

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

FACULDADE DE MEDICINA VETERINÁRIA E ZOOTECNIA

**BIOQUÍMICA SÉRICA E DOSAGEM SÉRICA DE FERRO EM TUCANO-
TOCO (*Ramphastos toco*) (Statius Muller, 1776)**

ANA JULIA TONETTI CLARO

Botucatu

2024

ANA JULIA TONETTI CLARO

**BIOQUÍMICA SÉRICA E DOSAGEM SÉRICA DE FERRO EM TUCANO-
TOCO (*Ramphastos toco*) (Statius Muller, 1776)**

Trabalho de Conclusão de Residência em Medicina Veterinária apresentado à Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Botucatu, SP, para obtenção do título de Residente em Medicina Veterinária.

Área de concentração: Animais Silvestres.

Preceptor: Prof. Dr. Carlos Roberto Teixeira.

Co-orientador: Profa. Dra. Sheila Canevese Rahal.

Botucatu

2024

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉC. AQUIS. TRATAMENTO DA INFORM.
DIVISÃO TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - CÂMPUS DE BOTUCATU - UNESP

BIBLIOTECÁRIA RESPONSÁVEL: MARIA CAROLINA A. CRUZ E SANTOS-CRB 8/10188

Claro, Ana Julia Tonetti.

Bioquímica sérica e dosagem sérica de ferro em tucano-toco
(Ramphastos toco) (Statius Muller, 1776) / Ana Julia Tonetti
Claro. - Botucatu, 2024

Trabalho acadêmico (residência - Residência
Multiprofissional em Saúde e em Área Profissional da Saúde em
Medicina Veterinária) - Universidade Estadual Paulista "Júlio
de Mesquita Filho", Faculdade de Medicina Veterinária e
Zootecnia

Orientador: Carlos Roberto Teixeira

Coorientador: Sheila Canevese Rahal

Capes: 50501003

1. Aves. 2. Hemocromatose. 3. Sobrecarga de Ferro. 4. Tucano.

Palavras-chave: Aves; Doença do acúmulo de ferro; Hemocromatose;
Piciformes.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à minha família, em especial à minha mãe e minha avó, que me apoiaram muito no processo seletivo para a residência e sempre estão ao meu lado.

Aos professores preceptores Profa. Dra. Sheila Canevese Rahal e Prof. Dr. Carlos Roberto Teixeira, bem como dos professores Profa. Dra. Luciane dos Reis Mesquita, Profa. Dra. Cláudia Valéria Seullner Brandão e Prof. Dr. Felipe Fornazari. Sua orientação ao longo destes últimos dois anos foi crucial para o meu crescimento acadêmico e profissional. Em especial ao Prof. Dr. Paulo Fernandes Marcusso, que me incentivou e permitiu a realização das dosagens utilizadas nesse TCR.

Aos meus R2, Gabriel Camargo e Erick Yuri, vocês me ensinaram muito e me deram apoio nos meus momentos mais difíceis como R1. O auxílio e orientação de vocês contribuíram muito na minha formação como profissional, e com certeza levarei para o resto da vida.

À minha parceira na Residência, Carime Carrera, passamos dois anos intensos da residência, que com certeza nos marcaram e nos fizeram nos tornar as profissionais que somos hoje. Assim como aos meus R1 (Mylena Oliveira, Bruno Oliani), por me ensinarem muito sobre paciência e compreensão, e todos os ex-residentes que de alguma forma contribuíram para a minha formação.

À todos os pós-graduandos que atuam na rotina clínica do CEMPAS, em especial ao Guilherme Rech, Ricardo Shoiti e Jeana Pereira, pela orientação e auxílio de vocês em inúmeros casos.

Finalmente, gostaria de agradecer a cada professor, estagiário, residente, aluno, tutor e pacientes que passaram pelo CEMPAS durante a minha passagem por este lugar incrível.

CLARO, ANA J. T. Bioquímica sérica e dosagem sérica de ferro em tucano-toco (*Ramphastos toco*) (Statius Muller, 1776). Botucatu, 2023. 20p. Trabalho de conclusão da residência em Medicina Veterinária (área de concentração: animais silvestres) – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Campus de Botucatu, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”.

