



Medicina Veterinária e Engenharia Sanitária:

Desafios e Inovações - Vol. 2

Róger Richelle Bordone de Sá
Maria Clemente de Freitas
Paloma Sayegh Arreguy Silva
(Organizadores)



AYA EDITORA
2025

Medicina Veterinária e Engenharia Sanitária:

Desafios e Inovações - Vol. 2

Róger Richelle Bordone de Sá
Maria Clemente de Freitas
Paloma Sayegh Arreguy Silva
(Organizadores)

Medicina Veterinária e Engenharia Sanitária:

Desafios e Inovações - Vol. 2

Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizadores

Prof.º Me. Róger Richelle Bordone de Sá

Prof.ª Ma. Maria Clemente de Freitas

Prof.ª Ma. Paloma Sayegh Arreguy Silva

Capa

AYA Editora©

Revisão

Os Autores

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva (UNIDAVI)

Prof.ª Dr.ª Adriana Almeida Lima (UEA)

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza (UCPEL)

Prof.º Dr. Alaerte Antonio Martelli Contini (UFGD)

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos (IFAP)

Prof.º Dr. Carlos Eduardo Ferreira Costa (UNITINS)

Prof.º Dr. Carlos López Noriega (USP)

Prof.ª Dr.ª Claudia Flores Rodrigues (PUCRS)

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria de Genaro Chirolí (UTFPR)

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota (IFPI)

Prof.ª Dr.ª Déa Nunes Fernandes (IFMA)

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis (UEMG)

Prof.º Dr. Denison Melo de Aguiar (UEA)

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos (UNIFAP)

Prof.º Dr. Gilberto Zammar (UTFPR)

Prof.º Dr. Gustavo de Souza Preussler (UFGD)

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota (IF Baiano)

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza (UFS)

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso (UNISC)

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão (UFPE)

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski (UTFPR)

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior (UFRR)

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra (IFCE)

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho (UFRPE)

Prof.ª Dr.ª Marcia Cristina Nery da Fonseca Rocha Medina (UEA)

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora©

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Ciências Agrárias

Prof.ª Dr.ª Maria Gardênia Sousa Batista (UESPI)
Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes (UTFPR)
Prof.º Dr. Pedro Fauth Manhães Miranda (UEPG)
Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes (UFRA)
Prof.º Dr. Raimundo Santos de Castro (IFMA)
Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani (UTFPR)
Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira (IFAC)
Prof.º Dr. Rômulo Damasclin Chaves dos Santos (ITA)
Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia (UTFPR)
Prof.ª Dr.ª Tânia do Carmo (UFPR)
Prof.º Dr. Ygor Felipe Távora da Silva (UEA)

Conselho Científico

Prof.º Me. Abraão Lucas Ferreira Guimarães (CIESA)
Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz (UniCesumar)
Prof.º Dr. Clécio Danilo Dias da Silva (UFRGS)
Prof.ª Ma. Denise Pereira (FASU)
Prof.º Dr. Diogo Luiz Cordeiro Rodrigues (UFPR)
Prof.º Me. Ednan Galvão Santos (IF Baiano)
Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig (UFPR)
Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva (HONPAR)
Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues (FASF)
Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti (UFPR)
Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim (FASF)
Prof.ª Dr.ª Lucimara Glap (FCSA)
Prof.ª Dr.ª Maria Auxiliadora de Souza Ruiz (UNIDA)
Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa (UniOPET)
Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch (FASF)
Prof.ª Dr.ª Rosângela de França Bail (CESCAGE)
Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens (FASF)
Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares (UFPI)
Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros Rodrigues (FASF)
Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda Santos (UTFPR)
Prof.ª Dr.ª Tássia Patricia Silva do Nascimento (UEA)
Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues (IFSC)

© 2025 - AYA Editora

O conteúdo deste livro foi enviado pelos autores para publicação em acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição Creative Commons 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). Este livro, incluindo todas as ilustrações, informações e opiniões nele contidas, é resultado da criação intelectual exclusiva dos autores. Estes detêm total responsabilidade pelo conteúdo apresentado, que reflete única e inteiramente sua perspectiva e interpretação pessoal.

É importante salientar que o conteúdo deste livro não representa, necessariamente, a visão ou opinião da editora. A função da editora foi estritamente técnica, limitando-se aos serviços de diagramação e registro da obra, sem qualquer influência sobre o conteúdo apresentado ou as opiniões expressas. Portanto, quaisquer questionamentos, interpretações ou inferências decorrentes do conteúdo deste livro devem ser direcionados exclusivamente aos autores.

M4397 Medicina veterinária e engenharia sanitária: desafios e inovações [recurso eletrônico]. / Róger Richelle Bordone de Sá, Maria Clemente de Freitas, Paloma Sayegh Arreguy Silva (organizadores) -- Ponta Grossa: Aya, 2025. 80 p

V. 2

Inclui biografia

Inclui índice

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

ISBN: 978-65-5379-761-1

DOI: 10.47573/aya.5379.2.444

1. Medicina veterinária. 2. Patologia veterinária. 3. Macacos. 4. Isótopos. 5. Criminalística. 6. Parasitologia veterinária. 7. Controle – cavalo. 8. Zoonoses – Brasil. 9. Vigilância sanitária – Brasil. I. Sá, Róger Richelle Bordone de. II. Freitas, Maria Clemente de. III. Silva, Paloma Sayegh Arreguy. IV. Título

CDD: 636.089

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora LTDA AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53

Fone: +55 42 3086-3131

WhatsApp: +55 42 99906-0630

E-mail: contato@ayaeditora.com.br

Site: <https://ayaeditora.com.br>

Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

Apresentação	10
---------------------------	-----------

01

Impacto do Estresse e Posição Social na Cognição de Macacos-Prego Sob Cuidados Humanos	11
---	-----------

Erika Zanoni Fagundes Cunha

Fabio Luiz Gama Goes

Nei Moreira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.444.1

02

A Influência da Microbiota Intestinal na Saúde dos Equinos: Doenças Associadas e Estratégias de Prevenção	27
--	-----------

Davi Henrique Barbosa Pereira

Fábio Gardingo Heleno de Oliveira

Fernanda Monteiro Freitas

Manoel Victor Rezende Sá

Maria Eduarda Rodrigues Lopes

Naiade Torres Maia

Nikelly Tavares Reis

Sávio Gonçalves Medeiros Furtado

Tailene Teles Cassimiro

DOI: 10.47573/aya.5379.2.444.2

03

Cisto Ovariano em Vacas: Uma Revisão de Literatura .

.....38

Anny Carolynny Paula Fernandes
Nayane Margarida Lopes Fernandes
Maria Fernanda Lopes Valentim
Sabrina Heloísa dos Santos
Luiz Felipe Gomes Moreira
Ketily Elen de Sousa Ferreira
Andreza Custódio Martiniano Lopes
Fernanda Monteiro Freitas
Maria Eduarda Oliveira
Fábio Gardingo Heleno de Oliveira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.444.3

04

A Importância da Vigilância Sanitária na Mitigação de Doenças em Animais de Produção46

Alef Jamir dos Reis Silva
Camila Ribeiro Ferreira Miranda
Gabrielly Stefanne Ferreira Pinheiro
Jéssica Cristina da Silveira Moura
Ketily Elen de Sousa Ferreira
Lavínia Letícia de Oliveira Silva
Leonardo Rodrigues de Oliveira
Maria Clara Campos Marinho
Nikelly Tavares Reis
Rosilene Evangelista da Silva

DOI: 10.47573/aya.5379.2.444.4

05

Isótopos Forenses – A Nova Fronteira na Medicina Veterinária Legal56

Taciano Couto Guimarães

DOI: 10.47573/aya.5379.2.444.5

Organizadores73

Índice Remissivo75

APRESENTAÇÃO

O segundo volume da coletânea **“Medicina Veterinária e Engenharia Sanitária: Desafios e Inovações”** reúne pesquisas que exploram a complexa interação entre saúde animal, comportamento, ambiente e mecanismos regulatórios, com ênfase em abordagens contemporâneas e interdisciplinares. Os capítulos articulam diferentes frentes de investigação, partindo de estudos comportamentais até a aplicação de tecnologias emergentes no campo da medicina veterinária.

As relações entre estresse, posição hierárquica e desempenho cognitivo em primatas não humanos sob cuidados humanos revelam um campo de pesquisa relevante para a compreensão do bem-estar animal e para o aprimoramento das práticas de manejo. Essa análise comportamental é fundamental para redefinir procedimentos em ambientes controlados, respeitando as particularidades sociais das espécies.

No contexto da saúde equina, a microbiota intestinal ganha destaque como fator associado à manifestação de enfermidades, o que leva à discussão sobre estratégias profiláticas direcionadas ao equilíbrio microbiano. Essa perspectiva amplia o entendimento da medicina veterinária preventiva, conectando práticas clínicas e conhecimentos da microbiologia.

Do ponto de vista da reprodução bovina, a revisão sobre cistos ovarianos sistematiza achados que contribuem para a compreensão dos impactos produtivos e fisiológicos desta condição. A análise do fenômeno oferece subsídios para práticas de diagnóstico mais precisas e intervenções clínicas fundamentadas em evidências.

Outro eixo abordado é a vigilância sanitária aplicada à produção animal. As contribuições expõem como a atuação preventiva e fiscalizadora colabora para o controle de enfermidades e a preservação da saúde pública, reiterando a importância das estruturas institucionais na interseção entre saúde animal e segurança alimentar.

Por fim, o uso de isótopos forenses apresenta uma abordagem inovadora no campo da medicina veterinária legal, permitindo traçar origens e rotas de deslocamento de animais com elevado grau de precisão. A incorporação dessa técnica ilustra o avanço das fronteiras metodológicas na investigação de crimes ambientais e conflitos de origem animal.

Essa coletânea propõe, assim, uma leitura conectada por eixos temáticos que dialogam com os desafios contemporâneos da sanidade animal, da ética no cuidado e da incorporação de métodos avançados na prática profissional e na pesquisa científica.

Boa leitura!



Impacto do Estresse e Posição Social na Cognição de Macacos-Prego Sob Cuidados Humanos

Impact of Stress and Social Position on the Cognition of Capuchin Monkeys Under Human Care

Erika Zanoni Fagundes Cunha

Médica veterinária, ONG Mascotes da Alegria, Ponta Grossa-PR, Brasil

Fabio Luiz Gama Goes

Parque Ecológico da Klabin, Telêmaco Borba-PR, Brasil

Nei Moreira

Universidade Federal do Paraná, Curitiba-PR, Brasil

Resumo: Nos últimos anos, os esforços têm se intensificado para desenvolver ferramentas que avaliem a qualidade de vida dos animais que vivem sob cuidados humanos. Os avanços feitos por cientistas no campo da neurobiologia do estresse levaram ao surgimento de uma nova perspectiva sobre as necessidades psicológicas dos animais. O objetivo deste estudo foi avaliar se o estresse sofrido por macacos-prego (*Sapajus nigritus*) em cativeiro interfere na capacidade dos animais de resolver desafios cognitivos. Para isso, foram realizados experimentos nas cidades de Telêmaco Borba, estado do Paraná, sul do Brasil (n=11), e Campinas, estado de São Paulo, sudeste do Brasil (n=8), utilizando dezenove macacos-prego (n=11 e n=8, respectivamente), com idades variando entre dois e oito anos. A avaliação comportamental foi realizada por meio de um questionário adaptado da escala Pediatric Quality of Life Inventory 4.0, que foi aplicado aos cuidadores dos animais. O questionário adaptado incluiu questões relacionadas à saúde física, estresse e enfrentamento, relações sociais, estimulação psicológica e indicadores positivos e negativos de qualidade de vida. Para o desafio cognitivo, os animais foram desafiados a encontrar uma solução para o problema de alimento escondido em um brinquedo funcional. O tempo para resolver o problema foi correlacionado com o resultado final da escala de qualidade de vida. Houve uma correlação positiva e significativa entre o tempo de resolução e a escala de qualidade de vida, ou seja, quanto maior o estresse, maior o tempo gasto para resolver o problema ($r=0,872$; $p<0,005$). Este resultado pode ajudar no desenvolvimento de ferramentas para avaliar a qualidade de vida de primatas não humanos sob o cuidado de humanos, a fim de identificar sinais de estresse.

Palavras-chave: cognição; estresse; primatas.

Abstract: In recent years, efforts have been intensified to develop tools to assess the quality of life of animals living in captivity. Advances made by scientists in the field of stress neurobiology have led to the emergence of a new perspective on the psychological needs of animals. The objective of this study was to evaluate if the stress suffered by captive capuchin monkeys (*Sapajus nigritus*) interferes with the animals' ability to solve cognitive challenges. To this end, experiments were conducted in the cities of Telêmaco Borba, state of Paraná, southern Brazil (n=11) and Campinas, state of São Paulo, southeastern Brazil (n=8), using nineteen capuchin monkeys (n=11 and n=8, respectively), with ages ranging between two and eight years. The behavioral evaluation was performed through a questionnaire adapted from the Pediatric Quality of Life Inventory 4.0 scale, which was applied to the animals' keepers. The adapted questionnaire included questions related to physical health, stress, and coping,

social relations, psychological stimulation, and positive and negative indicators of quality of life. For the cognitive challenge, the animals were challenged to find a solution to the problem of food hidden in a functional toy. The time to solve the problem was correlated with the final result of the quality of life scale. There was a positive and significant correlation between the resolution time and the quality of life scale, that is, the higher the stress, the more the time spent to solve the problem ($r=0.872$; $p<0.005$). This result may help in the development of tools to assess the quality of life in non-human primates living in captivity in order to identify signs of stress.

Keywords: cognition; stress; primates.

INTRODUÇÃO

Durante toda a vida, os animais se defrontam com situações difíceis e estressantes que são capazes de desencadear respostas neuroendócrinas que compreendem aspectos cognitivos, fisiológicos e comportamentais. As alterações nesses aspectos são consideradas sinalizadoras de empobrecimento da qualidade de vida (Labrador; Crespo, 1994; Mehta; Josephs, 2010; Tung *et al.*, 2012; Back *et al.*, 2019). A exposição crônica a eventos estressantes pode resultar também no desenvolvimento de transtornos psiquiátricos (Murray *et al.*, 2009; Sapolsky, 2016).

Diversos estudos têm apontado que indivíduos com transtornos de humor podem apresentar dificuldades de aprendizagem (Kroenke *et al.*, 2007; McEwen, 1999; Mitra; Sapolsky, 2008; Oliveira, 2005). Nos seres humanos, a capacidade de se focar, concentrar e lembrar está bastante relacionada com a frequência de carga emocional que o indivíduo está enfrentando (Mitra; Sapolsky, 2008). O estresse emocional tem grande impacto sobre as funções cognitivas imediatas e de longo prazo e está por trás de muitos problemas de saúde mental. Sinais como falta de concentração e atenção, lentidão no raciocínio, falta de interesse e déficit de memória podem impedir a atenção focalizada e execução de tarefas até o seu final (Kroenke *et al.*, 2007).

Poucos são os estudos prévios com primatas que têm relatado a interação entre emoção e cognição. Bethell *et al.* (2016) avaliaram as emoções de macacos rhesus (*Macaca mulata*) através de um programa de computação. Esses autores observaram que a atenção pode ser prejudicada com uma suave ameaça de fundo emocional e que a resposta de congelamento é mais forte em animais mais ansiosos. Agustín-Pavón *et al.* (2012) observaram que os saguis (*Callithrix jacchus*) com uma microlesão na área órbito-frontal cerebral apresentavam falta de coordenação de forma similar a alguns pacientes humanos que sofriam de doenças neuropsiquiátricas.

A qualidade de vida dos primatas não-humanos em cativeiro tem sido uma questão bastante estudada (Broom, 1991; Mason, 2010; Troxell-Smith *et al.*, 2017; Whitham, Wielebnowski; 2009; Wielebnowski, 2003), mas as medidas convencionais de qualidade de vida encontradas na literatura geralmente levam em consideração a espécie e não o indivíduo. O estresse psicossocial em humanos tem sido relacionado à ocorrência ou progressão de certos transtornos mentais,

incluindo déficit de atenção (Sapolsky, 2008); porém, em animais socialmente alojados, essa relação ainda não está bem documentada. O objetivo deste estudo foi determinar a influência do estresse na cognição de macacos-prego (*Sapajus nigritus*) e compreender como a posição do indivíduo no grupo pode influenciar a descoberta de soluções de pequenos problemas envolvendo recompensas.

Os estudos sobre as consequências cognitivas, fisiológicas e comportamentais podem ajudar a diminuir a presença de distúrbios de comportamento e o sofrimento dos animais que vivem em cativeiro. É preciso reconhecer que animais são sencientes e que apresentam transtornos psiquiátricos quando cronicamente expostos a agentes estressantes. Essa pesquisa aborda a relação entre a qualidade de vida dos macacos-prego, com carga alostática, transtornos mentais e déficit de atenção e tem por objetivo atrair a atenção para a importância de estudos colaborativos das bases biológicas das emoções e estresse dos animais. Nesse trabalho também ressalta-se a importância da introdução do conceito de qualidade de vida, que pretende individualizar os cuidados aos animais cativos para que suas necessidades físicas, psíquicas e cognitivas possam ser atendidas.

MATERIAL E MÉTODOS

Um total de dezenove macacos-prego (*Sapajus nigritus*), de ambos os sexos (14 machos e cinco fêmeas), castrados e não castrados e com idades estimadas variadas (dois a 14 anos) foram avaliados com relação ao bem-estar psicológico e a relação deste com a cognição. Os animais do Ambiente 1, localizado no município de Telêmaco Borba, Paraná, sul do Brasil, eram oriundos da natureza ou tráfico ilegal de animais e não tem visitação, enquanto os animais do Ambiente 2, no município de Campinas, São Paulo, sudeste do Brasil, já nasceram em cativeiro e recebem visitantes.

No Ambiente 1 os recintos utilizados eram fechados e medem aproximadamente 30 m² e 2 m de altura. No ambiente 2 os animais ficavam no recinto chamado de “ilha” (aberto) e no recinto fechado que mede aproximadamente 50 m² e 4 m de altura e possui esconderijos e tocas de pedra. A alimentação oferecida aos animais em ambos os ambientes era baseada em frutas frescas, castanhas, verduras verdes escuras, ração de cão, batata doce e ovo cozido.

Um questionário para avaliação da classificação de aspectos da qualidade de vida e personalidade foram aplicadas a três avaliadores por parque para avaliar a qualidade de vida e possibilidade de sofrimento animal. Estes eram funcionários que trabalhavam regularmente com os macacos-prego, possuindo ampla experiência ao observar os seus comportamentos diariamente. O questionário foi composto por questões descritivas e objetivas, foram desenvolvidas através de uma adaptação da escala genérica do Inventário Pediátrico de Qualidade de Vida — *Pediatric Quality of Life Inventory* 4.0 (PEDSQL) (tabela 17). Este incluiu cinco itens, cada um descrevendo um componente de qualidade de vida. Os funcionários dos parques foram convidados a atribuir notas de 0 a 4, sendo 0 correspondentes ao macaco-prego exibindo a menor quantidade do traço e 4 exibindo a maior quantidade do traço.

Os tratadores dos macacos-prego avaliados responderam questões relacionadas às dimensões física, emocional, social, cognitiva e fisiológica de acordo com a frequência do comportamento apresentado pelo animal. Todos os itens foram lidos em voz alta pela pesquisadora e explicado para que o funcionário compreendesse.

O primeiro item foi relacionado à dimensão física e pretendia conhecer se o animal apresentava problemas físicos e/ou dores que pudessem afetar sua qualidade de vida (tabela 1). O segundo item focou-se na dimensão psicológica/emocional e investigou a presença de alterações comportamentais compatíveis com ansiedade e medo (tabela 1). O terceiro item avaliou a dimensão social, considerando que as interações no grupo podem sinalizar estresse e ausência de bem-estar (tabela 1). A quarta dimensão abordou problemas cognitivos para investigar como esses animais conseguiam resolver desafios em cativeiro (tabela 1). O último item investigou a presença de alterações fisiológicas que podem indicar baixa qualidade de vida (tabela 1). Este procedimento de classificação foi utilizado para maximizar as diferenças individuais nos escores dentro dos cativeiros. Em seguida, a média dos escores para testes estatísticos foi realizada.

Tabela 1 - Escalas de qualidade de vida adaptadas de Pediatric Quality of Life Inventory 4.0 (PEDIQL), considerando dimensão física. legenda: levando em consideração que 0- nunca tem problema; 1- quase nunca tem o problema; 2- às vezes tem problema; 3- frequentemente tem problema; 4- quase sempre tem problema.

Dimensão Física (problemas com...)	Nunca	Quase nunca	Às vezes	Frequentemente	Quase sempre
Andar	0	1	2	3	4
Correr	0	1	2	3	4
Saltar	0	1	2	3	4
Escalar	0	1	2	3	4
Baixa energia	0	1	2	3	4
Dor	0	1	2	3	4
Locomoção Repetitiva	0	1	2	3	4
Estereotipias	0	1	2	3	4
Dimensão Social (problema com...)	Nunca	Quase nunca	Às vezes	Frequentemente	Quase sempre
Brincar	0	1	2	3	4
Catar	0	1	2	3	4
Abraçar	0	1	2	3	4
Deitar sobre indivíduo	0	1	2	3	4
Dimensão Cognitiva (problemas com...)	Nunca	Quase nunca	Às vezes	Frequentemente	Quase sempre
Cheirar	0	1	2	3	4
Vasculhar	0	1	2	3	4

Tatear	0	1	2	3	4
Degustar	0	1	2	3	4
Usar ferramentas	0	1	2	3	4
Dimensão Fisiológica (problemas com...)	Nunca	Quase nunca	Às vezes	Frequentemente	Quase sempre
Urinar	0	1	2	3	4
Defecar	0	1	2	3	4
Comer	0	1	2	3	4
Beber	0	1	2	3	4
Peso	0	1	2	3	4

Fonte: adaptada de PEDSQL, 2016.

