

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PROCESSAMENTO DO ALIMENTO E SUA INFLUÊNCIA
SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PARÂMETROS
BIOQUÍMICOS DE PAPAGAIOS-VERDADEIRO (*Amazona
aestiva*)**

Ludmilla Geraldo Di Santo

Médica Veterinária

2016

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**PROCESSAMENTO DO ALIMENTO E SUA INFLUÊNCIA
SOBRE O CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PARÂMETROS
BIOQUÍMICOS DE PAPAGAIOS-VERDADEIRO (*Amazona
aestiva*)**

Ludmilla Geraldo Di Santo

Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi

Coorientadora: Dra. Luciana Domingues de Oliveira

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Medicina Veterinária, Área: Clínica Médica Veterinária

2016

Di Santo, Ludmilla Geraldo
D536p Processamento do alimento e sua influência sobre o consumo,
digestibilidade e parâmetros bioquímicos de papagaios-verdadeiro
(*Amazona aestiva*) / Ludmilla Geraldo Di Santo. -- Jaboticabal, 2016
xiii, 61 p. : il. ; 29 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
Orientador: Aulus Cavalieri Carciofi
Coorientadora: Luciana Domingues de Oliveira
Banca examinadora: Luiz Francisco Sanfilippo, Thaila Cristina
Putarov
Bibliografia

1. Gelatinização do amido. 2. Psitacídeos. 3. Bioquímica sérica. I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 619:636.084:598.271.8

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: PROCESSAMENTO DO ALIMENTO E SUA INFLUÊNCIA SOBRE O CONSUMO,
DIGESTIBILIDADE E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE PAPAGAIOS-
VERDADEIRO (*Amazona aestiva*)

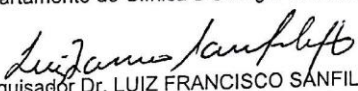
AUTORA: LUDMILLA GERALDO DI SANTO

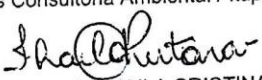
ORIENTADOR: AULUS CAVALIERI CARCIOFI

COORIENTADORA: LUCIANA DOMINGUES DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em MEDICINA
VETERINÁRIA, área: CLÍNICA MÉDICA VETERINÁRIA pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. AULUS CAVALIERI CARCIOFI
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal


Pesquisador Dr. LUIZ FRANCISCO SANFILIPPO
Anollis Consultoria Ambiental / Itapevi, SP


Pós-doutoranda THAILA CRISTINA PUTAROV
Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 05 de dezembro de 2016.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LUDMILLA GERALDO DI SANTO – Nascida em 19 de setembro de 1989, em Ribeirão Preto – SP. Graduada em Medicina Veterinária pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Câmpus de Jaboticabal em fevereiro de 2014. Em 2013, foi estagiária curricular no Instituto de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá, Tefé – AM, onde realizou o trabalho de conclusão de curso com o manejo clínico e nutricional dos filhotes de peixe-boi amazônico. Iniciou no Programa de Mestrado em Medicina Veterinária, área Clínica Médica Veterinária na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp) em agosto de 2014 na área Nutrição de Cães, Gatos e Animais Selvagens, sob orientação do professor doutor Aulus Cavalieri Carciofi.

Dedica

***Aos meus pais Tereza G. Di Santo e Antonio Nuncio Di Santo,
À minha irmã Nathália G. Di Santo,
E ao meu companheiro de todas as horas Lucas B. Braos.***

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço aos meus pais, Tereza e Toninho, e à minha irmã Nathália pelo apoio incondicional em todas as etapas da minha vida, sempre me aconselhando e ajudando a passar pelas dificuldades.

Ao meu namorado Lucas Braos por estar ao meu lado em todos os momentos, especialmente durante o período experimental.

Ao meu orientador Prof. Aulus Cavalieri Carciofi pela amizade, pela oportunidade de trabalho, pela paciência nos meus deslizes e por dividir o seu conhecimento.

Ao Prof. Carlos Teixeira, responsável pelo Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres da Unesp, Câmpus de Botucatu, pela cordialidade e por ceder os papagaios para o meu experimento.

Ao Prof. José Maurício Barbanti Duarte por ceder a infraestrutura do NUPECCE, onde foram mantidos os animais durante o experimento.

Ao Nathan Cruz, pela amizade e auxílio nas análises bioquímicas e hematológicas.

À Aline Kawanami e Juliana Paula, meus exemplos de profissionais, pela amizade e imensa ajuda em todas as etapas do mestrado, sempre me orientando e participando da execução do experimento.

Aos papagaios que participaram do meu mestrado, por permitir gentilmente o meu aprendizado, meu eterno agradecimento.

Aos meus colegas de trabalho do laboratório, Raquel, Bruna, Érico, Thaila, Michele, Camila, Katiane, Francine e Mayara Baller por participarem da minha aprendizagem esses anos.

Agradeço especialmente, Mayara Peixoto, Mariana Monti, Ana Paula J. Maria e Fernanda S. Mendonça que mais do que colegas de trabalho se tornaram grandes amigas, sempre me aconselhando e me ouvindo nos momentos difíceis.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Dr. Flávio Prada”, Elaine e Diego, pela amizade e por tornar os meus dias no laboratório mais leves.

Às funcionárias do Laboratório de Apoio a Pesquisa do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Cláudia e Renata, pela orientação nas análises e pelas conversas nos momentos de descontração.

À todos os estagiários que participaram direta ou indiretamente no meu mestrado, em especial, a Isabella, Amanda, Gabriela, Ana Paula e Morgana, pelo auxílio nas coletas.

Ao Rafael e à Mariana, pelo auxílio nos cuidados aos papagaios.

Aos funcionários da Fábrica de Ração, Lucas e Helinho, pelas risadas e pela ajuda nos momentos difíceis na fábrica.

À NUTRÓPICA e ao Roberto Pontieri, pela disponibilidade em nos ceder o premix mineral e vitamínico.

À DILUMIX e ao Luiz Guilherme Marcondes, pela gentileza em ceder a fibra de cana.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Jaboticabal por ser a minha segunda casa durante todos esses anos e por fornecer estrutura para o meu crescimento profissional.

Por fim, agradeço à CAPES por financiar a minha bolsa de estudo custeando a minha permanência em Jaboticabal durante o período do mestrado.

SUMÁRIO

	Página
DOCUMENTAÇÕES E AUTORIZAÇÕES	III
Comitê de Ética no Uso Animal (CEUA)	III
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – SISBIO	IV
RESUMO	VIII
ABSTRACT	X
LISTA DE TABELAS	XII
LISTA DE FIGURAS	XIII
CAPÍTULO 1- Considerações Gerais	1
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1. Família Psittacidae e o Gênero <i>Amazona</i>	2
2.2. O trato gastrointestinal de psitacídeos e a nutrição	3
2.3. Aspectos nutricionais no Cativeiro	4
2.4. Desordens nutricionais	6
2.5. Exames auxiliares no diagnóstico das alterações metabólicas	8
2.5.1. Análises Bioquímicas	8
2.5.2. Análises Hematológicas	9
2.5.3. Exames Radiográficos	10
2.6. Processamento de alimentos	10
3. OBJETIVOS GERAIS	13
4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14
CAPÍTULO 2 – The influence of food processing on feed intake, nutrient digestibility and blood parameters of blue-fronted amazon parrots (<i>Amazona aestiva</i>)	
SUMMARY	23
INTRODUCTION	25
MATERIALS AND METHODS	27
Animals and experimental design	27
Experimental diets and process parameters	28

Palatability test	30
Digestibility study	31
Excreta pH and fermentation products	34
Haematological and serum biochemical analysis	35
Radiographic examinations	36
Statistical analysis	36
RESULTS	37
DISCUSSION	50
CONCLUSION	54
REFERENCES	56
APPENDIX 1	61



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Câmpus de Jaboticabal

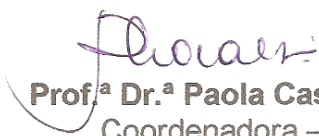


CEUA – COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

CERTIFICADO

Certificamos que o Protocolo nº 3.573/15 do trabalho de pesquisa intitulado "Processamento e cozimento do amido, sua influência sobre o consumo, digestibilidade, e parâmetros bioquímicos em Papagaios verdadeiros (Amazona aestiva)", sob a responsabilidade do Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi está de acordo com os Princípios Éticos na Experimentação Animal adotado pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA) e foi aprovado pela COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS (CEUA), em reunião ordinária de 03 de março de 2015.

