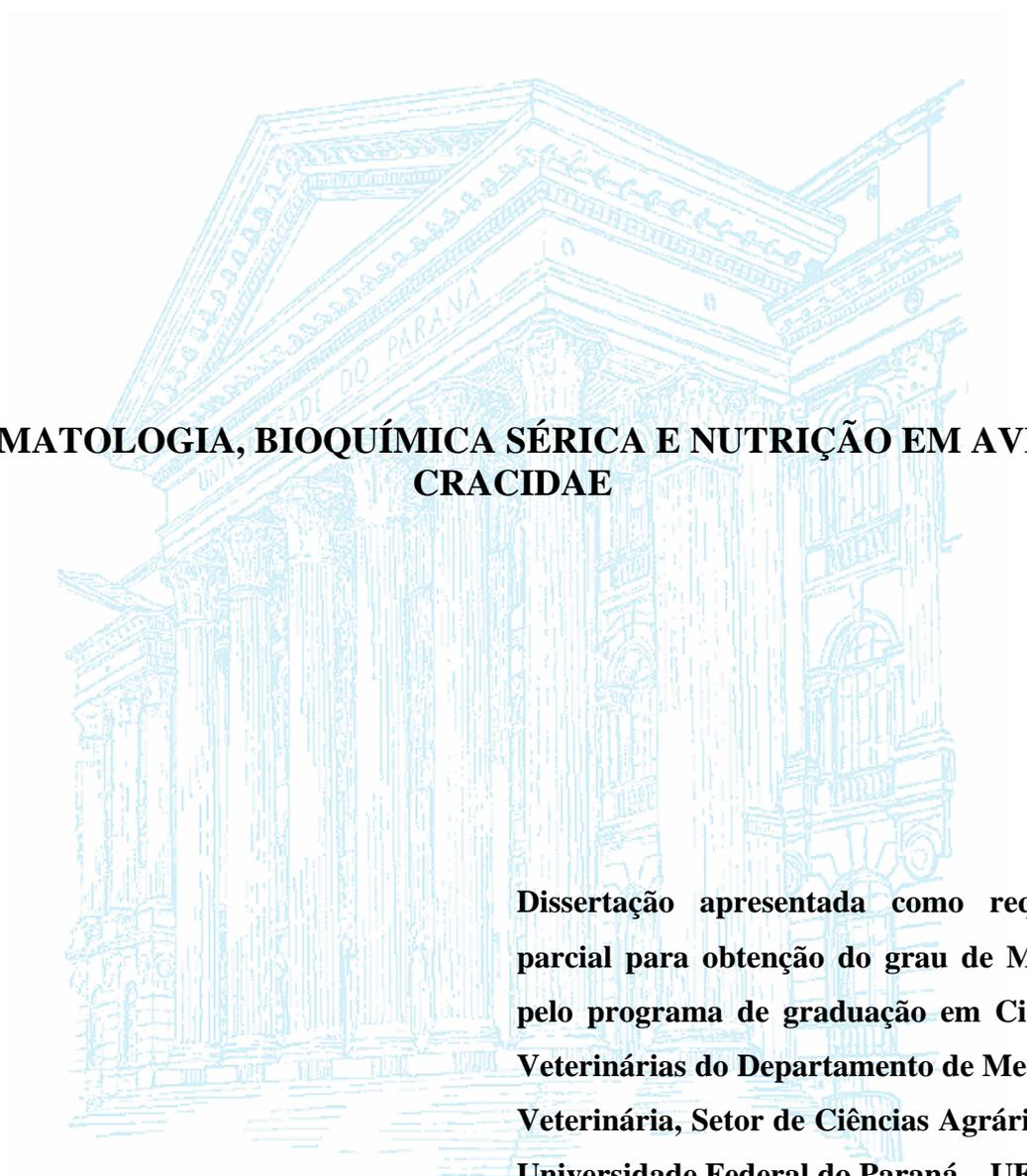


MARCUS VINÍCIUS CÂNDIDO



**HEMATOLOGIA, BIOQUÍMICA SÉRICA E NUTRIÇÃO EM AVES:
CRACIDAE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre, pelo programa de graduação em Ciências Veterinárias do Departamento de Medicina Veterinária, Setor de Ciências Agrárias, da Universidade Federal do Paraná – UFPR

Orientadora: Profa. Dra. Elizabeth Santin

**CURITIBA
2008**

Cândido, Marcus Vinícius

Título / Marcus Vinícius Cândido – Curitiba, 2008.

Orientadora: Elizabeth Santin

Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná.

1 Aves: alimentação e rações. 2 Nutrição Animal. 3 Cracidae: alimentação e rações.

4 Hematologia. 5 Bioquímica

CDU 636.084/.085

CDD 636.0852

Termo de aprovação

PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS VETERINÁRIAS



PARECER

A Comissão Examinadora da Defesa da Dissertação intitulada **"HEMATOLOGIA, BIOQUÍMICA SÉRICA E NUTRIÇÃO EM AVES: CRACIDAE"** apresentada pelo Mestrando **MARCUS VINÍCIUS CÂNDIDO**, declara ante os méritos demonstrados pelo Candidato, e de acordo com o Art. 78 da Resolução nº 62/03-CEPE/UFPR, que considerou o candidato APTO para receber o Título de Mestre em Ciências Veterinárias, na Área de Concentração em Patologia Veterinária.

Curitiba, 29 de fevereiro de 2008.

Prof. Dr. Elizabeth Santin
Presidente/Orientador

Prof. Dr. Fabiana Montiani Ferreira
Membro

Prof. Dr. José Sidney Flemming
Membro

À minha esposa, por todo seu amor e dedicação.
À minha mãe, minha grande professora e cientista.
Ao meu pai, filósofo, naturalista amador e guru pessoal.

AGRADECIMENTOS

Aos colegas e professores do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFPR, que contribuíram muito para minha evolução.

À Secretária do Programa, Maria José Botelho Maeda, por sua atenção, sempre gentil no encaminhamento dos procedimentos acadêmicos.

À professora Flávia Borges Saad, da Universidade Federal de Lavras, pelo apoio oferecido junto à empresa Vale Verde na pessoa de Paulo Machado, e a este pelo fornecimento das rações Megazoo® utilizadas no experimento.

À empresa DMZ Produtos para Laboratório Ltda. pelo fornecimento dos kits para exames bioquímicos.

Aos amigos professores Geraldo Camilo Alberton, Fabiano Montiani-Ferreira, Ricardo “DOC” Vilani e especialmente Rogério Ribas Lange e à amiga de profissão Elizabeth Schmidt pela orientação e apoio oferecidos ao longo desta empreitada – e de outras também.

À professora Rosângela Locatelli Dittrich, por todos os ensinamentos na área de Patologia Clínica Veterinária e pelo apoio logístico nas dependências do laboratório no Hospital Veterinário da UFPR, onde realizamos os exames hematológicos e bioquímicos.

A todos que auxiliaram nas coletas e processamento de amostras, incluindo Bruna Balbinotti, Paula Cristina Linder, José Carlos Roble Jr., Jorge Velastin e especialmente à Lia Fordiani Lenati Patrício por seu auxílio e troca de idéias durante os exames hematológicos. A Marina Bolzani Saad e Joelma Moura Alvarez pelo auxílio nas análises estatísticas do experimento.

Agradeço às minhas colegas de profissão e amigas Bruna Balbinotti e Débora Castelo Branco Collares Maia, então participantes do Programa de Pós-Graduação “Residência” em Medicina Veterinária da UFPR, por segurarem as pontas no Zôo e contribuírem com suas boas idéias e excelente espírito para que este último ano tenha sido tão bom.

Ofereço um agradecimento muito especial à minha professora orientadora, Dra. Elizabeth Santin, por encontrar entre suas inúmeras atribuições toda a disponibilidade em orientar meus passos em direção a este objetivo, e pela compreensão com minhas dificuldades e as limitações logísticas e de tempo, relacionadas à minha atividade profissional no Zoológico Pomerode. Serei sempre muito grato.

À minha irmã, Louise Cristine Cândido da Silva, que me ajudou o tempo todo, principalmente na fase experimental, participando integralmente desde a coleta de amostras no zôo, seu processamento no laboratório e organização dos dados produzidos, além de indescritíveis habilidades de pombo-correio. Enfim, sem a qual este trabalho simplesmente não existiria. Desejo ter um coração que seja a metade do seu e que a vida me dê oportunidade de retribuir à altura, não por necessidade, mas por amor.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	VI
LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS	VII
RESUMO	VIII
ABSTRACT	IX
1 ALIMENTAÇÃO, HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA SANGUÍNEA EM AVES, COM ÊNFASE EM CRACÍDEOS - REVISÃO.....	1
RESUMO	1
ABSTRACT	1
1.1 INTRODUÇÃO	2
1.2 CRACÍDEOS	3
1.3 ALIMENTAÇÃO E FISIOLOGIA DAS AVES.....	4
1.4 EXAMES LABORATORIAIS EM AVES	6
1.4.1 Hematologia	7
1.4.2 Bioquímica sanguínea	11
1.4.3 Causas de variação dos parâmetros sanguíneos em aves	15
1.4.4 Interpretação clínica de perfis enzimáticos combinados	16
1.5 HEMATOLOGIA, BIOQUÍMICA E NUTRIÇÃO EM ESPÉCIES DIVERSAS.....	17
1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	19
REFERÊNCIAS	20
2 COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS CLÍNICOS, HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS SÉRICOS DE CRACÍDEOS EM CATIVEIRO, EXPOSTOS À DIETA CONVENCIONAL DE ZOOLOGICO E UMA RAÇÃO COMERCIAL EXTRUSADA	24
RESUMO	24
ABSTRACT	25
2.1 INTRODUÇÃO	26
2.2 MATERIAL E MÉTODOS	27
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
2.4 CONCLUSÃO	36

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS DA DIETA TRADICIONAL (T1).....	28
TABELA 2 – INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS DA RAÇÃO MEGAZOO® FM15 (T2).....	28
TABELA 3 – VARIAÇÕES PESO VIVO (PV), GLICEMIA, PROTEÍNA PLASMÁTICA TOTAL (PPT), VOLUME GLOBULAR (VG) E HEMOGLOBINA (HG) EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2).....	30
TABELA 4 – VARIAÇÕES NAS CONTAGENS DE ERITRÓCITOS (RBC), LEUCÓCITOS (WBC) E TROMBÓCITOS (Trb) A CADA 100 LEUCÓCITOS EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2).....	32
TABELA 5 – VARIAÇÃO NA CONTAGEM DIFERENCIAL DE 100 LEUCÓCITOS EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2).....	32
TABELA 6 – VARIAÇÕES NA ALBUMINA (Alb), GLOBULINA (Glb), PROTEÍNA (Prot), ÁCIDO ÚRICO (AU), CÁLCIO (Ca) E FÓSFORO (P) NO SORO DE CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2).....	33
TABELA 7 – VARIAÇÕES EM GAMAGLUTAMILTRANSFERASE (GGT), ASPARATO-AMINOTRANSFERASE (AST), CREATINAFOSFOQUINASE (CPK), AMILASE (Aml) E LIPASE SÉRICAS (Lip), EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2).....	35

LISTA DE SIGLAS, SÍMBOLOS E ABREVIATURAS

ALT	Alanina-aminotransferase
Alb	Albumina
Aml	Amilase
AST	Aspartato-aminotransferase
AU	Ácido úrico
Ca	Cálcio
CHGM	Concentração de hemoglobina globular média
CPK	Creatinafosfoquinase
DNA	Ácido desoxirribonucléico
EDTA	Ácido etileno diamino tetracético
FA	Fosfatase alcalina
g	Gramma
g/dL	Gramma por decilitro
GDH	Glutamato desidrogenase
GGT	Gama-glutamilttransferase
Glb	Globulinas
HG	Concentração de hemoglobina
ISIS	International Species Information System
IUCN	International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources
LDH	Desidrogenase láctica
Lip	Lipase
mg/dL	Miligramma por decilitro
mg/kg	Miligramma por quilogramma
mL	Mililitro
mL	Mililitros
NM	Néfron tipo mamífero
NR	Néfron tipo reptiliano
P	Fósforo
pH	Potencial hidrogeniônico
PPT	Proteína plasmática total
Ptn	Proteína sérica
RBC	Contagem total de eritrócitos
rRNA	Ácido ribonucléico ribossômico
SC	Santa Catarina
T1	Dieta tradicional de zoológico
T2	Ração comercial extrusada
TFG	Taxa de filtração glomerular
Trb	Contagem de trombócitos para 100 leucócitos
tRNA	Ácido ribonucléico transportador
VG	Volume globular
VGM	Volume globular médio
WBC	Contagem total de leucócitos
XDH	Xantina-desidrogenase
µg/dL	Microgramma por decilitro
µm	Micrômetro

RESUMO

HEMATOLOGIA, BIOQUÍMICA SÉRICA E NUTRIÇÃO EM AVES: CRACIDAE

A família de aves Cracidae é geralmente incluída na Ordem Galliformes, mas também foi proposta a ordem Craciformes. São consideradas verdadeiramente arborícolas, possuindo quatro biotipos: Aracuãs, Jacus, Jacutingas e Mutuns. Cerca de um terço das espécies de Cracidae eram consideradas ameaçadas há 20 anos e atualmente todas as 50 espécies estão listadas no *Red Data Book* da IUCN (2006) em diversas categorias, sendo uma das famílias de aves mais ameaçadas do mundo e a mais ameaçada das Américas. Felizmente os cracídeos apresentam potencial de reprodução em cativeiro e técnicas artificiais semelhantes às de galiformes domésticos têm sido empregadas com êxito.

A nutrição tradicionalmente fornecida em cativeiro ainda é em grande parte empírica, envolvendo uma grande variedade de itens passíveis de sofrer seleção pelos animais, causando efeitos nutricionais variáveis, especialmente quando mantidos em grupos. Com o intuito de melhor compreender as implicações fisiológicas da nutrição sobre estas aves em cativeiro, foi desenvolvido este estudo composto de dois capítulos. O primeiro capítulo apresenta uma revisão de literatura das técnicas de estudo da bioquímica sanguínea e hematologia de aves, com ênfase nos efeitos relacionados à nutrição. Também são tratados aspectos relevantes da evolução e nutrição de aves, especialmente os Cracídeos. No capítulo seguinte é apresentado um estudo experimental realizado em Cracídeos em cativeiro (*Aburria jacutinga*, *Penelope obscura* and *Penelope superciliaris*), submetidos a duas diferentes dietas. A dieta tradicionalmente empregada em zoológicos, composta de ração comercial de frango, frutas e vegetais, foi posteriormente convertida para uma ração comercial extrusada específica para galiformes silvestres.