RESUMO

Tucanos (*Ramphastos*; Piciformes) são aves neotropicais mundialmente reconhecidas pelo formato característico de seus bicos, sendo normalmente grandes e coloridos. Todavia, diversas particularidades, como uma dieta frugívora e faunística diversa associada a uma melhor eficiência na absorção de ferro, fazem com que a hemocromatose, ou doença do acúmulo de ferro (DAF), seja uma das afecções mais comumente encontradas na espécie. A DAF é caracterizada pelo acúmulo de ferro em grânulos nos hepatócitos, comprometendo a função hepática, gerando quadros crônicos e progressivos de hepatopatia, podendo culminar na morte súbita. Infelizmente, o diagnóstico *in vivo* dessa doença em aves ainda é limitado e de difícil realização, tendo em vista a manifestação inespecífica de sinais. Com o objetivo de contribuir para elucidação diagnóstica e comportamento fisiológico do ferro nessa espécie em cativeiro, foi realizado um levantamento a respeito das variáveis bioquímicas, incluindo o ferro sérico, de tucanos-toco (*Ramphastos toco*) sob cuidados humanos. Foram utilizadas amostras sanguíneas de 13 indivíduos, obtendo-se valores de ferro sérico entre 21 e 264,3 mcg/dL, além de valores para outros 13 parâmetros do exame de bioquímica sérica. Espera-se que os dados obtidos nesse trabalho possam auxiliar para elucidação diagnóstica e comportamento fisiológico do ferro nessa espécie em cativeiro, além de contribuir para o desenvolvimento de um intervalo de referência mais específico.

Palavras-chave: hemocromatose, Piciformes, Doença do Acúmulo de Ferro, aves

CLARO, ANA J. T. Serum biochemistry and serum iron assay in toco toucan (*Ramphastos toco*) (Statius Muller, 1776). Botucatu, 2023. 20 p. Final paper for residence in Veterinary Medicine (concentration area: wild animals) - School of Veterinary Medicine and Animal Science, Campus Botucatu, São Paulo State University "Júlio de Mesquita Filho".

ABSTRACT

Toucans (Ramphastos; Piciformes) are Neotropical birds globally recognized for the distinctive shape of their bills, which are typically large and colorful. However, various characteristics, such as a frugivorous diet and diverse fauna associated with better iron absorption efficiency, make hemochromatosis, or iron storage disease (ISD), one of the most commonly encountered conditions in the species. ISD is characterized by the accumulation of iron granules in hepatocytes, compromising liver function and leading to chronic and progressive hepatopathy, potentially resulting in sudden death. Unfortunately, the *in vivo* diagnosis of this disease in birds is still limited and challenging due to the nonspecific manifestation of signs. This study conducted a survey regarding biochemical variables, including serum iron, in toco toucans (*Ramphastos toco*) under human care. Blood samples from 13 individuals were used. The serum iron values ranged from 21 to 264.3 mcg/dL, along with values for 13 other serum biochemistry parameters. It is expected that the data obtained in this study can contribute to diagnostic elucidation and understanding of the physiological behavior of iron in this species in captivity, besides contributing to the development of a more specific reference range.

Keywords: Hemochromatosis, Piciformes, Iron Storage Disease, birds

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	8
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	9
	2.1 Metabolismo do Ferro e Doença do Acúmulo de Ferro em Aves.....	9
	2.2 Métodos de Diagnóstico	11
3.	ANÁLISES BIOQUÍMICAS DAS AVES DO CEMPAS	13
	3.1 Coleta das amostras e resultados	13
	3.2 Discussão	15
4.	CONCLUSÃO	17
5.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17

1. INTRODUÇÃO

Tucanos são aves pertencentes à família Ramphastidae, do gênero *Ramphastos*, que possuem como principal característica o bico grande com cores marcantes e em formato de espada (SICK, 1984). São aves nativas da América Central e América do Sul, possuindo quatro espécies no território brasileiro, com diferentes habitações conforme o comportamento, podendo variar desde o interior das florestas até regiões urbanizadas, como no caso do tucano-toco (*Ramphastos toco*) (STREFEZZI, PEREIRA, 2014). Por conta de seu comportamento sociável e curioso, é uma espécie com boa adaptação ao cativeiro, sendo comum em criadouros, mantenedores, zoológicos e como animal de estimação não convencional (DISLICH, 2014).