Jaboticabal, 03 de março de 2015.


Prof.^a Dr.^a Paola Castro Moraes
Coordenadora – CEUA



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 46528-1	Data da Emissão: 25/02/2015 16:59	Data para Revalidação*: 26/03/2016
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ludmilla Geraldo Di Santo	CPF: 329.529.408-94
Título do Projeto: Processamento e cozimento do amido, sua influência sobre o consumo, digestibilidade, e parâmetros bioquímicos em Papagaios verdadeiros (Amazona aestiva).	
Nome da Instituição : UNESP JABOTICABAL	CNPJ: 48.031.918/0012-87

Cronograma de atividades

#	Descrição da atividade	Início (mês/ano)	Fim (mês/ano)
1	Fornecimento da dieta experimental, coleta das excretas e de sangue	02/2015	02/2017

Observações e ressalvas

1	As atividades de campo exercidas por pessoa natural ou jurídica estrangeira, em todo o território nacional, que impliquem o deslocamento de recursos humanos e materiais, tendo por objeto coletar dados, materiais, espécimes biológicos e minerais, peças integrantes da cultura nativa e cultura popular, presente e passada, obtidos por meio de recursos e técnicas que se destinem ao estudo, à difusão ou à pesquisa, estão sujeitas a autorização do Ministério de Ciência e Tecnologia.
2	Esta autorização NAO exige o pesquisador titular e os membros de sua equipe da necessidade de obter as anuências previstas em outros instrumentos legais, bem como do consentimento do responsável pela área, pública ou privada, onde será realizada a atividade, inclusive do órgão gestor de terra indígena (FUNAI), da unidade de conservação estadual, distrital ou municipal, ou do proprietário, arrendatário, posseiro ou morador de área dentro dos limites de unidade de conservação federal cujo processo de regularização fundiária encontra-se em curso.
3	Este documento somente poderá ser utilizado para os fins previstos na Instrução Normativa ICMBio nº 03/2014 ou na Instrução Normativa ICMBio nº 10/2010, no que especifica esta Autorização, não podendo ser utilizado para fins comerciais, industriais ou esportivos. O material biológico coletado deverá ser utilizado para atividades científicas ou didáticas no âmbito do ensino superior.
4	A autorização para envio ao exterior de material biológico não consignado deverá ser requerida por meio do endereço eletrônico www.ibama.gov.br (Serviços on-line - Licença para importação ou exportação de flora e fauna - CITES e não CITES).
5	O titular de licença ou autorização e os membros da sua equipe deverão optar por métodos de coleta e instrumentos de captura direcionados, sempre que possível, ao grupo taxonômico de interesse, evitando a morte ou dano significativo a outros grupos; e empregar esforço de coleta ou captura que não comprometa a viabilidade de populações do grupo taxonômico de interesse em condição in situ.
6	O titular de autorização ou de licença permanente, assim como os membros de sua equipe, quando da violação da legislação vigente, ou quando da inadequação, omissão ou falsa descrição de informações relevantes que subsidiaram a expedição do ato, poderá, mediante decisão motivada, ter a autorização ou licença suspensa ou revogada pelo ICMBio e o material biológico coletado apreendido nos termos da legislação brasileira em vigor.
7	Este documento não dispensa o cumprimento da legislação que dispõe sobre acesso a componente do patrimônio genético existente no território nacional, na plataforma continental e na zona econômica exclusiva, ou ao conhecimento tradicional associado ao patrimônio genético, para fins de pesquisa científica, bioprospeção e desenvolvimento tecnológico. Veja maiores informações em www.mma.gov.br/cgen .
8	Em caso de pesquisa em UNIDADE DE CONSERVAÇÃO, o pesquisador titular desta autorização deverá contactar a administração da unidade a fim de CONFIRMAR AS DATAS das expedições, as condições para realização das coletas e de uso da infra-estrutura da unidade.

Outras ressalvas

1	1. A quantidade de sangue a ser coletada de cada indivíduo não deve ultrapassar 1% do seu peso total; 2. Devido a uma falha do Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade – Sisbio – que não prevê a coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre em condições ex situ, fica autorizada a coleta/transporte dos 30 espécimes de Amazona aestiva em condições in situ, no sentido estrito de ficar permitido o transporte desses 30 indivíduos cativos do Centro de Medicina e Pesquisa em Animais Silvestres (CEMPAS) da Unesp de Botucatu/SP para o Campus da Unesp de Jaboticabal/SP, e vice-versa.
---	--

Locais onde as atividades de campo serão executadas

#	Município	UF	Descrição do local	Tipo
1	BOTUCATU	SP	Unesp, Câmpus de Botucatu	Fora de UC Federal
2	JABOTICABAL	SP	Unesp, Câmpus de Jaboticabal	Fora de UC Federal

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 57369396



Página 1/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 46528-1	Data da Emissão: 25/02/2015 16:59	Data para Revalidação*: 26/03/2016
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ludmilla Geraldo Di Santo	CPF: 329.529.408-94
Título do Projeto: Processamento e cozimento do amido, sua influência sobre o consumo, digestibilidade, e parâmetros bioquímicos em Papagaios verdadeiros (Amazona aestiva).	
Nome da Instituição : UNESP JABOTICABAL	CNPJ: 48.031.918/0012-87

Atividades X Táxons

#	Atividade	Táxons
1	Coleta/transporte de amostras biológicas ex situ	Amazona aestiva
2	Coleta/transporte de espécimes da fauna silvestre in situ	Amazona aestiva (*Qtde: 30)
3	Manutenção temporária (até 24 meses) de vertebrados silvestres em cativeiro	Amazona aestiva

* Quantidade de indivíduos por espécie, por localidade ou unidade de conservação, a serem coletados durante um ano.

Material e métodos

1	Amostras biológicas (Aves)	Fezes, Sangue
2	Método de captura/coleta (Aves)	Outros métodos de captura/coleta(os animais já estAeO mantidos no cativeiro em gaiolas)

Destino do material biológico coletado

#	Nome local destino	Tipo Destino
1	FACULDADE DE MEDICINA VETERINARIA E ZOOTECNIA	
2	UNESP JABOTICABAL	

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 57369396



Página 2/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 46528-1	Data da Emissão: 25/02/2015 16:59	Data para Revalidação*: 26/03/2016
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ludmilla Geraldo Di Santo	CPF: 329.529.408-94
Título do Projeto: Processamento e cozimento do amido, sua influência sobre o consumo, digestibilidade, e parâmetros bioquímicos em Papagaios verdadeiros (Amazona aestiva).	
Nome da Instituição : UNESP JABOTICABAL	CNPJ: 48.031.918/0012-87

Registro de coleta imprevista de material biológico

De acordo com a Instrução Normativa nº 03/2014, a coleta imprevista de material biológico ou de substrato não contemplado na autorização ou na licença permanente deverá ser anotada na mesma, em campo específico, por ocasião da coleta, devendo esta coleta imprevista ser comunicada por meio do relatório de atividades. O transporte do material biológico ou do substrato deverá ser acompanhado da autorização ou da licença permanente com a devida anotação. O material biológico coletado de forma imprevista, deverá ser destinado à instituição científica e, depositado, preferencialmente, em coleção biológica científica registrada no Cadastro Nacional de Coleções Biológicas (CCBIO).