Palavras-chaves: *Aburria jacutinga*, bioquímica sérica, Cracidae, hematologia, nutrição, *Penelope obscura*, *Penelope superciliaris*.

ABSTRACT

HEMATOLOGY, SERUM BIOCHEMISTRY AND NUTRITION IN BIRDS: CRACIDAE

The family of birds Cracidae is usually included in the Order Galliformes, but the Order Craciformes has recently been proposed. It is a truly arboreal family which possesses four biotypes: chachalacas, guans, piping guans and curassows. About one third of the cracid species were considered threatened 20 years ago, presently all 50 species are listed in the IUCN's Red Data Book (2006) under several categories. They are one of the most threatened families of birds in the world and the most threatened in the Americas. Fortunately, cracids have good potential for reproduction in captivity and artificial techniques similar to the ones used in domestic Galliformes have been applied successfully.

The nutrition traditionally utilized in captivity is mostly empirical, involving a great variety of items susceptible to selection by the animals, hence causing variable nutritional effects, especially when the animals are kept in groups. A more thorough understanding of the physiological implications of nutrition in captivity, this study was composed in two chapters. The first chapter presents a review of the techniques for the study of blood biochemistry and hematology in birds, with emphasis on nutrition-related effects. There are also relevant aspects of bird nutrition and evolution, especially concerning Cracids. In the following chapter an experimental study, performed in captive cracids (*Aburria jacutinga*, *Penelope obscura* and *Penelope superciliaris*) fed two different diets, is presented. The diet traditionally applied in zoos, composed of commercial chicken feed, fruits and vegetables was converted to a specific extruded commercial feed for pheasants and wild Galliformes.

Keywords: *Aburria jacutinga*, Cracidae, hematology, nutrition, *Penelope obscura*, *Penelope superciliaris*, serum biochemistry.

1 ALIMENTAÇÃO, HEMATOLOGIA E BIOQUÍMICA SANGUÍNEA EM AVES, COM ÊNFASE EM CRACÍDEOS - REVISÃO

Cândido, Marcus Vinícius¹, Santin, Elizabeth²

¹Zôo Pomerode – Fundação Hermann Weege, localizado em Pomerode – SC

²Departamento de Medicina Veterinária, UFPR, Curitiba – PR

RESUMO

As aves constituem um grupo bastante heterogêneo, possuindo diversas características morfofisiológicas de grande importância do ponto de vista nutricional e diagnóstico. A primeira parte desta revisão trata da evolução, conservação, alimentação e nutrição de aves, especialmente cracídeos. A seguir são discutidos aspectos relevantes no laboratório clínico, desde a colheita das amostras sanguíneas à avaliação de resultados, incluindo exames hematológicos e bioquímicos. Na última parte são consideradas as causas de variação nestes parâmetros, considerando principalmente aspectos nutricionais.

Palavras-chaves: bioquímica sanguínea, conservação, Cracidae, evolução, hematologia, nutrição.

ABSTRACT

Birds constitute a very heterogenous group, possessing several unique morphophysiological features of great importance as far as nutrition and diagnostics are concerned. The first part of this review deals with evolution, conservation, feeding and nutrition in birds, especially cracids. Secondly, relevant aspects of avian blood chemistry and hematology are discussed. Finally, sources of variation in such parameters are addressed, with emphasis on nutritional aspects.

Keywords: Cracidae, conservation, nutrition, hematology, serum biochemistry, evolution

1.1 INTRODUÇÃO

As aves constituem um grupo bastante heterogêneo, com diversas características anatômicas e fisiológicas diferenciadas de grande importância do ponto de vista nutricional. As aves não mastigam o alimento, em geral o bico serve apenas para apreender ou cortar, permitindo a deglutição. Há grande variabilidade dentre volumes, áreas de mucosa e comprimentos relativos dos segmentos do trato gastrintestinal e acordo com a dieta natural da espécie e sua filogenia.

No que se refere especialmente à família Cracidae, esta é composta por aves de grande porte e verdadeiramente arborícolas, tradicionalmente procuradas como caça. Todas as 50 espécies estão listadas no *Red Data Book* da IUCN (2006) em diversas categorias, sendo uma das famílias de aves mais ameaçadas do mundo e a mais ameaçada das Américas. Felizmente os cracídeos apresentam potencial de reprodução em cativeiro em que técnicas artificiais semelhantes às de Galliformes domésticos têm sido empregadas com êxito. Contudo, existe pouco conhecimento sobre os parâmetros hematológicos e bioquímicos sanguíneos destas aves e qual sua resposta a diferentes fatores tais como nutrição, manejo, enfermidades etc.

De fato, muitos sinais clínicos de doenças em aves tendem a ser inespecíficos, portanto o diagnóstico deve se apoiar em métodos investigativos, como a hematologia, bioquímica sanguínea, diagnóstico por imagem e análise fecal. Os parâmetros bioquímicos e hematológicos podem variar de acordo com a espécie, idade, sexo, dieta, saúde, localização geográfica e estado reprodutivo em questão. Apesar de muito menos numerosos que em mamíferos, os trabalhos de pesquisa envolvendo essas ferramentas diagnósticas em aves, especialmente aves não-comerciais, vêm originando publicações de interesse tanto para quem trabalha com clínica médica como com pesquisa em vida livre. Nestes pacientes, existe uma demanda crescente por métodos não-invasivos, com aplicação prática e implicações éticas que suplantam aquelas tradicionalmente enfrentadas com aves de produção.

Nesta revisão são abordados aspectos característicos da Família Cracidae e porquanto não existam trabalhos relativos aos parâmetros sanguíneos nestas espécies, serão evidenciados trabalhos relativos a tais parâmetros em outras espécies aviárias, salientando a necessidade de maior desenvolvimento de estudos específicos em cracídeos.

1.2 CRACÍDEOS

A família de aves Cracidae geralmente é incluída na Ordem Galliformes, mas também foi proposta a ordem Craciformes (sub-ordens Craci e Megapodi), de acordo com diferenças encontradas no DNA de genomas completos (SIBLEY et al., 1988). SIBLEY et al. (2000) ao examinarem os genes de rRNA mitocondrial 12S, tRNA-Valina e rRNA16S, observaram que os cracídeos se correlacionam com os Galliformes e em menor grau com anseriformes, porém somente a conservação destas seqüências não permitiam propor definitivamente a divisão Galloanserae como monofilética. Mais recentemente foi comprovado ter sido este o ramo mais basal e antigo a divergir na Infraclasse Neognathae, que inclui todas as aves modernas exceto as ratitas (CHUBB, 2004).

Na família Cracidae, para a qual constam fósseis que remetem ao período terciário (Eoceno, 50 milhões de anos), são descritos quatro biotipos: Aracuãs, Jacus, Jacutingas e Mutuns. São os únicos galiformes considerados verdadeiramente arborícolas. Possuem pescoço e cauda longos, pernas altas e fortes e asas grandes, voando bem. Alcançam o peso dos pais em menos de um ano de idade e possuem plumagem semelhante, com exceções; há dimorfismo sexual nos mutuns (*Crax* spp.) (SICK, 1997).

A jacupemba (*Penelope superciliaris*), espécie de ampla distribuição, ocorre ao sul do rio Amazonas e no Paraguai e pesa cerca de 850g. O jacuaçu (*P. obscura*) ocorre no sudeste e sul do Brasil e pesa cerca de 1200g. (SICK, 1997). A jacutinga (*Pipile jacutinga*), que já foi bastante difundida e comum, encontra-se extinta em grande parte de sua região de distribuição original. Ocorre atualmente em áreas limitadas do sul do Brasil, nordeste da Argentina e sudeste do Paraguai, geralmente associada a palmitais, pesando de 1.100 a 1.400 g (DEL HOYO et al., 2001). É importante determinar se essas aves realmente dependem de frutos de palmito (*Euterpe edulis*) para sobreviver em algumas áreas (SÃO BERNARDO e CLAY, 2006), tanto do ponto de vista da nutrição em cativeiro como principalmente da conservação *in situ* (GALETTI e ALEIXO, 1998).

Os cracídeos apresentam potencial de reprodução em cativeiro e essa atividade vem sendo realizada pelo menos desde o início do século XX (NOGUEIRA-NETO, 1973). Galinhas domésticas “chocas” de tamanhos variados podem ser utilizadas como mães substitutas desde a incubação. Para as espécies maiores, também são utilizadas peruas, pela necessidade de virar os ovos grandes (TODD et al., 1992). A reprodução intergenérica também vem sendo obtida em cativeiro, como, por exemplo, entre *Crax fasciolata* x *Penelope*

sp e *Pipile(Aburria) pipile cumanensis* x *Ortalis canicollis*. A produção de híbridos apóia a idéia de parentesco próximo dos cracídeos entre si. Contudo, do ponto de vista da conservação de espécies, isto não é desejável (SICK, 1984). Cerca de um terço das espécies de Cracidae eram consideradas ameaçadas há 20 anos (SICK, 1997). Alguns autores consideraram 14 das 49 espécies como ameaçadas há 10 anos (BENNET e OWENS, 1997), atualmente todas as 50 espécies estão listadas no *Red Data Book* em diversas categorias (IUCN, 2006), sendo uma das famílias de aves mais ameaçadas do mundo e a mais ameaçada das Américas (SÃO BERNARDO e CLAY, 2006).

1.3 ALIMENTAÇÃO E FISIOLOGIA DAS AVES

Os Galliformes em geral possuem engúvio distensível, moela musculosa e vesícula biliar, além de ceco bem desenvolvido, que tende a ser maior nas espécies que consomem naturalmente mais fibra vegetal, em que microorganismos (bactérias, protozoários) atuam aumentando sua digestibilidade. Para a maior parte das espécies de faisões, que possuem dieta natural semelhante à dos cracídeos, os níveis de proteína devem ser superiores a 20 a 25% de proteína durante a fase de crescimento e reprodução e reduzida a menos de 20% para manutenção. Obesidade, redução da fertilidade e desequilíbrios da flora intestinal são os principais problemas relacionados à dieta neste grupo de aves (FOWLER e MILLER, 2003).

Os cracídeos alimentam-se de frutos, folhas e brotos, além de pequenos vertebrados e invertebrados (moluscos, insetos). Não esgravatam o solo à procura de comida, mas podem ser encontradas pedrinhas na moela de animais na natureza. Geralmente bebem em rios e conseguem engolir água sem levantar a cabeça, como os pombos (SICK, 1997). O frugivorismo é apontado como uma dieta altamente adaptativa, e apesar das frutas serem consideradas pobres em alguns nutrientes, podem de fato constituir alimento adequado, que as aves compensam pelo aumento da ingestão, favorecida pela abundância sazonal, com qualidades particularmente importantes para suprir suas necessidades nutricionais. Os compostos secundários das plantas, em geral tidos como perigosos, podem acabar estimulando o consumo e o próprio metabolismo das aves, porém estes mecanismos carecem de esclarecimento (BARLEIN, 1996). Em cativeiro, uma dieta composta de ração de frango com 16% de proteína, frutos, folhosas, ração canina e casca de ostra foi utilizada com sucesso em mutuns (TODD et al., 1992).

Geralmente uma ração comercial de boa qualidade deve prover as necessidades nutricionais básicas de maior parte das aves Galliformes, porém deve ser suplementada com

vegetais folhosos e outros, grama, insetos e larvas e sementes podem ser fornecidas conforme a necessidade para diferentes espécies ou grupos etários (FOWLER e MILLER, 2003).

A ingestão de alimento em quantidade adequada não é suficiente para garantir o desenvolvimento plenamente saudável. Dos 22 aminoácidos normalmente presentes nos tecidos animais, 10 são essenciais para aves: leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano, isoleucina, valina, arginina e histidina. Há também aminoácidos essenciais condicionais, como a glicina, necessária em dietas pobres em metionina ou arginina. A desnutrição é o quadro patológico em que os alimentos efetivamente absorvidos pelo organismo animal estão em discordância quantitativa ou qualitativa com suas necessidades, de acordo com o estado metabólico e a espécie considerada. Diferentes órgãos e tecidos podem apresentar anormalidades decorrentes de carência específica, dependendo das necessidades de nutrientes do tecido em questão. A função imune também é altamente dependente de nutrição adequada. Quadros de desnutrição crônica comumente cursam com susceptibilidade aumentada a infecções. A resposta terapêutica pode ser deprimida tanto pela redução da atividade imune como do metabolismo em geral, especialmente hepático, além da redução na capacidade de regeneração dos tecidos submetidos ao aporte inadequado de nutrientes (RITCHIE et al., 1994).

O controle da massa corporal em longo prazo é feito por meio de uma proteína denominada leptina, produzida pelos adipócitos em quantidades proporcionais ao seu grau de preenchimento. A ligação aos receptores no hipotálamo, córtex adrenal e células beta pancreáticas promove a inibição do consumo de alimento e aumenta o consumo de energia pelo organismo (NELSON e COX, 2002).

As aves carnívoras possuem maior potencial e maior concentração de enzimas hepáticas para a gliconeogênese que as granívoras. Ao se comparar os efeitos de jejum com e sem adrenalectomia em frangos e abutres, observou-se que o jejum produz aumento na incorporação de C_{14} de alanina na glicose sanguínea, maior gliconeogênese em cortes hepáticos e aumento da concentração das enzimas gliconeogênicas: glicose-6-fosfatase, fosfoenolpiruvato-carboquinase, alanina-aminotransferase e aspartato-aminotransferase. Em abutres em jejum a incorporação do carbono marcado e a gliconeogênese em cortes hepáticos foi reduzida e não houve alteração nas enzimas, sendo a diferença atribuída à dieta pobre em carboidratos. Nos animais adrenalectomizados houve baixa síntese de glicose, reduzida gliconeogênese e atividade da glicose-6-fosfatase e aspartato aminotransferase apenas, confirmando o papel da adrenal no controle da gliconeogênese (VEIGA et al., 1978).