O desafio cognitivo foi realizado com o intuito de avaliar se o estresse influencia na cognição. Os animais foram motivados a encontrar uma solução para o problema da comida escondida dentro de um brinquedo funcional da Pet Games®. Este era um comedouro do tipo brinquedo em forma de bola com quatro aberturas ajustáveis, pesando 370g, com 18 cm de diâmetro e feito de polipropileno.

Os brinquedos foram oferecidos aos macacos aleatoriamente. O objetivo do desafio era fazer o animal movimentar o comedouro-brinquedo com a boca, o focinho e os membros, a fim de descobrir os grãos de ração ou petiscos. Ou seja, para completar este desafio, o animal precisava compreender que deveria abrir a trava do brinquedo com as mãos ou a boca para obter a recompensa.

Para a realização das análises estatísticas, medidas estatísticas descritivas como frequência, média, mediana, desvio padrão e variância, foram obtidas para as variáveis analisadas. Diferenças entre a frequência de eventos relacionadas com as variáveis qualitativas faixa etária, sexo, posição social, e castração foram analisadas com o teste de Chi-quadrado (χ^2). As variáveis quantitativas avaliação ambiental, escala de qualidade de vida e tempo para abrir o brinquedo, foram analisadas enquanto a sua distribuição normal com o teste de Kolmogorov-Smirnov. Constatada a distribuição normal das variáveis, diferenças entre grupos foram analisadas com os testes paramétricos t de Student e ANOVA. Entretanto, dado o número amostral ser menor a 30, estas análises também foram contrastadas com os testes não paramétricos de Mann-Whitney (U) e Kruskal-Wallis (H). As análises de correlação entre variáveis foram realizadas aplicando o teste paramétrico de Pearson e o não paramétrico de Spearman. A significância estatística dos resultados de todas as análises foi fixada em um valor de $p < 0,05$. Todos os testes foram conduzidos com o auxílio do software PSPP, exceto para o teste de Spearman, realizado com ferramenta de cálculo online no dia 17/06/21 em <https://geographyfieldwork.com/SpearmanRankCalculator>.

RESULTADOS

Todos os animais apresentaram repertório comportamental amplo, hiperativos, exploradores e ficaram motivados com o desafio. Os macacos-prego do estudo compartilhavam uma vida social complexa, vivendo em grupo com organizações de múltiplas famílias. Apresentaram métodos para a utilização da ferramenta proposta neste estudo (brinquedo funcional com alimento escondido). Dos 19 animais, sendo que 8 tiveram a iniciativa de pegar o brinquedo, mas todos acabaram interagindo de alguma forma.

O objetivo de motivar os animais a realizarem uma ação com os comedouros-brinquedos foi alcançado. Em todos os recintos, alguns animais se movimentaram para resolver o problema que lhes resultaria um ganho. Verificou-se a partir dessa atividade lúdica um aumento de alguns comportamentos de reciprocidade, entrea-juda, intencionalidade e diminuição da agressividade, principalmente oportunizando observar como são as interações sociais e como elas se aplicam quando os indivíduos encontram recursos. Quando os objetos foram disponibilizados, os animais não os disputaram ao mesmo tempo, ocorrendo um equilíbrio entre os indivíduos submissos, beta e alfa.

No ambiente “ilha” – Campinas-SP, foi o macho “Alfa ilha” que teve a iniciativa de pegar o objeto, observar, cheirar, vasculhar e dividir a recompensa com os outros membros do grupo. No ambiente 1 (Telêmaco Borba-PR), o grupo trabalhou em cooperação. O macho “Alfa” foi o primeiro a completar o desafio proposto; entretanto, a maioria dos outros animais também conseguiu manusear o objeto, tentar abrir e tomar decisões entre cooperar ou não. A fêmea submissa “Dilminha” foi a que mais demorou para descobrir o segredo do brinquedo.

No Ambiente fechado de Campinas-SP, uma fêmea submissa (“Cassinha”) foi a primeira a chegar no local de depósito. Posteriormente, o macho beta “Jovem” coletou o alimento que foi compartilhado com todos os outros animais do recinto.

A possibilidade de o estresse induzir uma variação na capacidade de resolver problemas foi analisada levando em consideração o ambiente em que os animais se encontravam e a sua posição hierárquica no grupo e as escalas de qualidade de vida atribuídas (tabela 2). O desgaste fisiológico como consequência de esforços repetidos para se adaptar ao estresse ao longo do tempo resultou em alterações significativas.

Tabela 2 – Resultado final do escore da escala de qualidade de vida (média dos valores atribuídos pelos avaliadores), tempo em minutos que o animal resolveu o desafio cognitivo e a posição que animal ocupa no grupo.

Animal	Escala de Qualidade de vida	Tempo (min)	Posição no grupo
Pai	12	1, 44	Alfa
Dilminha	34	3,04	Submissa
Submisso/Carcaça	25	2,02	Submisso

Animal	Escala de Qualidade de vida	Tempo (min)	Posição no grupo
Alfa	16	0,48	Alfa
Jovem	6	1,22	Beta
Cassinha	9	1,22	Submissa
Alfa ilha	2	0,27	Alfa
Beta ilha	4,5	45	Beta

Fonte: autoria própria, 2019.

Quadro 1 - Abaixo, tem-se a análise de Chi-quadrado entre grupos de estudo com relação as particularidades do estudo. TB: Telêmaco Borba, Camp: Campinas, F-PR: Recinto fechado Paraná (mesmo grupo que Telêmaco Borba), F-Camp: Recinto Fechado Campinas, Ilha: Recinto Ilha Campinas, n: número de indivíduos, (%): frequência de indivíduos em determinada condição expressada em porcentagem, F: Female, M: Male, Ad: Adult, Y: Young, I: Infant, A: Alfa, B: Beta, S: Submissive, N: No, Y: Yes, χ^2 : valor do teste de Chi-quadrado, (p): p-value.

Location	Sex n (%)		Age n (%)			Social Rank n (%)			Castrated n (%)	
	F	M	Ad	Y	I	A	B	S	N	Y
TB	3 (30)	7 (70)	7 (70)	1 (10)	2 (20)	3 (30)	1 (10)	6 (60)	8 (80)	2 (20)
Camp	4 (44,4)	5 (55,6)	5 (55,6)	2 (22,2)	2 (22,2)	2 (22,2)	2 (22,2)	5 (55,6)	8 (88,9)	1 (11,1)
χ^2 (p)	0,42 (0,515)		0,62 (0,735)			0,57 (0,751)			0,28 (0,596)	
Ambient	Sex n (%)		Age n (%)			Social Rank n (%)			Castrated n (%)	
	F	M	Ad	Y	I	A	B	S	N	S
F-PR	3 (30)	7 (70)	7 (70)	1 (10)	2 (20)	3 (30)	1 (10)	6 (60)	8 (80)	2 (20)
F-Camp	1 (25)	3 (75)	3 (75)	1 (25)	0 (0)	1 (25)	1 (25)	2 (50)	3 (75)	1 (25)
Ilha	3 (60)	2 (40)	2 (40)	1 (20)	2 (40)	1 (20)	1 (20)	3 (60)	5 (100)	0 (0)
χ^2 (p)	1,59 (0,451)		2,77 (0,597)			0,67 (0,955)			1,33 (0,515)	

Fonte: autoria própria.

Dado que para todas as comparações o valor de p é $> 0,05$, não existem diferenças estatisticamente significativas na composição de faixas etárias, frequência de fêmeas e machos, organização social ou presença de animais castrados entre o grupo de macacos do zoológico de TB e o grupo de todos os macacos do zoológico de Campinas, nem entre os macacos agrupados por ambiente. Sendo assim, os grupos e subgrupos se apresentam como sendo muito semelhantes ao analisarmos estas características. Deste modo, nenhuma destas variáveis qualitativas estaria relacionada com as diferenças entre grupos que possam ser observadas ao analisarmos as variáveis quantitativas obtidas com os testes e estudos de campo (tempo para abrir o brinquedo e a escala de qualidade de vida).

O teste K-S resultou em valores de $p > 0,05$ para as análises das variáveis QL e OTT, pelo que poderiam representar dados paramétricos com distribuição normal. Sendo assim, podem ser analisados por testes paramétricos como teste t e ANOVA.

Entretanto, pelo n amostral ser menor a 30, entendemos que as alternativas não paramétricas para estes testes também devem ser consideradas. A variável AS, embora numérica, por ser um score atribuído pontualmente a um ambiente determinado, não se apresenta como dado com distribuição normal ($p < 0,05$).

Comparação entre Grupos pelos Testes t e ANOVA

Quadro 2 - Comparação pareada entre os valores de t na comparação das médias de QL e OTT entre grupos. Significance level (entre parêntesis) * significant $p < 0,05$.

Group	QL U(p) OTT U(p)				
	TB	Camp	F-PR	F-SP	Ilha
TB	-	3,94(0,002*) 1,61(0,158)			
Camp	3,94(0,002*) 1,61(0,158)	-			
F-PR			-	3,29(0,008*) 0,98(0,399)	4,43(0,001*) 2,55(0,080)
F-SP			3,29(0,008*) 0,98(0,399)	-	3,03(0,023*) -9,56(0,066)
Ilha			4,43(0,001*) 2,55(0,080)	3,03(0,023*) -9,56(0,066)	-

Fonte: autoria própria.

Comparação entre Grupos pelos Testes U e H

Quadro 3 - Comparação pareada entre os valores de U para a comparação das distribuições dos valores de QL e OTT entre grupos. Significance level (entre parêntesis) * significant $p < 0,05$.

Group	QL U(p) OTT U(p)				
	TB	Camp	F-PR	F-SP	Ilha
TB	-	7,5(0,002*) 2(0,081)			
Camp	7,5(0,002*) 2(0,081)	-			
F-PR			-	6(0,043*) 2(0,348)	1,5(0,04*) 0(0,064)
F-SP			6(0,043*) 2(0,348)	-	2(0,043*) 0(0,102)
Ilha			1,5(0,04*) 0(0,064)	2(0,043*) 0(0,102)	-

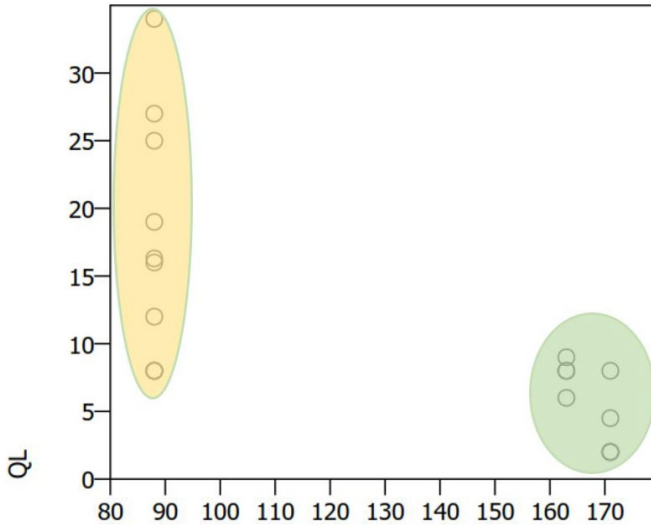
Fonte: autoria própria.

As comparações entre os dos grupos de macacos de ambos zoológicos demonstram que a diferença entre as medições da qualidade de vida de ambos grupos é estatisticamente significativa ($p < 0,05$). Já para o tempo de abertura do brinquedo, as diferenças entre grupos de ambos os zoológicos ou entre recintos não se apresentaram estatisticamente significativas para o nível de significância entretanto, o teste t mostra diferenças marcantes na comparação do tempo médio de resolução do problema entre macacos do recinto Ilha e os outros dois recintos fechados, de TB ($p = 0,08$) e SP ($p = 0,066$). Isso é corroborado para as comparações pareadas pelo teste U entre os recintos Ilha e Fechado PR ($p = 0,064$) e entre os macacos do zoológico de Campinas e de Telêmaco Borba ($p = 0,081$).

Análises de Correlação de Pearson e Spearman

● Telêmaco Borba, ● Campinas

Figura 1 - Qualidade de vida (QL) x Avaliação ambiental (AS). Pearson's correlation -0,684, $p = 0,001^*$ Searman's correlation (r_s) -0,6066, $p = 0,02^*$



Fonte: autoria própria.

Figura 2 - Tempo para abrir o brinquedo (OTT) em min x Avaliação ambiental (AS). AS. Pearson's correlation -0,574, $p=0,137$. Searman's correlation (r_s) -0,637, $p=0,2$.

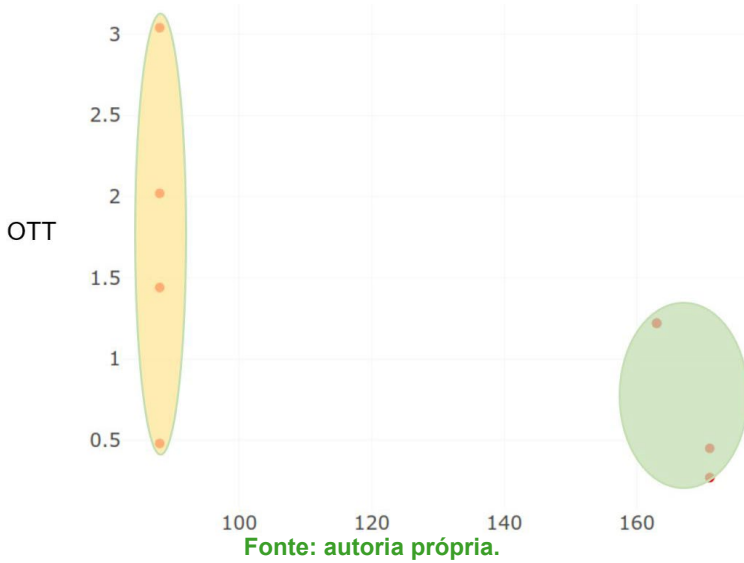
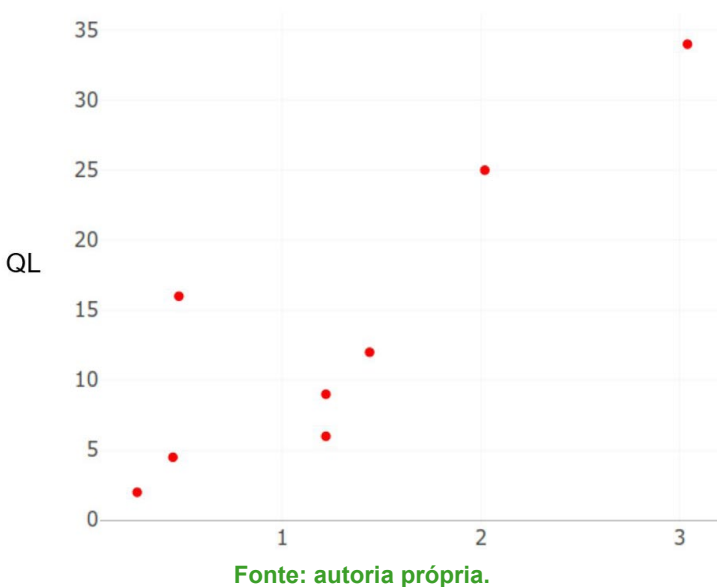


Figura 3 - Qualidade de vida (QL) x Tempo para abrir o brinquedo (OTT) em min. OTT. Pearson's correlation 0,868, $p=0,005^*$. Searman's correlation (r_s) 0,851, $p=0,02^*$



Observa-se uma forte correlação positiva entre a escala de qualidade de vida (QL) e o tempo para abrir o brinquedo (OTT) ($p<0,05$). Isto poderia indicar que a

maior comprometimento da qualidade de vida do animal, maior o tempo que este leva para decifrar o segredo.

Também se observou uma forte correlação negativa entre AS e QL, indicando que ambientes com altos valores na escala de avaliação ambiental, representando melhores condições ambientais (Campinas), se corresponderiam com valores mais baixos de comprometimento da qualidade de vida do animal. Entretanto, também deve-se considerar que os animais de Campinas nasceram em cativeiro e os de Telêmaco Borba seriam provenientes de capturas na natureza.

A comparação entre AS e OTT também demarca dois grupos bem definidos que se correspondem com os dois grupos de animais de Campinas e Telêmaco Borba, respectivamente. A correlação é negativa, podendo indicar que as melhores condições ambientais correspondem a menores tempos de resposta para decifrar o segredo. Entretanto, esta correlação não é estatisticamente significativa, possivelmente devido ao baixo número de medições e ampla dispersão para ambas as variáveis.

DISCUSSÃO

A resposta dos macacos aos agentes estressores compreende aspectos cognitivos, fisiológicos e comportamentais. As alterações nesses aspectos são consideradas sinalizadoras de empobrecimento da qualidade de vida e ambiente pouco enriquecido (Labrador; Crespo, 1994; Mehta; Josephs, 2010; Tung *et al.*, 2012). Medo e ansiedade aumentados são sinais centrais de uma variedade de distúrbios neuropsiquiátricos (Murray *et al.*, 2009; Association, 2014) incluindo declínio cognitivo (McEwen, 1999; Teixeira *et al.*, 2007). Essas alterações neurológicas são pouco conhecidas e/ou subestimadas na Zoologia.

Estudos em neurociência têm indicado que os processos cognitivos e emocionais estão interligados (Arnsten *et al.*, 2015; Kroenke *et al.*, 2007; Velasques; Ribeiro, 2014). Bloqueios emocionais podem prejudicar a aprendizagem. Indivíduos com sinais de medo, ansiedade e depressão podem apresentar pouca concentração e ter uma atenção deficitária. Transtornos neuropsiquiátricos, tais como transtorno do estresse pós-traumático e depressão maior e déficits na aprendizagem, podem ser explicados por prejuízos nas estruturas hipocâmpais e córtex pré-frontal (De Kloet; Joëls; Holsboer, 2005; Joëls; Krugers; Karst, 2007).

Mudanças constantes nos ambientes impõem desafios às populações de animais selvagens, especialmente aqueles que dependem da vida social (Back *et al.*, 2019). Sabe-se que a restrição de liberdade pode promover mudanças fisiológicas no organismo; entretanto, existe um número reduzido de trabalhos com relação à expressão de emoções de animais que vivem em parques (Wielebnowski, 2003). No presente estudo observou-se que a cognição foi influenciada pela qualidade de vida do indivíduo.

O enriquecimento ambiental pode diminuir o estresse e melhorar a qualidade de vida de primatas que possuem complexas estruturas neurais e se relacionam de

maneira sofisticada com o ambiente. O desafio pode estimular o repertório normal do comportamento, diminuir a casuística clínica, diminuir a mortalidade, incrementar a taxa reprodutiva (Boere, 2001). Nesse trabalho também observamos vantagens no fornecimento do desafio cognitivo para os primatas. Em todos os recintos, os animais mostraram-se motivados para usar o brinquedo e resolver o problema que lhes resultaria um ganho. No presente trabalho, este tipo de enriquecimento foi considerado positivo e, como hipotetizado, os brinquedos aumentaram significativamente a proporção de tempo de forrageamento. Estes resultados sugerem que os brinquedos alimentares fornecem benefícios comportamentais para macacos-prego.

O substrato não comestível (brinquedo funcional utilizado como enriquecimento ambiental) aumentou o tempo em que os animais precisam para forragear comparado ao fornecimento de alimentos em uma simples calha ou recipiente. Além disso, ao estabelecer vários locais de forrageamento em toda a exposição, os animais foram encorajados a andar mais para adquirir sua comida, ao invés de se alimentarem em um único ponto. Segundo Manteuffel; Puppe (2009) Este tipo de enriquecimento cognitivo tem a capacidade de ativar o eixo mesolímbico intrinsecamente gratificante do cérebro quando um animal adquire estratégias bem-sucedidas para lidar com as demandas ambientais. Ele fornece aos animais a oportunidade de desenvolver afetos positivos por meio do controle de seu ambiente e da antecipação da recompensa consumada.

Por outro lado, ao contrário do inicialmente hipotetizado, os animais apresentaram comportamentos de entreajuda, cooperação e gestão enquanto manipulavam o aparato. Como os conflitos entre os animais provavelmente eram intensos com o oferecimento padrão de recursos alimentares, pressupunha-se uma competição entre os indivíduos. No entanto, esta eficácia não foi observada, similarmente no trabalho de Sobroza; Fortes (2018). Uma justificativa plausível para a ausência de competição entre os indivíduos é que o tempo gasto com o brinquedo reduziu auto direcionamento e agressividade projetada e aumentou a empatia. Apesar da rápida descoberta do segredo do problema, os animais passaram alguns dias ainda manipulando o objeto.

McCune *et al.* (2019) realizou um experimento interessante envolvendo animais cativos e de vida livre, utilizando um desafio de enriquecimento ambiental alimentar. Os animais de vida livre, em um primeiro momento, foram mais rápidos para captar alimentos. Num segundo momento, os animais de cativeiro tiveram o mesmo desempenho dos de vida livre. Não houve diferença estatística significativa entre os ambientes. No entanto, no atual trabalho observamos diferença entre os ambientes. Quanto mais enriquecido, o animal é mais estimulado e resolve problemas sem muita dificuldade. Gazes *et al.* (2012) justifica que as habilidades cognitivas provavelmente evoluíram em resposta a desafios ambientais e sociais específicos e, portanto, espera-se que sejam especializadas para a história de vida de cada espécie.