Táxon*	Qtde.	Tipo de amostra	Qtde.	Data

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 57369396



Página 3/4



Ministério do Meio Ambiente - MMA
 Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade - ICMBio
 Sistema de Autorização e Informação em Biodiversidade - SISBIO

Autorização para atividades com finalidade científica

Número: 46528-1	Data da Emissão: 25/02/2015 16:59	Data para Revalidação*: 26/03/2016
* De acordo com o art. 28 da IN 03/2014, esta autorização tem prazo de validade equivalente ao previsto no cronograma de atividades do projeto, mas deverá ser revalidada anualmente mediante a apresentação do relatório de atividades a ser enviado por meio do Sisbio no prazo de até 30 dias a contar da data do aniversário de sua emissão.		

Dados do titular

Nome: Ludmilla Geraldo Di Santo	CPF: 329.529.408-94
Título do Projeto: Processamento e cozimento do amido, sua influência sobre o consumo, digestibilidade, e parâmetros bioquímicos em Papagaios verdadeiros (<i>Amazona aestiva</i>).	
Nome da Instituição : UNESP JABOTICABAL	CNPJ: 48.031.918/0012-87

* Identificar o espécime no nível taxonômico possível.

Este documento (Autorização para atividades com finalidade científica) foi expedido com base na Instrução Normativa nº 03/2014. Através do código de autenticação abaixo, qualquer cidadão poderá verificar a autenticidade ou regularidade deste documento, por meio da página do Sisbio/ICMBio na Internet (www.icmbio.gov.br/sisbio).

Código de autenticação: 57369396



PROCESSAMENTO DO ALIMENTO E SUA INFLUÊNCIA SOBRE CONSUMO, DIGESTIBILIDADE E PARÂMETROS BIOQUÍMICOS DE PAPAGAIOS-VERDADEIRO (*AMAZONA AESTIVA*)

RESUMO - Estudos sobre processamento de rações e sua influência no metabolismo são escassos para psitacídeos. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo avaliar o consumo, digestibilidade, parâmetros bioquímicos, hematológicos e radiográficos de papagaios-verdadeiro após a transição de dieta com alta gordura, baseada em girassol, para alimento balanceado para manutenção de papagaios. Esta formulação balanceada foi processada de modo a se obter três diferentes graus de cozimento do amido: Ração peletizada (PEL) - ingredientes moídos com peneira de 2mm e peletizados, com 27% de cozimento do amido; Ração extrusada baixo cozimento (EXTb) - ingredientes moídos com peneira de 2mm e extrusados com baixa transferência de energia, com 82% de cozimento do amido; Ração extrusada elevado cozimento (EXTa) - ingredientes moídos com peneira de 0,5mm e extrusados com elevada transferência de energia, com 98% de cozimento do amido. Trinta papagaios-verdadeiro adultos foram mantidos na dieta à base de girassol por 90 dias, para homogeneização do grupo e determinação dos valores basais. Posteriormente foram distribuídos em delineamento inteiramente casualizado com 10 repetições (papagaios) por tratamento (rações experimentais) e mantidos nas três dietas por um período de 160 dias. Foram determinados o consumo e a palatabilidade dos alimentos, coeficiente de digestibilidade aparente dos nutrientes, concentrações de ácidos graxos voláteis - AGVs (acético, butírico, propiônico, valérico, isovalérico e isobutírico), lactato e amônia das excretas. Ao início e final do experimento foram avaliados os parâmetros hematológicos, radiográficos e as concentrações plasmáticas de aspartato aminotransferase (AST), albumina, colesterol, triglicérides, glicose e ácido úrico. Os dados foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). A dieta PEL apresentou maior digestibilidade da gordura e do amido que a EXTa e EXTb ($P < 0,05$), bem como tendência à produção de excretas com maior concentração de ácido acético e ácidos graxos de cadeia curta totais ($P < 0,1$). Por sua vez, o girassol apresentou maior digestibilidade da matéria seca (81,3%), matéria orgânica (87,4%), extrato etéreo (97,5%), energia bruta (87,3%) e tendência de maior digestibilidade da proteína bruta (84,0%) quando comparada à médias das rações processadas (matéria seca - 67,9%, matéria orgânica - 76,7%, extrato etéreo - 89,9%, energia bruta - 74,6%, proteína bruta - 77,6%) ($P < 0,05$). A transição de uma dieta com elevada gordura (girassol) para ração balanceada promoveu melhor perfil bioquímico sérico, com redução de glicose (242,7 para 216,0 mg/dl), triglicérides (163,9 para 111,1 mg/dl), colesterol (263,6 para 184,1 mg/dl) e AST (190,8 para 113,5 U/L) ($P < 0,05$). O melhor aporte nutricional das rações experimentais proporcionou melhora nos parâmetros hematológicos e imunocompetência dos papagaios, com maiores concentrações de hemácias, hemoglobina, hemoglobina corpuscular média, leucócitos totais, linfócitos e monócitos, quando comparado aos valores mediante ingestão do girassol ($p < 0,05$). Ao exame radiográfico os papagaios apresentaram redução na largura da ampulheta

(coração – fígado) e na relação coração fígado ($p < 0,05$) após o consumo da ração processada. Foi verificado que o cozimento do amido não modificou o metabolismo dos papagaios, mas a transição de dieta com elevado teor de gordura (54,4%), como o girassol, para as rações balanceadas melhorou o metabolismo reduzindo as concentrações séricas de glicose, triglicérides, colesterol e enzima hepática, além de promover aumento de hemácias e linfócitos.

Palavras-chave: Ácidos graxos voláteis, extrusão, gelatinização do amido, metabolismo, peletização, psitacídeos

FOOD PROCESSING AND ITS INFLUENCE ON FEED INTAKE, DIGESTIBILITY AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF BLUE-FRONTED AMAZON PARROTS (*AMAZONA AESTIVA*)

ABSTRACT - Studies on food processing and its influence on metabolism are scarce for psittacines. The present study evaluated the consumption, digestibility, serum biochemistry, and radiographic parameters of blue-fronted amazon parrots after the transition from high-fat diet, based on sunflower seed, to a balanced formulation for parrot maintenance. This formulation was processed to obtain three different degrees of starch gelatinization: Pelletized food (PEL) - ingredients ground with a 2mm sieve and pelletized, with 27% of starch cooking; Low cooking extruded feed (EXT_L) - ingredients ground with 2 mm sieve and extruded with low energy transference, with 82% of starch cooking; High cooking extruded food (EXT_H) - ingredients ground with 0.5 mm sieve and extruded with high energy transference, with 98% of starch cooking. Thirty adults blue-fronted amazon parrots were maintained on the sunflower seed based diet for 90 days, for homogenization of the group and determination of baseline values. Later, they were distributed in a completely randomized design with 10 repetition (parrots) per treatment (experimental food) and fed with the diets for a period of 160 days. Food consumption and palatability, apparent digestibility coefficient of nutrients, concentrations of volatile fatty acids (VFAs - acetic, butyric, propionic, valeric, isovaleric and isobutyric), lactate and ammonia of the excreta and, at the beginning and at the end of the experiment hematological, radiographic and plasma concentrations of aspartate aminotransferase (AST), albumin, cholesterol, triglycerides, glucose and uric acid were determined. The data were submitted to analysis of variance and the means compared by the Tukey's test ($P < 0.05$). The PEL food presented higher fat and starch digestibility than the EXT_L and EXT_H ($P < 0.05$) and a tendency for higher excreta concentrations of acetic acid and total short chain fatty acids ($P < 0.1$). On the other hand, sunflower seed presented higher digestibility of dry matter (81.3%), organic matter (87.4%), fat (97.5%), crude energy (87.3%), and crude protein (84.0%) than the mean of the formulated foods ($P < 0.05$; dry matter - 67.9%, organic matter - 76.7%, fat - 89.9%, crude energy - 74.6%, crude protein - 77.6%). The transition from a high fat diet (sunflower seed) to a balanced food improved the serum biochemical profile, reducing the concentrations of glucose (from 242.7 to 216.9 mg/dl), triglycerides (from 163.9 to 111.1 mg/dl), cholesterol (from 263.6 to 184.1 mg/dl) and AST (from 190.8 to 113.6 U/L) ($P < 0.05$). The better nutrient profile of the formulated foods improved blood parameters and immunocompetence, with higher concentrations of hemoglobin, mean corpuscular hemoglobin, total leukocytes, lymphocytes and monocytes than when the parrots were fed with sunflower seeds ($P < 0.05$). The radiographic exam showed a reduction in the width of the hourglass (heart - liver) and heart - liver ratio after the intake of the formulated foods ($P < 0.05$). Food processing did not modify the metabolism of parrots, but the transition from a high-fat diet (54.4%), such as sunflower seeds, to balanced diets improved parrot metabolism reducing serum glucose, triglycerides, cholesterol and liver enzyme concentrations, improving the production of red cells and lymphocytes.