Como descrito por Dislich (2014), os tucanos possuem diversas particularidades anatômicas e fisiológicas, as quais os diferenciam de outras aves. O bico grande e ricamente trabeculado atua na termorregulação, as asas são curtas e fortes, além de um trato gastrointestinal curto e com acelerado metabolismo. São aves primariamente frugívoras e faunívoras oportunistas, se alimentando principalmente de frutas nativas, pequenos vertebrados, ovos e invertebrados.

Os tucanos estão entre as aves que necessitam de atenção especial quanto ao metabolismo de ferro (Fe), apresentando elevada predisposição para o desenvolvimento de Doença do Acúmulo de Ferro (DAF), com alto grau de óbito e diminuição da expectativa de vida (STREFEZZI, PEREIRA, 2014). O diagnóstico assertivo ainda é um desafio, sendo muitas vezes realizado *post mortem* (MASSAROTTO, MARIETTO-GONÇALVES, 2010). Desta forma, objetivou-se realizar uma revisão bibliográfica a respeito do assunto, além da dosagem de Fe sérico e bioquímica sérica de todos os indivíduos da espécie tucano-toco, que se encontram sob cuidados humanos do Centro de Medicina e Pesquisa de Animais Selvagens, de modo a auxiliar na elucidação das possibilidades diagnósticas.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Metabolismo do Ferro e Doença do Acúmulo de Ferro em Aves

O Fe é um elemento essencial para o adequado funcionamento de plantas e animais, sendo relacionado ao grupo heme e ao transporte de oxigênio para os tecidos (OLIVEIRA *et al.*, 2022). De acordo com Klasing *et al.* (2012), o Fe é absorvido nos enterócitos, cuja modulação é mediada pelo eixo hepcidina-ferroportina. Os hepatócitos liberam hepcidina quando os estoques de Fe estão altos, o que inibe o fluxo de Fe dependente da ferroportina nos enterócitos. Tal eixo é bem estabelecido em humanos e camundongos, apresentando alterações genéticas em humanos com hemocromatose hereditária.

O excesso de Fe que não é utilizado pelo organismo é armazenado principalmente em grânulos de hemossiderina nos hepatócitos, mas também nas células de Kupffer, macrófagos periportais hepáticos e fagócitos no baço, sendo que não há uma via para eliminação desse excedente (KLASING, DIERENFELD, KOUTSOS, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2022). Quando há uma situação contínua de excesso de Fe, ocorre a deposição crônica desses grânulos, principalmente no fígado, mas também em baço, parede intestinal, rim e coração, com consequências funcionais e morfológicas aos tecidos afetados, além de contribuir para um aumento da suscetibilidade às infecções (HARRISON, MCDONALD, 2006; STREFEZZI, PEREIRA, 2014).

O acúmulo intracelular do Fe pode causar a liberação de enzimas lisossômicas no citoplasma das células acometidas, desencadeando apoptose ou necrose do tecido, além de causar lesões às mitocôndrias, que podem gerar matriz extracelular e, consequentemente, fibrose (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Assim como ocorre em humanos no desenvolvimento de hemocromatose hereditária, estudos indicam que certas espécies possuem um mecanismo fisiológico que possibilita um maior aproveitamento de Fe, possivelmente devido as mutações no gene HFE, as quais causam distúrbios na expressão das proteínas DMT1 e Ireg1, atuando na permeabilidade do Fe na mucosa intestinal (METE *et*

al., 2005). Existe a hipótese de que a pressão evolutiva favoreceu indivíduos com uma maior expressão desse gene, considerando ser a dieta em vida livre mais pobre em minerais (MASSAROTTO, MARIETTO-GONÇALVES, 2010; STREFEZZI, PEREIRA, 2014). Além do fator biológico, os níveis dietéticos de Fe oferecidos às aves em cativeiro também influenciam para uma maior disponibilidade do componente (KLASING, DIERENFELD, KOUTSOS, 2012).

De acordo com Strefezzi e Pereira (2014), mesmo com a evolução relativa às necessidades básicas de diversas espécies, muito ainda é feito baseado nos requerimentos de galinhas domésticas. A formulação de rações comerciais com níveis de Fe entre 100 e 500 mg/kg, normalmente refere-se ao valor mínimo, sem informar o valor máximo. A adição accidental de Fe na fabricação pela contaminação de equipamentos de metal, utilização de subprodutos de origem animal e variações nutricionais nas matérias primas também interferem nos níveis de Fe. No manejo de espécies com maior absorção de Fe, os níveis na dieta devem permanecer entre 40 e 60 mg/kg de modo a se evitar a DAF. Tais características, associadas ao pouco conhecimento no que diz respeito aos requisitos nutricionais básicos e sobre o manejo de tucanos em cativeiro, contribuem para diminuir a expectativa média de 25 anos de vida livre para no máximo 10 anos em cativeiro.