Embora o estresse seja fundamental para a sobrevivência, ele também está fortemente relacionado a vários distúrbios cerebrais, incluindo depressão, ansiedade, transtorno de estresse pós-traumático e distúrbios de aprendizagem (Nemeroff, 2016; Saveanu; Nemeroff, 2012).

Com relação à neuroanatomia, Arnsten *et al.* (2015) relataram que uma exposição crônica ao estresse causa atrofia dendrítica no córtex pré-frontal em humanos. Altos níveis de noradrenalina são liberados durante o estresse envolvendo baixa afinidade dos alfa-1-adrenoreceptores, reduzindo estímulos dos neurônios do córtex pré-frontal, embora fortalecendo as funções da amígdala (responsável por emoções primitivas). Isso pode explicar a correlação positiva entre a escala e a dificuldade em completar um desafio.

A escala foi utilizada partindo da premissa que os funcionários cuidadores são fonte confiável de qualidade de vida de animais em cativeiro (King; Landau, 2003; Leach, 2016). O questionário oferece informações rápidas e práticas, a exemplo da sua utilização na psiquiatria humana. Além disso, também pode relatar a relação entre característica de personalidade e qualidade de vida de forma individualizada. Assim, sugerimos a sua utilização em estudos futuros com uma abordagem semelhante à nossa, o que pode levar ao acúmulo de informações acerca de primatas em cativeiros que possam ser comparadas entre si e revelar padrões comportamentais.

Como limitações, o trabalho apresentou um pequeno número de animais. São necessários mais estudos para confirmar os efeitos psicológicos e físicos do cativeiro, com maior número de indivíduos, principalmente com o objetivo de avaliar de maneira mais precisa a duração do efeito do estresse. Uma justificativa para o número reduzido é que existiam dezenove animais no total, mas por uma questão de organização do grupo, apenas oito foram inseridos nas estatísticas, já que o objeto era colocado no recinto e apenas um ou no máximo dois, realizavam a tarefa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A escala genérica do Inventário Pediátrico de Qualidade de Vida teve correlação positiva e significativa com o tempo de resolução do desafio de encontrar o alimento escondido em um brinquedo funcional. Com isso, conclui-se que a qualidade de vida pode influenciar a saúde física e psíquica dos animais. Não houve correlação significativa entre a escala e a posição que o animal ocupa no grupo; entretanto, os animais subordinados demoraram em média mais tempo para executar a tarefa. Este trabalho contribui para o entendimento de como os comportamentos animais em cativeiro podem ser moldados em relação ao estresse e cognição.

REFERÊNCIAS

- AGUSTÍN-PAVÓN, C.; BRAESICKE, K.; SHIBA, Y.; *et al.* **Lesions of ventrolateral prefrontal or anterior orbitofrontal cortex in primates heighten negative emotion.** *Biological Psychiatry*, v. 72, n. 4, p. 266–272, 2012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0006322312002259>.
- ARNSTEN, A. F. T.; RASKIND, M. A.; TAYLOR, F. B.; CONNOR, D. F. **The effects of stress exposure on prefrontal cortex: Translating basic research into**

successful treatments for post-traumatic stress disorder. *Neurobiology of Stress*, v. 1, p. 89–99, 2015. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S2352289514000101>.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION *et al.* **DSM-5: Manual diagnóstico e estatístico de transtornos mentais.** Artmed Editora, 2014.

BACK, J. P.; SUZIN, A.; AGUIAR, L. M. **Activity budget and social behavior of urban capuchin monkeys, *Sapajus* sp.** (Primates: Cebidae). *Zoologia*, v. 36, e30845, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3897/zoologia.36.e30845>.

BETHELL, E.; HOLMES, A.; MACLARNON, A.; SEMPLE, S. **Emotion evaluation and response slowing in a non-human primate: new directions for cognitive bias measures of animal emotion?** *Behavioral Sciences*, v. 6, n. 1, p. 2, 2016. Disponível em: <http://www.mdpi.com/2076-328X/6/1/2>.

BOERE, Vanner. **Environmental enrichment for neotropical primates in captivity.** *Ciência Rural*, v. 31, n. 3, 2001.

BROOM, D. M. **Animal welfare: concepts and measurement.** *Journal of Animal Science*, v. 69, n. 10, p. 4167–4175, 1991. Disponível em: <https://academic.oup.com/jas/article/69/10/4167-4175/4705004>.

CAMARGO, M. R.; MENDES, F. D. C. **Induced tool use as environmental enrichment for captive capuchin monkeys (*Sapajus libidinosus*).** *Psicologia: Teoria e Pesquisa*, v. 32, n. esp., p. 1-8, 2016. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/0102-3772e32ne21>.

DE KLOET, E. Ron; JOËLS, Marian; HOLSBOER, Florian. **Stress and the brain: from adaptation to disease.** *Nature reviews neuroscience*, v. 6, n. 6, p. 463-475, 2005.

GAZES, Regina; BROWN, Emily; BASILE, Benjamin; HAMPTON, Robert. **Automated cognitive testing of monkeys in social groups yields results comparable to individual laboratory-based testing.** *Animal Cognition*, v. 16, 2012. Disponível em: <10.1007/s10071-012-0585-8>.

JOËLS, M.; KRUGERS, H.; KARST, H. **Stress-induced changes in hippocampal function.** 2007. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0079612307670010>.

JOHANSSON, L.; GUO, X.; HÄLLSTRÖM, T.; *et al.* **Common psychosocial stressors in middle-aged women related to longstanding distress and increased risk of Alzheimer's disease: a 38-year longitudinal population study.** *BMJ Open*, v. 3, n. 9, p. e003142, 2013. Disponível em: <http://bmjopen.bmj.com/lookup/doi/10.1136/bmjopen-2013-003142>.

KING, J. E.; LANDAU, V. I. **Can chimpanzee (*Pan troglodytes*) happiness be estimated by human raters?** *Journal of Research in Personality*, v. 37, n. 1, p. 1–15, 2003. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0092656602005275>.

KROENKE, K.; SPITZER, R. L.; WILLIAMS, J. B. W.; MONAHAN, P. O.; LÖWE, B. **Anxiety disorders in primary care: prevalence, impairment, comorbidity, and detection.** *Annals of Internal Medicine*, v. 146, n. 5, p. 317, 2007. Disponível em: <http://annals.org/article.aspx?doi=10.7326/0003-4819-146-5-200703060-00004>.

LABRADOR, FJ; CRESPO, M. Avaliação de estresse. **Fernandéz-Ballesteros R. Avaliação comportamental hoje. Uma abordagem para mudança em psicologia clínica e da saúde. Edições Pyramid SA—Madrid**, p. 484-529, 1994.

LEACH, J. **Psychological factors in exceptional, extreme and torturous environments.** *Extreme Physiology & Medicine*, v. 5, n. 1, p. 7, 2016. Disponível em: <http://extremephysiolmed.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13728-016-0048-y>.

MANTEUFFEL, G.; LANGBEIN, J.; PUPPE, B. **From operant learning to cognitive enrichment in farm animal housing: bases and applicability.** *Animal Welfare*, v. 18, p. 87–95, 2009.

MASON, G. J. **Species differences in responses to captivity: stress, welfare and the comparative method.** *Trends in Ecology & Evolution*, v. 25, n. 12, p. 713–721, 2010. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0169534710002120>.

MCCUNE, K. B.; JABLONSKI, P.; LEE, S.-I.; HA, R. R. **Captive jays exhibit reduced problem-solving performance compared to wild conspecifics.** *Royal Society Open Science*, v. 6, 2019. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1098/rsos.181311>.

MCEWEN, B. S. **Stress and hippocampal plasticity.** *Annual Review of Neuroscience*, v. 22, n. 1, p. 105–122, 1999. Disponível em: <http://www.annualreviews.org/doi/10.1146/annurev.neuro.22.1.105>.

MEHTA, Pranjal H.; JOSEPHS, Robert A. **Testosterona e cortisol regulam conjuntamente a dominância: Evidências para uma hipótese de hormônio duplo.** *Hormônios e comportamento*, v. 58, n. 5, p. 898-906, 2010.

MITRA, R.; SAPOLSKY, R. M. **Acute corticosterone treatment is sufficient to induce anxiety and amygdaloid dendritic hypertrophy.** *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 105, n. 14, p. 5573–5578, 2008. Disponível em: <http://www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0705615105>.

MURRAY, Joseph *et al.* **Efeitos da prisão parental no comportamento antissocial e na saúde mental infantil: uma revisão sistemática.** *Campbell Systematic Reviews*, v. 5, n. 1, p. 1-105, 2009.

NEMEROFF, C. B. **Paradise lost: the neurobiological and clinical consequences of child abuse and neglect.** *Neuron*, v. 89, n. 5, p. 892–909, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0896627316000209>.

PEDSQL. **Pediatric Quality of Life Inventory (PedsQLTM) v4.0.** Disponível em: www.pedsq.org/about_pedsq.html. Acesso em: 26 jul. 2016.

SAVEANU, R. V.; NEMEROFF, C. B. **Etiology of depression: genetic and environmental factors**. *Psychiatric Clinics of North America*, v. 35, n. 1, p. 51–71, 2012. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0193953X11001195>.

SOBROZA, Tainara Venturini; FORTES, Vanessa Barbisan. **Environmental enrichment for captive capuchin monkeys (*Sapajus spp.*) using natural material**. *Revista Brasileira de Zootecias*, v. 19, n. 2, 2018.

TEIXEIRA, C. P.; AZEVEDO, C. S.; MENDL, M.; CIPRESTE, C. F.; YOUNG, R. J. **Revisiting translocation and reintroduction programmes: the importance of considering stress**. *Animal Behaviour*, v. 73, p. 1e13, 2007. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1016/j.anbehav.2006.06.002>.

TROXELL-SMITH, S.; WATTERS, J.; WHELAN, C.; BROWN, J. **Zoo foraging ecology: preference and welfare assessment of two okapi (*Okapia johnstoni*) at the Brookfield Zoo**. *Animal Behavior and Cognition*, v. 4, n. 2, p. 187–199, 2017. Disponível em: <http://www.animalbehaviorandcognition.org/article.php?id=1083>.

VELASQUES, Bruna Brandão; RIBEIRO, Pedro. **Neurociências e aprendizagem: processos básicos e transtornos**. Editora Rubio, 2014.

WHITHAM, J. C.; WIELEBNOWSKI, N. **Animal-based welfare monitoring: using keeper ratings as an assessment tool**. *Zoo Biology*, v. 28, n. 6, p. 545–560, 2009. Disponível em: <http://doi.wiley.com/10.1002/zoo.20281>.

WIELEBNOWSKI, N. **Stress and distress: evaluating their impact for the well-being of zoo animals**. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, v. 223, n. 7, p. 973–977, 2003. Disponível em: <http://avmajournals.avma.org/doi/abs/10.2460/javma.2003.223.973>.



A Influência da Microbiota Intestinal na Saúde dos Equinos: Doenças Associadas e Estratégias de Prevenção

The Influence of Gut Microbiota on Equine Health: Associated Diseases and Prevention Strategies

Davi Henrique Barbosa Pereira

Fábio Gardingo Heleno de Oliveira

Fernanda Monteiro Freitas

Manoel Victor Rezende Sá

Maria Eduarda Rodrigues Lopes

Naiade Torres Maia

Nikelly Tavares Reis

Sávio Gonçalves Medeiros Furtado

Tailene Teles Cassimiro

Resumo: A microbiota intestinal dos equinos, composta por trilhões de microrganismos, desempenha um papel essencial na saúde e bem-estar dos animais. Ela está envolvida na digestão, absorção de nutrientes, regulação imunológica e proteção contra patógenos. No entanto, desequilíbrios na microbiota, conhecidos como disbiose, estão associados a diversas doenças, como colite, síndrome do intestino irritável (SII), laminite e distúrbios metabólicos. Fatores como dieta, uso excessivo de antibióticos, estresse e falta de exercício podem contribuir para a disbiose. Estratégias de manejo, como uma dieta balanceada rica em fibras, o uso de probióticos e prebióticos, e o monitoramento constante da saúde intestinal, são fundamentais para prevenir e controlar essas condições. A compreensão e o manejo adequado da microbiota intestinal têm grande potencial para melhorar a saúde digestiva e metabólica dos equinos.

Palavras-chave: microbiota intestinal; equinos; disbiose; saúde digestiva; colite; síndrome do intestino irritável; laminite; probióticos; prebióticos.

Abstract: The intestinal microbiota of horses, composed of trillions of microorganisms, plays a crucial role in the health and well-being of the animals. It is involved in digestion, nutrient absorption, immune regulation, and protection against pathogens. However, imbalances in the microbiota, known as dysbiosis, are associated with several diseases, such as colitis, irritable bowel syndrome (IBS), laminitis, and metabolic disorders. Factors such as diet, excessive antibiotic use, stress, and lack of exercise can contribute to dysbiosis. Management strategies, such as a balanced fiber-rich diet, the use of probiotics and prebiotics, and constant monitoring of intestinal health, are essential for preventing and controlling these conditions. Understanding and properly managing the intestinal microbiota has great potential to improve the digestive and metabolic health of horses.

Keywords: intestinal microbiota; equines; dysbiosis; digestive health; colitis; irritable bowel syndrome; laminitis; probiotics; prebiotics.

INTRODUÇÃO

A microbiota intestinal, composta por trilhões de microrganismos que habitam o trato digestivo dos animais, desempenha um papel fundamental na saúde geral dos indivíduos, sendo amplamente estudada em diversas espécies, incluindo os equinos. Nos equinos, essa comunidade microbiana é responsável por funções essenciais como a digestão de fibras vegetais, a absorção de nutrientes, a regulação imunológica e a manutenção da integridade da mucosa intestinal (Julliand *et al.*, 2013; Flint *et al.*, 2012). A compreensão sobre a microbiota intestinal em equinos tem evoluído consideravelmente nos últimos anos, destacando não apenas seus benefícios fisiológicos, mas também a relação entre o desequilíbrio dessa microbiota, a disbiose, e o desenvolvimento de diversas condições patológicas (Suchodolski *et al.*, 2015). Este artigo tem como objetivo explorar a relação entre a microbiota intestinal e doenças associadas aos equinos, com ênfase na disbiose e suas implicações na saúde dos animais. Também são discutidas estratégias de manejo, como o uso de probióticos, prebióticos e a manutenção de uma dieta balanceada, para prevenção e controle dessas doenças.

A metodologia adotada nesta pesquisa consistiu em uma revisão sistemática da literatura, utilizando fontes científicas recentes sobre a microbiota intestinal de equinos. A busca foi realizada em bases de dados como PubMed, Scopus e Google Scholar, com ênfase em estudos experimentais e observacionais que investigam a composição e a função da microbiota intestinal, os fatores que causam disbiose e as estratégias de manejo eficazes. Para a análise, foram selecionados artigos que abordam tanto os mecanismos fisiológicos associados à microbiota intestinal quanto a relação desta com doenças como colite, síndrome do intestino irritável (SII), laminites e distúrbios metabólicos (Almeida *et al.*, 2016; Geor *et al.*, 2011). A revisão também inclui estudos sobre intervenções terapêuticas, como a utilização de probióticos e prebióticos para restaurar o equilíbrio da microbiota intestinal e melhorar a saúde digestiva dos equinos (Swanson *et al.*, 2010; Sanders *et al.*, 2013).

A análise das publicações incluiu uma avaliação crítica da eficácia das diferentes estratégias de manejo da microbiota, bem como o impacto de fatores como a dieta e o uso de antibióticos na composição microbiana intestinal. Além disso, foram considerados estudos que investigam a relação entre a microbiota e o desempenho físico dos equinos, com foco em como a modulação da microbiota pode contribuir para a prevenção de doenças intestinais e metabólicas (Davis *et al.*, 2016; Bermúdez-Brito *et al.*, 2012).

O QUE É MICROBIOTA INTESTINAL?

A microbiota intestinal refere-se ao conjunto de microrganismos que habitam o intestino de um organismo, incluindo bactérias, vírus, fungos e protozoários. Nos equinos, a microbiota é predominantemente composta por bactérias, sendo que as principais três famílias bacterianas encontradas no intestino de equinos incluem

Firmicutes, Bacteroidetes e Proteobacteria (Kollmann *et al.*, 2015). Estas bactérias desempenham papéis fundamentais na digestão de fibras vegetais, na produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), e na regulação do sistema imunológico do animal. Além disso, a composição da microbiota intestinal dos equinos pode ser influenciada por diversos fatores, incluindo a dieta, o manejo, a prática de exercícios físicos e a utilização de medicamentos, como antibióticos. A dieta, em particular, exerce um grande impacto sobre a composição da microbiota intestinal. Dietas ricas em fibras, como frutas e vegetais, favorecem a proliferação de bactérias benéficas, que auxiliam na digestão das fibras e na produção de AGCC. Por outro lado, dietas com alto teor de gorduras e açúcares podem estimular o crescimento de microrganismos prejudiciais, que podem levar a distúrbios intestinais e inflamações (Davis *et al.*, 2016). Além disso, o consumo de alimentos ricos em probióticos, como iogurte, e prebióticos, como alho e cebola, tem mostrado efeitos positivos na modulação da microbiota intestinal (Gänzle, 2015). O uso excessivo de antibióticos pode reduzir a diversidade bacteriana, afetando negativamente a saúde intestinal e a capacidade do organismo de se defender contra patógenos (Jullian *et al.*, 2013). Fatores adicionais, como suplementação nutricional, estresse e prática regular de exercícios também influenciam a microbiota intestinal, podendo promover um ambiente saudável ou contribuir para o desequilíbrio e o surgimento de doenças (Almeida *et al.*, 2016). Além disso, o exercício físico tem se mostrado como um fator capaz de alterar a diversidade bacteriana no intestino de equinos. O exercício aeróbico intenso, em particular, pode modificar a composição da microbiota intestinal, influenciando tanto a saúde digestiva quanto o desempenho físico do animal (Almeida *et al.*, 2016). O impacto do exercício na microbiota intestinal pode ter implicações importantes na otimização da saúde digestiva, no controle de peso e na prevenção de doenças associadas ao desequilíbrio microbiológico, como a cólica equina.

COMPOSIÇÃO E FUNÇÃO DA MICROBIOTA INTESTINAL

A composição da microbiota intestinal de equinos é dinâmica e está em constante mudança, dependendo de diversos fatores, como a dieta, o ambiente e a saúde geral do animal. O equilíbrio entre as populações bacterianas é essencial para o bom funcionamento do sistema digestivo e para a manutenção da saúde intestinal (Jullian *et al.*, 2013). A perda de diversidade microbiológica ou o desequilíbrio nas populações bacterianas podem resultar em distúrbios intestinais, como inflamação crônica e colite, que afetam o desempenho e o bem-estar do animal. Entre as principais funções desempenhadas pela microbiota intestinal nos equinos, destacam-se a digestão de fibras, a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e a regulação do sistema imunológico.

Digestão de Fibras: Como herbívoros, os equinos dependem de uma dieta rica em fibras vegetais para obter a energia necessária. A microbiota intestinal facilita a fermentação da celulose e de outros polissacarídeos complexos, liberando nutrientes essenciais como ácidos graxos e vitaminas (Stewart *et al.*, 2017). Esse

processo é crucial, uma vez que os equinos não possuem enzimas próprias para digerir as fibras vegetais, dependendo das bactérias intestinais para realizar essa tarefa.

Produção de Ácidos Graxos de Cadeia Curta (AGCC): Durante a fermentação das fibras, a microbiota intestinal dos equinos gera ácidos graxos de cadeia curta, como acetato, propionato e butirato. Esses AGCC são fontes primárias de energia para as células do cólon e desempenham um papel importante na manutenção da saúde intestinal. O butirato, em particular, é conhecido por suas propriedades anti-inflamatórias e por promover a integridade da mucosa intestinal (Flint *et al.*, 2012). A produção adequada de AGCC também pode influenciar a motilidade intestinal e a absorção de nutrientes, fatores essenciais para a digestão eficiente e a saúde geral do animal.

Regulação do Sistema Imunológico: A microbiota intestinal desempenha um papel essencial na modulação da resposta imunológica do hospedeiro, sendo crucial para a manutenção da integridade da barreira intestinal e na proteção contra infecções. As bactérias intestinais ajudam a equilibrar a resposta inflamatória e a fortalecer a imunidade local, prevenindo infecções intestinais e a translocação de patógenos (Collins *et al.*, 2012). Estudos sugerem que o desequilíbrio da microbiota intestinal pode comprometer a função imunológica, tornando o animal mais suscetível a doenças infecciosas e inflamatórias.

DISBIOSES E DOENÇAS ASSOCIADAS

A microbiota intestinal dos equinos, composta principalmente por bactérias, desempenha um papel crucial em diversas funções fisiológicas, incluindo a digestão de fibras, a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e a modulação do sistema imunológico (Julliand *et al.*, 2013). No entanto, qualquer alteração no equilíbrio dessa microbiota, conhecida como disbiose, pode impactar diretamente a saúde do animal, resultando em uma série de distúrbios intestinais e metabólicos, como colite, síndrome do intestino irritável (SII), laminite e distúrbios metabólicos. A disbiose intestinal, caracterizada pelo desequilíbrio na composição da microbiota, pode ser desencadeada por diversos fatores, como mudanças abruptas na dieta, uso excessivo de antibióticos, estresse, infecções ou até mesmo o sedentarismo. Esse desequilíbrio está fortemente associado a uma série de doenças intestinais e metabólicas, como colite, síndrome do intestino irritável (SII), úlceras gástricas, laminite e distúrbios metabólicos. A seguir, são discutidas algumas das principais condições patológicas associadas à disbiose intestinal em equinos, com ênfase nos mecanismos de desenvolvimento e sintomas clínicos.