O metabolismo da glicose nas aves é regulado pela insulina e pelo glucagon, este com grande importância nas granívoras, que apresentam abundância de células alfa no pâncreas e uma menor proporção insulina:glucagon em relação aos mamíferos e aves carnívoras (LUMEIJ, 1997). Em um experimento incluindo jejum alimentar em pombos, por até quatro dias não houve hipoglicemia, em vez disso uma hiperglicemia foi observada após três dias. Constituintes que tiveram elevações marcantes pós-prandialmente foram o ácido úrico e ácidos biliares. Foi encontrado um ritmo circadiano na glicemia de pombos, com valores máximos no início da fase luminosa (LUMEIJ, 1987).

1.4 EXAMES LABORATORIAIS EM AVES

A medicina de aves é uma especialidade veterinária com demanda crescente, com o desenvolvimento de técnicas para abordar os pacientes individualmente, em contraste com o diagnóstico necroscópico realizado na avicultura comercial que é suficiente para avaliar o estado de saúde do plantel. O interesse na conservação e os estudos realizados com aves selvagens, incluindo as doentes ou feridas destinadas à reabilitação, a importância da malária aviária causando perdas catastróficas em populações selvagens de ilhas remotas e o papel dos estudos em frangos para definir o funcionamento do sistema imune, com os linfócitos B são fatos históricos que ilustram a relevância desta área de estudo (ZINKL, 1986). Os sinais clínicos em aves são bastante inespecíficos e o exame físico fornece informação limitada. O volume de sangue necessário e o pouco conhecimento de hematologia e bioquímica já foram obstáculos, solucionados pela introdução de micro-métodos. Atualmente os exames de sangue constituem ferramenta indispensável na medicina de aves (LUMEIJ, 1997).

Há poucas publicações sobre a hematologia de cracídeos. É importante salientar que o anticoagulante indicado para este grupo é a heparina, pois com EDTA ocorre hemólise da amostra (TODD et al., 1992). Quando se utiliza heparina, é fundamental que os esfregaços sanguíneos sejam confeccionados no momento da colheita, para evitar alterações na morfologia das células (KRAFT, 1998; ZINKL, 1986).

As amostras de soro de aves são sujeitas a sofrer eventual geleificação relacionada à coagulação, impedindo sua utilização para os testes. Para evitar este problema, sugere-se o uso de tubos de coleta a vácuo preparados com heparina de lítio (HARR, 2002), produzindo amostras de plasma. A heparina sódica pode invalidar alguns testes.

1.4.1 Hematologia

A hematologia diz respeito aos elementos celulares e suas alterações e inclui a avaliação quantitativa e qualitativa da série vermelha e da série branca. Em aves, todos os elementos figurados são nucleados, o que inviabiliza a contagem automatizada pelo método de impedância, utilizado em larga escala para mamíferos (FUDGE, 1997, 2000). O método de NATT e HERRICK (1952) ainda é bastante utilizado para contagem manual em aves. Um método de contagem independente de anticoagulantes é a estimativa indireta baseada no esfregaço sanguíneo. Uma vantagem das lâminas é a estabilidade da informação, permitindo arquivar e comparar a incidência e distribuição de leucócitos, potencialmente influenciada pelo observador ou método de diferenciação (RUSSO et al., 1986). Maior parte do conhecimento foi originado no frango (*Gallus gallus domesticus*), originando generalidades muito relevantes, porém pode ser esperada variação moderada a marcante em relação às outras espécies, incluindo a morfologia e distribuição dos tipos celulares (ZINLK, 1986). O mais importante é que os exames sejam todos conduzidos sob uma metodologia padronizada, permitindo comparações entre os indivíduos e ao longo dos intervalos entre coletas.

O hemograma em aves inclui a contagem total de eritrócitos e de leucócitos em hemocítmetro de Neubauer, determinação do hematócrito pela técnica do microhematócrito e dosagem da concentração de hemoglobina. A contagem diferencial de leucócitos é realizada em esfregaços sanguíneos corados com corante hematológico de Romanowsky, Wright ou Wright Leishman (ZINKL, 1986). O uso de um tampão em pH 5 na terceira fase da coloração de Wright pode melhorar a visualização (LEONARD, 1982). Na contagem devem ser diferenciados os heterófilos, linfócitos, eosinófilos, monócitos e basófilos. No esfregaço podem ser observados hemoparasitos intra-eritrocitários ou intra-leucocitários ou microfilárias, além de alterações tóxicas nos leucócitos e alterações eritrocitárias relacionadas à anemia (presença de eritrócitos jovens e policromatofilia). Parasitas, como microfilárias e tripanossomos são melhor observados nas bordas, em 40x (FUDGE, 2000). Os índices hematimétricos VGM (volume globular médio) e CHGM (concentração hemoglobina globular média) são obtidos pelas fórmulas de WINTROBE (1932).

O hemograma em aves inclui a contagem total de eritrócitos no hematocítmetro de Neubauer, a determinação do hematócrito e a dosagem da concentração de hemoglobina (ZINKL, 1986). As principais alterações estão relacionadas à redução da massa eritrocitária ou concentração de hemoglobina. Vários esquemas são utilizados para classificar as anemias, levando em conta as alterações morfológicas e quantitativas, e conduzindo o diagnóstico da

origem, através de índices eritrocitários como volume globular médio (VGM) e concentração de hemoglobina globular média (CHGM).

A anemia microcítica hipocrômica é caracterizada pela redução de CHGM e VGM, aumento da policromasia e pode haver aumento na anisocitose. Geralmente a origem é a deficiência de ferro, as causas subliminares podem ser deficiência nutricional, hemorragia crônica, venopunção repetida ou parasitas hematófagos (FUDGE, 2000). A aflatoxicose em frangos também pode causar anemia microcítica hipocrômica (OLUWAFEMI e TAIWO, 2004). Clinicamente, as anemias podem ser consideradas regenerativas, quando há resposta da medula óssea à perda de sangue com a liberação de formas imaturas; ou arregenerativas, com redução da anisocitose, relacionada à depressão hematopoiese relacionada a infecções, neoplasias, caquexia e intoxicações, sendo o tipo mais comum em aves. Anemias hemolíticas, especialmente as auto-ímmunes parecem ser raras em aves, entre as causas de hemólise citam-se as toxicoses por chumbo e petróleo (FUDGE, 1997).

Na contagem diferencial realizada no leucograma, ao exame do esfregaço sanguíneo, devem ser diferenciados os heterófilos, linfócitos, eosinófilos, monócitos e basófilos. Os trombócitos geralmente são avaliados antes desta contagem. Estas pequenas células ovais, nucleadas, podem apresentar-se ou não aderidas entre si. Em sua morfologia deve-se observar que a vacuolização ou aumento do citoplasma caracterizam reatividade. Os trombócitos podem ser recrutados para atividade fagocítica de defesa e acredita-se que estas alterações estejam associadas a esta função. Os trombócitos, apesar de serem menores e se corarem menos intensamente, podem ser confundidos com pequenos linfócitos e reticulócitos (eritrócitos imaturos, arredondados) (FUDGE, 2000). Os heterófilos são considerados equivalentes aos neutrófilos dos mamíferos, porém sendo citoquimicamente diferentes, também se coram diversamente (TOPP e CARLSON, 1972). Os heterófilos são os granulócitos mais abundantes, enquanto os eosinófilos tendem a ser normalmente incomuns em muitas espécies. (ZINKL, 1986). As garças, rapinantes e aves aquáticas são notáveis exceções (FUDGE, 2000).

Altas contagens de basófilos podem ser resultantes da contagem errônea de heterófilos tóxicos. Esfregaços de baixa qualidade tendem a destruir principalmente granulócitos, resultando em contagens falsamente baixas e distorcer a imagem das células mononucleares, dificultando a diferenciação entre monócitos e linfócitos. Algumas espécies de aves tendem a ser normalmente linfocíticas, com mais de 50% de linfócitos, como canários e papagaios *Amazona* spp. (FUDGE, 2000).

A leucocitose ocorre primariamente pelo aumento no número circulante de heterófilos, relacionados à inflamação ou estresse. Eles diferem citoquimicamente dos neutrófilos dos mamíferos por não possuírem peroxidase nem fosfatase, porém suas propriedades fagocíticas são semelhantes e apresentam grânulos com enzimas lisossomais bactericidas (TOPP e CARLSON, 1972).

A heterofilia é a primeira alteração hematológica durante a resposta inflamatória em aves. Os bastonetes são incomuns e estão relacionados à septicemia bacteriana, clamidiose aguda grave, tuberculose e infecção fúngica sistêmica. O mesomiélócito, caracterizado por um núcleo excêntrico indentado, mais imaturo, surge no hemograma em infecções que ameaçam a vida. Estas formas imaturas aparecem nos estágios iniciais da infecção, evoluindo para uma heterofilia madura. Um desvio à esquerda degenerativo, com maioria de formas imaturas, aponta para mau prognóstico (FUDGE, 2000).

A heterofilia também pode ser induzida pela liberação de hormônios adrenais endógenos, assim como pela administração de corticosteróides por via oral ou injetável. O estresse fisiológico, incluindo fome, frio, calor, dor, transporte e anestesia, causa heterofilia, assim como outros eventos que induzam atividade adrenal como conflito entre os animais, mudança de ambiente e contenção física. Estudos controlados em frangos sugerem que a proporção entre heterófilos e linfócitos pode ser uma medida de estresse fisiológico ainda mais confiável que a corticosterona (LANDERS et al., 2007). O estresse por frio aumenta esta proporção inicialmente, mas a proporção se inverte após várias horas. A restrição alimentar resulta numa elevação gradual. O estresse severo agudo pode levar a uma breve heteropenia seguida por heterofilia dentro de algumas horas (FUDGE, 2000).

Elevações na contagem de linfócitos estão relacionadas à estimulação imunitária, incluindo viroses, porém hemogramas antemortem destes quadros apresentam padrão inconsistente, com heterofilia ou linfocitose. Esta variabilidade pode resultar de infecções concomitantes (bacteriana, fúngica, clamidiose), com a heterofilia representando a resposta a outro agente. Linfócitos reativos podem ser vistos em viroses fatais, mas também em pacientes que se recuperam ou clinicamente normais. Causas não-virais não estão bem documentadas em aves (FUDGE, 2000).

Por outro lado, a redução na contagem de linfócitos pode ocorrer em conjunção com heterofilia por estresse, causada pela liberação de corticosteróides endógenos (contenção, transporte, fome, medo e excitação) (LANDERS et al., 2007). Algumas doenças virais, especialmente causando danos à bursa de Fabricius, podem contribuir para esta alteração.

Nos monócitos, os valores de referência demonstram uma variabilidade considerável. A possível confusão com linfócitos leva a recomendar que cada laboratório estabeleça seus critérios padronizados de identificação e valores de referência. Métodos de pesquisa com corantes especiais podem auxiliar na diferenciação, assim como análise de sangue citratado em citometria de fluxo a laser, que aponta para contagens de monócitos mais altas que as de microscopia, tanto em aves como em humanos, por exemplo. Uma possível explicação para a variação é a tendência deste tipo celular de se concentrar nas margens do esfregaço. Elevações são causadas por inflamação e em menor grau à resposta ao estresse, e ocorre quando aumenta a demanda tecidual por macrófagos, sendo intensa em infecções como aspergilose, tuberculose e clamidiose, ou em inflamações granulomatosas (bacterianas ou fúngicas) ou histiocíticas crônicas (dermatite bacteriana crônica) (FUDGE, 2000).

Os eosinófilos possuem grânulos de coloração variável, mesmo em espécies próximas. A variação se deve a diferenças na composição e morfologia dos grânulos e permite a separação em três grupos: 1) patos, gansos, cisnes; 2) biguás, garças, gaivotas; 3) pingüim, galo, pombo, papagaio (FUDGE, 2000). A estimulação antigênica massiva pela injeção intraperitoneal de soro eqüino em galinhas produziu eosinofilia marcante (MAXWELL, 1980). No entanto, não parece existir relação direta com parasitismo, nem tampouco reações anafiláticas. Existe uma tendência à elevação em aves parasitadas, mas é uma alteração inconsistente, também surgindo em pacientes que estão se recuperando de traumas teciduais, incluindo automutilação, acidentes de vôo, ataque de predadores, cirurgias (FUDGE, 2000).

Os valores de referência para basófilos são em geral mais altos em aves que em mamíferos, sendo maiores em neonatos. No frango, existem dois basófilos para cada eosinófilo (FUDGE, 2000). O basófilo na circulação e o mastócito tecidual estão classificados como um único tipo celular em aves, mas possuem diferenças ultra-estruturais, citoquímicas e funcionais. Existem dois tipos citoquímicos de grânulos, um maior, basofílico, e um menor, mais denso, sendo ambos bastante hidrossolúveis; a fixação com metanol contribui para danificar os grânulos. A desgranulação dos basófilos de aves não ocorre normalmente na circulação, portanto consiste em artefato. Dentre as substâncias presentes citam-se heparina, histamina, quininas, substância de reação lenta da anafilaxia e prostaglandinas. O núcleo é geralmente condensado e excêntrico, ocasionalmente bilobado, o citoplasma é incolor exceto quando há dissolução artefactual dos grânulos (MAXWELL e ROBERTSON, 1995).

Os basófilos também parecem participar da reação inflamatória inicial, sendo descritos nos tecidos em reação a diferentes agentes químicos e biológicos. Eles parecem desempenhar

dupla função: fagocitose e desgranulação de substâncias farmacologicamente ativas. Endotoxinas bacterianas exercem efeito quimiotático sobre os basófilos, sem aparentemente elevar os basófilos circulantes, assim como cargas parasitárias parecem não afetar as contagens. Uma basofilia transitória é comum em aves dentro de dois dias após trauma (automutilação, contusão, cirurgia, injeções). Infecções respiratórias podem acompanhar basofilia, especialmente notável em psitacídeos com clamidiose ativa, porém menos consistentemente com aerossaculite por ácaros (*Sternostoma* spp.) (FUDGE, 2000).