Keywords: volatile fatty acids, extrusion, starch gelatinization, metabolism, pelletization, psittacines

LISTA DE TABELAS

		Página
TABELA 1.	Ingredients composition of the formulated diets for parrot	29
TABELA 2.	Analyzed chemical composition of the sunflower seed and the formulated diets with three starch gelatinization degrees for parrots	33
TABELA 3.	Body weight, food intake and palatability test results of the formulated diets with different starch gelatinization degrees for parrots (mean \pm standard error of the mean)	39
TABELA 4.	Nutrient intake during the digestibility study, coefficients of total tract apparent digestibility of nutrients, and metabolisable energy content of sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree for parrots (mean \pm standard error of the mean)	41
TABELA 5.	Excreta characteristics and fermentation products of parrots fed formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error).....	42
TABELA 6.	Serum biochemistry parameters of parrots fed sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error).....	43
TABELA 7.	Hematological parameters of parrots fed sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error).....	45
TABELA 8.	Radiographic parameters of parrots fed sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error).....	48

LISTA DE FIGURAS

	Página
<p>FIGURA 1. Radiographic image of Blue-fronted amazon parrot (<i>Amazon parrot</i>) in ventro-dorsal projection. 1- Heart: arrow illustrate the point of heart width were measured. 2 - Thorax: arrow illustrate the point of thorax width were measured. 3 – Hourglass: arrow illustrate the point of hourglass width were measured. 4 – Liver: arrow illustrate the point of liver width were measured</p>	37
<p>FIGURA 2. Radiographic image of Blue-fronted amazon parrot (<i>Amazona aestiva</i>) lateral position indicates presence of atherosclerosis</p>	47

CAPÍTULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

CAPÍTULO 1 – Considerações Gerais

1. INTRODUÇÃO

Estimada por sua beleza, capacidade de vocalização e por seu comportamento interativo com o meio, a família Psittacidae é amplamente difundida como ave de estimação (PÉRON; GROSSET, 2014). Em seu habitat natural, têm sua alimentação composta por uma ampla variedade de alimentos. No entanto, quando mantidos em cativeiro, essas aves passam comumente por um processo de má nutrição, que está associado a aspectos culturais e à falta de conhecimento sobre as necessidades nutricionais (CARCIOFI, DE-OLIVEIRA, 2007).

Durante muito tempo a falta de estudos específicos relacionados aos aspectos nutricionais dos psitacídeos propiciou o uso de dietas inadequadas baseadas na nutrição de aves domésticas, como os Galiformes; no uso de misturas de sementes ou exclusivamente no uso do girassol; e, por fim, nas rações comerciais (SAAD et al., 2007a). As dietas baseadas em sementes possuem desvantagens devido à seleção do alimento mais palatável a ser ingerido, tornando sua composição química desbalanceada (CARCIOFI et al., 2006), bem como pelo excesso de gordura e energia e falta de cálcio e vitaminas A, D, E e K (ULLREY; ALLEN; BAER, 1991; HARPER; SKINNER, 1998). A combinação do uso de dietas baseadas em sementes e a baixa atividade física desenvolvida pelos psitacídeos em cativeiro, alojados em ambientes restritos, favorece a ocorrência de desordens metabólicas consequentes ao balanço energético positivo prolongado, destacando-se a obesidade, aterosclerose e lipidose hepática (STAHL; KRONFELD, 1998).

Mais recentemente, dietas comerciais específicas tornaram-se opção para a alimentação de psitacídeos, seguindo a tendência de mercado das dietas processadas para animais de estimação. No mercado brasileiro, várias marcas de alimentos para papagaios estão disponíveis, processados por extrusão e formuladas de acordo com as recomendações nutricionais da AAFCO (1998) para psitacídeos. A popularização de rações extrusadas parece ter resolvido questões importantes como a seleção dos alimentos e o desbalanceamento da dieta, permitindo melhor

atendimento das necessidades nutricionais de aminoácidos, vitaminas e minerais (VELOSO, et. al, 2014). No entanto, os possíveis benefícios à saúde e metabolismo resultantes da substituição de dieta à base de sementes por alimentos industrializados não estão suficientemente estudados. Além disso, problemas metabólicos e obesidade parecem ainda ocorrer, mesmo nos animais alimentados com rações industrializadas.

Para cães e gatos, moagem fina das matérias primas e elevado cozimento do amido proporcionam melhor digestibilidade, formação de fezes e aproveitamento dos nutrientes. As rações extrusadas para psitacídeos também são processadas com moagem fina e extrusadas com vistas à obtenção da aparência com características arredondadas, bem expandidas e formatos variados. Estas decisões de processamento, no entanto, não se basearam em informações de suas implicações à saúde dos papagaios. Apesar da crescente comercialização de dietas extrusadas para aves, poucos estudos abordam o tema com enfoque na digestibilidade dos nutrientes e os efeitos desse processamento no metabolismo dos psitacídeos.

Com base no exposto, é hipótese da presente Dissertação de Mestrado que a transição de dieta à base de girassol para alimento formulado especificamente para papagaios promoverá melhora da condição nutricional e metabólica das aves, explicada pelo melhor perfil de nutrientes do alimento consumido. É também hipótese do presente estudo que rações processadas para papagaios não necessitam de moagem fina nem de elevado cozimento do amido, e que a ingestão de alimentos obtidos a partir de moagem mais grosseira da matéria prima e com baixo cozimento, ou seja menos processado, resultará em consumo e digestibilidade adequados e boa formação de fezes. Adicionalmente, o consumo do alimento menos processado poderá apresentar benefícios metabólicos, com redução da glicemia e colesterolemia dos papagaios.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Família Psittacidae e o Gênero *Amazona*

A família Psittacidae tem como principais representantes as araras, papagaios e maritacas; integram a Ordem Psitaciforme 331 espécies sendo que muitas dessas apresentam significativa importância no mercado de aves de estimação (KOUTSOS; MATSON; KLASING, 2001). Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (ABINPET, 2014), o Brasil possui aproximadamente 19,1 milhões de aves de estimação, dentro desta população os psitacídeos representam 11,13% das aves exóticas e silvestres criadas no país (ABRASE, 2014). Psitacídeos, como papagaios, periquitos, jandaias e maritacas são aves de elevada longevidade, que necessitam de manejo nutricional que permita adequado desenvolvimento e saúde em cativeiro (ALLGAYER et al, 2004). São necessários estudos nutricionais mais aprofundados para estas espécies, que permitam melhor adequação das dietas às características fisiológicas, metabólicas e anatômicas dos psitacídeos (KOUTSOS; MATSON; KLASING, 2001).