A Função das Bactérias Intestinais na Digestão e Produção de AGCC

As bactérias intestinais desempenham um papel fundamental na digestão de fibras vegetais, um processo vital para a produção de energia nos equinos.

Como as fibras não são digeríveis pelas enzimas próprias do animal, a microbiota intestinal é essencial para a fermentação e quebra desses compostos, liberando ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como acetato, propionato e butirato. Esses AGCC são fontes importantes de energia para as células do cólon (Stewart *et al.*, 2017). O butirato, em particular, possui propriedades anti-inflamatórias, sendo crucial para a manutenção da integridade da mucosa intestinal e a prevenção de doenças inflamatórias intestinais (Flint *et al.*, 2012). No entanto, quando ocorre uma alteração no equilíbrio bacteriano, com a proliferação de bactérias patogênicas, a produção de AGCC pode ser comprometida, resultando em menor disponibilidade de energia para as células intestinais e favorecendo o desenvolvimento de distúrbios intestinais.

Impacto da Disbiose na Saúde Intestinal e Doenças Associadas

A disbiose intestinal ocorre quando há um desequilíbrio entre as bactérias benéficas e patogênicas, o que pode ser causado por fatores como dietas inadequadas, uso excessivo de antibióticos, estresse e falta de exercício. Esse desequilíbrio pode aumentar a permeabilidade intestinal e prejudicar a função de barreira do intestino, facilitando a translocação de microrganismos patogênicos e toxinas para a corrente sanguínea, o que pode levar a uma resposta inflamatória sistêmica (Suchodolski *et al.*, 2015). Esse processo está diretamente associado ao desenvolvimento de condições como a colite, uma inflamação do cólon que pode ser desencadeada por desequilíbrios na microbiota intestinal. Microrganismos patogênicos, como *Clostridium* spp., podem proliferar nesse ambiente, causando danos à mucosa intestinal e resultando em episódios de diarreia, dor abdominal e febre (Hawkins *et al.*, 2008).

Além disso, a disbiose pode afetar diretamente a síndrome do intestino irritável (SII). A produção reduzida de AGCC, especialmente o butirato, pode prejudicar a motilidade intestinal, resultando em cólicas e distensão abdominal. A disbiose também pode alterar a comunicação entre o sistema nervoso entérico e o cérebro, exacerbando os sintomas da SII (Macfarlane e Macfarlane, 2012). O butirato, produzido por bactérias benéficas, exerce um efeito protetor sobre a mucosa intestinal e regula a motilidade do cólon. A falta desse AGCC pode comprometer a motilidade intestinal, levando a cólicas e outros sintomas característicos da SII.

Outro exemplo claro de como a disbiose pode impactar a saúde do equino é a relação com a laminite, uma condição inflamatória grave dos cascos. A fermentação excessiva de carboidratos não digeridos no cólon, combinada com desequilíbrios na microbiota intestinal, pode levar à produção de toxinas, como as endotoxinas. Estas toxinas entram na corrente sanguínea e causam inflamação nos membros, comprometendo a circulação (Geor *et al.*, 2011). Além disso, a liberação de substâncias tóxicas provenientes de microrganismos patogênicos pode desencadear uma resposta inflamatória sistêmica, exacerbando o quadro clínico. Assim, a alteração na microbiota intestinal pode resultar em laminite, uma condição extremamente dolorosa para os equinos, associada ao aumento da permeabilidade intestinal e ao consequente aumento de toxinas na corrente sanguínea.

Colite e Diarreia

A colite é uma inflamação do cólon frequentemente desencadeada por desequilíbrios na microbiota intestinal. Mudanças abruptas na dieta, estresse ou o uso excessivo de antibióticos podem alterar a composição bacteriana do intestino, favorecendo o crescimento de patógenos como *Clostridium* spp., frequentemente associados a episódios de diarreia e colite (Hawkins *et al.*, 2008). A disbiose compromete a integridade da mucosa intestinal, tornando-a mais vulnerável à invasão de microrganismos patogênicos, o que pode gerar inflamação e lesões no cólon (Suchodolski *et al.*, 2015). A perda de bactérias benéficas também compromete a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), como o butirato, que têm um efeito protetor sobre a mucosa intestinal.

Mecanismo de Desenvolvimento: A disbiose pode afetar a composição bacteriana, favorecendo o crescimento de microrganismos patogênicos, como *Clostridium* spp., que geram substâncias tóxicas que podem prejudicar a integridade da mucosa intestinal e promover a inflamação. A alteração no equilíbrio bacteriano também pode reduzir a produção de AGCC, comprometendo ainda mais a função intestinal (Flint *et al.*, 2012).

Sintomas: Os sinais clínicos mais comuns incluem diarreia, dor abdominal, desidratação e febre. O tratamento geralmente envolve o uso de antimicrobianos seletivos para controlar os patógenos presentes e a correção da dieta, com foco na restauração do equilíbrio da microbiota intestinal.

Síndrome do Intestino Irritável (SII)

A Síndrome do Intestino Irritável (SII) é uma condição caracterizada por motilidade intestinal alterada, frequentemente exacerbada por desequilíbrios na microbiota intestinal. A disbiose pode prejudicar a produção de AGCC, particularmente o butirato, que é essencial para a manutenção da saúde intestinal e a regulação da motilidade do cólon (Macfarlane & Macfarlane, 2012). A falta desses AGCC pode resultar em dor abdominal e alteração na motilidade intestinal, causando cólicas e distensão abdominal. A SII é frequentemente associada a uma resposta imune desregulada e a um aumento da permeabilidade intestinal, ambos exacerbados por desequilíbrios na microbiota (Bermúdez-Brito *et al.*, 2012).

Mecanismo de Desenvolvimento: A alteração na microbiota intestinal pode afetar a função do sistema nervoso entérico, que regula a motilidade intestinal, e prejudicar a comunicação entre o intestino e o cérebro. A produção reduzida de AGCC, em particular o butirato, pode comprometer a função da mucosa intestinal, exacerbando os sintomas da SII (Bermúdez-Brito *et al.*, 2012).

Sintomas: Os sinais clínicos incluem cólicas, flatulência, alterações na frequência das fezes e distensão abdominal, com episódios de dor abdominal intensa, que podem levar a desconforto crônico.

Laminites

A laminite é uma condição inflamatória grave dos pés, frequentemente associada a desequilíbrios na microbiota intestinal, especialmente após a ingestão excessiva de carboidratos fermentáveis. A fermentação excessiva de carboidratos não digeridos no cólon pode levar à produção de toxinas, como as endotoxinas, que entram na corrente sanguínea, causando inflamação nos membros e comprometendo a circulação (Geor *et al.*, 2011). Além disso, a liberação de substâncias tóxicas provenientes de microrganismos patogênicos pode desencadear uma resposta inflamatória sistêmica, exacerbando o quadro clínico.

Mecanismo de Desenvolvimento: A fermentação excessiva de carboidratos não digeridos no cólon resulta na liberação de toxinas, como as endotoxinas, que podem ser absorvidas pela corrente sanguínea e causar danos à função endotelial e aos tecidos dos cascos. Esses danos podem comprometer a circulação sanguínea, levando a dor e lesões nos pés (Frank *et al.*, 2015).

Sintomas: Os sintomas típicos incluem dor nos pés, relutância em se mover, alterações na postura e claudicação, com episódios de dor intensa ao caminhar.

Doenças Metabólicas

A Síndrome Metabólica Equina (SME) e a obesidade também estão associadas a alterações na microbiota intestinal. A SME, caracterizada por resistência à insulina, alterações no metabolismo lipídico e predisposição a laminite, pode estar relacionada ao desequilíbrio na microbiota intestinal (Freestone *et al.*, 2017). Estudos sugerem que a disbiose pode aumentar a inflamação sistêmica e contribuir para a resistência à insulina e outras disfunções metabólicas, como a obesidade (Bermúdez-Brito *et al.*, 2012). Além disso, a redução da diversidade bacteriana pode prejudicar a função imunológica do organismo, exacerbando condições metabólicas e inflamatórias.

Mecanismo de Desenvolvimento: A alteração da microbiota intestinal pode afetar a produção de ácidos graxos de cadeia curta, que desempenham um papel fundamental na modulação da resposta inflamatória e no metabolismo lipídico. A disbiose também pode desencadear uma inflamação sistêmica, promovendo resistência à insulina e favorecendo o acúmulo de gordura corporal (Freestone *et al.*, 2017).

Sintomas: Os sinais clínicos incluem resistência à insulina, aumento de peso, predisposição a laminite e distúrbios na regulação da glicose e dos lipídios no sangue.

ESTRATÉGIA DE PREVENÇÃO E MANEJO DA MICROBIOTA INTESTINAL

Manter uma microbiota intestinal saudável é essencial para prevenir uma variedade de doenças em equinos, pois um equilíbrio adequado dessa microbiota contribui para a digestão eficiente, a produção de ácidos graxos de cadeia curta

(AGCC), a regulação imunológica e a proteção contra patógenos. O desequilíbrio da microbiota, conhecido como disbiose, está relacionado a doenças digestivas e metabólicas, como colite, síndrome do intestino irritável (SII), laminite, e distúrbios endócrinos. Assim, a adoção de estratégias de manejo adequadas é crucial para a saúde intestinal e o bem-estar geral dos equinos.

Dieta Balanceada

Uma dieta rica em fibras é essencial para promover uma microbiota intestinal saudável. As fibras alimentares, principalmente aquelas provenientes de forragens de boa qualidade como capim e feno, favorecem a atividade das bactérias benéficas no intestino, como Firmicutes e Bacteroidetes, que desempenham papéis chave na fermentação e produção de AGCC (Stewart *et al.*, 2017). Mudanças abruptas na dieta devem ser evitadas, pois podem desestabilizar a composição da microbiota, desencadeando disbiose e problemas digestivos, como cólicas e diarreia. A introdução gradual de novos alimentos, como suplementos ou alimentos com maior teor de carboidratos, é recomendada para permitir que o sistema digestivo se adapte de forma segura e gradual.

Além disso, a presença de alimentos ricos em polissacarídeos complexos (como vegetais e leguminosas) estimula a produção de AGCC como o acetato, propionato e butirato, que fornecem energia para as células do cólon e têm efeitos anti-inflamatórios (Flint *et al.*, 2012). A fibra também promove a motilidade intestinal e ajuda a prevenir distúrbios como a constipação e a síndrome do intestino irritável.

Uso de Probióticos e Prebióticos

O uso de probióticos e prebióticos tem se mostrado uma estratégia eficaz para promover a saúde intestinal e restaurar o equilíbrio da microbiota intestinal. Os probióticos são microrganismos vivos, como bactérias benéficas, que podem ser administrados aos equinos para aumentar a população de microrganismos benéficos no intestino (Swanson *et al.*, 2010). Esses suplementos têm sido amplamente estudados por sua capacidade de melhorar a digestão, modular o sistema imunológico e até prevenir infecções intestinais.

Já os prebióticos são compostos alimentares não digeríveis que estimulam o crescimento de bactérias benéficas, como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*, favorecendo o crescimento de espécies microbianas favoráveis e inibindo o desenvolvimento de patógenos (Slavin, 2013). A combinação de probióticos e prebióticos (denominados simbióticos) pode ter efeitos sinérgicos, melhorando a estabilidade da microbiota intestinal, diminuindo a inflamação intestinal e prevenindo a ocorrência de distúrbios digestivos, como diarreia e cólicas intestinais (Sanders *et al.*, 2013).

Estudos indicam que a administração de probióticos como *Lactobacillus* e *Enterococcus* pode ser eficaz na prevenção de colite e no manejo de distúrbios digestivos relacionados à disbiose (Mallon *et al.*, 2012). Além disso, alimentos como alho, cebola e chicória, ricos em prebióticos, podem ser incorporados à dieta para apoiar a saúde intestinal, sem causar efeitos adversos.

Monitoramento da Saúde

Observar sinais clínicos de problemas digestivos é uma das maneiras mais eficazes de prevenir complicações graves relacionadas à disbiose intestinal. Mudanças no apetite, episódios recorrentes de diarreia, cólicas ou perda de peso podem ser indicativos de desequilíbrios na microbiota intestinal, que devem ser abordados precocemente para evitar o agravamento da condição. A intervenção veterinária em estágios iniciais, juntamente com um plano de manejo dietético adequado, pode ajudar a prevenir o surgimento de doenças mais graves, como síndrome do intestino irritável ou laminite associadas à disbiose (Hawkins *et al.*, 2008). A realização de exames de fezes regulares e testes microbiológicos também são úteis para monitorar a saúde intestinal dos equinos e identificar desequilíbrios bacterianos, permitindo ajustes dietéticos ou a administração de terapias adequadas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A microbiota intestinal é fundamental para a saúde dos equinos, influenciando desde a digestão e absorção de nutrientes até a modulação do sistema imunológico e a proteção contra patógenos. A disbiose, que representa um desequilíbrio dessa microbiota, pode desencadear uma série de doenças, como colite, síndrome do intestino irritável, laminite e doenças metabólicas. Estratégias eficazes de manejo, incluindo a manutenção de uma dieta balanceada rica em fibras, o uso de probióticos e prebióticos, e o monitoramento constante da saúde intestinal, são essenciais para garantir o bem-estar dos equinos e prevenir o desenvolvimento de doenças relacionadas à microbiota intestinal. A prática contínua de intervenções baseadas na compreensão da microbiota intestinal tem o potencial de melhorar significativamente a saúde digestiva e metabólica dos equinos, além de aumentar a eficiência do manejo em clínicas veterinárias e propriedades de criação.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. M., *et al.* **Impact of exercise on the intestinal microbiota of horses.** Journal of Equine Veterinary Science, 38, p. 78-85, 2016.

ALMEIDA, L. L., *et al.* **Influência do exercício sobre o microbioma intestinal e suas implicações para o desempenho e saúde equina.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 42, p. 7-14, 2016.

BERMÚDEZ-BRITO, M., *et al.* **Probiotic microorganisms in the prevention and treatment of gut inflammation.** Infection, Genetics and Evolution, v. 12, n. 3, p. 630-641, 2012.

BERMÚDEZ-BRITO, M., *et al.* **Probiotics and prebiotics in human health.** Journal of Clinical Gastroenterology, v. 46, n. 8, p. 556-560, 2012.

COLLINS, J. W., *et al.* **The human microbiome and disease.** Nature, v. 489, n. 7414, p. 61-68, 2012.

DAVIS, M. E., *et al.* **Impact of diet and probiotics on the equine microbiota.** Journal of Equine Science, v. 27, n. 4, p. 221-228, 2016.

DAVIS, M. F., *et al.* **Dietary impacts on the gut microbiota and the health of horses.** Veterinary Journal, v. 210, p. 12-18, 2016.

FLINT, H. J., *et al.* **Microbial contributions to human gut health.** Journal of Clinical Microbiology, v. 50, n. 7, p. 2147-2156, 2012.

FLINT, H. J., *et al.* **The role of gut microbiota in health and disease.** Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology, v. 9, n. 10, p. 589-595, 2012.

FLINT, H. J., *et al.* **The role of microbial communities in gut health and disease.** Current Opinion in Gastroenterology, v. 28, n. 4, p. 294-303, 2012.

FREESTONE, P. P. E., *et al.* **The equine microbiome and metabolic diseases.** Equine Veterinary Journal, v. 49, n. 1, p. 15-22, 2017.

GÄNZLE, M. G. Probiotics in food: Benefits and applications. Springer, 2015.

GEOR, R. J., *et al.* **Nutrition and exercise-induced metabolic disorders in horses.** Equine Veterinary Journal, v. 43, n. 4, p. 50-55, 2011.

GEOR, R. J., *et al.* **Nutritional management of equine laminitis.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 31, n. 9, p. 553-563, 2011.

HAWKINS, M. G.; O'CONNOR, T. G.; HUGHES, D. M. **Microbial flora of the equine gastrointestinal tract: implications for health and disease.** 2008.

JULLIAND, V., *et al.* **Microbiota and gut health in horses.** Equine Veterinary Education, v. 25, n. 1, p. 1-12, 2013.

JULLIAND, V., *et al.* **The role of the microbiota in equine digestive health.** Journal of Equine Veterinary Science, v. 33, n. 3, p. 158-166, 2013.

KOLLMANN, A., *et al.* **Bacterial diversity in the equine gut: Effects of diet, antibiotics, and health.** Frontiers in Veterinary Science, v. 2, p. 31, 2015.

KOLLMANN, M., *et al.* **Equine microbiota: Composition and diversity.** Veterinary Microbiology, v. 175, n. 1, p. 95-104, 2015.

MACFARLANE, G. T.; MACFARLANE, S. **Acetate and butyrate: Their role in human colonic health.** Proceedings of the Nutrition Society, v. 71, n. 1, p. 1-8, 2012.

MACFARLANE, G. T.; MACFARLANE, S. **Dietary fiber and the gut microbiota.** In: Gut Health: A New Perspective for the Gastroenterologist, v. 49, p. 227-240, 2012.

MALLON, T. W., *et al.* **The effects of probiotics on equine health.** Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, v. 28, n. 3, p. 305-314, 2012.

- SANDERS, M. E., *et al.* **Probiotics and prebiotics in animal health.** Journal of Animal Science, v. 91, n. 5, p. 1622-1632, 2013.
- SANDERS, M. E., *et al.* **Probiotics and prebiotics in equine medicine.** Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, v. 29, n. 1, p. 161-177, 2013.
- SLAVIN, J. L. **Prebiotics and probiotics: From science to application.** Journal of Clinical Gastroenterology, v. 47, n. 6, p. 5-16, 2013.
- STEWART, C. S., *et al.* **The microbiota and gut health in horses.** Veterinary Microbiology, v. 211, p. 16-24, 2017.
- SUCHODOLSKI, J. S., *et al.* **Gut microbiota of horses.** Equine Veterinary Journal, v. 47, n. 5, p. 531-538, 2015.
- SUCHODOLSKI, J. S., *et al.* **The intestinal microbiota of horses.** Veterinary Clinics of North America: Equine Practice, v. 31, n. 3, p. 219-228, 2015.
- SWANSON, K. S., *et al.* **Probiotics and prebiotics in companion animals.** Journal of Animal Science, v. 88, n. 7, p. 1-9, 2010.
- SWANSON, K. S., *et al.* **Probiotics and prebiotics in equine nutrition.** Equine Veterinary Journal, v. 42, n. 4, p. 201-212, 2010.



Cisto Ovariano em Vacas: Uma Revisão de Literatura

Ovarian Cyst in Cows: A Literature Review

Anny Carolynny Paula Fernandes

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Nayane Margarida Lopes Fernandes

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Maria Fernanda Lopes Valentim

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Sabrina Heloísa dos Santos

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Luiz Felipe Gomes Moreira

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Ketily Elen de Sousa Ferreira

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Andreza Custódio Martiniano Lopes

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Fernanda Monteiro Freitas

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Maria Eduarda Oliveira

Estudante de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Fábio Gardingo Heleno de Oliveira

Professor do Curso de Medicina Veterinária – Faculdade UNEC

Resumo: Este estudo tem como objetivo revisar a literatura acerca do cisto ovariano em vacas. O cisto ovariano em bovinos é um folículo anovulatório com diâmetro superior a 25 mm, que persiste nos ovários por mais de 10 dias sem a presença de um corpo lúteo funcional, causando infertilidade ao interromper os ciclos estrais. Os cistos podem ser classificados como foliculares ou lúteos, sendo difícil diferenciá-los pela palpação retal, mas a dosagem de progesterona (P4) no plasma ou leite e a ultrassonografia podem ajudar no diagnóstico. A etiologia do cisto ainda não é totalmente compreendida, mas fatores como a condição corporal no pós-parto, número de lactações e desordens no período pós-parto são considerados fatores de risco. A principal causa está relacionada a desequilíbrios hormonais, especialmente na liberação de LH, prejudicando a ovulação.

Palavras-chave: cisto ovariano; cistos lúteos; cistos foliculares; folículo anovulatório; reprodução.

Abstract: Ovarian cysts in cattle are characterized as an anovulatory follicle with a diameter greater than 25 mm, which persists in the ovaries for more than 10 days without the presence of a functional corpus luteum, causing infertility by interrupting the estrous cycles. Cysts can be classified as follicular or luteal, and while it is difficult to differentiate them through rectal palpation, the measurement of progesterone (P4) in plasma or milk and ultrasonography can aid in diagnosis. The etiology of the cyst is not fully understood, but factors such as body condition postpartum, number of lactations, and disorders in the postpartum period are

considered risk factors. The main cause is related to hormonal imbalances, particularly in the release of LH, impairing ovulation

Keywords: ovarian cyst; luteal cyst; follicular cyst; anovulatory follicle; reproduction.

INTRODUÇÃO

Conforme Day *et al.* (1991), um cisto ovariano em bovinos é caracterizado como um folículo anovulatório, que possui um diâmetro superior a 25mm, cuja persistência nos ovários ultrapassa 10 dias na ausência de um corpo lúteo funcional, interrompendo os ciclos estrais normais. Enquanto, a doença ovariana cística persiste nas vacas, as mesmas ficam inférteis (Santos; Démetrio; Vasconcelos, 2009).

A depender do grau de luteinização da estrutura, os cistos ovarianos podem ser classificados em folicular ou lúteo. Diferenciá-los através da palpação retal é uma tarefa difícil e por vezes até impossível. No entanto, a dosagem de progesterona (P4) no plasma ou no leite pode colaborar com a identificação dos dois tipos de cistos. Além disso, segundo Farin *et al.* (1990) a ultrassonografia também pode ser uma aliada na diferenciação, já que constataram a sensibilidade de 70% para diagnosticar cisto folicular e 91,5% para cisto lúteo (Bueno *et al.*, 2007).