1.4.2 Bioquímica sanguínea

A bioquímica sanguínea é uma ferramenta importantíssima para avaliar o estado fisiológico de aves, incluindo aquelas expostas a diferentes efeitos ambientais relacionados à nutrição e oferta de alimento ou intoxicação e poluentes, como tem sido apontado em diversos estudos (SCHMIDT et al., 2007; ARTACHO et al., 2007; NESKOVIC et al., 1998; WIK et al., 1998; BOWERMANN et al., 2000; BAILEY et al. 1998, 1999). Conhecimentos básicos da fisiologia e anatomia das aves são importantes para selecionar os testes mais adequados e interpretar corretamente os resultados. As diferenças em relação aos mamíferos incluem o perfil enzimático das células nos diversos órgãos, mecanismos de osmorregulação e metabólitos (HARR, 2002). Os testes são frequentemente agrupados de acordo com a função ou órgão que são capazes de avaliar, por exemplo, renal, hepática, muscular etc. A bioquímica inclui testes para alguns metabólitos, como ácidos biliares, ácido úrico, amônia, enzimas específicas e outras proteínas. Os principais fatores que afetam as concentrações das proteínas totais nas aves são a idade, sazonalidade, condições de manejo e doenças (LUMEIJ, 1997). As imunoglobulinas produzidas por linfócitos B e plasmócitos representam um componente significativo na concentração das proteínas plasmáticas totais (CAMPBELL, 2004). O teste do biureto é o mais recomendado para proteínas totais, pois pode haver baixa correlação da análise refratométrica em aves (LUMEIJ, 1997).

Para o estudo da função renal é importante destacar as diferenças anatomo-fisiológicas das aves que, ao contrário dos mamíferos, não possuem córtex, medula e pelve renal macroscopicamente distintos. O rim das aves é composto de dezenas a centenas de milhares de lóbulos microscópicos, consistindo em unidades funcionais compostas por córtex e cone medular. Existem dois tipos de nefrons: um deles, muito semelhante ao dos mamíferos (NM), que tem a capacidade de gerar o gradiente osmótico no cone medular e o outro, denominado reptiliano (NR), que se encontra totalmente na córtex do lóbulo e não possui alça de Henle.

Os ductos coletores de ambos passam pelo cone medular e se juntam para formar um ramo do ureter, que desemboca na cloaca. Numa ave hidratada, os ductos coletores são impermeáveis à água e é produzida urina hipotônica (WIDEMAN, 1988). O rim é irrigado pela artéria renal, cujo fluxo atravessa os glomérulos antes de atingir o seio cortical peritubular, e pelo sistema porta renal, que traz sangue das pernas, cólon e medula espinhal, diretamente ao seio cortical (portanto não é filtrado pelo rim). O rim das aves elimina produtos nitrogenados e auxilia na homeostase hidro-eletrolítica do plasma, sendo o ácido úrico o principal produto, sintetizado no fígado e em menor grau no rim a partir do metabolismo das purinas (geradas pelo metabolismo do aspartato, glutamina e glicina) (STURKIE, 1986).

Do ponto de vista hormonal, as aves respondem ao estresse hídrico de forma similar aos mamíferos. No entanto, os mamíferos procuram manter a taxa de filtração glomerular (TFG) constante, pois a filtração é necessária para eliminar os produtos nitrogenados. As aves eliminam estes produtos por secreção, portanto a capacidade de eliminar o ácido úrico fisiologicamente não é comprometida pela diminuição da TFG. A determinação da TFG em 24h também oferece dificuldades práticas, envolvendo anestesia e canulação dos ureteres para colheita de urina inalterada, inviabilizando o procedimento. Outra diferença é que as aves podem aumentar a osmolalidade do plasma em resposta à privação hídrica, recuperando mais água a partir da filtração glomerular nos NM. Além disso, a urina pode refluir da cloaca para o reto, possibilitando reabsorção de água e sais (GOLDSTEIN e SKADHAUGE, 2000).

A creatinina, muito útil para avaliar função renal em mamíferos, possui concentrações plasmáticas bastante baixas nas aves e diferentes níveis não demonstram correlação com disfunção renal. O mesmo ocorre com a uréia, porém aumentos de até 15 vezes foram demonstrados em pombos privados de água por quatro dias, portanto determinações consecutivas possuem maior utilidade que as isoladas. A ocorrência de um efeito pós-prandial significativo leva à indicação de jejum de 24 horas para avaliação de uréia ou ácido úrico, especialmente em aves carnívoras (LUMEIJ, 1997). Estudos mais aprofundados podem apontar como estes ou outros parâmetros podem auxiliar na avaliação da função renal de aves.

Em pintos experimentalmente alimentados com uma dieta essencialmente protéica, observou-se inicialmente uma significativa hipertrofia renal, e aumento na proteína renal, ácido úrico e da xantina-desidrogenase (XDH). Houve hipertrofia e aumento no ácido úrico no tecido hepático, com aumentos de quatro vezes na XDH. Estas alterações foram transitórias e não refletiram na umidade dos tecidos. Posteriormente houve aumento da taxa

de eliminação de ácido úrico, apontando para uma adaptação tubular, sendo observada maior eliminação do potássio pela urina (EVANS et al., 1971).

Em aves severamente desidratadas ou em choque, a tensão na artéria renal se reduz e o fluxo urinário pode se reduzir até que a secreção de uratos se torne insuficiente e os níveis plasmáticos de ácido úrico podem aumentar (azotemia pré-renal) (LUMEIJ, 1997). A urolitíase é uma complicação comum nestes casos, e também pode se originar no desequilíbrio de cálcio e fósforo (10:1) e as concreções podem obstruir os ureteres (FUDGE, 2000). A hipovitaminose A pode causar metaplasia escamosa do epitélio uretral, da mesma forma elevando os níveis de ácido úrico, que se deposita nos tecidos originando a gota úrica. O excesso de vitamina D causa mineralização metastática dos tecidos, especialmente do rim, causando poliúria e polidipsia, com inabilidade de concentrar urina, podendo ainda evoluir para gota úrica, de prognóstico reservado (LUMEIJ, 1997). No entanto, níveis elevados de ácido úrico estão relacionados a um maior ganho de peso e redução do estresse oxidativo em aves de corte. A adição de frutose à dieta, especialmente a 10% de matéria seca, promove os melhores efeitos neste sentido, porém a taxa de conversão da dieta permaneceu inalterada. Com níveis de 10 a 15% de frutose, houve aumento significativo nos monócitos e redução de polimorfonucleares (SIMOYI e KLANDORF, 2003).

Em relação ao sistema digestório, lesões ao longo do tubo digestório (tecidos moles e músculo liso) causam elevação inespecífica, proporcional à gravidade da lesão, nas enzimas creatinafosfoquinase (CPK), lactatodesidrogenase (LDH) e aspartato-aminotransferase (AST) (FUDGE, 2000).

As disfunções pancreáticas podem ser agrupadas em duas categorias: 1) pancreatite ou necrose pancreática aguda e 2) pancreatite crônica, resultando em fibrose e insuficiência exócrina. Mais de 99% do pâncreas funciona produzindo enzimas digestivas. A correlação entre biópsia pancreática e a concentração das enzimas amilase e lipase no sangue permitem avaliar clinicamente este órgão. (LUMEIJ, 1997). Níveis séricos de amilase superiores a 1500 unidades internacionais por litro (UI/L) sugerem lesão pancreática e a biópsia é indicada para obter informações específicas (DONELEY, 2001). Algumas causas de doença pancreática em aves exóticas incluem intoxicação por zinco, causando elevação da amilase relacionada a níveis plasmáticos do metal de cinco a dez vezes superiores ao normal. Entre as doenças virais de aves domésticas, citam-se adenovírus, bronquite infecciosa e influenza. Nos psitacídeos, o herpesvírus específico (possível causa de adenocarcinoma) e o paramixovírus III podem causar pancreatite (FUDGE, 2000). Outras causas de pancreatite incluem

clamidiose (psitacídeos) e processos inflamatórios que se estendem a partir de outros órgãos, como peritonite por gema de ovo – *postura intra-abdominal* (DONELEY, 2001).

A detecção química de lesão hepática ativa é possível quando o padrão correto de enzimas plasmáticas está elevado, representando extravasamento e dano hepatocelular, porém, sem indicar a causa ou o grau de comprometimento da função hepática. A CPK é abundante no músculo esquelético e presente no músculo cardíaco e liso, porém ausente no fígado. A alanina-aminotransferase (ALT) está presente em diversos tecidos, a fosfatase alcalina (FA) não está presente no fígado em quantidades relevantes. A LDH está presente em diversos tecidos e a gama-glutamil transferase (GGT) tem atividade muito baixa no fígado das aves. AST está presente em todos os músculos e no tecido hepático. As principais alterações histológicas encontradas em aves ornamentais incluem infecção bacteriana ou por clamídia. Lipidose e vacuolização são as principais alterações, mas pode ser difícil detectá-las ou diferenciá-las de outros distúrbios através de testes clínicos (FUDGE, 2000). Outra causa clássica de lesão hepatobiliar é a aflatoxicose, causando lesão hepática com redução significativa nas proteínas totais, redução da AST e aumento da GGT no soro. A administração de um extrato vegetal (*Monodora myristica*) após a intoxicação experimental com até 2µg de aflatoxina B1, foi eficaz em reverter efeitos tóxicos e restaurar os níveis normais de GGT, mas não de AST (OLUWAFEMI e TAIWO, 2004).

Uratos esverdeados ou amarelados podem estar presentes na urina de aves hepatopatas. O principal pigmento biliar em aves é a biliverdina, a bilirrubina é normalmente escassa e, portanto não tem interesse clínico. No entanto, a biliverdina não é detectável no plasma de galinhas normais porque a captação hepática é rápida (LUMEIJ, 1997). O teste de ácidos biliares plasmáticos fornece a melhor medida de função hepática, em humanos, animais domésticos e aves, porque envolve os principais mecanismos hepáticos (extração, conjugação e secreção) (FUDGE, 2000). Elevações pós-prandiais foram detectadas na maior parte das espécies de aves estudadas, portanto faz sentido realizar amostragem pré e pós-prandial, também usado em cães e gatos, é o mais recomendado (HARR, 2002). No entanto, os testes isolados de ácidos biliares fornecem informação útil porque não existe uma grande coincidência dos níveis em aves normais com doentes, independente da alimentação, assim como da presença ou ausência de vesícula biliar. Além de detectar a função deprimida em pacientes normais ou doentes, o grau de elevação pode apontar para condição clínica e prognóstico. Elevações moderadas a severas estão associadas com perda importante de tecido e função hepática incluindo hiperplasia de ductos biliares e fibrose hepática severa, com

prognóstico reservado. Elevações variáveis podem estar associadas com fibrose, lipidose, vacuolização, colangite, proliferação de ductos biliares, clamidiose e micobacteriose. A hemocromatose (doença de acúmulo de ferro) resulta em lesões difusas e dano celular, sem elevações consistentes em pássaros ou psitacídeos. Este teste pode fornecer avaliação prognóstica mais precisa e específica que qualquer das enzimas plasmáticas (FUDGE, 2000).

1.4.3 Causas de variação dos parâmetros sanguíneos em aves

Os valores sanguíneos podem ser influenciados pelo estado nutricional, sexo, idade, habitat, estação do ano, estado reprodutivo, trauma, criação e estresse ambiental (CAMPBELL e THRALL, 2004). A massa eritrocitária é influenciada pela idade, sexo, estado reprodutivo e fatores ambientais (HERBERT et al., 1989).

Os linfócitos são os leucócitos mais numerosos em frangos e perus domésticos (BOUNOUS e STEADMAN, 2000), porém em faisões-coleiras a contagens de heterófilos e linfócitos foram bastante próximas. A influência da idade e sexo sobre valores bioquímicos e hematológicos em faisão-coleira (*Phasianus colchicus*) foi avaliada em animais de 5 ou 52 semanas, observando-se as seguintes diferenças significativas: machos adultos tiveram hematócrito significativamente maior e os animais jovens, menor. As fêmeas adultas tiveram maiores valores de basófilos, taxa heterófilo/linfócito e proteína plasmática. Os adultos tiveram maiores valores de leucócitos totais, heterófilos, eosinófilos e monócitos (SCHMIDT et al., 2007).

Em outro trabalho, CELDRÁN et al. (1993) coletaram sangue de aves aquáticas (garças, colhereiros, íbis e frangos-d'água) e observaram algumas diferenças estatísticas entre os grupos etários e similaridades com outras espécies de aves correlatas. Os dados das equipes coordenadas por FOURIE (1983) e LAVIN (1999) corroboram no sentido de as correlações serem mais frequentes que as discrepâncias entre as espécies de aves.

No que se refere aos parâmetros de bioquímica sanguínea, a atividade da enzima nos diferentes tecidos nem sempre está relacionada aos níveis plasmáticos. Por exemplo, apesar de a ALT ser altamente ativa no tecido hepático, elevações plasmáticas são incomuns em doença hepatocelular bem documentada. Os produtos de lesão e extravasamento celular renais geralmente são eliminados pela urina (LUMEIJ, 1997).

A duração do dano ao órgão e a meia-vida de eliminação das enzimas afetam a duração da elevação mensurável. Artefatos como hemólise pode elevar sensivelmente a LDH, mas afetam pouco a AST, ALT e CPK. Lesões musculares (contenção, trauma, injeção)

geralmente elevam CPK e afetam pouco LDH, AST e ALT. Desta forma o perfil enzimático permite diferenciar elevações devidas à lesão muscular, hepática ou artefatos (FUDGE, 2000).

A glutamato desidrogenase (GDH) é a enzima mais específica para lesão hepática em aves, mas sua sensibilidade é baixa, pois está ligada à mitocôndria. O extravasamento citoplasmático não é suficiente para elevar a GDH, sendo necessário um dano mais severo, como necrose extensa. A AST, além de não ser específica do fígado, pode estar normal apesar de comprometimento da função hepática. A GGT é altamente específica para o fígado de aves, mas também apresenta baixa sensibilidade não sendo útil para a avaliação hepática de rotina (LUMEIJ, 1997).

Uma elevação enzimática em particular pode apontar para um dano ou uma lesão ativa, mas estas elevações não descrevem a função hepática assim como um perfil normal não garante que o fígado esteja funcionando normalmente. Fibrose ou lipidose hepática severas podem originar pequeno extravasamento, originando resultados normais ou mesmo reduzidos nos testes (FUDGE, 2000).