2.2. O trato gastrointestinal de psitacídeos e a nutrição

Um dos pontos mais importantes quando se inicia o estudo nutricional de uma espécie está em se conhecer as características anatômicas e fisiológicas do trato gastrointestinal. Neste, o alimento ingerido passará por diversas transformações mecânicas e enzimáticas até a sua absorção na forma de nutrientes. O reconhecimento de tais características irá interferir em todo o processo de produção e fornecimento do alimento, seja na sua forma de apresentação, em uma visão de macroestrutura (aspectos sensoriais), bem como na escolha do tipo de ingrediente, sua granulometria e cozimento.

Papagaios do gênero *Amazona* apresentam adaptações do trato gastrointestinal que capacitam esses animais a obter seus nutrientes de uma dieta composta por sementes (KLASING, 1999) e principalmente frutas (GILARDI; MUNN, 1998; SEIXAS, 2009). Nesses psitacídeos a apreensão do alimento se dá com o auxílio dos pés e do bico. Os pés são do tipo zigodáctilo e permitem certo controle na captura e transporte do alimento à boca.

A conformação arredondada com sulcos, uma articulação da maxila diferenciada são adaptações do bico que permitem absorver a pressão de quebra das sementes (KOUTSOS; MATSON; KLASING, 2001). Nos papagaios há ainda uma estrutura cartilaginosa que o interliga à parte óssea que também absorve o impacto (MATSON; KOUTSOS, 2006). Sua língua está associada a musculaturas específicas permitindo uma maior flexibilidade na manipulação do alimento e a gustação com a presença de papilas gustativas (HOMBERGER; BRUSH, 1986); nos psitacídeos, as papilas gustativas variam de 300 a 400, um número reduzido quando comparado aos mamíferos (KARE; MASON, 1986).

Os psitacídeos apresentam um estômago mecânico com espessa camada muscular, denominado ventrículo, onde ocorre a quebra do alimento em partículas menores, aumentando a superfície de contato com as enzimas digestivas (KLASING, 1999).

Outro aspecto relevante do trato gastrointestinal dos psitacídeos é a ausência de ceco. Entre suas várias funções, o ceco participa do balanço hídrico, reciclagem dos resíduos da degradação dos produtos nitrogenados e a fermentação das fibras (DUKE, 1997). Os ácidos graxos voláteis são os principais produtos da fermentação e um importante local de sua produção é o ceco (ANNISON; HILL; KENWORTHY, 1968). Dessa forma, os psitacídeos possuem uma menor fermentação de carboidratos de difícil digestão (KOUTSOS; MATSON; KLASING, 2001) e possivelmente, as características dos produtos de fermentação gerados são distintas das demais aves.

2.3. Aspectos nutricionais no cativeiro

O desenvolvimento de dietas para psitacídeos passou por três fases ao longo do tempo. Inicialmente a falta de dados sobre as necessidades nutricionais de psitacídeos levou à utilização inadequada de formulações baseadas na nutrição de aves de produção, extrapolando as exigências nutricionais de frangos e galinhas poedeiras. Sabe-se que estas são de famílias distintas, com anatomia e hábitos alimentares diferentes (CARCIOFI, 1996; MACWHIRTER, 2000).

Em um segundo momento também passou a utilizar-se a extrapolação da dieta de animais em vida livre para o cativeiro, o que também compromete a saúde das aves (SAAD, 2006). Em seu *habitat*, os psitacídeos possuem intensa atividade de voo, com elevada demanda energética para realizar suas atividades e manter reserva para os períodos de carência de alimentos e de reprodução (SAAD; MACHADO, 2000; KOUTSOS; MATSON; KLASING, 2001; SIMÃO, 2010). Há também seleção dos alimentos a ser ingeridos de acordo com a disponibilidade desses na natureza, forçando a diversificação alimentar (ULLREY et al., 1991). As aves em cativeiro apresentam, por outro lado, atividade física restrita e fornecimento contínuo de alimento de elevada energia, que pouco muda ao longo do ano. Dessa forma, o livre acesso a calorias tem propiciado o surgimento de várias desordens nutricionais, entre as quais estão a obesidade, aterosclerose e diabetes mellitus (CARCIOFI; OLIVEIRA, 2007).

O mercado de alimentos para estas aves é hoje subaproveitado no Brasil, quando se analisa o elevado potencial de consumo de alimentos industrializados (SAAD et al., 2007a). Atualmente, a maior parte das rações encontradas no mercado são produzidas nacionalmente e atendem as exigências mínimas sugeridas pela AAFCO (1998). Analisando tais dietas verifica-se que todas as rações estudadas atingiram as exigências mínimas quanto aos teores de proteína bruta (12%); algumas ultrapassaram o nível máximo de cálcio (1,2%). Porém os teores sugeridos pela AAFCO não consideram a espécie com que se está trabalhando e o estágio em que o animal se encontra (reprodução, crescimento, muda de penas, e outros) podendo subestimar ou superestimar a inclusão de nutrientes na dieta.

Uma pequena porcentagem das dietas para psitacídeos é oriunda do mercado externo e, mesmo as produzidas no Brasil, ainda apresentam preços elevados, o que restringe sua aquisição por parte dos consumidores (SIMÃO, 2010; SAAD et al., 2007b). Soma-se a isto, principalmente, questões culturais ligadas à alimentação tradicional de psitacídeos, baseada no fornecimento de sementes de girassol, associada ou não a outros grãos e frutas. O girassol foi introduzido como alimento para psitacídeos diante da necessidade de encontrar um alimento que permitisse a sobrevivência desses animais em cativeiro. E devido ao seu relativo sucesso na manutenção de animais como os papagaios este foi mantido como

alimento ideal para a criação dos psitacídeos em cativeiro. Assim, a falta de informação, preferências culturais e a dificuldade de acesso a rações comerciais de boa qualidade, que sejam economicamente viáveis, propiciam o uso de alimentos como as misturas de sementes. Estas, além de serem deficientes em vários nutrientes, permitem a seleção de grãos mais palatáveis ocasionando desequilíbrios nutricionais (STAHL, 1998; KOLLIAS; KOLLIAS, 2000; SALES; SCHUTTER; JANSSENS, 2004; CARCIOFI et al., 2006; SAAD et al., 2007a;).

Estudo de Saad et al. (2007a), comparando a ingestão de diferentes tipos de alimentos por papagaios-verdadeiros (*Amazona aestiva*) mostrou que estas aves apresentam preferência por girassol. As sementes geralmente fornecidas aos papagaios apresentam um baixo teor de cálcio (KAMPHUES et al., 2001) e deficiência das vitaminas A, D, E e K (ULLREY; ALLEN; BAER, 1991). As misturas de sementes também apresentam elevada porcentagem de gordura e conteúdo energético, favorecendo o desenvolvimento de obesidade e distúrbios metabólicos associados (WERQUIN et al., 2005). Além desses fatores, outro ponto preocupante é que as dietas à base de misturas de sementes propiciam considerável variação individual na seleção dos itens alimentares consumidos, foi demonstrado que a seleção alimentar é particular à cada indivíduo, tornando a composição nutricional das dietas muito variável e desbalanceada (CARCIOFI et al., 2006).

Verifica-se assim que os psitacídeos criados em cativeiro são alimentados de forma incorreta, expostos tanto à falta de alguns nutrientes, como cálcio, vitamina A, aminoácidos e microelementos, como ao excesso de gordura e energia.