A etiologia do cisto ovariano, até o momento não está bem elucidada. Diversos fatores são considerados como potenciais elementos de risco, incluindo diminuição do escore de condição corporal no pós-parto, o número de lactações, a sazonalidade e desordens associadas ao período pós- parto. Apesar disso, a principal causa de desenvolvimento do cisto parece estar associada a um desequilíbrio endócrino relacionado ao eixo hipotálamo-hipófise-gonadal. Essa disfunção hormonal acarretaria em uma diminuição na liberação de LH, especialmente na onda pré-ovulatória (Santos; Démetrio; Vasconcelos, 2009).

METODOLOGIA

O presente capítulo realiza uma revisão meticulosa da literatura com o objetivo de demonstrar através da análise dos mesmos o conceito, etiologia, diagnóstico e tratamento dos cistos ovarianos em vacas.

Para atingir esse objetivo, foi feito uma ampla busca eletrônica extraídos de bancos de dados online, sendo eles revistas acadêmicas, artigos e livros de medicina veterinária, escritos em inglês ou português, utilizando os termos "cisto ovariano em vacas", "tratamento cisto ovariano em vacas", "diagnóstico de cisto ovariano em vacas", ajustados conforme as especificidades de cada base de dados.

CONCEITO E ETIOLOGIA

Existem dois tipos de cistos que são classificados de acordo com a luteinização da estrutura.

Cistos foliculares: se formam quando um folículo não ovula normalmente e continua a crescer, acumulando fluido em seu interior.

Cistos lúteos: se formam quando um corpo lúteo, não regride normalmente, podendo resultar no acúmulo de material lúteo, como sangue ou tecido luteal, formando um cisto.

Em bovinos, cistos ovarianos são encontrados principalmente nos primeiros 60 dias pós-parto, pois nesse período o hipotálamo e a hipófise ainda estão parcialmente refratários ao estrógeno produzido pelos folículos que iniciam o crescimento (Kesler e Garverick, 1982), ou os folículos não teriam capacidade normal de produção de estradiol (Roche *et al.*, 2000).

A etiologia principal seria uma síndrome multiglandular, que dá-se devido ao desequilíbrio endócrino envolvendo o eixo hipotálamo-hipófise-gônadas, que altera o padrão de liberação de Hormônio Luteinizante (LH) (Fourichon *et al.*, 2000).

Em estudo apresentado por Busato *et al.* (1995), foi demonstrado que as células produtoras de LH pela hipófise de vacas com cisto, se encontravam hipotrofiadas, enquanto as produtoras do Hormônio Adrenocorticotrófico ou Corticotropina (ACTH) se encontravam hipertrofiadas.

Já em estudo feito por Kawate *et al.* (1997), foi relatado que a hipófise de vacas com cisto não apresenta alterações na liberação de LH em resposta ao Hormônio Liberador de Gonadotrofinas (GnRH), quando comparadas a vacas normais.

Portanto, as alterações encontradas nos perfis de LH em vacas com cisto se deve aos padrões do GnRH.

DIAGNÓSTICO

O diagnóstico tem como base os achados clínicos e a sintomatologia (Day *et al.*, 1991), mas o método clínico mais preciso é a ultrassonografia (Farin *et al.*, 1990). O sintoma mais comum é o anestro, especialmente durante o período pós-parto. Algumas vacas com cistos foliculares mostram comportamento estro (cio) em intervalos irregulares. O desenvolvimento de características físicas masculinas é outro sinal que pode estar presente. Ninfomania e ciclos irregulares são comuns. Vacas com cistos foliculares também podem evidenciar ciclos estrais regulares, mas a fertilidade é reduzida.

TRATAMENTOS

O cisto folicular ovariano é um impasse na reprodução bovina, pois é uma grande perda econômica já que a vacas acometidas com tal patologia podem apresentar anestro, estro irregulares e ninfomania, que prejudicam a reprodução.

O tratamento do cisto folicular ovariano em vacas depende do tipo de cisto que foi encontrado, sendo possível diferenciá-los através de ultrassom. Se o cisto encontrado for do tipo folicular, o tratamento tem o objetivo de luteinizá-lo e após isso fazer luteólise do mesmo. Se o cisto encontrado for do tipo luteínico, o objetivo do tratamento é a luteólise do cisto.

Cisto Folicular

O cisto folicular é o cisto com maior incidência em vacas, e o objetivo do seu tratamento é luteinizá-lo, ou seja, transformá-lo em um cisto luteínico para depois realizar nele a luteólise. Para isso, é utilizado de protocolos a base de análogos de GnRH (Hormônio Liberador de Gonadotrofinas), hCG (Hormônio Gonadotrofina Coriônica Humana) e PGF2 α (Prostaglandina), há também escolhas de protocolos que incluem a utilização de P4 (progesterona).

O GnRH no tratamento de cistos ovarianos foliculares atua na hipófise estimulando a secreção de LH (Hormônio Luteinizante), esse LH terá ação sobre esse cisto luteinizando-o (Sprecher, 1990).

O hCG possui efeito semelhante ao LH, ou seja, luteinizante, ele se liga aos receptores de LH, podendo durar até 30 horas após o tratamento (Rensis *et al.*, 2008).

A PGF2 α atua no tratamento fazendo luteólise do cisto ovariano anteriormente já luteinizado pelo LH, portanto, essa prostaglandina faz a análise do cisto, dando fim ao mesmo.

O implante de P4 no protocolo de tratamento para cistos ovarianos segundo o Neto *et al.* (2023), tem a função de não permitir que haja nova ovulação, reduzindo os folículos em crescimento, já que seus níveis se manterão elevados.

Protocolos cisto folicular

O protocolo usado por Neto *et al.* (2023), consiste em colocação do implante de P4 de 1º uso (1,0g) e aplicação intramuscular de Acetato de Buserelina (medicamento análogo de GnRH) (0,02mg) no dia 0 (D0, início do tratamento). No D7 (sete dias após o início do tratamento) foi aplicado mais uma dose de acetato de Buserelina (0,02mg). No D14 (quatorze dias após o início do tratamento) houve a retirada do implante de P4 e foi administrado 500mg de Cloprostenol Sódico (medicamento análogo de PGF2 α). Nesse relato de caso na qual foi utilizado o protocolo descrito, foram utilizadas sete fêmeas bovinas com diagnóstico de cisto ovariano, dessas sete, seis vacas não apresentaram cisto folicular na avaliação ultrassonográfica de 30 dias após o tratamento (Neto *et al.*, 2023).

Em outra situação descrita por Santos *et al.* (2009), foi utilizado somente Gonadorelina (medicamento análogo de GnRH) (100mcg) em dose única intramuscular. No caso utilizado desse tratamento somente com GnRH, foram utilizadas quinze vacas com diagnóstico de cisto, dessas quinze, nove foram curadas, tendo uma taxa de cura de 60% (Santos *et al.*, 2009).

Em um terceiro relato de caso apresentado por Oliveira, (2023), foi utilizado o protocolo Ovsynch, descrito por Ribas *et al.* (2001), que dá-se pela aplicação de GnRH (5ml) no início do tratamento (D0), no dia sete (D7) uma aplicação de PGF2 α (2ml), no dia nove (D9) outra aplicação de GnRH, e cerca de 20 horas depois da aplicação de GnRH (5ml) do D9 é feita uma inseminação artificial, mesmo com o animal não apresente sinais de cio (estro). Nesse relato de caso descrito por Oliveira (2023), o sucesso do tratamento foi de 100%, as duas vacas diagnosticadas com cisto e tratadas após 30 dias do tratamento não foi mais encontrado cisto ovariano através da ultrassonografia em ambas as vacas.

No relato de caso apresentado por Rabello (2022), foi também utilizado o protocolo Ovsynch descrito no Ribas *et al.* (2001), dividido em quatro manejos sendo D0 aplicação de GnRH (5ml), D7 PGF2 α (2ml), D9 GnRH (5ml) e 20 horas depois Inseminação artificial. No Caso apresentado por Rabello (2022) houve também 100% de sucesso, onde as duas vacas que antes apresentavam cisto, após o tratamento não apresentavam mais, já que no ultrassom 40 dias após o tratamento ambas se apresentavam com prenhez positiva (Rabello, 2022).

Em um estudo feito por Bueno (2009), foi utilizado em três vacas que apresentaram cisto ovariano Gonadorelina (análogo de GnRH) no início do tratamento e no décimo dia após o início foi administrado Cloprostenol (análogo da prostaglandina). Após cerca de 48 horas da administração de Cloprostenol foi observado indício de cio dos animais em questão, que foi confirmado ao serem colocadas em um piquete com um touro, tendo 100% de sucesso no tratamento (Bueno, 2009).

Segundo Silva (2021), pode-se utilizar no lugar de GnRH o hCG (Hormônio Gonadotrofina Coriônica Humana), que também provoca a luteinização do cisto ovariano. O protocolo dá-se através da administração de hCG no D0 e sete dias depois (D7) a administração de PGF2 α , para que haja a luteinização do cisto e logo após a luteólise do mesmo (Silva, 2021).

A utilização de hCG no tratamento de cistos é apresentada e defendida por Kastelic *et al.* (1990), onde o mesmo diz que o tratamento de cistos ovarianos dá-se pelo uso de hCG, PGF2 α e P4. Entretanto, a utilização de análogos GnRH no tratamento contra cistos ovarianos também é apresentada e defendida por Sprecher *et al.* (1990), onde o mesmo diz que o tratamento dá-se pela aplicação de análogos de GnRH, que agirá na hipófise fazendo-a secretar LH para a luteinização do cisto.

Cisto Luteínico

O cisto luteínico, por sua vez, tem menor incidência comparado ao folicular, quando é diagnosticado o cisto luteínico através da ultrassonografia, o seu trata-

mento dá-se com PGF2a, já que o objetivo é promover a luteólise do mesmo (Oswa *et al.*, 1995).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em conclusão, a abordagem do cisto ovariano em bovinos é crucial para otimizar a eficiência reprodutiva e minimizar as perdas econômicas associadas à infertilidade nas vacas em razão da persistência dessas estruturas anovulatórias nos ovários.

Ainda que a etiologia do cisto ovariano não esteja completamente esclarecida, a compreensão dos fatores considerados contribuintes para essa condição é essencial para o desenvolvimento de estratégias preventivas e terapêuticas.

Concomitantemente, um diagnóstico preciso aliado a escolha de protocolos eficazes é fundamental para um tratamento eficiente de cisto ovariano, sempre adaptando as estratégias de tratamento às características individuais dos animais.

REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, Rafael Herrera. **Dez Perguntas e Respostas Sobre Cistos Ovarianos dos Bovinos**. Apta Regional: Pesquisa e Tecnologia, Piracicaba, v. 19, n. 2, p. 2-8, dez. 2022.
- BUENO, Ataliba P.; BELTRAN, Maria P. **Cistos Ovarianos Após Tratamento Ovulatorio em Vacas de Elevada Produção Leiteira**. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, [s. l], v. 12, n. 5, p. 1-4, jan. 2009. Semestral.
- BUENO, Ataliba Perina *et al.* **Cistos Ovarianos em Fêmeas da Raça Bovina**. Revista Científica Eletrônica de Medicina Veterinária, [s. l], v. 1, n. 8, jan. 2007. Semestral.
- BUSATO, A., ROMAGNOLI, S., KUPFER, U., ROSSI, G. L., BESTETTI, G. E. LH, FSH, PRL and ACTH Cells in Pituitary Glands of Cows With Ovarian Cysts. Theriogenology, v.44, n.2, p.233-246, 1995.
- DAY, N.: **The Diagnosis, Differentiation, and Pathogenesis of Cystic Ovarian Disease**. Vet. Med. July: 753-760, 1991.
- FARIN, P.W., YOUNGQUIST, R.S., PARFET, J.R., and GARVERICK, H.A.: **Diagnosis of Luteal and Follicular Ovarian Cysts in Dairy Cows by Sector Scan Ultrasonography**. Theriogenology, 34:633-642, 1990.
- FERNANDES, C.A.C.; OBA, E.; VIANA, J.H.M. **Alternativas para Tratamento de Cisto Ovariano em Vacas Leiteiras**. A Hora Veterinária, v.23, n.18, p.44- 49, 2004.
- FORTUNE, J.E., end QUIRK, S.M. **Regulation of Ateroidogenesis in Bovine Preovulatory Follicles**. J. Anim. Sci., 66:1-4, 1988.

FOURICHON, C., SEEGER, H., MALHER, X. **Effect Of disease on Reproduction in the Dairy Cow: A Meta-Analysis.** Theriogenology, v.53, n.6, p.1729-1759, 2000.

KASTELIC, J.P., KNOPF, L., AND GINTHER, O.J. **Effect of Day of Prostaglandin F- 2 Alpha Treatment on Selection and Development of the Ovulatory Follicle in Heifers.** Animal Reproduction Science, 23:169-180, 1990.

KAWATE, N., YAMADA, H., SUGA, T., INABA, T., MORI, J. **Induction Of Luteinizing Hormone Surge Bypulsatile Administration of Gonadotropin-Releasing hormone Analogue in Cows with Follicular Cysts.** Journal of Veterinary Medicine Science, v.59, n.6, p.463-466, 1997

KESLER, D.J., and GARVERICK, H.A. **Ovarian Cysts in Dairy Cattle: A review.** J. Anim. Sci., 55:1147-1159, 1982.

NETO, J. P. N. *et al.* **Abordagem Terapêutica Hormonal para Cistos Foliculares Ovarianos em Vacas Leiteiras - Relato de Casos.** Veterinária e Zootecnia, Botucatu, v. 30, p. 1–6, 2023.

OLIVEIRA, G. G. **Diagnóstico de Cisto Ovariano dm Vacas De Leite.** IF Goiano – Trabalho de conclusão de curso. 2023.

OSAWA, T.; NAKAO, T.; KIMURA, M. ET AL. **Fertirelin and Buserelina Compared by Release, Milk Progesterone and Subsequent Reproductive Performance in Dairy Cows Treated for Follicular Cysts,** Theriogenology, v.44, p.835-847, 1995.

PORTINARI, Marina Resende Pimenta *et al.* **Tratamento de Cistos Ovarianos em Vacas Leiteiras com Dois Análogos Do GnRh ou Implante de Progesterona.** Revista Agrarian, Dourados, v. 6, n. 19, p. 75-80, 2013.

SANTOS, R.M.; DÉMETRIO, D.G.B.; VASCONCELOS, J.L.M. **Cisto Ovariano em Vacas de Leite: Incidência, Resposta à Aplicação de GnRh e Desempenho Reprodutivo.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, [S.L.], v. 61, n. 3, p. 527-532, jun. 2009.

SILVA, Emanuel Isaque Cordeiro da. **Anestro em Vacas Leiteiras: Fisiologia e Manejo.** Belo Jardim: EICS, 2021.

SPRECHER, D.J., STRELOW, L.W., and NEBEL, R.L. **The Response of Cows With Cystic Ovarian Degeneration to Luteotropic or Luteolytic Therapy as Assigned by Latex Agglutination Milk Progesterone Assat.** Theriogenology, 34:1149- 1158, 1990.

RABELLO, D. A. **Diagnóstico e Tratamento de Cisto Folicular em Vacas Nelores - Relato De Caso.** Instituto Federal Goiano – trabalho de conclusão de curso. 2022.

RENSIS, F. *et al.* **Inducing Ovulation with Hcg Improves the Fertility ff Dairy Cows During the Warm Season.** Theriogenology, Volume 69, Issue 9, Pages 1077-1082. 2008.

RIBAS, J. A. S.; BRANDÃO, K. P.; FILHO, S. I. **Uso do Ovsynch no Tratamento de Cisto Folicular Ovariano em Bovinos.** Revista Brasileira de Reprodução Animal, Belo Horizonte, v.25, n.1, p.300-302. 2001.

ROCHE, J. F., DISKIN, M. G., BERGAMINI, P. Resumption of Reproductive Activity in the Early Postpartum Period of Cows. In: **Congresso Della Societa Italiana Di Buiatria**, 2000, Aiago. Proceedings... v.32, p.45-49.



A Importância da Vigilância Sanitária na Mitigação de Doenças em Animais de Produção

The Importance of Sanitary Surveillance in Mitigating Diseases in Production Animals

Alef Jamir dos Reis Silva

Camila Ribeiro Ferreira Miranda

Gabrielly Stefanne Ferreira Pinheiro

Jéssica Cristina da Silveira Moura

Ketily Elen de Sousa Ferreira

Lavínia Leícia de Oliveira Silva

Leonardo Rodrigues de Oliveira

Maria Clara Campos Marinho

Nikelly Tavares Reis

Rosilene Evangelista da Silva

Resumo: A vigilância sanitária em animais de produção desempenha um papel crucial na prevenção de surtos sanitários e na proteção da saúde pública. O Brasil, sendo um dos maiores produtores e exportadores de produtos de origem animal, enfrenta desafios significativos no controle de doenças zoonóticas e na garantia da segurança alimentar. Este estudo tem como objetivo analisar as práticas de vigilância sanitária no Brasil, suas repercussões na saúde pública e na produção animal, e sugerir aprimoramentos nas políticas e práticas atuais. A pesquisa aborda a interação entre saúde pública e saúde animal, enfatizando a importância das campanhas de vacinação, o controle de surtos sanitários e a rastreabilidade dos produtos de origem animal. A metodologia adotada inclui entrevistas com profissionais de saúde veterinária, agricultores e autoridades sanitárias, além de análise de documentos e dados quantitativos. Espera-se que os resultados desta pesquisa contribuam para a melhoria das práticas de vigilância sanitária e para a redução de riscos à saúde pública, garantindo a segurança alimentar e a sustentabilidade da produção animal no Brasil.

Palavras-chave: vigilância sanitária; saúde pública; produção animal; zoonoses; segurança alimentar; políticas públicas; controle de doenças; Brasil.

Abstract: Sanitary surveillance in production animals plays a crucial role in preventing sanitary outbreaks and protecting public health. Brazil, as one of the largest producers and exporters of animal-based products, faces significant challenges in controlling zoonotic diseases and ensuring food safety. This study aims to analyze the sanitary surveillance practices in Brazil, their impact on public health and animal production, and suggest improvements in current policies and practices. The research addresses the interaction between public health and animal health, emphasizing the importance of vaccination campaigns, outbreak control, and traceability of animal products. The methodology includes interviews with veterinary health professionals, farmers, and health authorities, as well as document analysis and quantitative data. The results of this research are expected to contribute to improving sanitary surveillance practices and reducing risks to public health, ensuring food safety, and the sustainability of animal production in Brazil.

Keywords: sanitary surveillance; public health; animal production; zoonoses; food safety; public policies; disease control; Brazil.

INTRODUÇÃO

A saúde pública, assim como a segurança alimentar, representa aspectos essenciais para o bem-estar coletivo. No âmbito da produção animal, a integridade dos rebanhos desempenha um papel vital na qualidade dos produtos de origem animal, além de ser fundamental na prevenção de enfermidades zoonóticas. A vigilância sanitária se destaca como uma das principais estratégias empregadas para assegurar a saúde dos animais e resguardar os consumidores contra alimentos contaminados. Em países como o Brasil, reconhecido por sua significativa produção e exportação de carne, leite e outros produtos de origem animal, o controle de doenças em animais de produção acarreta consequências econômicas, sociais e de saúde pública.

A vigilância sanitária consiste em um conjunto de ações que visam prevenir, educar e corrigir, com o intuito de monitorar a saúde dos animais, assegurar a qualidade dos produtos finais e evitar a ocorrência de surtos de doenças, em especial aquelas zoonóticas, que têm potencial de transmissão aos seres humanos. O presente estudo propõe-se a investigar as práticas de vigilância sanitária no Brasil, suas repercussões na saúde pública e na produção animal, além de apresentar sugestões para aprimorar a eficácia dessas ações.

PROBLEMA DE PESQUISA

A vigilância sanitária voltada para animais de produção é fundamental para o controle de enfermidades e para garantir a segurança alimentar. Contudo, apesar das políticas públicas e dos esforços em vigilância, persistem lacunas significativas na execução dessas práticas, o que pode prejudicar não apenas a saúde pública, mas também afetar a economia do setor agropecuário. Essas lacunas podem estar associadas à falta de recursos, de capacitação para os profissionais envolvidos, e até mesmo de uma maior integração entre as diversas esferas de gestão sanitária, tanto no âmbito estadual quanto federal.

Além disso, a transmissão de zoonoses, doenças que se transmitem dos animais para os seres humanos, representa um risco crescente. Como destaca Kahn (2006), “as zoonoses são um desafio complexo para a saúde pública global, especialmente em países com grande produção agropecuária”. O controle inadequado dessas doenças pode resultar em surtos que afetam tanto a saúde humana quanto a integridade dos rebanhos, o que impacta diretamente a produção e a economia.

A questão central da pesquisa que se desenvolve neste trabalho é: De que maneira as práticas de vigilância sanitária podem ser otimizadas na prevenção de doenças em animais de produção, e qual é o efeito dessas práticas na saúde pública e na produção animal no Brasil? Essa investigação busca compreender as barreiras existentes para a implementação eficaz da vigilância sanitária e propor soluções que possam aprimorar as estratégias de controle sanitário, minimizando

riscos para a saúde pública e aumentando a produtividade do setor agropecuário. Além disso, será analisada a interação entre as políticas de saúde pública e as práticas de vigilância sanitária, considerando os desafios de gestão, educação e comunicação entre os diferentes envolvidos no processo.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Examinar a relevância da vigilância sanitária na mitigação de enfermidades em animais destinados à produção, enfatizando as metodologias empregadas, o reflexo na saúde coletiva e na produção agropecuária, além de sugerir aprimoramentos para a eficácia do controle sanitário. Segundo Oliveira *et al.* (2019), “a vigilância sanitária voltada para os animais de produção é essencial para a proteção da saúde pública, pois contribui significativamente para a prevenção de surtos sanitários e para a redução de doenças zoonóticas”.