A intoxicação experimental sub-aguda de frangos por cipermetrina na dieta (150-600 ppm por 28 dias) causou elevação da AST e redução da FA e redução na contagem de plaquetas, sem alterar colinesterase sérica, ALT ou afetar outros parâmetros testados, incluindo ganho de peso, consumo de alimento, peso de órgãos ou acúmulo nos tecidos (NESKOVIC et al., 1998).

1.4.4 Interpretação clínica de perfis enzimáticos combinados

De acordo com FUDGE (2000), perfis enzimáticos séricos combinados podem ser interpretados como segue:

1. Elevações moderadas de AST, LDH e CPK, na qual a AST persiste por mais tempo, apontam geralmente para lesão muscular ou cardíaca.
2. Elevação de AST com LDH e CPK normais sugere lesão muscular há mais de 2-4 dias ou provável lesão hepática. AST normal, com alta LDH e CPK moderada sugerem lesão muscular ou cardíaca há menos de 24h. Repetindo amostra após mais 24-48h, LDH poderá estar normal, CPK e AST levemente aumentados.
3. LDH elevado, AST, CPK normais: impossível definir origem, pode ser amostra hemolisada.
4. AST e LDH elevados, CPK normal: provável lesão hepatocelular ativa.

5. AST, LDH e CPK normais: não há evidencia de lesão muscular ou hepática atuais, porem não é possível avaliar a função hepática, apenas dizer que não há progressão da lesão.

1.5 HEMATOLOGIA, BIOQUÍMICA E NUTRIÇÃO EM ESPÉCIES DIVERSAS

Existe relativamente pouco conhecimento derivado de estudos controlados envolvendo hematologia e bioquímica sanguínea com aves mantidas em condições ambientais padronizadas, mesmo em espécies domésticas. Em pinguins-de-Galápagos (*Sphenicus mendiculus*) de vida livre, constatou-se que as fêmeas possuem quantidade significativamente maior de eosinófilos, porém não houve diferença nos parâmetros bioquímicos entre os sexos (TRAVIS et al., 2006). Já em emas-patagônicas (*Pterocnemia pennata*), as maiores diferenças observadas foram em todos os parâmetros eritrocitários e o cobre, com valores significativamente menores nos neonatos. Não foram detectadas diferenças na bioquímica sérica entre os sexos, dentre os 124 neonatos, juvenis e adultos estudados (REISSIG et al., 2002). Os valores bioquímicos de ácido úrico, gama-glutamilttransferase, proteínas, albumina e globulinas foram determinados em filhotes de faisão-coleira de cinco semanas, não havendo diferença entre os sexos (SCHMIDT et al., 2007).

Em um estudo relacionado à muda induzida em galinhas poedeiras, o grupo de controle continuou a receber ração de postura e não entrou em muda, enquanto os outros dois grupos foram alimentados com alfafa moída ou submetidos a jejum durante nove dias. Foram realizados testes de glicose, cálcio, magnésio, ácido úrico, proteína e colesterol séricos e corpos cetônicos, além de leucograma. Não houve diferença significativa em glicose e proteína entre os grupos ou dias, porém a concentração de corpos cetônicos e colesterol foi significativamente maior nos grupos em jejum e alimentados com alfafa, em relação ao controle. Atribui-se este aumento do colesterol à reabsorção de folículos não ovulados nos animais em muda (LANDERS et al., 2007). Com efeito, a composição lipídica dos ovos de diversas espécies de aves, incluindo Columbiformes, Craciformes, Galliformes, Passeriformes, Anseriformes e Psitaciformes é muito semelhante, possuindo de 61 - 72% de triacilgliceróis (dos quais ~80% fosfatidilcolina e ~15% fosfatidiletanolamina), com os ácido graxos variando de acordo com diferenças dietéticas (CHRISTIE e MOORE, 1972). Quanto ao cálcio sérico, observou-se redução de 3 a 5 vezes ao oitavo dia, sem diferença entre os grupos em muda, em relação às alimentadas com ração. A partir do quarto dia, houve aumento dos heterófilos com redução dos linfócitos em todos os grupos e os alimentados com

alfafa tiveram resposta celular intermediária. O autor ainda cita outras pesquisas com aumento da taxa heterófilo: linfócito com estresse de jejum em poedeiras. (LANDERS et al., 2007).

A variabilidade apresentada pelo estudo de espécies selvagens aumenta a importância de uma análise completa na avaliação da saúde, apesar de esforços para aumentar a reprodutibilidade dos dados, buscando controlar efeitos ambientais e individuais como idade, sexo etc. (BOUNOUS et al., 2000).

Em um estudo de avaliação de duas dietas diferentes por parâmetros sanguíneos em periquitos-australianos alimentados durante um ano com uma mistura de sementes com 1% de suplemento vitamínico-mineral ou uma ração comercial de boa qualidade, mais cenouras, foi realizado exame hematológico e bioquímico trimestrais, incluindo os seguintes parâmetros: colesterol, triglicerídeos, ácido úrico, cálcio, fósforo, proteína total, albumina, AST, LDH e glicose, todos mensurados automaticamente. O grupo alimentado com sementes teve valores significativamente maiores para glicose, albumina, triglicerídeos, AST e ácido úrico, porém ambos dentro dos valores de referência normais, sem diferenças nos demais parâmetros. Houve perda de peso e um óbito durante a fase de transição da dieta para ração, por anorexia. No grupo alimentado com sementes houve cinco óbitos: um com gota visceral e renal, um com linfossarcoma e três fêmeas distócicas. O nível de cálcio das sementes era de cerca de um décimo da ração, mas o cálcio total no plasma não foi diferente entre os grupos. Uma maior transformação de produtos nitrogenados poderia predispor à gota. (FISCHER et al., 2006). Uma disfunção renal poderia acabar elevando as concentrações plasmáticas de ácido úrico, mas somente quando a função cai abaixo de 30% de sua capacidade (LUMEIJ, 1997). As dietas possuíam níveis semelhantes de proteína, mas a ração fornecia mais energia metabolizável. Estes pesquisadores sugerem que estas aves podem se beneficiar de uma dieta formulada, porém pode ser necessário oferecer uma quantidade superior à recomendada durante o período de adaptação, além de monitorar cuidadosamente o consumo de alimento e a condição dos animais (FISCHER et al., 2006).

1.6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A hematologia e a bioquímica sanguínea em aves ainda apresentam mais desafios que em mamíferos, em que grande parte dos avanços partiu da clínica médica em seres humanos, com a necessidade de desenvolver métodos indiretos e não-invasivos confiáveis, levando a um pronto diagnóstico *ante mortem*. Talvez parte do atraso se deva ao manejo historicamente adotado nas aves domésticas, destinadas à produção em lotes, nos quais o diagnóstico clínico é realizado de forma satisfatória por amostragem ou mesmo *post mortem*.

A mudança desta abordagem, envolvendo a popularização de aves de estimação e a consciência da necessidade de conservação da biodiversidade, associada à questão do bem-estar animal, acabou gerando a demanda para o diagnóstico individual, não-invasivo, favorecendo assim o desenvolvimento desta área no que tange às aves. Grandes progressos têm sido feitos no sentido de aperfeiçoar e adequar as técnicas a estes pacientes, aprofundando e disponibilizando o conhecimento, seja em favor da produção de alimento ou da conservação de espécies ameaçadas, com sua evidente aplicabilidade para fins diagnósticos e de pesquisa científica.

REFERÊNCIAS

- ARTACHO, P.; SOTO-GAMBOA, M; VERDUGO, C; NESPOLO, R.F. Using haematological parameters to infer health and nutritional status of an endangered black-necked swan population. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v. 147., n.4, p.1060-1066, 2007.
- BAILEY, T.A., WERNERY, U., HOWLETT, J. NALDO, J., SAMOUR, J.H. Age-Related Plasma Chemistry Findings in the Buff-Crested Bustard (*Eupodotis ruficrista gindiana*). **Journal of Veterinary Medicine, Series B**. v. 45, n. 10, p. 635-640, 1998.
- BAILEY, T.A., WERNERY, U., HOWLETT, J., NALDO, J., SAMOUR, J.H. Age-related plasma chemistry changes in houbara and kori bustards in the United Arab Emirates. **Journal of Wildlife Diseases**, v. 35, n. 1, p. 31-37, 1999.
- BARLEIN, F. Fruit-eating in birds and its nutritional consequences. **Comparative Biochemical Physiology**, v.113A, n.3, p.215-224, 1996.
- BENNETT, P. M.; OWENS, I. P. F. Variation in extinction risk among birds chance or evolutionary predisposition. **Proceedings of the Royal Society B**, v. 264, n. 1380, p401-408, 1997.
- BOUNOUS, D.I., WYATT R.D.; GIBBS, P.S.; KILBURN, J.V.; QUIST, C.F. Normal hematologic and serum biochemical reference intervals for juvenile wild turkeys. **J. Wildlife Diseases**, v. 36, n.2, p. 393-396. 2000.
- BOUNOUS, D.I.; STEDMAN, N.L. Normal avian hematology: chicken and turkey. In: Feldman, B.F.; Zinkl, J.G.; JAIN, N.C. (Eds.). **Schalm's Veterinary Hematology**. Philadelphia: Lippincott, Williams and Wilkins, 2000, pp: 1147-1154.
- BOWERMAN, W.; STICKLE, J.; SIKERSKIE, J.; GIESY, J. Hematology and serum chemistries of nestling bald eagles (*Haliaeetus leucocephalus*) in the lower peninsula of MI, USA. **Chemosphere**, v. 41, n.10, p. 1575- 1579, 2000.
- CAMPBELL, T.W. Clinical Chemistry of Birds. In: THRALL, M.A. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2004. p. 479-492.
- CELDRÁN, J.; POLO, F.J; PEINADO, V.I.; VISCOR, G.; PALOMEQUE, J. Haematology of captive herons, egrets, spoonbill, íbis and gallinule. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 107, n. 2, p.337-341, 1994.
- CHRISTIE, W.W.; MOORE, J.H The lipid composition and triglyceride structure of eggs from several avian species. **Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology**, v. 41, n. 2, p. 297-306, 1972.
- CHUBB, A.L. New nuclear evidence for the oldest divergence among neognath birds: the phylogenetic utility of ZENK. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 30, n.1, p. 140-151, 2004.
- COLLAR, N.J.; GONZAGA, L.A.P.; KRABBE, N. A.; MADROÑO Nieto, NARANJO, L.G.; PARKER, T.A.; WEGE, D.C. **Threatened birds of the Americas: the ICBP/IUCN Red Data Book**. Cambridge, 1992.

DEL HOYO, J., ELLIOTT, A.; SARGATAL, J. **Handbook of the Birds of the World Volume 2: New World Vultures to Guineafowl**. Lynx Edicions, Barcelona, 2001.

DONELEY, R.J.T. Acute pancreatitis in parrots. **Australian Veterinary Journal**, v.79, n.6, 2001.

EVANS, R.M.; SCHOLZ, R.W.; MONGIN, P. Effects of a high protein, “carbohydrate-free” diet on liver and kidney constituents and kidney function in chicks. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Physiology**, v.40, n.4, p.1029-1041, 1971

FOURIE, F.; HATTINGH, J. Comparative haematology of some South African birds. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 74, n. 2, p.443-448, 1983.

FOWLER, M.E.; MILLER, E. **Zoo and Wild Animal Medicine**. 5th ed. London: Elsevier, 2003.

FUDGE, A.M. Avian clinical pathology – hematology and chemistry. In: ALTMAN, R.B.; CLUBB, S.L.; DORRESTEIN, G.M. QUESENBERRY, K. **Avian medicine and surgery**. W.B. Saunders, Filadélfia, p.142-157. 1997.

FUDGE, A.M. **Laboratory medicine: avian and exotic pets**. New York: Saunders, 2000. 486 p.

GALETTI, M., ALEIXO, A. Effects of palm heart harvesting on avian frugivores in the Atlantic rain forest of Brazil. **Journal of Applied Ecology**, v. 35, n. 2, p. 286-293, 1998.

GOLDSTEIN, D.L.; SKADHAUGE, E. Renal and extrarenal regulation of body fluid composition. In WHITTOW G.C. (Ed.) **Sturkie’s Avian Physiology**. San Diego: Academic Press, 2000.

HARR, Kendal E. Clinical chemistry of companion avian species: a review. **Veterinary Clinical Pathology** v.31, n.3. p 140-151, 2002

HERBERT, R.; NANNEY, J.; SPANO J.S.; PEDERSOLI, W.M.; KRISTA L.M. Erythrocyte distribution in ducks. **American Journal of Veterinary Research**, v. 50, p. 958-960. 1989.

IUCN 2006. *2006 IUCN Red List of Threatened Species*. Disponível em: www.iucnredlist.org. Consultado em 01 de agosto de 2007. International Council for Bird Preservation.

LANDERS, K.L. et al. Immunological cell and serum metabolite response of 60-week-old commercial laying hens to an alfalfa meal molt diet, **Bioresource Technology** (2007). In press.

LAVIN, S.; CUENCA, R.; MARCO, I; VELARDE, R.; VIÑAS L. Hematology and blood chemistry of the marsh harrier (*Circus aeruginosus*). **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, v. 103, n. 3, p.493-495, nov.1999.

LOCATELLI-DITTRICH, R.. et al. Leucograma, AST e GGT em codornas de criação industrial – *Coturnix coturnix coturnix*, com alterações nos heterófilos. **Anais XXVII Congresso Brasileiro de Medicina Veterinária**, Águas de Lindóia, p. 10, 2000

LUMEIJ, J.T. **A contribution to clinical investigative methods in birds, with special reference to the racing pigeon (*Columba livia domestica*)** PhD Thesis, Utrecht University, Utrecht, 35-77, 1987.

LUMEIJ, J.T. Avian Clinical Biochemistry. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5th ed San Diego: Academic Press, 1997.

MAXELL, M.H.; ROBERTSON, G.W. The avian basophilic leukocyte: a review. **World Poultry Science Journal**, v. 51, p. 307-325, 1995.

MAXWELL, M.H. Attempted induction of eosinophilia using various agents. **Research Veterinary Science**, v. 29, p. 293-297, 1980.

NATT, M.P., HERRICK, C.A. A new diluent for counting erythrocytes and leucocytes of the chicken. **Poultry Science** v. 32, p. 735-738, 1952.

NELSON; D.; COX, M. **Lehninger - Principios de Bioquímica** 3 ed. São Paulo: Sarvier. 2002.