A DAF é muito relatada em mainás (*Gracula religiosa*), estorninhos-comuns (*Sturnus vulgaris*), tucanos (*Ramphastos* spp.), araçarís (*Pteroglossus* sp.), calaus (Bucerotiformes), psitacídeos (Psitaciformes) e aves-do-paraíso (Paradisaeidae) (KLASING, DIERENFELD, KOUTSOS, 2012). Entre as aves, os grupos que mais apresentam predisposição ao desenvolvimento de DAF são as espécies majoritariamente frugívoras, cuja dieta tende a ser pobre em minerais (OLIVEIRA *et al.*, 2022).

Os sinais clínicos são normalmente inespecíficos, sendo muitas vezes observados pelos cuidadores apenas nos estágios mais avançados da doença (STREFEZZI, PEREIRA, 2014). Insuficiências cardíaca e hepática, resultando em ascite, dispneia e apatia são alguns sinais que podem ser verificados, além de sintomatologia nervosa ocasionada por encefalopatia hepática em quadros graves

(KLASING, DIERENFELD, KOUTSOS, 2012). É comum ocorrer hepatomegalia, cardiomegalia e esplenomegalia (KLASING, DIERENFELD, KOUTSOS, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2022). A morte súbita é comum em tucanos, sendo encontrados em boas condições corporais no momento do óbito (HARRISON, MCDONALD, 2006).

Como essas espécies de aves não possuem um mecanismo de excreção de Fe, o tratamento consiste principalmente em controlar a absorção intestinal por meio de dietas com níveis de Fe controlados e uso de agentes que diminuem a biodisponibilidade de Fe da dieta, como o chá preto (KLASING, DIERENFELD, KOUTSOS, 2012). O uso de flebotomias periódicas é descrito na literatura, porém pode ser um procedimento com alto risco considerando espécies de pequeno porte, e não existe comprovação de eficácia (OLIVEIRA *et al.*, 2022). Também já foi descrito o uso de quelantes injetáveis, tais como a deferroxamina, os quais mostraram sucesso no tratamento de tucanos (CORK, 2000).

2.2 Métodos de Diagnóstico

O diagnóstico *in vivo* ainda é um desafio, considerando que muitas vezes as aves não apresentam sinais indicativos e os métodos disponíveis não são específicos (STREFEZZI, PEREIRA, 2014).

O exame radiográfico é considerado um exame de triagem, com visibilização de hepatomegalia ou microhepatia, porém esta não é patognomônica, estando presente em outras condições de hepatopatia (DISLICH, 2014). O exame ultrassonográfico permite mensurar o tamanho e a ecogenicidade do fígado (STREFEZZI, PEREIRA, 2014). Além disso, a técnica de elastografia é utilizada durante o exame ultrassonográfico, permitindo uma mensuração da elasticidade do tecido analisado, sendo utilizada em humanos para a detecção de fibrose ou cirrose hepática (HOCHLEITHNER, HOCHLEITHNER, 2006).

Como descrito por Vergneau-Grosset, Beaufrère e Ammersbach (2016), na avaliação bioquímica sérica, a enzima aspartato aminotransferase é altamente

sensível para detectar lesões em tecido hepático, sendo necessário avaliação conjunta com a creatinoquinase (CK), de modo a diferenciar de lesão muscular. Glutamato desidrogenase é uma enzima altamente específica para lesão hepática, porém pouco sensível, já que é necessário ocorrer danos severos ao tecido. A Lactato desidrogenase (LDH) pode ser utilizada para descartar lesão muscular, já que possui uma meia-vida mais curta que a CK; portanto, um aumento persistente de LDH (sem ocorrência de hemólise) associado com diminuição de CK e elevação de AST indicam lesão hepática, especificamente dano celular. Os autores descrevem um estudo com danos hepáticos induzidos em *Psittacula krameri*, em que a sorbitol desidrogenase apresentou melhor sensibilidade e especificidade, porém em outro estudo utilizando psitacíformes, não houve aumento significativo, sendo necessário ainda mais pesquisas para definir seu uso clínico.