Objetivos Específicos

- Reconhecer as principais enfermidades que acometem os animais de produção no Brasil, bem como suas repercussões econômicas e sociais. As doenças infecciosas nos rebanhos afetam diretamente a produtividade e o comércio de produtos agropecuários, como destaca Lima (2018): “As enfermidades que atingem os rebanhos de produção comprometem a competitividade do setor agropecuário e resultam em enormes prejuízos econômicos”.
- Analisar as práticas de vigilância sanitária atualmente implementadas no Brasil, com ênfase nas políticas públicas e nas estratégias de controle. A implementação de práticas eficazes de vigilância é crucial, pois “uma vigilância sanitária eficiente pode evitar a disseminação de doenças e contribuir para a segurança alimentar”, conforme afirma Silva e Gonçalves (2020).
- Explorar a interconexão entre a vigilância sanitária e a saúde pública, especialmente no que diz respeito ao manejo de zoonoses. A interação entre a saúde pública e a saúde animal deve ser coordenada e bem estruturada. De acordo com Neves *et al.* (2017), “a vigilância sanitária integrada entre saúde animal e saúde pública é a chave para a mitigação de zoonoses e a promoção do bem-estar coletivo”.
- Sugerir diretrizes para otimizar as estratégias de vigilância sanitária nas propriedades rurais e em âmbito nacional. A melhoria das práticas de vigilância pode ser alcançada por meio de “investimentos em tecnologia e capacitação dos profissionais, além da intensificação de políticas públicas voltadas à promoção de boas práticas de manejo e de controle de doenças”, como mencionado por Cardoso (2021).

JUSTIFICATIVA

A crescente procura por produtos de origem animal, tanto no Brasil quanto no exterior, demanda a adoção de sistemas de controle sanitário que sejam eficientes, a fim de assegurar a qualidade e a segurança alimentar. Esse movimento global reflete a necessidade de garantir que os produtos consumidos estejam livres de contaminações e doenças, mantendo a saúde pública e a confiança do consumidor. O Brasil, como um dos maiores produtores e exportadores de carne, leite e outros produtos de origem animal, enfrenta uma enorme responsabilidade em garantir a segurança alimentar, uma vez que é um elo fundamental na cadeia produtiva global. A produção de alimentos seguros e de qualidade exige uma vigilância constante, principalmente devido ao risco de doenças zoonóticas, aquelas que podem ser transmitidas dos animais para os seres humanos.

A prevenção de doenças zoonóticas tem se tornado uma preocupação crescente na saúde pública em escala global. Como afirmam Guimarães *et al.* (2010), “a interação entre a saúde dos animais e a saúde humana é inevitável, e, por isso, a vigilância em saúde deve ser compreendida de forma integrada, visando à proteção da saúde coletiva”. Nesse contexto, o papel da vigilância sanitária é central para o controle de enfermidades que afetam tanto os rebanhos quanto as populações humanas, destacando-se como uma das principais estratégias para mitigar os riscos sanitários.

Além disso, a implementação de práticas adequadas de vigilância sanitária é imprescindível para garantir que o Brasil atenda às exigências internas e internacionais, com foco na sustentabilidade do setor agropecuário e no cumprimento das normas sanitárias globais. A falha no controle dessas práticas pode resultar em surtos sanitários, com consequências devastadoras para a economia, como a perda de mercados internacionais e a imposição de restrições comerciais, além dos danos diretos à saúde pública. A exemplo disso, o surto de febre aftosa em diversas regiões do mundo tem demonstrado como a falta de controle sanitário pode gerar crises sanitárias de grandes proporções (Silva *et al.*, 2005).

Assim, compreender as práticas vigentes de vigilância sanitária e sugerir melhorias para a sua aplicação tornam-se tarefas essenciais para assegurar a saúde dos rebanhos e, consequentemente, a saúde das populações humanas. Esse estudo se faz necessário não só para fortalecer as políticas públicas, mas também para garantir a eficácia das ações de vigilância e o uso adequado das tecnologias disponíveis no monitoramento sanitário.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A Vigilância Sanitária em Animais de Produção

A vigilância sanitária voltada para os animais destinados à produção compreende um conjunto de intervenções que têm como objetivo assegurar que os animais não sejam portadores de enfermidades transmissíveis, que os produtos de

origem animal estejam isentos de contaminantes e que as condições sanitárias das propriedades rurais sejam adequadas. As ações de vigilância incluem:

- **Inspecções regulares:** Realização de visitas frequentes às propriedades para avaliar as condições de saúde dos rebanhos, o uso de medicamentos e a adoção de boas práticas de manejo.
- **Campanhas de vacinação:** Implementação de iniciativas de vacinação em larga escala para prevenir doenças como febre aftosa, brucelose, tuberculose e outras zoonoses.
- **Controle de surtos sanitários:** Detecção precoce de surtos, contenção da propagação da enfermidade e adoção de medidas para erradicação.
- **Monitoramento e rastreabilidade:** Acompanhamento de todos os produtos de origem animal desde a propriedade rural até o consumidor final.

Principais Doenças em Animais de Produção e Suas Consequências

As enfermidades que acometem os animais destinados à produção têm a capacidade de comprometer de forma severa a saúde dos rebanhos, o que, por sua vez, impacta negativamente a economia do setor agropecuário. Ademais, algumas dessas patologias possuem potencial de transmissão para os seres humanos, acarretando sérios problemas de saúde coletiva. Entre as doenças mais relevantes, destacam-se:

- **Febre Aftosa:** Trata-se de uma infecção viral extremamente contagiosa, que atinge predominantemente bovinos e suínos, ocasionando repercussões econômicas consideráveis, como a imposição de restrições ao comércio internacional.
- **Brucelose e Tuberculose:** Essas são infecções bacterianas que afetam tanto bovinos quanto suínos, com a possibilidade de transmissão para os humanos, o que gera riscos significativos à saúde pública.
- **Peste Suína Clássica (PSC):** Esta é uma doença viral que impacta os suínos, trazendo consigo profundas implicações econômicas e sociais, uma vez que pode levar à extinção de grandes populações de suínos.
- **Zoonoses:** Enfermidades como leptospirose, toxoplasmose e salmonelose, que são transmitidas de animais para humanos, configuram uma ameaça considerável à saúde pública.

Interação entre Vigilância Sanitária e Saúde Pública

A vigilância sanitária desempenha um papel essencial na gestão de enfermidades zoonóticas, que se referem a patologias transmitidas de animais para humanos. A mitigação dessas doenças é considerada uma prioridade, pois podem resultar em surtos significativos na população humana, como exemplificado pela gripe aviária e pela febre aftosa. A vigilância sanitária aplicada aos animais destina-

dos à produção assegura que os produtos de origem animal sejam adequados para o consumo, prevenindo enfermidades como a salmonelose, que pode ser contraída pela ingestão de carne contaminada.

Além disso, a vigilância sanitária também tem um papel crucial na prevenção de outras doenças emergentes que, por sua vez, impactam a saúde pública. De acordo com Soares e Pinto (2018), “as estratégias de vigilância para controle de doenças zoonóticas precisam ser aprimoradas para que possamos garantir não só a segurança alimentar, mas também a saúde pública de forma mais eficaz”. A atuação integrada entre veterinários e profissionais da saúde pública tem sido considerada fundamental para evitar que doenças se espalhem entre diferentes espécies e afetem os seres humanos, criando uma rede de proteção que vai além do controle nas propriedades rurais.

Ainda, segundo Dias *et al.* (2019), a “interação entre os fatores ambientais e as doenças zoonóticas tem sido um desafio constante para a vigilância sanitária, exigindo abordagens multidisciplinares que integrem saúde animal, saúde humana e meio ambiente”. A abordagem interconectada, levando em conta o ambiente, é essencial para o sucesso das políticas públicas voltadas ao controle de doenças e à promoção de bem-estar tanto para os animais quanto para a população humana.

A vigilância sanitária também deve ser vista como um pilar de sustentabilidade no setor agropecuário. Como apontado por Melo e Almeida (2021), “a segurança alimentar é um componente essencial na sustentabilidade do setor, e o controle sanitário eficaz garante a competitividade no mercado global”. O Brasil, sendo um dos maiores produtores e exportadores de produtos de origem animal, deve priorizar políticas de vigilância sanitária para atender às exigências internacionais de qualidade, protegendo a saúde pública e o comércio internacional.

Práticas de Vigilância Sanitária no Brasil

As atividades relacionadas à vigilância sanitária no Brasil são regulamentadas por entidades como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). O país implementa diversas estratégias para o controle de enfermidades, incluindo:

- O **Programa Nacional de Erradicação da Febre Aftosa (PNEFA)**, que promove campanhas regulares de vacinação e supervisão de focos de infecção.
- O **Programa Nacional de Controle da Brucelose e Tuberculose (PNCBT)**, que tem como objetivo a erradicação dessas doenças em rebanhos destinados à produção de leite e carne.

Além disso, são utilizados sistemas de rastreabilidade e certificação, os quais asseguram que os produtos de origem animal cumpram os requisitos de qualidade e segurança exigidos, tanto para o mercado interno quanto para o externo.

“Os programas de vigilância em saúde, incluindo ações de controle e prevenção de zoonoses, são fundamentais para garantir a segurança alimentar e proteger a saúde pública” (Pfuetzenreiter; Zylbersztajn, 2008).

METODOLOGIA

A investigação terá um caráter tanto exploratório quanto descritivo, utilizando uma abordagem que combina elementos qualitativos e quantitativos. Será realizada uma análise de documentos que incluem políticas e relatórios oficiais relacionados à vigilância sanitária, além de serem conduzidas entrevistas com veterinários, agricultores e profissionais da saúde pública. A coleta de informações será estruturada de modo a abranger uma amostra de propriedades rurais que adotam práticas de vigilância sanitária, provenientes de diversas regiões do Brasil.

Amostra

A amostra será constituída por:

- **Veterinários** encarregados da fiscalização e do controle sanitário nas propriedades rurais.
- **Agricultores** responsáveis pela implementação das práticas de vigilância sanitária e controle de doenças nos rebanhos.
- **Profissionais da saúde pública** que atuam no controle de zoonoses e na execução de políticas públicas voltadas para a saúde coletiva.

A escolha da amostra será baseada em propriedades rurais de diferentes regiões do Brasil, buscando uma diversidade de contextos que permita compreender a aplicabilidade das práticas de vigilância sanitária em diferentes cenários.

Instrumentos de Coleta de Dados

- **Entrevistas semiestruturadas:** Serão realizadas entrevistas com veterinários, agricultores e profissionais da saúde pública, com o objetivo de identificar as práticas de vigilância sanitária adotadas, os desafios enfrentados e as estratégias de controle implementadas.
- **Análise documental:** Será feita a partir de relatórios de vigilância sanitária emitidos por instituições públicas, como o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Esses documentos servirão para fornecer uma visão abrangente das políticas de controle e dos resultados alcançados.

Análise de Dados

A análise dos dados será realizada em duas etapas:

- **Qualitativa:** Será empregada a técnica de análise de conteúdo para examinar as entrevistas, identificando padrões, temas recorrentes e desafios comuns na implementação da vigilância sanitária. Os dados qualitativos serão codificados e organizados para possibilitar uma compreensão aprofundada das práticas em diferentes contextos.

- **Quantitativa:** Se houver dados numéricos disponíveis (por exemplo, número de animais vacinados, ocorrências de doenças, etc.), serão utilizadas análises estatísticas descritivas para apresentar a eficácia das práticas de vigilância sanitária em termos de controle de doenças.

RESULTADOS ESPERADOS

Espera-se que os resultados evidenciem a importância da vigilância sanitária para a prevenção de surtos sanitários, a redução de doenças zoonóticas e a melhoria na produtividade do setor agropecuário. Além disso, a pesquisa deve identificar os principais desafios enfrentados pelos profissionais de saúde veterinária e agricultores no cumprimento das normas sanitárias, além de sugerir formas de melhorar a implementação das práticas de vigilância sanitária nas propriedades rurais e no Brasil como um todo.

DISCUSSÃO

Na seção de discussão, serão analisados os resultados da pesquisa à luz das práticas de vigilância sanitária no Brasil, considerando as políticas públicas atuais, os avanços e os obstáculos ainda presentes no sistema de saúde animal. Será dada especial atenção à interação entre vigilância sanitária e saúde pública, enfatizando o impacto das zoonoses e a necessidade de uma abordagem integrada no controle de doenças que afetam tanto os animais quanto os seres humanos. A comparação com estudos internacionais e a análise das melhores práticas adotadas em outros países também será feita para sugerir melhorias nas práticas brasileiras.

A interdependência entre a saúde animal, a saúde pública e a segurança alimentar será discutida, com foco nas políticas que favorecem uma atuação colaborativa entre os profissionais de saúde veterinária, saúde pública e os produtores rurais.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A vigilância sanitária em animais de produção é uma ferramenta essencial para garantir a saúde pública e a qualidade dos produtos alimentícios. O controle efetivo de doenças nos rebanhos não só previne surtos sanitários, como também protege os consumidores de alimentos contaminados, como carne e leite, além de assegurar o cumprimento de exigências internacionais de segurança alimentar.

Com base nos resultados da pesquisa, conclui-se que, apesar dos avanços, existem ainda desafios significativos na implementação das práticas de vigilância sanitária, especialmente nas regiões mais remotas e em propriedades de pequeno porte. Para otimizar essas práticas, é fundamental fortalecer as políticas públicas, aumentar a capacitação dos profissionais envolvidos e garantir maior acessibilidade às ferramentas de monitoramento e controle.

Além disso, recomenda-se a intensificação das campanhas de conscientização sobre a importância da vigilância sanitária entre os produtores rurais, com a implementação de medidas que promovam a educação contínua sobre práticas de manejo adequadas e prevenção de doenças.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**. Manual de Vigilância Sanitária em Pecuária. Brasília, 2020.
- CONSELHO NACIONAL DE SAÚDE. **Política Nacional de Saúde Animal e seus Impactos na Saúde Pública**. Brasília: Editora do Conselho Nacional de Saúde, 1998.
- FONSECA, F. P. **Saúde Pública e Zoonoses**. Editora Saúde, 2018.
- GUIMARÃES, L. C.; SOUZA, J. F.; SANTOS, F. D. **A importância da vigilância em saúde no controle de zoonoses**. Revista Brasileira de Saúde Pública, São Paulo, v. 22, n. 4, p. 32-40, 2010.
- KAHN, L. H. **Zoonoses: Desafios para a saúde pública mundial**. Revista Brasileira de Epidemiologia, v. 15, n. 3, p. 123-130, 2006.
- LIMA, A. M.; SILVA, R. M. **Impactos Econômicos das Doenças Animais na Produção Agropecuária**. 2ª ed. Rio de Janeiro: Editora Agropecuária, 2021.
- PFUETZENREITER, A.; ZYLBERSZTAJN, D. **O papel do médico veterinário na saúde pública e segurança alimentar**. Revista de Medicina Veterinária, v. 18, n. 2, p. 210-215, 2008.
- SILVA, A. L.; DA ROS, J. F. **A saúde pública no Brasil: Um modelo de atenção integral à saúde**. Jornal Brasileiro de Saúde Pública, v. 23, n. 1, p. 56-63, 2005.
- TAYLOR, L. H.; RYDER, R.; BURKE, D. W. **Emerging and re-emerging infectious diseases: A global problem**. World Health Organization Journal, 2001.
- WHO (World Health Organization). **Zoonoses: The Role of Veterinary and Public Health**. 2019.
- CARDOSO, P. A. **A importância da capacitação profissional nas políticas públicas de saúde animal**. Revista Brasileira de Políticas Públicas, v. 12, n. 3, p. 45-57, 2021.
- LIMA, J. M. **Impactos das doenças infecciosas no setor agropecuário: Um estudo sobre a competitividade**. Revista de Economia e Agronegócios, v. 13, n. 2, p. 128-138, 2018.
- NEVES, M. G.; PEREIRA, F. L.; MARTINS, A. R. **Vigilância integrada para o controle de zoonoses: Uma abordagem holística para a saúde pública**. Revista de Saúde Pública, v. 15, n. 4, p. 56-68, 2017.

OLIVEIRA, L. P.; SILVA, F. F.; COSTA, R. B. **Vigilância sanitária na saúde pública: A relevância no controle de doenças zoonóticas.** Revista de Medicina Veterinária e Saúde Pública, v. 22, n. 1, p. 112-120, 2019.

SILVA, A. S.; GONÇALVES, R. L. **Práticas eficazes de vigilância sanitária no Brasil: A segurança alimentar em questão.** Revista Brasileira de Segurança Alimentar, v. 8, n. 2, p. 29-41, 2020.

DIAS, M. T.; CARVALHO, A. M.; LIMA, J. S. **Desafios e estratégias na vigilância sanitária de zoonoses: Uma abordagem integrada.** Revista Brasileira de Saúde Pública, v. 33, n. 2, p. 110-120, 2019.

MELO, F. G.; ALMEIDA, P. R. **A importância do controle sanitário na agropecuária e sua relação com a sustentabilidade e segurança alimentar.** Revista de Ciências Agrárias, v. 18, n. 3, p. 24-34, 2021.

SOARES, A. T.; PINTO, M. J. **Avanços e desafios no controle de zoonoses: O papel da vigilância sanitária.** Revista Brasileira de Medicina Veterinária, v. 12, n. 1, p. 56-67, 2018.



Isótopos Forenses – A Nova Fronteira na Medicina Veterinária Legal

Forensic Isotopes – The New Frontier in Legal Veterinary Medicine

Taciano Couto Guimarães

Resumo: O desenvolvimento do comércio do e no Brasil requer que os métodos de pesquisa voltados para garantir a qualidade e a integridade dos produtos de origem animal destinados ao consumo humano sejam mais eficientes e assertivos. Além disso, considerando o consumo de produtos de origem animal, é fundamental que a matéria-prima, os próprios animais que nos fornecem leite, mel, carne e ovos, tenham assegurada a qualidade dos alimentos que consomem. Com o crescimento do comércio ilegal de animais da nossa biodiversidade, assim como os casos de maus-tratos e abandono, é fundamental adotar métodos sofisticados de investigação para enfrentar essas práticas. A descoberta e a compreensão dos isótopos promoveram um avanço significativo, revolucionando a Química moderna e ampliando o saber acerca da estrutura atômica, além de oferecer ferramentas indispensáveis para várias investigações. Essa capacidade de identificar e utilizar isótopos é crucial em setores relevantes, como na datação e identificação de restos de animais (carcaças), no diagnóstico veterinário mais avançado, na análise de alimentos e na detecção de fraudes, assim como na luta contra o tráfico de espécies silvestres. Sua importância também se estende às ciências forenses.

Palavras-chave: isótopos estáveis; isótopos forenses; medicina veterinária legal; tráfico de animais; análise alimentos.

Abstract: The development of commerce in and within Brazil requires that research methods aimed at ensuring the quality and integrity of animal-origin products intended for human consumption become more efficient and accurate. Moreover, considering the consumption of animal-derived products, it is essential to ensure the quality of the feed given to the animals that provide us with milk, honey, meat, and eggs. With the rise of illegal trade in animals from our biodiversity, as well as increasing cases of mistreatment and abandonment, it is crucial to adopt sophisticated investigative methods to combat these practices. The discovery and understanding of isotopes have led to significant advancements, revolutionizing modern Chemistry and deepening knowledge about atomic structure, while also providing essential tools for various types of investigations. The ability to identify and utilize isotopes is vital in key sectors, such as the dating and identification of animal remains (carcasses), advanced veterinary diagnostics, food analysis, fraud detection, and the fight against wildlife trafficking. Their importance also extends to forensic sciences.

Keywords: stable isotopes; forensic isotopes; legal veterinary medicine; wildlife trafficking; food analysis.

INTRODUÇÃO

Ao longo do século XX, diversos pesquisadores conduziram experimentos com elementos químicos radioativos e identificaram que um único elemento químico pode ser formado por uma variedade de átomos que possuem o mesmo número

atômico. Essa foi uma descoberta inovadora. A identificação inicial dos isótopos ocorreu graças ao trabalho de Frederick Soddy e Theodore William Richards, enquanto investigavam substâncias radioativas.

Francis William Aston recebeu o Prêmio Nobel de Química em 1922 devido à sua descoberta, feita em 1919, de isótopos de diversos elementos químicos que não são radioativos. Para essa realização, Aston desenvolveu e construiu um novo dispositivo, o Espectrógrafo de massa.

É fundamental destacar que Aston não foi o pioneiro na aplicação do conceito de isótopo, lê-se no primeiro parágrafo, mas sim o primeiro a fornecer provas contundentes de que essa ideia não se limitava apenas aos elementos químicos radioativos, como se acreditava anteriormente. Assim, pode-se concluir que os isótopos são elementos presentes na natureza.

No entanto, independentemente da escola de pensamento, todos os pesquisadores concordam que esses elementos têm o mesmo número de prótons e elétrons, mas apresentam diferentes números de massa. Por serem do mesmo elemento químico, esses átomos deveriam estar na mesma localização na tabela periódica, razão pela qual foram denominados isótopos, provenientes do grego *isso*, que significa “mesmo”, e *topos*, que significa “lugar”.