NESKOVIC, N.K.; GASIC, S.; BOSKOVIC, D.; PAVLOVSKI, Z.; CMILJANIC, R. Subacute toxicity of dietary cypermethrin to chicken. **Toxicology Letters**, v. 95, Supp.1, p. 145, 1998.

NOGUEIRA-NETO, P. **A criação de animais indígenas vertebrados**. São Paulo:Tecnapis, 1973. p. 291-295.

OLUWAFEMI, F.; TAIWO, V.O. Reversal of toxigenic effects of aflatoxin B1 on cockerels by alcoholic extract of African nutmeg, *Monodora myristica*. **Journal of the science of food and agriculture**, v. 84, n.4, p. 333-340, 2004.

REISSIG, E.C.; ROBLES, C.A.; SAGER, R. Hematology and serum chemistry values of the lesser rhea (*Pterocnemia pennata*) raised in Patagonian farms (Argentina) **Journal of zoo and wildlife medicine**, v.33, n.4, p 328-331, 2002.

RITCHIE, B; HARRISON, G; HARRISON, L. **Avian medicine: principles and application**. Londres : Wingers, 1994. 1384 p.

RUSSO, E.A.; McENTEE, L.; APPLGATE, L.; BAKER, J.S. Comparison of two methods for determination of white blood cell counts in macaws. **Journal American Veterinary Medical Association**., v.189 p.1013-1016, 1986.

SÃO BERNARDO, C. S.; CLAY, R.P. Endangered Cracids- Black-fronted Piping-guan (*Aburria jacutinga*).. In: D.M. Brooks. (Org.). **Conserving Cracids: the most Threatened Family of Birds in the Americas**. 6 ed. Houston: Misc. Publ. Houston Mus. Nat. Sci., 2006, v. 6, p. 52-55.

SCHMIDT E. M.S.; PAULILLO, A. C.; SANTIN, E.; DITTRICH, R. L. Hematological and Serum Chemistry Values for the Ring-necked Pheasant (*Phasianus colchicus*): Variation with Sex and Age. **International Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 2, p. 137-139, 2007

SCHMIDT, E. M.S.; LOCATELLI-DITTRICH, R., SANTIN. E.; PAULILLO A.C. Patologia clínica em aves – uma ferramenta para monitorar a sanidade avícola - revisão. **Archives of Veterinary Science**, v.12, n.1, 2007. (in press)

SIBLEY, C.G.; AHLQUIST, J. E.; MONROE, B. L., Jr. A classification of the living birds of the world based on DNA-DNA hybridization studies. **The Auk** v.105, n.3, p. 409-423, 1988.

SICK H. **Ornitologia Brasileira. Uma Introdução**. Brasília: Linha Gráfica e Editora da Universidade de Brasília.. 3a edição. 1984, vol 1

SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SIMOYI, M. F.; KLANDORF, H. Fructose and its effect on Turkey plasma uric acid levels and productive performance. **Poultry science**, v.82, n.3, p478-483, 2003.

STURKIE, P. D. Kidneys, extrarenal salt excretion and urine. In: STURKIE, P.D. **Avian physiology**. New York: Springer-Verlug, 1986.

- THRALL, M.A. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**. Philadelphia: Lippincott, Williams & Wilkins, 2004. 518p.
- TODD, W.T.; PLASSE, R. ECKART, C. Curassow husbandry: suggested protocol, Houston Zoo, 1992. 2 ed. Houston Zoo Zoological Gardens.
- TOPP, R. C., CARLSON, H.C. Studies on avian heterophils: II Histochemistry. **Avian Disease**, v.16, p. 369-373, 1972.
- TRAVIS, E.K.; VARGAS, F.H.; MERKEL, J.; GOTTDENKER, N.; MILLER, R.E.; PARKER, P.G. Hematology, serum chemistry, and serology of Galápagos penguins (*Spheniscus mendiculus*) in the Galápagos Islands, Ecuador. **Journal of Wildlife Diseases**, v.42, n.3, p. 625–632, 2006.
- VEIGA, J. A.; ROSELINO E. S.; MIGLIORINI R. H. Fasting, adrenalectomy, and gluconeogenesis in the chicken and a carnivorous bird. **AJP - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology**, v. 234, n.3, p. 115-R121, 1978
- WIDEMAN, R.F. Avian kidney anatomy and physiology. **Critical Review Poultry Biology**, v.1: 133-176, 1988.
- WIK, E.; BANK, H.; VERDOORN, G. Dynamics of haematology and blood biochemistry in free-living African whitebacked vulture (*Pseudogyps africanus*) nestlings. **Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology**, v.120, n.3, p.495-508, 1998.
- WINTROBE, M.M. The size and hemoglobin content of erythrocyte. Methods of determination and clinical application. **Journal of Laboratory Clinical Medicine**, v. 17, p. 899, 1932.
- ZINKL, J. G. Avian Hematology. In: JAIN, N.C. **Schalm's Veterinary Hematology**. 4th ed, Philadelphia: Lea & Febiger, 1986, p.256-273.

2 COMPARAÇÃO DE PARÂMETROS CLÍNICOS, HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS SÉRICOS DE CRACÍDEOS EM CATIVEIRO, EXPOSTOS À DIETA CONVENCIONAL DE ZOOLÓGICO E UMA RAÇÃO COMERCIAL EXTRUSADA

Cândido, Marcus Vinícius¹, Silva, Louise C.C.², Alvarez, Joelma M.², Locattelli-Dittrich, Rosângela², Saad, Flávia B.³, Santin, Elizabeth²

¹Zôo Pomerode - Fundação Hermann Weege – Pomerode, SC

²Departamento de Medicina Veterinária - UFPR – Curitiba, PR

³Departamento de Zootecnia - UFLA – Lavras, MG

RESUMO

As aves neotropicais da família Cracidae estão entre as mais ameaçadas do planeta, sendo tradicionalmente procuradas como caça. A conservação destas espécies inclui medidas *ex-situ*. A nutrição é um aspecto fundamental para a adequada sobrevivência e reprodução em cativeiro. Neste estudo, 29 animais pertencentes a três espécies (*Penelope obscura*, *P. superciliaris* e *Aburria jacutinga*) foram mensalmente submetidos a exame físico e colheita de sangue, antes e depois da conversão dietética a uma ração comercial extrusada balanceada. A dieta extrusada proporcionou diferenças significativas em vários dos 24 parâmetros testados, incluindo o aumento na concentração hemoglobina em todas as espécies estudadas. Observou-se aumento na contagem de eritrócitos, volume globular e massa corporal em *P. obscura*, com a concomitante redução no desvio-padrão nestes parâmetros apontando para um ganho na uniformidade deste plantel quando submetido à dieta extrusada. As globulinas e lipase também foram significativamente reduzidas em *P. obscura*. Após a conversão dietética, a contagem de leucócitos foi menor e a de eosinófilos foi maior nas três espécies, porém estas diferenças foram significativas apenas em *P. superciliaris*. A glicemia em *A. jacutinga* foi diferente das demais, mas não houve diferença estatística entre as dietas para este parâmetro. Foi encontrada elevação significativa na concentração sérica de ácido úrico nas três espécies com a ração extrusada. Ao se agrupar os dados das três espécies foi verificado também aumento significativo nos níveis de fósforo sérico.

Palavras-chaves: bioquímica sérica, comparação de dietas, conservação *ex-situ*, Cracidae, hematologia, nutrição.

ABSTRACT

The family of wild neotropical birds Cracidae is regarded as one of the most threatened in the world. They have traditionally suffered extensive hunting so *ex-situ* efforts for their conservation are recommended. Nutrition is a fundamental aspect of husbandry, which influences survival and reproduction in captivity. In this study, a total of 29 animals within three species (*Penelope obscura*, *P. superciliaris* and *Aburria jacutinga*) were submitted to monthly physical examination and blood sampling, before and after dietary conversion into a nutritionally balanced, adequately supplemented, extruded feed found in the market. The change in the diet produced significant differences in many of the 24 parameters tested, including an increase in hemoglobin concentration for all species. Increases in erythrocyte count, packed cell volume and body weight were observed in *P. obscura*, with a concomitant decrease in the standard deviation for such parameters showing improved uniformity. Globulins and lipase were also significantly reduced in *P. obscura*. Although leucocyte count was lowered and eosinophils were increased in all three species after the dietary conversion, these changes were only significant in *P. superciliaris*. Blood glucose in *A. jacutinga* was different from the other species but no statistical difference was found between the two diets for this parameter. A significant elevation in uric acid levels was also found with the commercial feed in all three species. A significant elevation in serum phosphorus was evident when the data from the three species were merged for each treatment.

Keywords: conservation *ex-situ*, Cracidae, diet comparison, hematology, nutrition, serum biochemistry.

2.1 INTRODUÇÃO

A conservação de espécies animais nativas é um problema de crescente importância, tendo em vista a magnificação do impacto das atividades humanas sobre os ambientes naturais. A sociedade de consumo demanda recursos crescentes, obtidos às expensas da devastação de novas áreas. Soma-se a isto o crescimento demográfico desenfreado, alimentado por antigos e recentes avanços tecnológicos na produção de alimentos e na medicina, entre outros. Além do desbravamento de novos territórios, que afeta indistintamente todas as espécies de um ecossistema, seja pela destruição de nichos ou eliminação de fontes naturais de alimento, problemas potencializados pelo uso de defensivos agrícolas e outras formas de poluição etc., a humanidade também vem prejudicando seletivamente determinados animais nativos. Espécies de interesse cinegético, ou seja, procuradas como caça, têm sofrido impacto considerável mesmo em áreas razoavelmente preservadas.

Dentre as aves nativas do Brasil, a Família Cracidae, composta por espécies de aves de bom porte e carne bastante apreciada, foram animais muito perseguidos e maior parte das espécies sofreu extinção local. Estão classificadas como Vulneráveis, Ameaçadas, Criticamente Ameaçadas ou Extintas na Natureza, de acordo com critérios do corpo técnico da *Species Survival Commission* da *International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources* (IUCN, 2006).

Tendo em vista os fatores socioculturais que perpetuam o hábito da caça e a perda de habitats, os esforços de conservação *in-situ* (na natureza) tendem a ser insuficientes para a manutenção destas espécies. Medidas de conservação *ex-situ*, como a reprodução em cativeiro, são altamente indicadas em casos como o dos cracídeos (SÃO BERNARDO e CLAY, 2006).

Um pré-requisito básico para a manutenção e reprodução em cativeiro é uma nutrição adequada, aliada a outras medidas sanitárias e de condições de manejo que propiciem bem-estar suficiente para que os animais se acasalem e reproduzam. As técnicas de incubação artificial e criação de filhotes são semelhantes às de Galliformes domésticos, sendo ampla e facilmente empregadas (TODD et al., 1992). Entre os Cracídeos mais conhecidos no Brasil estão os mutuns (*Crax* sp.), jacus (*Penelope* sp.) e jacutingas (*Aburria* sp.) (SICK, 1997).

Com o objetivo de melhorar a compreensão da resposta metabólica e clínica de cracídeos de cativeiro, foi desenvolvido este experimento, onde foram comparados parâmetros de hematologia e bioquímica sérica em animais inicialmente mantidos com uma

dieta tradicionalmente oferecida em zoológico – à base de ração comercial para frango, frutas e vegetais – e posteriormente convertidos a uma ração comercial extrusada específica.

2.2 MATERIAL E MÉTODOS

As aves da família Cracidae utilizadas neste estudo eram parte do plantel do Zôo Pomerode – Fundação Hermann Weege, localizado em Pomerode – SC, incluindo 12 jacupembas (*Penelope superciliaris*), das quais cinco machos e sete fêmeas; oito jacus (*Penelope obscura*), um macho, sete fêmeas; nove jacutingas (*Aburria jacutinga*), quatro machos e cinco fêmeas, totalizando 29 animais adultos e sub-adultos nascidos em cativeiro, com seis meses a dois anos de idade no início do experimento.

Os animais foram identificados individualmente por anilhas, permitindo acompanhamento de cada animal separadamente. Eles foram mantidos em grupos de até seis indivíduos, em recintos com piso de areia ou cimento e com poleiros de madeira, onde permaneceram, desde no mínimo um mês antes do início até a conclusão do experimento.

Foram realizados exames coproparasitológicos prévios e então mensais, pelo método de flutuação em solução saturada de sacarose (SHEATHER, 1923). A análise foi feita em microscópio óptico com o preparado das técnicas entre lâmina e lamínula, para a contagem e diferenciação de ovos de nematódeos e oocistos de protozoários. Foram usadas amostras frescas provenientes de cada recinto, tendo sido obtidos resultados negativos em todos os testes.

Quanto à dieta, as aves vinham sendo tradicionalmente alimentadas com uma mistura de rações comerciais de frango ou postura, adicionada de frutas (mamão, banana etc.), vegetais verdes picados (espinafre, repolho, couve, acelga ou outras folhosas, cebolinha, pimentão etc.) e milho em grão, ou seja: cerca de 400g de frutas frescas, 400g de ração, 160g de verde picado e 40g de grãos de milho por kg (T1), perfazendo as informações nutricionais apresentadas na Tabela 1. Na metade do experimento, todos os animais foram convertidos a uma ração comercial extrusada para faisões e galiformes silvestres: FM15, Megazoo® produzida pela Vale Verde, de Belo Horizonte – MG (T2) cujas informações nutricionais estão apresentados na Tabela 2. Foram obtidos dados físicos e amostras sanguíneas em duas ocasiões antes e em duas depois da conversão dietética.

TABELA 1 – INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS DA DIETA TRADICIONAL (T1)

Composição química	Como fornecido (por kg)	Corrigido p/ umidade = 12%
Energia metabolizável(calc.)	-	2830 kcal/kg
Umidade	545,48g	12 (%)
Proteína bruta	61,28g	11,86 (%)
Extrato etéreo	21,68g	4,2 (%)
Matéria fibrosa	22,84g	4,42 (%)
Matéria mineral	28,87g	5,59 (%)
Extrativos não-nitrogenados	319,84g	61,92 (%)
Cálcio	6,75g	1,31 (%)
Fósforo	2,95g	0,57 (%)

O exame bromatológico foi realizado com duas frações: ração + milho (umidade =10,5%) e frutas + folhosas (umidade = 89,15%), por razões operacionais. Realizou-se correção da umidade para 12% visando facilitar a comparação com o produto comercial. A energia metabolizável foi calculada para digestibilidade estimada em 85%.