2.4. Desordens nutricionais

Os desequilíbrios nutricionais são responsáveis por diversas alterações no organismo das aves, podendo culminar em problemas de saúde e levar o animal a óbito (MACWHIRTER, 2000). Casos de obesidade são comuns na clínica de aves de estimação, sendo consequência da ingestão excessiva do alimento; esta pode ser decorrente tanto da tentativa da ave suprir as demais necessidades nutricionais, quanto por alterações comportamentais ou por dietas hipercalóricas somadas à restrição de exercícios (BAUCK, 1995; MACWHIRTER, 2000; WERQUIN; DE

COCK; GHYSELS, 2005). Animais obesos são mais propensos a apresentar outros problemas de saúde, como a lipidose hepática, diabetes mellitus e aterosclerose, além de problemas reprodutivos (LABONDE, 1997; SCHOEMAKER et al., 1999; CARCIOFI; DE OLIVEIRA, 2007).

A lipidose hepática, ou Síndrome do fígado gorduroso é marcada pelo acúmulo de gordura nos hepatócitos (WADSWORTH; JONES; PUGSLEY, 1984). É relacionada ao consumo exagerado de calorias, com um prolongado balanço energético positivo em animais obesos. Casos de lipidose hepática são comuns em psitacídeos, sendo achado frequente em papagaios do gênero *Amazona* sp. (ROSSKOPF; WOERPEL, 1991). Aves apresentando lipidose hepática demonstram elevado teor plasmático de colesterol, em resposta à alteração do metabolismo lipídico (CARCIOFI; OLIVEIRA, 2007). Um auxiliar no diagnóstico da lipidose hepática é a avaliação do colesterol e do perfil hepático (concentração de albumina, enzimas hepáticas), uma vez que fornecem indicativos de alteração no fígado.

Outra alteração decorrente da obesidade e consumo excessivo de calorias em psitacídeos é a aterosclerose. Nesta ocorre espessamento da parede das artérias reduzindo seu lúmen, por um acúmulo de substâncias lipídicas, tecido fibroso, colesterol e cálcio, entre outras substâncias, formando a placa ateromatosa (BAVELAAR; BEYNEN, 2004). Em Psittaciformes sua ocorrência é mais comum no gênero *Amazona* sp. e rara em espécies pequenas (BAVELAAR; BEYNEN, 2004). Alguns fatores de risco associados à aterosclerose são idade, sexo, espécie, aumento do colesterol plasmático e triglicérides, dietas com alta energia e rica em gordura, dentre outras (BAVELAAR; BEYNEN, 2004; BEAUFRÈRE, 2013). A aterosclerose nas aves possui prevalência de 6,8%, no gênero *Amazona* sp, no entanto, sua incidência é de 1,83%, umas das maiores junto com o gênero *Psittacus* sp. e *Cacatua* sp. (BEAUFRÈRE, 2013). Esta afecção é de difícil diagnóstico nas aves e a avaliação radiográfica somada à análise da dieta, da condição corporal, do colesterol e lipídeos séricos pode fornecer indicativo desta alteração (BAVELAAR; BEYNEN, 2004).

O *diabetes mellitus*, enfermidade de ocorrência relativamente comum em diferentes espécies animais, incluindo as aves. Se caracteriza por um grupo de alterações metabólicas que levam à hiperglicemia. Este já foi descrito em diversas

espécies de aves incluindo periquitos, cacatuas, tucanos e papagaios (LUMEIJ, 1994; RAE, 1995; WORELL, 2000; DONELEY, 2010). Assim como em mamíferos, nas aves os sinais clássicos do diabetes incluem perda de peso, poliúria, polidipsia, polifagia, hiperglicemia e glicosúria (WORELL, 2000; KANEKO, 2008; DONELEY, 2010). Em aves granívoras o glucagon parece ser o principal hormônio regulador da glicemia (RAE, 1995; DONELEY, 2010), porém a fisiopatogenia do *diabetes mellitus* ainda não foi totalmente esclarecida nestes animais. Há indicativos de que nos psitacídeos o *diabetes mellitus* tipo II (não insulina dependente) seja o predominante, geralmente associado a alterações pré-existentes decorrentes da obesidade e elevação resultante de hormônios como o glucagon e o hormônio do crescimento (RAE, 1995). Uma análise seriada com valores de glicemia superiores a 700 mg/dl parece ser indicativa de diabetes mellitus em aves (THRALL et al, 2012).

2.5. Exames auxiliares no diagnóstico das alterações metabólicas

2.5.1. Análises bioquímicas

A avaliação dos parâmetros bioquímicos séricos e hematológicos fornecem subsídio para melhor compreensão dos distúrbios metabólicos, situação nutricional e estado geral do animal. Para as aves, os valores de glicose, triglicérides, colesterol e lipoproteínas fornecem indicativos do metabolismo energético; a avaliação da função hepática, por sua vez, comumente é feita pela Aspartato Aminotransferase (AST) analisada conjuntamente com a Creatina Quinase (CK). O metabolismo proteico pode ser avaliado por parâmetros como proteína total, albumina e uréia. Já a função renal das aves pode ser analisada pelo ácido úrico (CAMPBELL, 2012)

O ácido úrico é o principal produto do metabolismo proteico nas aves; quando dietas altamente proteicas são fornecidas aos psitacídeos ocorre o catabolismo e a conversão do nitrogênio em ácido úrico. O excesso desta excreta pode culminar no aumento da incidência de gota úrica por extrapolação do clearance (LUMEIJ, 2008). Valores de ácido úrico maiores que 15 mg/dL são sugestivos de comprometimento renal (CAPITELLI; CROSTA, 2013). Para o gênero *Amazona* os valores de referência encontrados de ácido úrico variam de 1,21 a 5,25 mg/dL (LUMEIJ, 2008).

As enzimas hepáticas são utilizadas na interpretação da atividade enzimática do fígado em diversas espécies. A enzima AST pode ser encontrada tanto no tecido hepático como na musculatura; dessa forma, uma análise conjunta com o CK, se faz necessária para distinguir as lesões hepáticas das musculares (CAMPBELL, 2012). A albumina representa de 40 a 50 % do total das proteínas plasmáticas e é produzida pelo fígado. Entre as causas de hipoproteinemia com hipoalbuminemia tem-se um estado de malnutrição, falência hepática ou doença renal (CAMPBELL, 2012). Os teores plasmáticos de proteína total em papagaios são 33 a 50 g/L (LUMEIJ, 2008).

As concentrações séricas de colesterol e triglicérides podem estar associadas a desordens no metabolismo como a obesidade, aterosclerose e lipidose hepática. Bavelaar et al. (2005) verificaram que para papagaios-verdadeiro os valores normais de colesterol e triglicérides são 541 mg/dL e 168 mg/dL, respectivamente. Já Ravich et al. descrevem para papagaios do gênero *Amazona* teores de 146 a 421 mg/dL para colesterol e 74 a 340 mg/dL de triglicérides. A glicemia nos psitacídeos, assim como nos demais animais, é mantida pela glicogenólise hepática e apresentam flutuações em suas concentrações por um ritmo circadiano. Valores de glicemia para o gênero *Amazona* estão entre 227,0 e 304,5 mmol/L (LUMEIJ, 2008).

2.5.2. Análises hematológicas

As análises hematológicas fornecem visão geral do organismo e quando utilizadas como ferramenta de análise nutricional podem fornecer dados quanto à imunidade e aporte nutricional. Um animal nutricionalmente saudável tende a apresentar resposta imunológica mais efetiva e ser menos propenso a infecção; pode-se destacar, ainda, que dietas balanceadas atendem às exigências nutricionais permitindo um aporte de nutrientes adequados para as funções e multiplicações celulares.