A identificação e o entendimento dos isótopos transformaram a Química moderna e expandiram o conhecimento sobre a estrutura atômica, além de fornecer recursos essenciais para diversas pesquisas. Essa habilidade de reconhecer e aplicar isótopos é vital em áreas importantes, como a datação de artefatos arqueológicos, a energia nuclear, o diagnóstico médico, a análise de alimentos e na exploração de processos geológicos e astrofísicos. Também é relevante nas ciências forenses.

Assim, reconhece-se que os isótopos têm sido empregados em investigações científicas e forenses há bastante tempo. Eles são aplicados na elucidação de delitos, na rastreabilidade de produtos ilegais ou alimentares e na identificação da procedência geográfica de evidências relacionadas a crimes.

Com o avanço da medicina veterinária legal, diversas análises periciais foram aprimoradas, destacando-se a aplicação de isótopos estáveis para identificar a procedência de animais silvestres, averiguar delitos contra a fauna e fraudes, além de analisar casos de maus-tratos a animais e os efeitos sobre o meio ambiente.

Conforme já mencionado, os isótopos correspondem a átomos que pertencem ao mesmo elemento químico, porém apresentam variações no número de nêutrons e na massa atômica. Essa diferença nas massas dos isótopos permite que sejam identificados por meio da espectrometria de massa, viabilizando a quantificação dos distintos isótopos de um mesmo elemento.

Os isótopos servem como indicadores (traçadores) para rastrear o caminho percorrido por um elemento em processos biogeoquímicos. O fracionamento isotópico cria marcas nos materiais, revelando detalhes sobre a procedência das substâncias.

PRINCÍPIOS DO ESPECTRÔMETRO DE MASSAS

O espectrômetro de massas é um dispositivo que determina a massa de uma molécula após convertê-la em íon na fase gasosa. Uma vez que a conversão é realizada, o espectrômetro aplica uma carga elétrica às moléculas, gerando um fluxo de íons carregados. Esse fluxo é então transformado em uma corrente elétrica proporcional, que é “captada” por um sistema de dados. O sistema, por sua vez, transforma essa corrente em dados digitais, que são apresentados na forma de um espectro de massas.

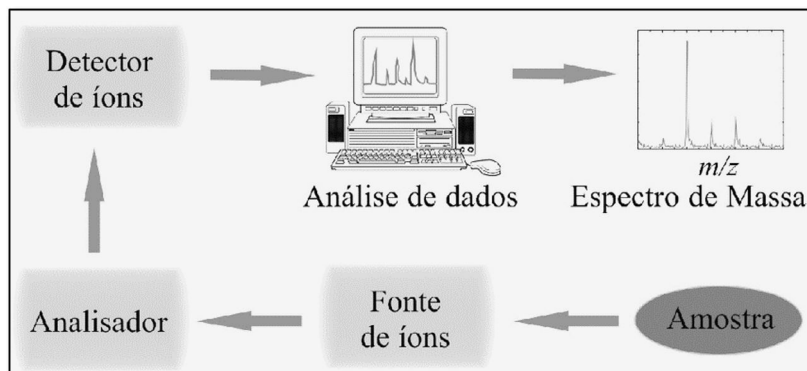
Espectrometria de Massas de Razões Isotópicas

A espectrometria de massa de razões isotópicas (IRMS) é uma técnica analítica que avalia a proporção de isótopos presentes em uma amostra. Essa abordagem é uma especialização da espectrometria de massa, onde métodos espectrométricos são aplicados para quantificar a abundância relativa dos isótopos em amostras específicas.

A análise de “isótopos estáveis” foca na medição de variações isotópicas resultantes do fracionamento de isótopos que depende da massa em processos naturais. Em contraste, a análise isotópica radiogênica se refere à medição da quantidade de produtos resultantes do decaimento da radioatividade natural, sendo amplamente utilizada na maioria dos métodos de datação radiométrica de longa duração.

Na prática, moléculas complexas são decompostas em componentes moleculares mais simples antes de serem analisadas, utilizando métodos de alta precisão.

Figura 1 - Estrutura básica de um espectrômetro de massa.



Fonte: https://www.researchgate.net/figure/Figura-10-Estrutura-basica-de-um-espectrometro-de-massa_fig9_280287112

OS ISÓTOPOS

O isótopo refere-se a um átomo de um mesmo elemento químico que apresenta igual quantidade de prótons em seu núcleo, porém uma quantidade distinta de nêutrons. Essa diferença resulta em semelhanças nas propriedades químicas entre os isótopos, enquanto suas propriedades físicas podem variar.

Propriedades dos Isótopos

Os isótopos apresentam a mesma quantidade de prótons em seus núcleos, o que indica que pertencem ao mesmo elemento químico. No entanto, eles variam quanto ao número de nêutrons, o que influencia a massa atômica do elemento. Assemelham-se em suas propriedades químicas, uma vez que o número de prótons é idêntico. Já em relação às propriedades físicas, como massa atômica, ponto de fusão e ponto de ebulição, os isótopos se diferenciam.

Categorias de Isótopos

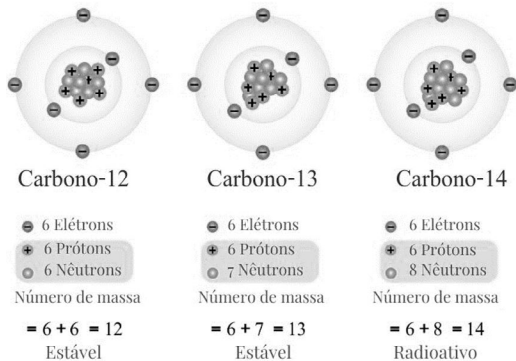
Os isótopos podem ser classificados em três categorias: os isótopos estáveis, que permanecem inalterados e não se desintegram naturalmente; os isótopos instáveis ou radioativos, que se desintegram de forma espontânea, liberando radiação; e os isótopos cosmogênicos, que são gerados pela interação da radiação cósmica com a atmosfera da Terra. Estes últimos se formam quando um raio cósmico de alta energia colide com o núcleo de um átomo, sendo encontrados em rochas, solos, na atmosfera e em meteoritos.

Usos dos Isótopos

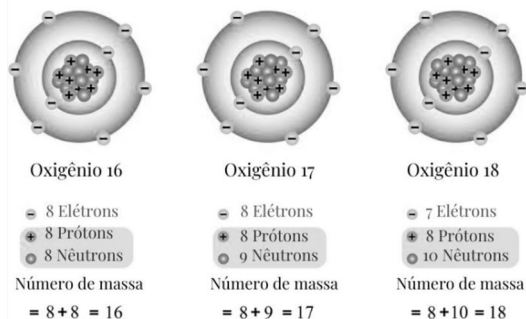
Os isótopos têm diversas aplicações e utilidades. Um dos seus principais usos é na área médica, onde auxiliam em diagnósticos, como a identificação de células cancerígenas. Na geologia, são empregados para datar rochas e fósseis. Na arqueologia, ajudam a estabelecer a idade de artefatos. Além disso, nas investigações forenses, os isótopos são utilizados para examinar evidências, como DNA, impressões digitais e a rastreabilidade de produtos ilícitos ou alimentícios.

Figura 2 - Exemplos de isótopos.

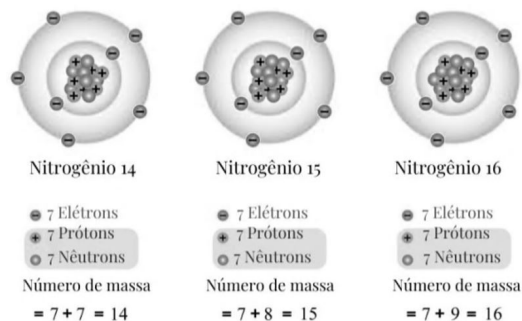
Isótopos de carbono



Isótopos do oxigênio



Isótopos do nitrogênio



Fonte: <https://www.manualdaquimica.com/quimica-geral/isótopos.htm>.

ISÓTOPOS NO CONTEXTO FORENSE

O termo “isótopos forenses” é empregado no meio acadêmico para distinguir a utilização de isótopos estáveis nas investigações das ciências forenses, que inclui a análise de delitos e fraudes.

Isótopos forenses são recursos eficazes na elucidação de crimes e na análise de atividades ilícitas.

Os isótopos são ferramentas valiosas para determinar a procedência de diversos materiais, incluindo substâncias como drogas, explosivos ou produtos químicos. Eles também desempenham um papel importante na reconstituição da trajetória de um item, seja um artefato arqueológico ou um objeto relacionado a um crime. Além disso, na validação de documentos e obras de arte, os isótopos podem ser utilizados para confirmar a autenticidade de peças históricas ou criações artísticas que não possuam uma identificação clara.

Na área da medicina veterinária, os isótopos forenses desempenham um papel importante nas investigações relacionadas ao tráfico de animais, à falsificação de produtos de origem animal, à identificação de linhagens de animais e à determinação de causas de morte, entre outras aplicações.

Os isótopos utilizados em investigações forenses nada mais são que os isótopos estáveis.

ISÓTOPOS ESTÁVEIS

Isótopos estáveis são átomos que permanecem inalterados ao longo do tempo, sem se converter em diferentes elementos ou formas. Os núcleos desses isótopos preservam propriedades específicas e constantes. Os isótopos estáveis mais frequentemente mencionados incluem o Carbono-12 (^{12}C) e o Carbono-13 (^{13}C).

A avaliação de isótopos estáveis mensura um isótopo específico de um elemento em relação à quantidade do isótopo predominante desse mesmo elemento. Essa metodologia é frequentemente referida como análise de razão isotópica.

A razão isotópica refere-se à relação entre os diversos isótopos de um único elemento químico. É frequentemente chamada de composição isotópica ou marca isotópica.

Métodos de Análise Isotópica

Entre as técnicas mais frequentes e empregadas para a análise de isótopos, destaca-se a Espectrometria de Massa, que avalia a proporção dos isótopos de um determinado elemento em uma amostra.

Uma abordagem alternativa de análise é a Ressonância Magnética Nuclear, que envolve a medição da proporção de isótopos de um elemento dentro de uma amostra. Ao examinar isótopos estáveis, a técnica avalia a relação entre os isótopos

estáveis presentes no material analisado. Esse tipo de análise é amplamente empregada no campo da ciência forense.

Figura 3 - Análise de isótopos.

$$\delta_{\text{amostra}} = \left\{ \left(R_{\text{amostra}} / R_{\text{padrão}} \right) - 1 \right\} \times 1000$$

δ = desvio relativo R = razão isotópica

$$\delta^{13}\text{C} = \left(\frac{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{amostra}}}{\left(\frac{^{13}\text{C}}{^{12}\text{C}} \right)_{\text{padrao}}} - 1 \right) \times 1000$$

Fonte: autoria própria.

Isótopos Utilizados na Medicina Veterinária

Os isótopos estáveis são empregados na medicina veterinária, principalmente para analisar a alimentação dos animais, acompanhar os alimentos ingeridos e rotular os nutrientes presentes na dieta.

Os isótopos têm diversas utilizações na medicina veterinária, sendo um exemplo o emprego do carbono 13 (^{13}C) para estimar a dieta dos animais. Essa técnica permite a marcação de aminoácidos, carboidratos e lipídios, facilitando a avaliação do metabolismo durante a digestão. Além disso, os isótopos são eficientes na identificação de fraudes em bebidas e produtos de origem animal, e são cruciais para garantir a certificação e a rastreabilidade de alimentos como leite, carne e mel.

O método que fundamenta a utilização de isótopos na produção animal se baseia na ideia de que “o animal é o que come”. Ele permite comparar os nutrientes assimilados pelo animal, e não apenas aqueles que foram ingeridos. Conforme o tecido analisado, é viável extrair informações sobre a dieta consumida, tanto em termos de curto, quanto de longo prazo.

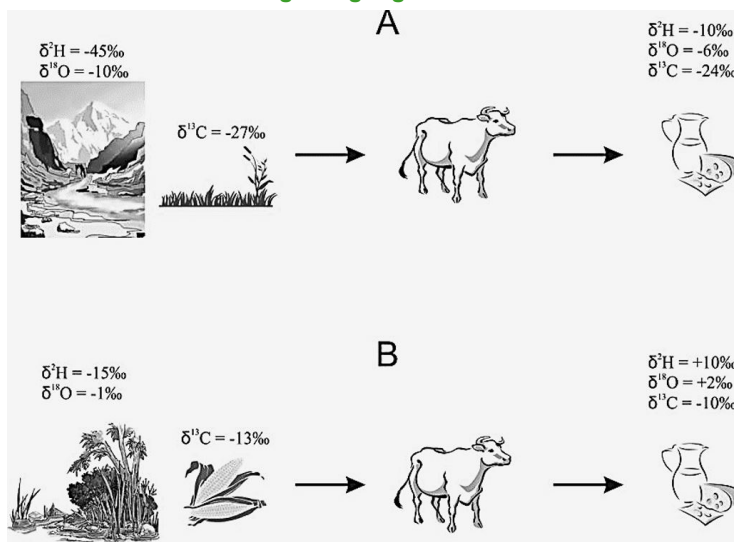
Turnover Nutricional

Turnover (rotatividade) é uma expressão utilizada no estudo da nutrição de animais, referindo-se ao fato de que os componentes do corpo estão em um estado de constante transformação, sendo incessantemente criados e empregados para diversas finalidades dentro do organismo animal.

Turnover na área de nutrição

O turnover isotópico nutricional refere-se, essencialmente, à produção e à decomposição de metabolitos nos tecidos dos animais. Essa técnica pode ser aplicada, por exemplo, para determinar o tempo necessário para a substituição do carbono ao se introduzir uma nova dieta. Além disso, o turnover isotópico pode ser utilizado para analisar como diferentes tipos de alimentos influenciam o crescimento dos animais.

Figura 4 - Exemplo de proporção isotópica em animais de diferentes regiões geográficas.



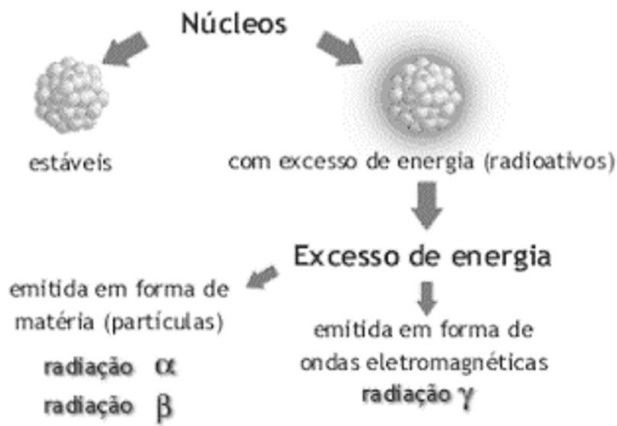
Fonte: https://www.researchgate.net/publication/288020350-ISOTOPOS_ESTAVEIS_FUNDAMENTOS_E_TECNICAS_APLICADAS_A_CARACTERIZACAO_E_PROVENIENCIA_GEOGRAFICA_DE_PRODUTOS_ALIMENTICIOS

A maior parte dos estudos sobre turnover nutricional se fundamenta nas flutuações naturais do Carbono 13 ($\delta^{13}\text{C}$) encontrado nos alimentos, focando na rapidez com que o carbono nos tecidos é substituído por fontes alimentares com diferentes assinaturas isotópicas. Portanto, a avaliação de isótopos estáveis pode ser vantajosa em estudos sobre fisiologia e nutrição animal, considerando que as taxas de transferência de carbono nos tecidos podem ser influenciadas, sofrer variáveis, por fatores como o ambiente, a alimentação e a saúde.

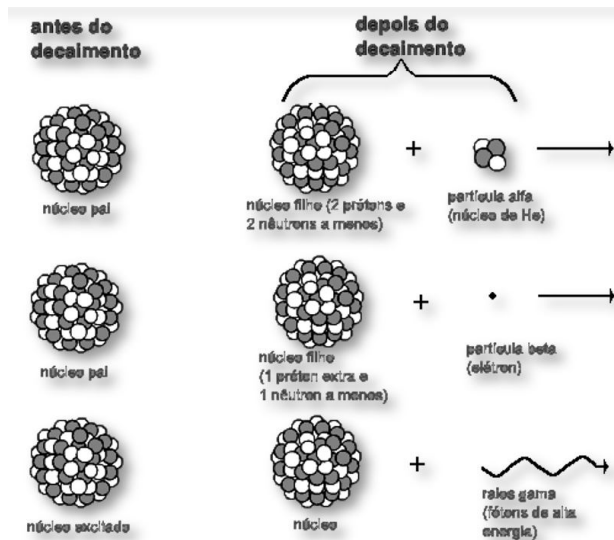
ISÓTOPOS RADIOATIVOS

Radioisótopos são elementos químicos que apresentam instabilidade e liberam radiação. Também são designados como radionuclídeos. Em resumo, esses elementos químicos possuem uma estrutura atômica instável, o que os torna propensos a mudanças em suas partículas atômicas, resultando na emissão de radiação.

Ao contrário dos isótopos estáveis, existem átomos que apresentam um excesso de energia nuclear, que podem ser tanto naturais, quanto artificiais. Esses elementos químicos são instáveis, tendem a passar por decaimento radioativo e emitem radiações ionizantes, incluindo as radiações alfa (α), beta (β) e gama (γ).

Figura 5 - Decaimento radioativo.

Fonte: <https://mybrainsociety.blogspot.com/2015/12/decaimento-radioativo.html>.



Fonte: <https://ebipedrassalgadas.blogs.sapo.pt/12084.html>.

Os isótopos radioativos têm um papel crucial em várias áreas, especialmente na medicina, onde são empregados no diagnóstico e no tratamento de doenças. Na geologia, sua utilização se dá na datação radiométrica de fósseis e rochas. Já na indústria, são utilizados como esterilizantes de materiais médicos, odontológicos e veterinários. Na agricultura, esses isótopos têm diversas funções, incluindo a atuação como inibidores do crescimento de fungos, o que ajuda a prevenir a formação de micotoxinas.

Entre os exemplos de radioisótopos estão o Urânio-235, o Cobalto-60, o Estrôncio-90, o Rádio-224, o Iodo-131, o Tálcio e o Carbono-14.

Radioisótopos são utilizados como marcadores radioativos para rastrear o percurso dos átomos durante reações químicas ou biológicas. Por exemplo, o radioisótopo Sódio (^{24}Na), ao ser injetado na corrente sanguínea junto com uma solução salina, pode ser rastreado para identificar obstruções no sistema circulatório. O radioisótopo Iodo 131 (^{131}I), que emite radiação beta, é empregado para avaliar a função da tireoide, sendo absorvido por essa glândula. Por outro lado, o radioisótopo Iodo 123 (^{123}I), que emite radiação gama, é utilizado para produzir imagens do cérebro.

Os radioisótopos possuem diversas aplicações tanto na ciência quanto no âmbito cultural, sendo extremamente valiosos. Eles ajudam a entender os processos de determinadas reações químicas e são utilizados para verificar a autenticidade de obras de arte antigas, facilitando a datação precisa ou a identificação de falsificações.

Apresentam sérios riscos de manuseio e exposição, uma vez que têm um elevado nível de periculosidade devido à sua instabilidade e emissão de radiações. Por isso, é essencial que sejam manipulados com a utilização de equipamentos de proteção individual (EPIs) em locais adequadamente isolados, como exemplo o de chumbo.

Isótopos Radioativos Aplicados na Medicina Veterinária

Os radioisótopos encontram aplicação na medicina veterinária para a identificação e o tratamento de enfermidades, por meio de exames diagnósticos e terapia com radiação.

Na medicina veterinária, os diagnósticos frequentemente utilizam a Cintilografia, que envolve a aplicação de radiofármacos para analisar a função e a estrutura de órgãos como coração, rins, ossos e, comumente, a tireoide.

O Raio X, um dos métodos de diagnóstico por radiação mais populares, é um exame de imagem que utiliza radiação ionizante para visualizar o interior do corpo dos animais, aproveitando as variações na densidade dos tecidos. Trata-se de uma técnica que se caracteriza por sua simplicidade, agilidade e ausência de dor.

Nos procedimentos veterinários, a Radioterapia tem como objetivo o tratamento de câncer, empregando um feixe de radiação ionizante para eliminar células tumorais.

Uma abordagem alternativa de tratamento envolve a Terapia com Radioisótopos. Essa técnica consiste na aplicação de um radiofármaco que se concentra no tumor, permitindo identificar e eliminar as células anômalas.

No cotidiano da clínica e do hospital veterinário, são implementados testes de qualidade e eficiência dos equipamentos de radiologia veterinária durante procedimentos cirúrgicos e atendimentos ambulatoriais.

Radiofármacos

Os radiofármacos são substâncias medicinais que contêm elementos radioativos, aplicadas na identificação e no tratamento de enfermidades. Esses compostos consistem em um radionuclídeo (um isótopo com propriedades radioativas) associado a uma molécula estável, sem radioatividade.

Impactos Prejudiciais dos Radioisótopos sobre os Animais

A exposição constante ou repetida à radiação pode resultar em impactos genéticos e físicos nos animais, incluindo mudanças no comportamento, produzindo ferimentos e mutações.