TABELA 2 – INFORMAÇÕES NUTRICIONAIS DA RAÇÃO MEGAZOO® FM15 (T2)

Composição química	Quantidade
Energia Metabolizável (Mín.)	2850 kcal
Umidade (Máx.)	12,0%
Proteína bruta (Mín.)	15,0%
Extrato etéreo (Mín.)	3,0%
Matéria fibrosa (Máx.)	5,0%
Matéria mineral (Máx.)	6,5%
Ácido Linoléico (Mín.)	1,5%
Cálcio (Máx.)	1,1%
Fósforo (Mín.)	0,70%

Enriquecimento por kg de produto: Ácido fólico (5,0mg), ácido pantotênico (25,00 mg), colina (1.800,00 mg), cobre (150,00 mg), cobalto (0,1 mg), ferro (150,00 mg), iodo (1,00 mg), manganês (150,00 mg), vitamina A (10000,00 UI), cianocobalamina - B12 (50,00 mcg), vitamina D (1.875,00 UI), vitamina E (50,00 UI), vitamina K (3 mg), zinco (120,00 mg), niacina (100,00 mg), biotina (0,50 mg), piridoxina – B6 (8,50 mg), tiamina – B1 (5,00 mg), riboflavina –B2 (15,00 mg), selênio (0,40 mg).

A coleta de amostras e dados físicos foi realizada a intervalos de 23, 36 e 35 dias, respectivamente. Após a segunda colheita de sangue, ou a partir do 24º dia, a dieta foi progressivamente convertida para o alimento extrusado ao longo de uma semana.

Em cada uma das quatro coletas de dados e amostras, os animais foram pesados individualmente e examinados fisicamente, quanto ao estado geral e nível de excitação relacionado ao estresse de contenção (apático, calmo, agitado, muito agitado). A venopunção foi realizada mediante contenção física manual dos animais, preferencialmente na veia jugular direita, em duas seringas de 3mL e agulha 25x7, uma das quais heparinizada. Uma gota de sangue foi utilizada no ato da coleta para esfregaço sanguíneo, para contagem diferencial de leucócitos e pesquisa de hemoparasitas, sendo seca ao ar, identificada com caneta indelével e

guardada para posterior coloração. Outra gota do sangue fresco foi empregada para mensuração da concentração de glicose sanguínea utilizando-se o kit Accu-Check® (Roche). O sangue foi acondicionado em tubos identificados individualmente, 2mL para hemograma (amostra heparinizada) e 3mL em tubo seco posteriormente centrifugado por 10min a 3000rpm. O soro foi acondicionado em microtubo identificado e resfriado imediatamente.

Após o transporte ao laboratório em caixa de isopor resfriada (dentro de cerca de três horas), uma alíquota foi utilizada para quantificação da creatinafosfoquinase prevenindo-se a degradação enzimática. O restante do soro foi congelado para a realização dos exames bioquímicos citados mais adiante. O sangue heparinizado também foi processado no dia da colheita, no mesmo Laboratório de Patologia Clínica do Hospital Veterinário da Universidade Federal do Paraná, em análises hematológicas conduzidas de acordo com JAIN (1986). As contagens totais de eritrócitos (RBC) e leucócitos (WBC) foram realizadas manualmente em hematocitômetros de Neubauer com sangue diluído em azul de toluidina a 0,01%. A concentração de hemoglobina (HG) foi medida pelo método da cianometemoglobina. A centrifugação em micro-hematócrito a 2500 rpm por 5 minutos foi usada para determinar o volume globular (VG); uma gota do plasma obtido neste tubo foi empregada para determinar a proteína plasmática total (PPT) por refratometria. A contagem diferencial de leucócitos foi realizada utilizando-se a coloração de Wright, contando 100 leucócitos. Simultaneamente, foram contados os trombócitos (Trb) vistos no transecto microscópico. Os parâmetros bioquímicos: ácido úrico (AU), aspartato-aminotransferase (AST), gamaglutamiltransferase (GGT), creatinafosfoquinase (CPK), amilase (Aml), lipase (Lip), proteína sérica (Ptn), albumina (Alb), globulinas (Glb), cálcio (Ca) e fósforo inorgânico (P) foram determinados utilizando-se kits comerciais (In Vitro Diagnóstica S/A, Barbacena, MG).

Para a análise estatística, os dados foram inicialmente submetidos a análise de variância (ANOVA), permitindo avaliar a significância das diferenças. Visando a comparação entre as médias segundo as espécies, as dietas e sua interação, foi aplicado o teste de Tukey (Statistix. Versão 1.0. Analytical software, 1996. Cary, NC, Estados Unidos) sobre cada um dos parâmetros pesquisados: RBC, VG, HG, PPT, WBC, heterófilos (Het), linfócitos (Lnf) eosinófilos (Eos), monócitos (Mono), basófilos (Bas) e trombócitos (Trb) e ainda os dados de massa corporal ou peso vivo (PV), glicemia (Gli), AU, Ca, P, Ptn, Alb, Glb, e as enzimas AST, CPK, GGT, amilase e lipase.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nas tabelas a seguir apresentam-se as médias e os respectivos desvios-padrões de cada um dos parâmetros avaliados, de acordo com a espécie e dieta fornecida.

TABELA 3 – VARIACIONES EM MASSA CORPORAL (PV), GLICEMIA, PROTEÍNA PLASMÁTICA TOTAL (PPT), VOLUME GLOBULAR (VG) E HEMOGLOBINA (HG) EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2)

Espécie	Dieta	PV (g)	Glicemia (g/dL)	PPT (%)	VG (%)	HG (g/dL)
<i>P. superciliaris</i>	T1	1004,6±84,25 c	241,67±34,08 b	4,03±0,87	48,41±4,37 a	15,60±2,09c
<i>P. superciliaris</i>	T2	982,71±81,56 c	228±49,27 b	4,46±0,52	45,58±3,06 ab	24,37±1,75 ab
<i>P. obscura</i>	T1	1303,4±226,99 b	260,63±42,05 b	4,14±1,27	40,00±6,63 c	12,89±1,76 d
<i>P. obscura</i>	T2	1424,7±93,98 a	248,8±44,52 b	3,99±1,31	44,19±5,31 b	24,93±3,67 a
<i>A. jacutinga</i>	T1	1311,4±172,43 ab	339,07±80,09 a	4,19±0,94	39,80±3,05 c	14,18±3,69 cd
<i>A. jacutinga</i>	T2	1378,1±142,22 ab	316,91±60,63 a	4,31±1,45	39,19±3,56 c	22,48±2,68 b

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Neste estudo, observou-se um aumento significativo da massa corporal ou peso vivo (PV) em *P. obscura* após a conversão dietética, com um coeficiente de variação menor no segundo tratamento (17,4 versus 6,6%), apontando para um aumento na uniformidade do plantel nesta espécie. Quanto à glicemia, a espécie *A. jacutinga* foi diferente das outras duas, não tendo sido, porém, observadas diferenças entre as dietas. Os valores médios de proteína plasmática total (PPT) foram próximos entre espécies e dietas e não se observou significância estatística para este parâmetro.

O volume globular aumentou significativamente em *P. obscura*, porém permaneceu próximo daquele citado na literatura para uma outra espécie de cracídeo (*Aburria pipile*), em que o hematócrito foi de $41,7 \pm 5,5$, em animais sadios provenientes de sete instituições zoológicas diferentes, de acordo com o compêndio do International Species Information System (ISIS) (TEARE,2002). Isto indica que as elevações encontradas não se relacionam a hemoconcentração ou desidratação, mesmo porque apesar da dieta T2 possuir teor de umidade reduzido em relação à dieta tradicional (T1), a água foi sempre fornecida *ad libitum*.

A concentração de hemoglobina (HG) aumentou significativamente em todas as espécies, especialmente *P. obscura*, com HG 93% maior com a ração extrusada (T2), ou quase o dobro da encontrada em T1, com menor dispersão em torno da média, sendo esta uma das diferenças mais evidentes, verificadas neste estudo. É bastante provável que este aumento seja benéfico e esteja relacionado a uma melhor disponibilidade de ferro sob T2 do que a fornecida pela dieta tradicional, porém isto não pôde ser confirmado neste estudo pela determinação dos níveis deste mineral nas diferentes dietas nem no soro dos animais. Por

outro lado, o aumento verificado no volume globular e na contagem total de eritrócitos em *P. obscura*, associado ao aumento na concentração de hemoglobina em todas as espécies estudadas, sugere que os níveis de T2 são mais adequados a saúde e manutenção destes animais em cativeiro.

A realização de biópsia hepática poderia esclarecer se estes níveis são de fato adequados ou excessivos, caso em que poderia provocar um acúmulo de ferro nos hepatócitos (ORTEGA et al., 2005), a siderose hepática. Esta é uma alteração patológica conspícua em outros grupos de aves arborícolas com dieta rica em frutos, a exemplo dos tucanos, que absorvem o ferro com grande eficiência (CUBAS, 2007). Este problema já foi descrito anteriormente em mutuns, no entanto a causa desta siderose hepática não foi confirmada (TURNER, 1994). Comparando-se novamente os valores encontrados no presente estudo aos dados fornecidos pelo ISIS para *A. pipile*, cuja HG foi de $12,6 \pm 0,4$ (TEARE, 2002), verificamos que mesmo os encontrados sob T1 são ligeiramente maiores. É provável que os espécimes de *A. pipile* acima estivessem recebendo a dieta tradicional, indicada nas principais publicações especializadas disponíveis, composta de ração comercial para frangos, frutos e folhas, grama, insetos, larvas etc. (FOWLER e MILLER, 2003). Uma dieta composta de ração de frango com 16% de proteína, frutos, folhosas, ração canina e casca de ostra tem sido preconizada em mutuns (TODD et al., 1992). De fato, o plantel utilizado no presente estudo apresentava historicamente bons índices de sobrevivência e reprodução em cativeiro com a dieta tradicional (T1). Contudo, estudos buscando informações específicas do estado fisiológico incluindo parâmetros hematológicos e bioquímicos, devem contribuir para melhorar a compreensão dos mecanismos envolvidos. Neste caso, a alimentação com uma ração extrusada, evitando a seleção dos itens pelos animais e conseqüente desbalanço de nutrientes, permite o aperfeiçoamento do manejo nutricional, ao apontar as recomendações mais exatas e precisas para estes animais.

TABELA 4 – VARIAÇÕES NAS CONTAGENS DE ERITRÓCITOS (RBC), LEUCÓCITOS (WBC) E TROMBÓCITOS (Trb) A CADA 100 LEUCÓCITOS EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2)

Espécie	Dieta	RBC ($10^3/\mu\text{L}$)	WBC / μL	Trb : 100 leucócitos
<i>P. superciliaris</i>	T1	2766±354 a	13211±5931 abc	135,33±46,01 a
<i>P. superciliaris</i>	T2	2749±250 a	9909 ±4219 c	103,67±40,70 ab
<i>P. obscura</i>	T1	2270±483 c	16467±8823 ab	117,63±75,02 ab
<i>P. obscura</i>	T2	2664±512 ab	11750±5927 bc	106,81±74,69 ab
<i>A. jacutinga</i>	T1	2375±416 bc	18600±9303 a	79,13±26,40 b
<i>A. jacutinga</i>	T2	2332±385 c	10875±4500 c	92,63±62,00 ab

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente diferentes ($p < 0,05$).

A contagem de eritrócitos também foi significativamente maior em *P. obscura* após a conversão à dieta extrusada, sugerindo uma nutrição mais adequada com a ração extrusada. A contagem de leucócitos foi numericamente reduzida após a conversão dietética em todas as espécies estudadas, sendo a redução significativa apenas em *A. jacutinga*. Houve grande dispersão em torno da média para os trombócitos, com um coeficiente de variação (CV) relativamente alto (entre 34 e 67%).

TABELA 5 – VARIAÇÃO NA CONTAGEM DIFERENCIAL DE 100 LEUCÓCITOS EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2)

Espécie	Dieta	Linfócitos	Heterófilos	Eosinófilos	Monócitos	Basófilos
<i>P. superciliaris</i>	T1	60,1±15,07	16,75±11,84	6,5±5,21 b	11,92±4,97 ab	4,75±2,64 a
<i>P. superciliaris</i>	T2	55,67±10,55	16,67±8,16	15,5±7,06 a	8,79±3,89 bc	3,37±2,63 ab
<i>P. obscura</i>	T1	59,56±11,9	20,06±8,57	2,8 ±2,4 b	14,81±5,63 a	2,75±1,24 b
<i>P. obscura</i>	T2	59,12±11,27	19,75±8,67	6,313 ±3,59 b	11,81±4,45 ab	3±1,86 ab
<i>A. jacutinga</i>	T1	62,33±15,74	21,07±13,08	3,8 ±3,78 b	10,33±4,42 bc	2,47±2,06 b
<i>A. jacutinga</i>	T2	63,19±9	23,12±6,13	4±2,88 b	6,5±4,29 c	3,19±2,23 ab

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Quanto à contagem diferencial de leucócitos, houve pouca variação entre as dietas, especialmente para os tipos celulares predominantes (linfócitos e heterófilos). Observou-se uma elevação numérica dos eosinófilos após a conversão alimentar nas três espécies. Este incremento de eosinófilos foi significativo apenas em *P. superciliaris*, apesar do elevado CV (80 e 45%, respectivamente antes e após conversão). Segundo FUDGE (2000), podem ocorrer aumentos relacionados ao parasitismo, mas não há uma correlação consistente. Não foram encontrados ovos ou cistos de parasitas em fezes (evidência de endoparasitas), nem tampouco ectoparasitas fixos ao exame físico ao longo do experimento, mas não se pode descartar a possibilidade de uma maior estimulação do sistema imune por picadas de mosquitos na segunda metade do experimento, conduzido de setembro a janeiro (primavera e verão), em uma região de clima subtropical úmido mesotérmico. Por outro lado, em mamíferos, a

intolerância ou hipersensibilidade intestinal relacionada a novos antígenos provenientes da dieta pode produzir graus variáveis de eosinofilia (SCHERK, 2003).