Elevações de ácidos biliares são muitas vezes indicativos de insuficiência e diminuição da função hepática (DONELEY, 2016). Hipoproteinemia, hipoalbuminemia, hiperglobulinemia e hipocalcemia também são indicativos de comprometimento hepático (HOCHLEITHNER, HOCHLEITHNER, 2006). A biliverdina é o pigmento biliar mais importante nas aves e estudos indicam que seu aumento pode indicar disfunção hepática grave). Níveis inferiores de ureia nitrogenada e ácido úrico podem indicar insuficiência hepática, porém poucos estudos foram realizados com as diferentes espécies de aves (KENDAL, 2006).

As enzimas alanina aminotransferase (ALT) e fosfatase alcalina (FA) são menos sensíveis ou específicas para indicar lesões hepáticas em aves, sendo assim pouco utilizadas (HOCHLEITHNER, HOCHLEITHNER, 2006; VERGNEAU-GROSSET, BEAUFRÈRE, AMMERSBACH, 2016). Gama glutamil transferase (GGT) parece estar mais associada a danos em canalículos biliares do que com a função hepática (KENDAL, 2006).

Em humanos e algumas espécies domésticas, é possível mensurar o acúmulo pela concentração total de Fe, a capacidade total de ligação do Fe e as concentrações derivadas de saturação de transferrina, ferritina, ceruloplasmina, haptoglobina e hepcidina (MARROW *et al.*, 20189). No entanto, tais exames possuem utilização

reduzida em aves por causa da grande variedade de espécies e escassez de valores de referência (STREFEZZI, PEREIRA, 2014; RAIDAL, 2020).

O principal método de diagnóstico definitivo é feito pela biopsia hepática, associada ao exame histopatológico e a dosagem de Fe do tecido hepático (STREFEZZI, PEREIRA, 2014). Este é um exame invasivo, que necessita de equipamentos específicos, conhecimento avançado e anestesia (OLIVEIRA *et al.*, 2022). É necessário levar em consideração o risco de realizar o procedimento, considerando que é comum haver coagulopatias associadas ao acometimento hepático, o que pode resultar em hemorragias graves e até óbito (HOCHLEITHNER, HOCHLEITHNER, 2006; STREFEZZI, PEREIRA, 2014).

3. ANÁLISES BIOQUÍMICAS DAS AVES DO CEMPAS

3.1 Coleta das amostras e resultados

As amostras foram coletadas de 13 indivíduos da espécie tucano-toco (*Ramphastos toco*) sob cuidados humanos, do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) – Unesp Campus Botucatu.

Os animais estavam alojados em um recinto de alvenaria, com piso de concreto, alambrado de metal nas laterais e no teto, possuindo um solário com poleiros de madeira natural, dois suportes de comedouro e dois bebedouros. A dieta consistia de ração extrusada para Tucanos (MegaZoo®), além de frutas picadas, como banana sem casca, maçã fuji sem sementes, mamão papaia (sem casca e sem semente) e manga. Todas as aves se encontravam em cativeiro com período superior a seis meses, consideradas clinicamente híginas e sem sinais de anorexia, apatia, prostração ou diarreia.

Os animais foram contidos individualmente com pulcra e panos, sendo imobilizados manualmente, possibilitando a colheita de aproximadamente 3 ml de sangue pela veia jugular direita, com o uso de agulha hipodérmica 13mm x 4,5 mm e seringa de 3 ml. O sangue foi acondicionado em tubo seco (sem ativador de

coágulo ou anticoagulante), devidamente identificados e encaminhados para o Laboratório Clínico Veterinário do Hospital Veterinário da FMVZ - Unesp Botucatu. Foram realizados os exames de bioquímicos séricos utilizando o equipamento VetScan® Avian Reptilian Profile Plus, além da dosagem individual de Fe sérico.

Na Tabela 1 estão descritos os valores obtidos na bioquímica sérica, ao passo que na Tabela encontram-se os valores de média, desvio-padrão, mínimo e máximo das variáveis.

Tabela 1 - Valores de bioquímica sérica e dosagem de ferro sérico obtidos de 13 tucanos-toco (*Ramphastos toco*) sob cuidados humanos do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) – Unesp Campus Botucatu.