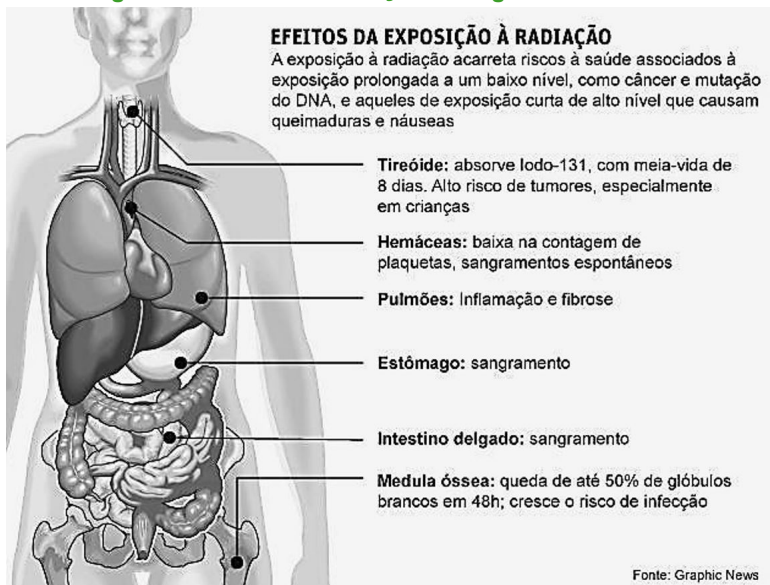
Entre os impactos no comportamento, é possível notar uma redução na atividade fisiológica do animal, uma elevação do limiar para estímulos que desencadeiam reações agressivas e uma diminuição na ingestão de alimentos e líquidos.

Altas quantidades de radiação nos ovários das fêmeas ou nos testículos dos machos podem causar problemas genéticos, levando a descendentes com deficiências, a natimortos ou até mesmo à esterilidade do indivíduo.

Um impacto sério da exposição excessiva à radiação em organismos animais é a ocorrência de mutações. Além disso, essas mutações têm a capacidade de se espalhar para outras populações. A radiação provoca danos no material genético.

É imprescindível levar em conta as consequências físicas, que podem incluir ferimentos sérios em diversos órgãos e tecidos, provocando alterações sanguíneas, feridas na pele e formação inadequada de membros.

Figura 6 - Efeitos da radiação no organismo humano.



Fonte: <https://ebipedrassalgadas.blogs.sapo.pt/12084.html>.

USOS DOS ISÓTOPOS FORENSES

Os “isótopos forenses” têm sido empregados em diversos casos com resultados positivos, devido à sua aplicação versátil. Entre as várias formas de uso, destaca-se a investigação criminal, onde auxiliam na determinação da procedência de materiais coletados na cena do crime. Além disso, são utilizados na validação de documentos, como os encontrados em sítios arqueológicos, obras de arte e certificados de identidade. Também têm aplicação na investigação de explosivos, ajudando a identificar a origem dos materiais utilizados nessas substâncias.

Dificuldades e Restrições

Utilizando uma expressão comum, “nem tudo são rosas”, existem obstáculos e restrições na aplicação dos isótopos forenses. Entre as várias dificuldades associadas à utilização dos isótopos forenses, destaca-se a interpretação dos resultados, que pode ser sem clareza, como também exige conhecimentos técnicos específicos.

Um outro desafio está relacionado à contaminação de amostras; essa contaminação pode impactar a exatidão dos resultados obtidos.

Por fim, as restrições relacionadas aos dados e a ausência de informações de referência, podem restringir a habilidade de analisar os resultados.

Exemplos de Isótopos e suas Utilizações

Serão apresentados a seguir diversos isótopos utilizados na área forense, destacando suas aplicações mais frequentes e eficazes.

Isótopos de carbono, como ^{13}C e ^{12}C , são valiosos para investigar a alimentação de uma pessoa, pois a composição desses isótopos varia entre plantas e animais. Por exemplo, pessoas e animais que ingerem uma maior quantidade de vegetais apresentam uma proporção distinta de $^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ em seus ossos em comparação àqueles que consomem mais carne ou produtos de origem animal.

Os isótopos de nitrogênio, como ^{15}N e ^{14}N , são empregados na investigação de redes alimentares, elucidando a maneira como os nutrientes circulam por diversos níveis dessa rede. Os indivíduos situados no ápice da cadeia alimentar, como os predadores (carnívoras), apresentam uma quantidade superior de ^{15}N .

Um exemplo adicional pode ser encontrado no emprego de isótopos de estrôncio ($^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$), que neste caso é utilizado para identificar a origem geográfica de um indivíduo (como a arara azul) ou de um material (como cortes de árvores). Os distintos tipos de solo apresentam diferentes proporções desses isótopos, o que pode revelar se um indivíduo ou objeto provém de uma área geográfica específica.

Um último exemplo a ser mencionado envolve os isótopos de oxigênio (^{18}O e ^{16}O). Através da análise destas variantes isotópicas na água ingerida por um indivíduo, é possível observar variações nas proporções de oxigênio que estão relacionadas à localização geográfica. Essa informação pode ser útil para identificar a origem

de um indivíduo ou se ele se deslocou entre diferentes áreas. Esses isótopos são frequentemente obtidos de ossos, dentes, cabelos ou outros restos orgânicos, e sua análise pode auxiliar em investigações criminais, como a identificação de vítimas anônimas (sem identificação), a determinação de conexões geográficas entre indivíduos ou o estudo de padrões migratórios de animais ou humanos.

MEDICINA VETERINÁRIA FORENSE

A medicina veterinária forense, muitas vezes referida como medicina veterinária legal, abrange a utilização de saberes técnicos e científicos pertinentes à área da medicina veterinária, conforme os objetivos legais, com o intuito de elucidar questões de relevância judicial que envolvem animais e produtos de origem animal, evidenciando a conexão entre a ciência e a justiça.

O uso dessa ciência auxilia na investigação de mortes de animais (causa mortes), na elaboração, interpretação e implementação de normativas legais (relatórios e pareceres técnicos). Além disso, analisa a segurança e a qualidade dos alimentos destinados à nutrição animal e de origem animal. Também garante o reconhecimento da capacidade de sensibilidade (capacidade de sentir e interagir com o meio) e o direito à dignidade dos animais, sejam domésticos ou selvagens.

O Papel do Médico Veterinário no Sistema Judiciário

O médico veterinário especializado em perícia forense desempenha um papel no âmbito judicial e criminal, fornecendo evidências técnicas por meio de laudos ou pareceres periciais.

O especialista em veterinária forense faz a análise do local onde ocorreu o crime, recolhe provas e executa exames relacionados à investigação. Ele também pode efetuar autópsias, analisar amostras de tecido e avaliar lesões causadas por agressões ou acidentes.

O veterinário especialista pode oferecer suporte tanto técnico quanto administrativo às forças policiais, além de atuar como consultor em uma comarca judicial.

ISÓTOPOS RADIOATIVOS NA MEDICINA VETERINÁRIA FORENSE

Os isótopos utilizados na medicina veterinária forense têm várias aplicações, principalmente em investigações sobre a origem de produtos de origem animal, no monitoramento de doenças e em pesquisas de rastreabilidade. O uso desses isótopos é uma técnica valiosa na área da medicina veterinária forense, pois oferece dados essenciais sobre a origem e o histórico dos animais e seus produtos.

Uma das principais utilizações de isótopos forenses na medicina veterinária é a determinação da procedência de alimentos de origem animal. Conforme

mencionado anteriormente, isótopos estáveis, como carbono (C), nitrogênio (N), oxigênio (O) e estrôncio (Sr), são empregados para identificar a localização geográfica de tais alimentos. Essa técnica é particularmente útil para averiguar a origem de produtos como leite e carne, contribuindo para assegurar a autenticidade e inviolabilidade no mercado.

A análise da alimentação dos animais pode ser feita através do emprego de isótopos de carbono e nitrogênio, que são úteis para identificar se a dieta de um animal é predominantemente herbívora ou carnívora. Essa abordagem é valiosa para pesquisas sobre manejo alimentar, bem-estar dos animais e para monitorar práticas nutricionais que podem ser ineficazes ou prejudiciais.

A aplicação do controle de origem de fármacos ou produtos destinados à veterinária é, sem dúvida, uma das avaliações mais cruciais, pois impacta a saúde humana. Nesse contexto, isótopos podem ser empregados para identificar a ocorrência de determinados medicamentos ou compostos em produtos de origem animal. Essa abordagem é fundamental para revelar práticas ilícitas, como a utilização de substâncias proibidas ou controladas em animais criados para a alimentação humana, como os promotores de crescimento.

Na determinação da idade cronológica e da procedência de carcaças ou restos mortais, a aplicação é bastante intrigante, embora complexa. Em investigações forenses, como os casos de maus-tratos a animais ou crimes ligados ao tráfico de espécies, os isótopos de estrôncio podem ser utilizados para estabelecer a origem geográfica de ossos, pelos ou dentes. Essa análise pode auxiliar na identificação do habitat do animal ou se ele foi deslocado de uma área para outra.

Atualmente, uma das aplicações mais comuns da análise é a identificação de animais em situações de abuso ou comércio ilegal de fauna. Em investigações sobre tráfico de animais ou maus-tratos, os isótopos de oxigênio e estrôncio podem ser empregados para determinar a origem geográfica dos animais. Essa abordagem pode ser crucial para detectar atividades ilegais e contribuir para a preservação da vida selvagem.

A aplicação de isótopos na investigação do DNA torna possível verificar a autenticidade de uma certificação genealógica sobre ancestralidade, especialmente em relação a registros de equinos em associações de raça. Além disso, essa técnica pode confirmar se um determinado corte de carne corresponde à espécie mencionada (bovino ou equino), se é o corte genuíno ou se foi adulterado (como picanha ou alcatra), e também identifica, por exemplo, se um filé de peixe coincide com a espécie informada para venda (salmão ou truta salmonada).

Em uma perspectiva mais ampla, pode-se ilustrar a avaliação de impacto ambiental. Dessa forma, os isótopos são ferramentas que permitem investigar a exposição de animais a poluentes, como metais pesados e outras substâncias tóxicas. Esse método pode ser valioso para acompanhar a saúde da fauna em regiões afetadas pela contaminação ou em estudos sobre envenenamento. A aplicação de isótopos tem ganhado destaque especialmente após os trágicos incidentes dos rompimentos das barragens de Mariana e Brumadinho, em Minas Gerais.

Outras aplicações e práticas comuns do emprego de isótopos forenses na medicina veterinária incluem a análise de casos de envenenamento ou morte devido a doenças. Alguns isótopos são úteis para identificar vestígios de substâncias tóxicas no corpo dos animais, contribuindo para a identificação de envenenamentos ou da presença de poluentes ambientais, como metais pesados ou pesticidas.

A utilização de isótopos representa um recurso valioso para a medicina veterinária forense, fornecendo informações essenciais e exatas em processos legais e de saúde.

EXEMPLIFICAÇÃO DO USO DOS ISÓTOPOS FORENSES NA ÁREA ANIMAL

A Polícia Federal está utilizando a análise de isótopos para combater os crimes contra fauna no Brasil, principalmente na região Amazônica. Esta tecnologia permite aos agentes (peritos) identificarem se um animal comercializado em criadores ditos autorizados, foi capturado ilegalmente na natureza ou criado verdadeiramente em criatórios. Esta prática é chamada de “esquentamento” de fauna, segundo a PF. Isto é, certificar um animal capturado ilegalmente na natureza se passar por um animal criado legalmente em cativeiro.

Esses isótopos analisados em pelos, penas, unhas, cascos (tartarugas e cágados) e chifres permitem que a Polícia Federal rastreie a origem geográfica de animais capturados ilegalmente.

Permite também que a soltura desses animais capturados ilegalmente seja feita com mais exatidão, permitindo que os animais devolvidos a natureza possam voltar ao seu habitat de origem.

Além dos crimes cometidos contra a fauna, os peritos, através da análise de isótopos estáveis, podem combater a extração ilegal de madeira e minérios de regiões de proteção ambiental.

O uso desses isótopos estáveis já era aplicado em investigações de fraudes de alimentos e combate ao tráfico de entorpecentes.

Toda essa análise é realizada com o uso do Espectômetro de Massa de Razão Isotópica.

Figura 6 - Espectômetro de Massa de Razão Isotrópica.

Fonte: <https://cia.furg.br/en/noticias/76-espectrometria-de-massa-de-razao-isotopica-irms>.

Como essa Análise Acontece

Nos casos de animais encontrados em criatórios, é possível diferenciar os capturados na natureza e os criados em cativeiro pela alimentação diferenciada dos mesmos. Animais de cativeiro se alimentam de ração industrializadas e isso provoca uma proporção isotópica diferente dos animais capturados nos biomas de origem. Mas aí se pergunta: E se este animal silvestre já está sendo criado em cativeiro há muito tempo? _ Não importa, a proporção isotópica é registrada nos tecidos, como pelo, ossos e dentes desde o nascimento e primeiros anos de vida do animal.

No caso das aves, onde é usado o estudo isotrópico das penas, a investigação é um pouco diferente, já que o valor isotrópico das penas está ligado às características do bioma em que se encontrava a ave quando essas penas foram formadas. Sendo assim, é usado o fator das taxas de renovação das penas durante o crescimento da ave, o que proporciona uma aproximação da idade desta ave, como também de qual região geográfica foi capturada.

A PF passa a fazer um melhor trabalho, obter mais sucesso na soltura de animais, por mérito da análise dos isótopos estáveis. Uma vez que através dos isótopos, torna-se mais preciso estabelecer a região geográfica de onde esse animal foi retirado ilegalmente, mais eficiente torna-se determinar aonde esse animal deve ser devolvido. Uma soltura correta, proporciona uma proliferação maior da espécie restituída ao ambiente, evitando assim a extinção.

É a ciência trabalhando em cooperação com a lei e combate a exploração animal.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Isótopos referem-se a átomos de um único elemento químico que apresentam características químicas parecidas, mas distinguem-se por suas propriedades físicas diferentes. Esses átomos encontram utilização em múltiplos campos, incluindo medicina, veterinária, geologia, arqueologia e ciências forenses.

Os isótopos utilizados em investigações forenses desempenham um papel crucial na elucidação de delitos e na análise de ações ilícitas.

A aplicação de isótopos forenses na medicina veterinária está em expansão, pois proporciona uma maneira exata e não invasiva de coletar dados relevantes sobre a vida dos animais, seus produtos e até suas origens. Essa metodologia se torna crucial na resolução de crimes contra os animais, sejam eles domésticos ou silvestres. Ademais, sua utilização contribui significativamente para a adoção de práticas veterinárias mais precisas, confiáveis e éticas, funcionando como um recurso essencial nas investigações forenses nesse campo das ciências da saúde.

REFERÊNCIAS

1. CAMARGO, Plínio B.; MARTINELLI, Luiz Antônio; OMETO, Jean Pierre H.B.; FERRAZ, Epaminondas S.B.. **Desvendando Questões Ambientais com Isótopos Estáveis**. Oficina dos Textos, 1º ed.;2009. 144p.Rio de Janeiro/RJ
2. COSTA, FÁBIO J.V; FERREIRA, JULIANA M.; MONTEIRO, KELLEN REJANE GOMES. **Ciência contra o Tráfico - Avanços no combate ao comércio ilegal de animais silvestres**. Imprell editora, 1º ed; 2017. 250 p. João Pessoa/PB.
3. FILHO, Claudemir R.D.; FRANCEZ, Pablo A.C.; ANDREASSA, Angela. **Biologia Forense**. Millenium editora. 3º ed, 2022. 520p. Campinas/SP
4. NARDOTO, Gabriela B.; MAYRINK, Rodrigo R.; BARBIERE, Cristina B.; COSTA, Fábio J.V.. **Isótopos Forenses**. Millenium editora, 1ºed., 2022.232p. Campinas/SP.
5. Revista Perícia Federal. **Atomos no Rastro do Crime**. Ano XVI, nº 45. Julho de 2020. Páginas 26 – 42. Brasília/DF.
6. SPINOSA, Helenice S.; GÓRNIK, Silvana L.; NETO, João P. **Toxicologia aplicada à Medicina Veterinária**. Editora Manolle. 2º ed, 2019.560p. Barueri/SP.
7. TREMORI, Talia M.; SIQUEIRA, Adriano.; YOSHIDA, Alberto S.; GALANTE, Alina R.C.. **Medicina Veterinária Forense**. Millenium editora. 1º ed, 2023. 392p. Campinas/SP.

Organizadores

Róger Richelle Bordone de Sá

É médico veterinário, graduado pelo Centro Universitário de Viçosa (UNIVIÇOSA) em 2015. Especializou-se em Anatomia e Cirurgia Veterinária pelo Centro de Treinamento em Anatomia e Cirurgia Veterinária (CETAC) em 2016. É pós-graduado em Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais pela Faculdade Qualittas, tendo concluído o curso em 2019. Em 2022, alcançou o título de Mestre pelo Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Atua como coordenador do curso de Medicina Veterinária e é professor titular de Anatomia Veterinária I e II, Semiologia Veterinária, Técnica Operatória e Patologia Cirúrgica no Centro Universitário de Caratinga (UNEC), em Caratinga, Minas Gerais, posição que ocupa desde 2018.

Maria Clemente de Freitas

Graduada em Medicina Veterinária pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Mestre em Ciências Veterinárias pela mesma Universidade, sendo bolsista Capes. Realizou pesquisas na área de controle biológico do carrapato *Rhipicephalus microplus* utilizando fungos artropodopatogênicos. Durante o mestrado realizou Vivência na Universidade de Santiago de Compostela, Lugo-Espanha. Atualmente é Professora no Centro Universitário de Caratinga-MG (UNEC), ministra as disciplinas de Medicina Veterinária Preventiva e Saúde Pública; Parasitologia Veterinária; Farmacologia Veterinária; Doenças Infectoparasitárias; e é coordenadora do Hospital Veterinário Joaquim Felício-CASU e Coordenadora do Curso de Medicina Veterinária-UNEC. Trabalha com clínica e anestesia de pequenos animais no Hospital Veterinário Joaquim Felício-CASU. Pós Graduada em Clínica Médica de Felinos.

Paloma Sayegh Arreguy Silva

Possui mestrado em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa (2007), Residência Médica e Especialização em Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais pela Universidade Federal de Viçosa (2005), Graduação em Medicina Veterinária pela Universidade Federal de Viçosa (2003), concentrando seus estudos na área de cirurgia de pequenos animais, com ênfase em ortopedia veterinária e aplicação terapêutica do plasma rico em plaquetas. Tem experiência na área de Medicina Veterinária, com ênfase em Clínica e Cirurgia de Pequenos Animais e docência do ensino superior. Professora do curso de Medicina Veterinária do Centro Universitário de Caratinga - UNEC.

Índice Remissivo

A

alimentar 22, 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 55
alimentos 22, 29, 34, 47, 49, 53, 56, 57, 62, 63, 66,
68, 69, 70
análise 17, 28, 39, 41, 46, 52, 53, 56, 57, 58, 61, 62,
67, 68, 69, 70, 71, 72
animais 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 22, 23, 27, 28,
42, 43, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 56, 57, 61, 62, 63,
65, 66, 67, 68, 69, 70, 71, 72
animal 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 24, 25, 29, 30, 31,
37, 42, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 54
anovulatório 38, 39
avaliação 11, 13, 15, 21, 28, 41, 61, 62, 63, 69

B

biodiversidade 56

C

cisto 38, 39, 40, 41, 42, 43
cistos 38, 39, 40, 41, 42
cognição 11, 12, 13, 15, 21, 23
colite 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35
comportamental 11, 16, 25
controle 22, 28, 29, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55
cuidados 11, 13

D

digestiva 27, 28, 29, 35
disbiose 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35
doenças 12, 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35, 46, 47, 48,
49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

E

equinos 27, 28, 29, 30, 31, 33, 34, 35
espécies 28, 34, 51, 56, 69
estáveis 56, 57, 58, 59, 61, 62, 63, 69, 70, 71
estresse 11, 12, 13, 14, 15, 16, 21, 22, 23, 25

F

foliculares 38, 40, 41
folículo 38, 39, 40
forenses 56, 57, 59, 61, 67, 68, 69, 70, 72

I

intestinal 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37
intestino 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35
irritável 27, 28, 30, 31, 34, 35
isótopos 56, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69,
70, 71, 72

L

laminite 27, 28, 30, 31, 33, 34, 35
legal 56, 57, 68
lúteos 38, 40

M

medicina 39, 56, 57, 61, 62, 64, 65, 68, 70, 72
microbiota 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37

O

origem 46, 47, 49, 50, 51, 56, 61, 62, 67, 68, 69, 70,
71

ovariano 38, 39, 41, 42, 43

P

políticas 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54

práticas 23, 46, 47, 48, 49, 50, 52, 53, 54, 56, 69, 70, 72

prebióticos 27, 28, 29, 34, 35

primatas 11, 12, 21, 22, 23

probióticos 27, 28, 29, 34, 35

produção 29, 30, 31, 32, 33, 34, 40, 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53

produtos 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 56, 57, 58, 59, 61, 62, 67, 68, 69, 72

pública 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

públicas 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54

Q

qualidade 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 23, 34, 47, 49, 51, 53, 56, 65, 68

R

reprodução 38, 41

S

sanitária 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

saúde 11, 12, 23, 25, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 35

segurança 46, 47, 48, 49, 51, 53, 54, 55

síndrome 27, 28, 30, 31, 34, 35

sustentabilidade 46, 49, 51, 55

T

tráfico 13, 56, 61, 69, 70

V

vacas 38, 39, 40, 41, 42, 43

vacinação 46, 50, 51

veterinária 11, 35, 39, 46, 53, 56, 57, 61, 62, 65, 68,
69, 70, 72

vida 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19, 20, 21, 22, 23, 69,
71, 72

vigilância 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 54, 55

Z

zoonoses 46, 47, 48, 50, 51, 52, 53, 54, 55

zoonóticas 46, 47, 48, 49, 50, 51, 53, 55



AYA EDITORA
2025