Assim como os bioquímicos, estudos sobre a hematologia de psitacídeos são escassos dificultando a interpretação dos resultados. Estudo feito por Capitelli e Crosta (2013) com o levantamento dos parâmetros hematológicos e bioquímicos de diversos psitacídeos, apontam os seguintes valores para papagaios-verdadeiro:

Hematócrito de 44 a 56%, Hemácias de 2,6 a 3,5 x 10⁶/μL, Leucócitos de 6,0 a 13,0 x 10⁶/μL, hemoglobina de 13,8 a 17,9 g/dL. Já para a contagem diferencial de leucócitos em papagaios-verdadeiro de vida-livre tem-se os valores de referência para heterofilos de 75 a 95%, linfócitos 3 a 13%, monócitos 0 a 4%, eosinófilos 0 a 5% e basófilos de 0 a 1% (DEEM, et al., 2005).

2.5.3. Exame radiográfico

O exame radiográfico complementa a anamnese e o exame físico, permitindo a visualização anatômica de alguns órgãos e estruturas ósseas. No caso das desordens nutricionais em longo prazo, as radiografias possibilitam a inferência de alterações morfológicas em órgãos e do esqueleto.

Em uma projeção ventro-dorsal é possível distinguir órgãos como o coração e fígado, e realizar aferições sobre o tamanho destes órgãos pela mensuração da silhueta cardíaca, torácica e máxima largura do fígado. Tais medidas permitem avaliação quantitativa de alterações como a hepatomegalia. Rettmer et al. (2011), em seus estudos com araras sadias encontrou que a silhueta cardíaca normal é de 19,9 mm, a largura hepática de 23,3 mm e a largura da ampulheta formada por coração e fígado de 13,7 mm. Estes dados, infelizmente, não estão disponíveis para papagaio-verdadeiro.

2.6. Processamento de alimentos

As deficiências nutricionais verificadas nas sementes, bem como os problemas de seletividade foram resolvidos com a recente popularização dos alimentos extrusados. Estes diminuem as perdas pela seleção dos componentes da dieta e garantem a ingestão equilibrada dos nutrientes do alimento (KALMAR; WERQUIN; JANSSENS, 2007; VELOSO JÚNIOR et al., 2011). Como os ingredientes são moídos e formatados em um extrusado, não há a desmistura e desbalanceamento promovidos pela seletividade das sementes (BAUCK, 1995; HAGEN, 2014). Alimentos extrusados ainda apresentam a vantagem de destruir

microorganismos potencialmente patogênicos e compostos antinutricionais termo lábeis durante o seu processamento (WERQUIN; DE COCK; GHYSELS, 2005).

No entanto, o processamento muito intenso representado pela moagem fina dos cereais e elevado cozimento na extrusora pode resultar em interferência na digestibilidade e elevação da resposta glicêmica aos alimentos, com piora da condição metabólica e saúde das aves. Apesar destas inferências, não se sabe ao certo os efeitos do processamento de dietas para as aves e os poucos estudos na área ainda são contraditórios. Segundo El-Khalek et al (2009), a extensão da gelatinização do amido obtida na extrusão afeta a digestibilidade do alimento por pombos. Estes autores verificaram que elevada gelatinização do amido promove redução na digestibilidade da proteína e gordura. Estudo de nosso grupo de pesquisa comparou em Arara-canindé (*Ara ararauna*) rações extrusadas (90% de gelatinização) com rações peletizadas (60% de gelatinização), verificando que apesar das diferenças de cozimento a digestibilidade dos nutrientes foi semelhante entre rações (VELOSO JÚNIOR, 2011).

Ao avaliarem rações extrusadas finamente moídas ou grosseiramente moídas para papagaio-cinzento (*Psittacus erithacus*), Kalmar, Werquin e Janssens (2007) não encontraram alteração na digestibilidade e pH das fezes, embora tenham encontrado fezes mais firmes e bem formadas quando os papagaios receberam o alimento moído mais grosseiramente. Desta forma, elevado processamento termomecânico parece não contribuir ou mesmo piorar a digestibilidade dos nutrientes em psitacídeos, ao contrário do que se verifica em mamíferos para os quais processamento mais intenso resulta em elevação da digestibilidade e formação de fezes de melhor consistência. Tal fato pode ser explicado pela adaptação dos psitacídeos a uma dieta parcialmente composta por sementes inteiras, quando em vida livre, de modo que estes parecem ser eficientes em digerir amido cru não processado. Isto é reforçado pelas elevadas digestibilidades de sementes integrais verificadas em alguns estudos com psitacídeos (CARCIOFI et al., 2006; SAAD, et al., 2009). Além disso, e talvez mais importante, Veloso Júnior (2013) constatou que as araras alimentadas com as rações peletizadas apresentaram diminuição na concentração sérica de glicose ($151,2 \pm 8,0$ mg/dL) e colesterol ($115,6 \pm 5,8$ mg/dL) quando comparadas com as alimentadas com ração

extrusada (glicose: $170,6 \pm 8,4$ mg/dL; colesterol: $137,4 \pm 6,9$ mg/dL). Estas diferenças podem ser devidas ao menor cozimento do amido na ração peletizada, resultando em digestão mais lenta e menor glicemia pós-prandial nas aves. Este efeito foi inclusive mais intenso que a suplementação das dietas com fibra, que foi acrescentada no estudo como alternativa nutricional para redução de glicose e colesterol séricos (VELOSO JÚNIOR et al., 2013).

Dessa forma, é possível que o processamento do amido seja importante para psitacídeos e que as respostas metabólicas destes animais sejam diferentes das verificadas nos mamíferos. Dados em aves de produção reforçam este fato, pois em frangos a granulometria e o tipo de processamento da dieta influenciam o desempenho zootécnico e características anatomo-fisiológicas. A peletização reduz o tamanho das partículas do alimento, embora sem efeito no desempenho zootécnico destas aves (ENGBERG; HEDEMANN; JENSEN, 2002; AMERAH et al., 2007; CHEWNING; STARK; BRAKE, 2012). Já para dietas fareladas, não peletizadas, partículas de tamanhos maiores (7 mm) promoveram melhor ganho de peso e conversão alimentar (539 g e 1,629 g/g, respectivamente; $p < 0,05$) quando comparada a partículas de tamanho menor (3 mm; 453 g e 1,717 g/g, respectivamente) (AMERAH et al., 2007). O consumo de dietas com partículas grosseiramente moídas resulta em maior secreção gástrica e permanência por um maior tempo da digesta no ventrículo. Essa maior atividade mecânica na digestão do alimento ocasiona aumento da massa muscular do órgão, que é refletida em seu peso (ENGBERG; HEDEMANN; JENSEN, 2002; SVIHUS et al., 2002; JACOBS; UTTERBACK; PARSONS, 2010; RÖHE et al., 2014). Dietas com grânulos maiores também elevam a contagem de lactobacilos no trato digestório, bactérias benéficas inibidoras competitivas do crescimento de patógenos que ocasionam diarreias (JACOBS; UTTERBACK; PARSONS, 2010).

As dietas peletizadas melhoraram o desempenho dos frangos aumentando o ganho de peso (7,8%), a ingestão (5,1%) e a conversão alimentar (3,2%) (AL BUSTANY, 1996; ENGBERG; HEDEMANN; JENSEN, 2002; AMERAH et al., 2007). Porém, esse ganho no desempenho parece não ser acompanhado de adaptações morfológicas quanto aos compartimentos gastrointestinais. Segundo RÖHE et al. (2014), o consumo de rações sem processamento termomecânico e com

granulometria maior ocasionou aumento no peso do pâncreas e as vilosidades duodenais apresentaram-se mais longas e maiores, com maior altura e profundidade das criptas. Tais alterações culminaram em mudanças anatomo-fisiológicas, ocorrendo aumento na capacidade de transporte da glicose pelo intestino, sendo consideradas fatores positivos de saúde (RÖHE et al., 2014). Infelizmente, os autores não localizaram estudos sobre extrusão de alimentos e respostas anatomo-fisiológicas em aves de produção, para melhor compreensão do efeito do consumo destas dietas pelas aves.

