Impactos ambientais do acúmulo de metais pesados na biota aquática: estudo de caso na Bacia do Rio Urussanga (SC). 2012. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2012.

LEÃO, R. Ocorrência de mercúrio em lobo-guara (*Chrysocyon brachyurus*) e componentes de dieta do Parque Nacional da Serra da Canastra e áreas do entorno, Minas Gerais, Brasil. 2007. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

LIMA, Daniel Pandilha de. Avaliação da contaminação por metais pesados na água e nos peixes da bacia do rio Cassiporé, estado do Amapá, Amazônia, Brasil. 2013. Dissertação (Mestrado em Biodiversidade Tropical) - Universidade Federal do Amapá, Macapá, 2013. Disponível em: [https://www2.unifap.br/ppgbio/files/2010/05/Daniel\\_Lima\\_Dissertação de Mestrado%C3%A7%C3%A3o\\_Final.pdf](https://www2.unifap.br/ppgbio/files/2010/05/Daniel_Lima_Dissertação_de_Mestrado%C3%A7%C3%A3o_Final.pdf). Acesso em: 12 abr. 2024.

LIN, C.-C.; YEE, N.; BARKAY, T. Environmental Chemistry and Toxicology of Mercury. John Wiley & Sons, Inc., 2012. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>.

MIELE, Marcelo; ALMEIDA, Maxwell Merçon Tezolin Barros. Caracterização da suinocultura no Brasil a partir do Censo Agropecuário 2017 do IBGE. Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2019. 33 p.; 21 cm. (Documentos / Embrapa Suínos e Aves, ISSN 01016245; 240).

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. "Construindo a política Mineral Goiana é tema do evento Minera-GO". Disponível em: <https://www.sgb.gov.br/publique/Noticias/%22Construindo-a-politica-Mineral-Goiana%94-e-tema-do-evento-Minera-GO-8460.html?from%5Finfo%5Findex=21>. Acesso em: 27 mar. 2024.

MOURA, P. H. A. (Org.); MONTEIRO, V. da F. C. (Org.). Inovação e tecnologia nas ciências agrárias 2. Atena Editora, 2021. <https://doi.org/10.22533/at.ed.717211612>.

QUEIROZ, S. C. N. de. Tópicos em química ambiental. Editora Unicamp, 2006.

REZENDE, V. L. A mineração em Minas Gerais: uma análise de sua expansão e os impactos ambientais e sociais causados por décadas de exploração. Sociedade & Natureza, Uberlândia, v. 28, n. 3, p. 375-384, 2016.

SANTOS, C.; PASTOR, J. C.; CALONGE, M. Mercury intoxication and ophthalmic involvement: An update review. Journal of the American Veterinary Medical Association, v. 111, 2023. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37063600/>.

SHEFFY, T. B.; AMANT, J. R. S. Mercury Burdens in Furbearers in Wisconsin. The Journal of Wildlife Management, v. 46, n. 4, p. 1117–1120, out. 1982.

SCHNEIDER, L. et al. Mercury contamination in reptiles: an emerging problem with consequences for wildlife and human health. In: KIM, K.; BROWN, R. J. C. (ed.).

Mercury: sources, applications, and health impacts. New York: Nova Science Publishers, 2013. p. 173–232.

SOMMAR, J.; OSTERWALDER, S.; ZHU, W. Recent advances in understanding and measurement of Hg in the environment: Surface-atmosphere exchange of gaseous elemental mercury (Hg<sup>0</sup>). *Science of The Total Environment*, v. 721, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.137648>.

Souza. J.C. Pantanal, produzindo com sustentabilidade. 1ª ed. Vol. 1. Campo Grande, MS: UFMS, 2012, p. 120. ISBN: ISBN: 978-85-7613-383-4. URL: <https://editora.ufms.br/produto/pantanal-produzindo-com-sustentabilidade/>.

SOUZA, Joana Darc. Reflexões sobre o Ensino de Toxicologia Ambiental em Cursos de Graduação em Ciências Agrárias: Estudo de Caso no Instituto Federal Goiano – Campus Urutaí. 2020. 71f. Dissertação (Mestrado em Educação Agrícola) - Instituto de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Educação Agrícola, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica.

SPADOTTO, C. A. et al. Araquá: software para avaliação de risco ambiental de agrotóxico. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2010.

TWEEDY, B. N. et al. Effects of fish on emergent insect-mediated flux of methylmercury across a gradient of contamination. *Environmental Science and Technology*, v. 47, p. 1614-1619, 2013.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). 2021 Country Overview. 2021. Disponível em: <https://fas.usda.gov/2021-country-overview>. Acesso em: 04 mai. 2024.