Número da ave	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	Valores de referência
AST (UI/L)	265	178	841	372	274	334	249	299	199	283	202	299	313	141 - 340 ^a
CK (UI/L)	1871	1020	3299	2748	926	1304	955	1655	842	2849	1271	1152	1331	-
FA (UI/L)	314	356	139	351	322	958	1217	266	573	387	458	902	255	14 - 88 ^a
LDH (UI/L)	676	205	610	211	484	463	665	956	392	403	570	430	2776	180 - 319 ^a
Ac. Úrico (mg/dL)	5,1	4,5	1,6	3,9	4,6	8,3	5,8	2	2,8	4,7	7,8	8,8	2,9	2,4 - 14 ^a
Prot. Total (g/dL)	3,7	2,7	3,5	3,3	3,3	3,8	3,5	3,6	3,1	3,4	3,1	4	4,3	2,8 - 4,4 ^a
Albumina (g/dL)	2,4	1,8	2,2	2,2	2,4	2,3	2,2	2,5	2,1	2,3	2,1	2,8	2,4	1,4 - 2,4 ^a
Globulina (g/dL)	1,3	0,9	1,2	1,1	0,9	1,4	1,3	1	1	1,1	1	1,2	1,9	1,4 - 2,2 ^a
Glicose (mg/dL)	270	303	356	276	264	471	380	353	279	304	285	289	444	222 - 363 ^a
Calcio (mg/gL)	9,8	9,1	9,4	9,5	9,1	10,5	9,8	9,6	9,1	9,4	9,5	10,8	10,2	8,8 - 11,8 ^a
Fosforo (mg/gL)	1,3	1,5	2,3	2,6	4	1,7	2,4	1,4	2,7	1,7	1	4,4	1,2	1,8 - 5,2 ^c
Sódio (mEq/dL)	154	151	163	151	155	155	150	156	147	152	156	153	158	148 - 155,3 ^c
Potássio (mEq/dL)	<1,5	<1,5	5,6	<1,5	2,5	4	2,8	3,8	1,7	<1,5	1,8	3,8	2,9	2,8 - 4,8 ^c
Ferro (mcg/dL)	245,1	140,7	21	77,6	120	264,3	254	72	175	180,4	189,5	83	267	< 350 ^b

AST = Aspartato aminotransferase; CK = Creatinoquinase; FA = Fosfatase Alcalina; LDH = Lactato desidrogenase.

Referência: a. CARPENTER, HARMS (2022). b. CORNELISSEN (1994). c. DISLICH (2014).

Tabela 2 - Média, desvio-padrão, mínimo e máximo da bioquímica sérica obtida de 13 tucanos-toco (*Ramphastos toco*), sob cuidados humanos, do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Selvagens (CEMPAS) da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (FMVZ) – Unesp Campus Botucatu.

	Média	Desvio Padrão	Valor Mínimo	Valor Máximo	Valores de Referência
AST (UI/L)	316,0	167,2	187,0	841	141 - 340 ^a
CK (UI/L)	1632,5	820,4	842,0	3299	-
FA (UI/L)	499,8	324,0	139,0	1217	14 - 88 ^a
LDH (UI/L)	680,1	660,8	205,0	2776	180 - 319 ^a
Ácido Úrico (mg/dL)	4,8	2,3	1,6	8,8	2,4 - 14 ^a
Proteína Total (g/dL)	3,5	0,4	2,7	4,3	2,8 - 4,4 ^a
Albumina (g/dL)	2,3	0,2	1,8	2,8	1,4 - 2,4 ^a
Globulina (g/dL)	1,2	0,3	0,9	1,9	1,4 - 2,2 ^a
Glicose (mg/dL)	328,8	67,8	264	471	222 - 363 ^a
Calcio (mg/gL)	9,7	0,5	9,1	10,8	8,8 - 11,8 ^a
Fosforo (mg/gL)	2,2	1,1	1	4,4	1,8 - 5,2 ^c
Sódio (mEq/dL)	153,9	4,0	147	163	148 - 155,3 ^c
Potássio (mEq/dL)	3,2	1,2	1,7	5,6	2,8 - 4,8 ^c
Ferro (mcg/dL)	160,7	82,5	21	267	< 350 ^b

AST = Aspartato aminotransferase; CK = Creatinoquinase; FA = Fosfatase Alcalina; LDH = Lactato desidrogenase.