TABELA 6 – VARIÇÕES NA ALBUMINA (Alb), GLOBULINA (Glb), PROTEÍNA SÉRICA (Ptn), ÁCIDO ÚRICO (AU), CÁLCIO (Ca) E FÓSFORO (P) NO SORO DE CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2)

Espécie	Dieta	Alb (g/dL)	Glb (g/dL)	Ptn (g/dL)	AU (g/dL)	Ca (mg/dL)	P (mg/dL)
<i>P. superciliaris</i>	T1	1,59±0,24 bc	2,27±0,87 ab	3,86±0,92 ab	10,27±3,68 a	9,21±0,80	4,22±1,57
<i>P. superciliaris</i>	T2	1,70±0,41 ab	1,89±0,70 ab	3,59±0,90 ab	17,97±9,79 b	10,80±1,10	5,5±1,58
<i>P. obscura</i>	T1	2,01±0,54 ab	2,36±0,65 a	4,37±0,98 a	11,94±3,93	9,09±0,55	4,66±1,97
<i>P. obscura</i>	T2	1,87±0,45 ab	1,68±0,84 b	3,56±1,20 b	19,07±12,01	11,17±1,01	5,45±2,49
<i>A. jacutinga</i>	T1	1,32±0,31 c	2,43±0,47 a	3,75±0,58 ab	11,70±1,69	9,52±0,23	4,58±0,7
<i>A. jacutinga</i>	T2	1,31±0,49 c	2,02±0,68 ab	3,33±1,14 b	18,02±11,87	11,27±1,17	6,09±1,49

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente diferentes ($p < 0,05$).

Observou-se redução significativa nas proteínas totais e nas globulinas em *P. obscura* após a conversão alimentar. As globulinas são classicamente divididas em três grupos. As α -globulinas incluem glicoproteínas, haptó e macroglobulina, ceruloplasmina e transcortina; são basicamente moléculas de transporte (CAMPBELL, 2004). As β -globulinas incluem hemopexina, ferritina, fibrinogênio, complemento e lipoproteínas, classificadas como proteínas de fase aguda na inflamação (HOCHLEITHNER, 1994). De acordo com ROSENTHAL (2000), a principal proteína plasmática relacionada a processos inflamatórios é o fibrinogênio, uma globulina que é ausente no soro, devido ao processo de coagulação, o que impossibilita a análise da mesma. As γ -globulinas são compostas principalmente pelas imunoglobulinas A, M, G e E, sintetizadas em resposta ao estímulo antigênico (RATCLIFFE, 1996). Na presença de infecções, a relação albumina / globulina se altera, invertendo-se os valores pelo incremento que ocorre nas imunoglobulinas (BACILA, 2003). A relação albumina/globulina tem maior significado clínico, mesmo que a concentração da proteína total se encontre dentro dos parâmetros normais de referência, pois essa relação pode estar diminuída (LUMEIJ, 1997). Aves com reduções importantes nas imunoglobulinas podem estar sofrendo de imunodeficiência (KANEKO, 1997). Entretanto, para melhor compreensão do mecanismo desta redução em particular, seria interessante realizar eletroforese, permitindo calcular as porcentagens de cada uma das frações (imunoglobulinas, ferritina, complemento, lipoproteínas etc.) (BUSH, 2004), para definir especificamente quais as globulinas envolvidas, tendo em vista suas diversas funções, antes de tecer uma conclusão.

A concentração de ácido úrico comportou-se de forma bastante semelhante em cada uma das espécies, elevando-se após a conversão para o alimento extrusado. Contudo, o incremento foi significativo apenas em *P. superciliaris* ($p=0,0235$) e não nas outras duas

espécies ($p=0,085$ e $p=0,165$), de acordo com o teste de Fischer. Sabe-se que o rim das aves auxilia na homeostase hidro-eletrolítica do plasma eliminando produtos nitrogenados, principalmente ácido úrico, sintetizado no fígado e em menor grau no rim, a partir do metabolismo das purinas, oriundas do aspartato, glutamina e glicina (STURKIE, 1986). Sendo o ácido úrico um subproduto do metabolismo de proteínas, esta elevação indica que a ração extrusada propiciou comparativamente maior disponibilidade de aminoácidos e consequentemente maior excreção de compostos nitrogenados. De fato, o nível protéico da dieta T2 foi cerca de 26,5% mais elevado que de T1 (Tabelas 1 e 2). O excesso de proteínas na dieta de aves pode causar sobrecarga renal, acarretando gota úrica visceral ou articular e constipação renal, especialmente se houver conjugação com frio, desidratação e níveis elevados de cálcio (RITCHIE et al., 1994). A propósito, FOWLER e MILLER (2003) preconizam o fornecimento de uma dieta com níveis proteicos aproximados de 20% para animais em manutenção e a dieta T1 fornecia 11,86 % e T2 15% de proteína.

A metodologia empregada neste estudo não permite determinar o balanço de aminoácidos fornecidos em cada uma das dietas (T1 vs T2). Comparando-se as médias de ácido úrico sérico sob T1 e T2 nas três espécies de cracídeo estudadas aos valores médios disponíveis no ISIS (TEARE, 2002) para *Aburria pipile* ($10,73 \pm 5,6\text{g/dL}$), os valores de T2 são mais elevados. É provável que os espécimes de *A. pipile* supracitados naquele compêndio estivessem recebendo uma dieta tradicional como a descrita anteriormente (FOWLER e MILLER, 2003). Os níveis elevados de ácido úrico estão relacionados a um maior ganho de peso e redução do estresse oxidativo em perus de corte, especialmente sob dietas suplementadas com frutose (SIMOYI e KLANDORF, 2003). Isto sugere que a complementação com alimentos ricos em frutose (como frutas frescas maduras) associados a esta ração extrusada pode ser benéfica.

Quanto ao parâmetro fósforo, foi constatada diferença estatística entre os tratamentos somente quando se isolou a variável dieta ($p=0,0143$). Com os dados das três espécies agrupados, os valores médios foram respectivamente 4,4mg/dL sob a dieta T1 e 5,65 mg/dL sob T2. Consideramos válida esta abordagem pelo fato dos valores por espécie terem sido numericamente muito próximos, não tendo havido diferença estatística entre as espécies para este parâmetro bioquímico. Esta elevação nos níveis de fósforo (P) está relacionada às variações no fornecimento deste mineral nas diferentes dietas, já que a ração extrusada fornecia 22,8% mais P que a ração tradicional.

TABELA 7 – VARIAÇÕES EM GAMAGLUTAMILTRANSFERASE (GGT), ASPARATO-AMINOTRANSFERASE (AST), CREATINAFOSFOQUINASE (CPK), AMILASE (Aml) E LIPASE SÉRICAS (Lip), EM CRACÍDEOS ALIMENTADOS COM A DIETA TRADICIONAL (T1) OU RAÇÃO EXTRUSADA (T2)

Espécie	Dieta	GGT (UI/L)	AST (UI/L)	CPK (UI/L)	Aml (UI/L)	Lip (UI/L)
<i>P. superciliaris</i>	T1	11,95±15,17 a	144,10±137,45 ab	848,54±266,20 bc	630,45±323,24 a	31,94±26,89 c
<i>P. superciliaris</i>	T2	28,44±18,62 b	131,41±55,16 ab	730,79±257,26 c	508,10±324,67 a	37,00±34,44 c
<i>P. obscura</i>	T1	30,63±31,46	168,94±72,72 ab	1434,40±597,55 a	74,97±61,89 b	118,02±41,45 a
<i>P. obscura</i>	T2	21,10±11,76	203,04±59,06 a	1216,00±356,43 ab	109,34±143,31 b	86,09±34,74 b
<i>A. jacutinga</i>	T1	7,32±6,25	110,13±89,60 b	1492,00±751,05 a	117,03±72,59 b	58,07±34,20 c
<i>A. jacutinga</i>	T2	19,63±7,56	141,32±80,37 ab	1565,60±538,03 a	218,22±236,89 b	37,67±29,57 c

Letras diferentes na mesma coluna indicam médias significativamente diferentes ($p < 0,05$).

A enzima GGT não variou de forma consistente entre os tratamentos nas espécies estudadas: reduziu-se em *P. obscura*, enquanto nas outras duas espécies observou-se uma elevação da atividade com a dieta T2. Apenas em *P. superciliaris* esta elevação foi significativa sob Fischer ($p = 0,0059$). A grande elevação na média de *A. jacutinga* não foi significativa ($p = 0,1221$) possivelmente devido ao número de amostras mais reduzido. A atividade da amilase no soro de *P. superciliaris* foi significativamente diferente das outras duas espécies, mas a mudança na dieta não produziu efeitos significativos sobre este parâmetro em *P. superciliaris*. Por sua vez, a lipase sérica ocorreu em níveis mais elevados em *P. obscura*. Ocorreu uma redução significativa na lipase de *P. obscura* após a conversão dietética. Contudo, não se pode precisar o significado clínico das variações encontradas na atividade destas enzimas, porque não existem valores de referência publicados anteriormente para esas espécies. Além disso, existem grandes diferenças nos níveis de enzimas mesmo entre espécies próximas, verificadas inclusive nos dados do presente estudo, com diferenças de até mais de três vezes para a lipase, entre espécies pertencentes ao mesmo gênero: *Penelope superciliaris* e *P. obscura*.

2.4 CONCLUSÃO

A dieta extrusada proporcionou aumento significativo na concentração de hemoglobina e no ácido úrico sérico em todas as espécies. Também proporcionou aumento na contagem de eritrócitos, volume globular e massa corporal em *P. obscura*, com a concomitante redução no desvio-padrão nestes parâmetros apontando para um ganho na uniformidade deste plantel, quando submetido à dieta extrusada. As globulinas e lipase também foram significativamente reduzidas em *P. obscura*.

Após a conversão à dieta extrusada, as médias numéricas da contagem total de leucócitos foram mais baixas e as de eosinófilos foram superiores nas três espécies, porém estas diferenças foram significativas apenas em *P. superciliaris*.

Ao se agrupar os dados das três espécies foi verificado também aumento significativo nos níveis de fósforo sérico, quando os animais foram submetidos a ração extrusada.

De acordo com estes resultados, conclui-se que, de maneira geral, o fornecimento da dieta extrusada balanceada (T2) aos animais como única fonte de alimento melhorou aspectos clínicos e a uniformidade dos lotes de aves estudados.

REFERÊNCIAS

- BACILA, M. **Bioquímica veterinária**. São Paulo: Robe, 2003. 583p
- BUSH, B.M. **Interpretação de resultados laboratoriais para clínicos de pequenos animais**. São Paulo: Roca, 2004. 376p.
- CUBAS, Z.S. Piciformes (tucanos, araçarís, pica-paus). In: CUBAS, Z.S.; SILVA, J.C.R.; CATÃO-DIAS, J.L. **Tratado de Animais Selvagens – Medicina Veterinária**. São Paulo: Roca, 2007, p.210-221.
- FOWLER, M.E.; MILLER, E. **Zoo and Wild Animal Medicine**. 5th ed. London: Elsevier, 2003.
- HOCHLEITHNER, M. Biochemistries. In: RITCHIE, B; HARRISON, G; HARRISON, L. **Avian medicine: principles and application**. Londres : Wingers, 1994. Cap.11, p 223-245.
- IUCN 2006. *2006 IUCN Red List of Threatened Species*. Disponível em: www.iucnredlist.org. Consultado em 01 de agosto de 2007. International Council for Bird Preservation.
- KANEKO, J.J. Serum proteins and disproteinemias. In: Kaneko, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5ed. San Diego. Academic Press, 1997. p.117-138.
- LUMEIJ, J.T. Avian Clinical Biochemistry. In: KANEKO, J.J.; HARVEY, J.W.; BRUSS, M.L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**. 5th ed San Diego: Academic Press, 1997.
- ORTEGA, L.; LADERO, J.M.; CARRERAS, M.P.; ALVAREZ, T.; TAXONERA, C.; OLIVÁN, M.P.; SANZ-ESPONERA, J.; DÍAZ-RUBIO, M. A computer-assisted morphometric quantitative analysis of iron overload in liver biopsies. A comparison with histological and biochemical methods. **Pathology – Research and Practice**, v.201, p.673-677, 2005.
- RATCLIFFE, M.J.H. Chicken immunoglobulin isotypes and allotypes. In: HERZENBERG, L.A. et al. **Handbook of experimental immunology**. 5.ed. Cambridge. Blackwell Science, 1996. Cap.4, p.241-247.
- RITCHIE, B; HARRISON, G; HARRISON, L. **Avian medicine: principles and application**. Londres : Wingers, 1994. 1384 p.
- ROSENTHAL, K.L. Avian protein disorders. In: FUDGE, A.M. **Laboratory medicine: avian and exotic pets**. New York: Saunders, 2000. Cap.18, p.171-173.
- SÃO BERNARDO, C. S.; CLAY, R.P. Endangered Cracids- Black-fronted Piping-guan (*Aburria jacutinga*). In: D.M. Brooks. (Org.). **Conserving Cracids: the most Threatened Family of Birds in the Americas**. 6 ed. Houston: Misc. Publ. Houston Mus. Nat. Sci., 2006, v. 6, p. 52-55.
- SCHERK, M. Inflammatory bowel disease and pancreatitis in cats. In: Managing gastrointestinal health, diabetes and obesity. Bangkok : **Proceedings of the WSAVA Annual Conference**, p25-30. 2003.
- SHEATHER, A.L. The detection of intestinal protozoa and mange parasites by a flotation technique. **J. Comp. Ther.**, v.36, p.266-275, 1923.
- SICK, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

SIMOYI, M. F.; KLANDORF, H. Fructose and its effect on Turkey plasma uric acid levels and productive performance. **Poultry science**, v.82, n.3, p478-483, 2003.

STURKIE, P. D. Kidneys, extrarenal salt excretion and urine. In: STURKIE, P.D. **Avian physiology**. New York: Springer-Verlag, 1986.

TEARE, A (Ed.) **Physiological Data Reference Values – 2002**. Apple Valley, International Species Information System. CD-ROM.

TODD, W.T.; PLASSE, R. ECKART, C. Curassow husbandry: suggested protocol, Houston Zoo, 1992. 2 ed. Houston Zoo Zoological Gardens.

TURNER, R. Iron storage disease (hemochromatosis) in the curassow. In: Annual Conference of the Association of Avian Veterinarians, 1994, **Anais...AAV**, 1994, p.265-267.