Referência: a. CARPENTER, HARMS (2022). b. CORNELISSEN (1994). c. DISLICH (2014).

3.2 Discussão

Considerando os valores de referência descritos por Carpenter e Harms (2022), nenhum dos indivíduos utilizados apresentou todos os parâmetros em níveis adequados, ocorrendo maiores alterações com relação ao LDH, FA e globulina. Todas as aves (n=13/13) exibiram valores de FA acima do valor de referência. Em quatro parâmetros, foram observados valores acima do intervalo utilizado, sendo AST com 15,3% (n=2/13), LDH com 84,6% (n=11/13), glicose 23% (n=3/13) e albumina 15,3% (n=2/13) 84,6% e 23%. Alguns indivíduos apresentaram valores

diminuídos de ácido úrico (15,3%, n=2/13), proteína total (7,6%, n=1/13) e globulina (84,6%, n=11/13). Não foram encontrados valores de referência para CK.

Com relação aos eletrólitos, todos os indivíduos tiveram valores de cálcio dentro do intervalo de referência (CARPENTER, HARMS, 2022), porém 53,8% (n=7/13) apresentaram valores abaixo de fósforo (DISLICH, 2014). Já com relação ao sódio e potássio, 38,4% (n=5/13) e 61,5% (n=8/13), respectivamente, exibiram valores alterados (DISLICH, 2014).

Com relação ao valor de referência da dosagem de Fe sérico, a mais utilizada é a de Cornelissen (1994), sendo que todos (100%) estariam dentro dos valores de referência. Contudo, conforme observado, a maioria dos tucanos apresentou alguma alteração no exame de bioquímica sérica, principalmente relacionado com as enzimas hepáticas, o que poderia indicar algum grau de comprometimento hepático inespecífico.

Em um estudo comparando a absorção de Fe de mainás (*Gracula religiosa*) com galinhas domésticas, foi observado que as galinhas tinham dosagens de Fe sérico consideravelmente maiores; entretanto, no exame histopatológico e de Fe hepático, as mainás apresentaram 10 vezes mais saturação de Fe em hepatócitos (METE, *et al*, 2003). Tal fator poderia ser justificado por um eficiente mecanismo de armazenamento de Fe, mantendo os níveis plasmáticos baixos.

Osofsky *et al.* (2001) analisaram a dosagem de diversos metais, dentre eles, o Fe, em papagaio-de-hispaniola (*Amazona ventralis*), obtendo intervalo de referência de 226 a 625 mcg/dL; contudo, aves com valores inferiores não poderiam ser descartadas da possibilidade de doença

Em um estudo utilizando *Ardeotis kori*, foram realizadas dosagem de Fe sérico, capacidade total de ligação de Fe e percentagem de saturação de transferrina entre um grupo de aves de cativeiro e um grupo de vida livre, sendo verificada diferença estática apenas na saturação de transferrina (MARROW *et al*, 2018). Provavelmente a dosagem de Fe isolada pode não ser um valor significativo para o

diagnóstico, podendo justificar o fato de todos os tucanos-toco analisados no presente estudos apresentarem valores dentro do intervalo de referência.

4. CONCLUSÃO

A medicina de animais selvagens é uma área da medicina veterinária em crescimento exponencial e, associado a este fator, os estudos a respeito das afecções, meios de diagnóstico e tratamentos devem ser desenvolvidos buscando elucidar diversos fatores.

Com relação à doença do acúmulo de Fe, ainda são escassos os trabalhos relacionados aos melhores meios de diagnóstico e prevenção, sendo que muitas vezes é utilizado apenas o diagnóstico *post mortem*. Como demonstrado, na literatura há apenas um valor de referência para a dosagem de Fe sérico na espécie, que se mostrou não muito específico, já que os tucanos-toco avaliados apresentaram grande variação nessa dosagem. Espera-se que os valores obtidos possam auxiliar no desenvolvimento de futuros estudos e possam contribuir para uma melhor elucidação dessa afecção.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CARPENTER, J. W.; HARMS, C. (Ed.). **Exotic Animal Formulary-E-Book**. Elsevier Health Sciences, 2022.

CORK, S. C. Iron storage diseases in birds. **Avian Pathology**, v. 29, n. 1, p. 7-12, fev. 2000. DOI 10.1080/03079450094216.

CORNELISSEN, H. Normal hematologic and biochemical values in toucans. In: RITCHIE B. W.; Harrison G. J.; Harrison L. R. **Avian Medicine: Principles and application**. 1ed Lake Worth, FL: Wingers Publishing, 1994. p.1337

DISLICH, M. Piciformes (Tucanos, Araçarís e Pica-paus). *In*: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens: Medicina Veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 665-697.

DONELEY, B. Interpreting diagnostic tests. *In*: DONELEY, B. **Avian Medicine and Surgery in Practice: Companion and Aviary Birds**. 2. ed. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2016. p. 117-144.

HARRISON, G. J.; MCDONALD, D. Nutritional Considerations Section II: nutritional disorders. *In*: HARRISON, G. J.; LIGHTFOOT, T. L. **Clinical Avian Medicine**. Palm Beach: Spix Publishing, 2006. p. 108-140.

HOCHLEITHNER, M.; HOCHLEITHNER C. Evaluating and Treating the Liver. *In*: HARRISON, G. J.; LIGHTFOOT, T. L. **Clinical Avian Medicine**. Palm Beach: Spix Publishing, 2006.

KENDAL E. H. Diagnostic Value of Biochemistry. *In*: HARRISON, G. J.; LIGHTFOOT, T. L. **Clinical Avian Medicine**. Palm Beach: Spix Publishing, 2006.

KLASING, K. C.; DIERENFELD, E. S.; KOUTSOS, E. A. Avian iron storage disease: variations on a common theme?. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 43, n. 3, p. 27-34, 2 set. 2012. DOI 10.1638/2011-0157.1.

MARROW, J. C. *et al.* Comparison of circulating iron, total iron binding capacity, and percent transferrin saturation in wild and captive kori bustards (*Ardeotis kori*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 49, n. 2, p. 450-453, jun. 2018. DOI 10.1638/2017-0168.1.

MASSAROTTO V. M.; MARIETTO-GONÇALVES G. A. Hemocromatose em aves da família Ramphastidae. **Veterinária e Zootecnia**, v. 17, n. 4, p. 450–460, dez. 2010.

METE, A. *et al.* Intestinal over-expression of iron transporters induces iron overload in birds in captivity. **Blood Cells, Molecules, and Diseases**, v. 34, n. 2, p. 151-156, mar. 2005. DOI 10.1016/j.bcmd.2004.12.001.

METE, A. *et al.* Iron metabolism in mynah birds (*Gracula religiosa*) resembles human hereditary haemochromatosis. **Avian Pathology**, v. 32, n. 6, p. 625-632, dez. 2003. DOI 10.1080/03079450310001610659.

OLIVEIRA, A. R. *et al.* A retrospective study of hepatic hemosiderosis and iron storage disease in several captive and free-ranging avian species. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, v. 53, n. 2, p. 455-600, jun. 2022. DOI 10.1638/2021-0130.

OSOFSKY, A.; JOWETT, P. L. H.; HOSGOOD, G.; TULLY, T. N. Determination of Normal Blood Concentrations of Lead, Zinc, Copper, and Iron in Hispaniolan Amazon Parrots (*Amazona ventralis*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 15, n. 1, p. 31-36, 2001.

RAIDAL, S. Laboratory Diagnostics for Birds. *In*: HEATLEY, J. J.; RUSSELL, K. E. **Exotic Animal Laboratory Diagnosis**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2020. p. 432-439.

SHEPPARD, C.; DIERENFELD, E. Iron Storage Disease in Birds: Speculation on Etiology and Implications for Captive Husbandry. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, v. 16, n. 3, p. 192–197, 2002.

SICK, H.; BARRUEL, P. **Ornitologia Brasileira**. Editora Universidade de Brasília, 1984.

STREFEZZI, R. F.; PEREIRA, L. Q. Doença do Acúmulo de Ferro em Aves. *In*: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens: Medicina Veterinária**. 2. ed. São Paulo: Roca, 2014. p. 1652-1657.

VERGNEAU-GROSSET, C.; BEAUFRÈRE, H.; AMMERSBACH, M. Clinical biochemistry. *In*: SPEER, B. L. **Current Therapy in Avian Medicine and Surgery**. St. Louis: Elsevier, 2016.