3. OBJETIVOS GERAIS

Em função do exposto, o presente estudo teve como objetivos avaliar a substituição de dieta baseada em girassol por alimento formulado para papagaios, bem como o consumo, palatabilidade, digestibilidade, produtos de fermentação nas excretas, parâmetros bioquímicos, hematológicos e radiográficos em papagaios-verdadeiro alimentados com uma mesma formulação de ração, moída em duas granulometrias e com três graus de cozimento.

4. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABINPET, Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação. Disponível em: <<http://abinpet.org.br/imprensa/noticias/>>. Acesso em 10/07/2016. 2016.

ABRASE, Associação Brasileira de Criadores e Comerciantes de Animais Silvestres e Exóticos. Disponível em: <www.abrase.com.br/>. Acesso em 10/07/2016. 2016.

AAFCO, Association Of American Feed Control Officials Incorporated. Nutrition expert panel review: new rules for feeding pet birds. *Official Publication - Feed Management*, v. 49, 1998.

AL BUSTANY, Z. The effect of pelleting an enzyme-supplemented barley-based broiler diet. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 58, p. 283-288, 1996.

ALLGAYER, M. C.; GARIELLI, E.; PEREIRA, R. A.; ALLGAYER, M. B. S. Avaliação do Crescimento Inicial de *Ara Ararauna* Criadas Manualmente com Diferentes Rações Comerciais. **Veterinária em Foco**, Canoas, v.2, n. 1, p. 59-66, 2004.

AMERAH, A. M.; RAVIDRAN, V.; LENTLE, R. G.; THOMAS, D. G. Influence of Feed Particle Size and Feed Form on the Performance, Energy Utilization, Digestive Tract Development, and Digesta Parameters of Broiler Starters. **Poultry Science**, Champaign, v. 86, n. 12, p. 2615-23, 2007.

ANNISON, E. F.; HILL, K. J.; KENWORTHY, R. Volatile fatty acids in the digestive tract of the fowl. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 22, p. 207 – 216, 1968.

BAUCK, L. Nutritional Problems in Pet Birds. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 4, n. 1, p. 3-8, 1995.

BAVELAAR, F. J.; BEYNEN, A. C. Atherosclerosis in parrots. A review. **Veterinary Quarterly**, v. 26, n. 2, p. 50-60, 2004.

BEAUFRÈRE, H. **Characterization, Prevalence, And Risk Factors Of Spontaneous And Experimental Atherosclerosis And Vascular Imaging In Psittaciformes**. 2013. 180 f. Tese (Doutorado) - Louisiana State University, Louisiana, 2013.

CAMPBELL, T. W. Clinical Chemistry of Birds. In: THRALL, M. A.; WELSER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. **Veterinary Hematology and Clinical Chemistry**, 2: ed., Oxford, 2012, p. 582–598.

CAPITELLI, R.; CROSTA, L. Overview of Psittacine blood analysis and comparative retrospective study of clinical diagnosis, hematology and blood chemistry in selected psittacine species. **Veterinary Clinics of North America Exotic Animal Practice**, Philadelphia, v. 16, p. 71 – 120, 2013.

CARCIOFI, A. C. Alimentação de psitacídeos em cativeiro. **Revista Clínica Veterinária**, n.4, v.1, 1996.

CARCIOFI, A. C. **Avaliação de dieta à base de sementes e frutas para papagaios (*Amazona* sp): determinações da seletividade dos alimentos, consumo, composição nutricional, digestibilidade e energia metabolizável**. 1996. 104 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

CARCIOFI, A. C. **Contribuição ao Estudo da Alimentação da Arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*, psittacidae, aves) no Pantanal-MS. I - Análise química do acurí (*Sheelea phalerata*) e da bocaiúva (*Acrocomia totai*). II - Aplicabilidade do método de indicadores naturais para cálculo da digestibilidade. Iii - Energia metabolizável e ingestão de alimentos**. 2000. 139 f. Tese (Doutorado) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

CARCIOFI, A. C.; PRADA, C. S.; MORI, C. S.; PRADA, F. Evaluation Of Fruit-Seed Based Diets For Parrots (*Amazona* sp): Ii-Determination Of Digestibility, Nitrogen Balance, Consumption And Metabolizable Energy. **ARS Veterinária**, Jaboticabal, v. 19, n. 3, p. 288-293, 2003.

CARCIOFI, A. C.; DUARTE, J. M. B.; MENDES, D.; OLIVEIRA, L. D. Food Selection and Digestibility in Yellow-Headed Conure (*Aratinga jandaya*) and Golden-Caped Conure (*Aratinga auricapilla*) in Captivity. **The Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 136, 2006.

CARCIOFI, A. C.; OLIVEIRA, L. D. Doenças nutricionais de Animais Silvestres. In. CUBAS, Z. S.; SILVA, J. B. C.; CATÃO-DIAS, J. L. **Tratado de Animais Selvagens**. São Paulo: Roca, 2007. p. 838-864.

CHEWNING, C. G.; STARK, C. R.; BRAKE, J. Effects of particle size and feed form on broiler performance. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 21, n. 4, p. 830-837, 2012.

DEEM, S. L.; NOSS, A. J.; CUÉLLAR, R. L.; KARESH, W. B. Health evaluation of free-ranging and captive blue-fronted amazon parrots (*Amazona aestiva*) in the Gran Chaco, Bolivia. **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, Flórida, v. 36, n. 4, p. 598-605, 2005.

DONELEY, B. **Avian Medicine and Surgery in Praticce**. Manson: London. p. 55-68, 2010.

EL-KHALEK, E. A.; KALMAR, L.; WEYENBERG, S. V.; WERQUIN, G.; JANSSENS, G. P. J. Effect of starch gelatinisation on nutrient digestibility and plasma metabolites in pigeons. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlim, v. 93, p. 359-365, 2009.

ENGBERG, R. M.; HEDEMANN, M. S.; JENSEN, B. B. The influence of grinding and pelleting of feed on the microbial composition and activity in the digestive tract of broiler chicken. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 43, n. 4, p. 569-579, 2002.

GILARDI, J. D.; MUNN, C. A. Patterns of activity, flocking, and habitat use in parrots of the Peruvian Amazon. **The Condor**, v. 100, n. 4, p. 641-653, 1998.

HAGEN, M. M. A. **Avian nutrition: trends and philosophies**. Disponível em: <http://www.hagen.com/hari/docu/nut_trends_phy.html>. Acesso em 07/07/14. 2014.

HARPER, E. J.; SKINNER, N. D. Clinical Nutrition of Small Psittacines and Passerines. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 7, n. 3, p. 116 – 127, 1998.

HENDRIX, D. L. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. **Crop Science**, Madison, v. 25, p. 1306-1311, 1993.

HOMBERGER, D. G.; BRUSH, A. H. Functional- morphological and biochemical correlations of the keratinized structures in the African-Grey Parrot, *Psittacus erithacus* (Aves). **Zoomorphology**, Berlin, v. 106, p.103 – 114, 1986.

JACOBS, C. M.; UTTERBACK, P. L.; PARSONS, C. M. Effects of corn particle size on growth performance and nutrient utilization in young chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, n. 3, p. 539-44, 2010.

KALMAR, L. D.; WERQUIN, G.; JANSSENS, G. P. J. Apparent nutrient digestibility and excreta quality in African grey parrots fed two pelleted diets based on coarsely or finely ground ingredients. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 91, p. 210-216, 2007.

KAMPHUES, J.; WOLF, P.; HEISLER, K.; FRÖMBLING, M. Feed Composition and Digestive Capacity in Parrots. **Second European Zoo Nutrition Conference**, Southampton, United Kingdom. 2001.

KLASING, K. C. Avian Gastrointestinal Anatomy and Physiology. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 8, n. 2, p. 42 – 50, 1999.

KOLLIAS, G. V.; KOLLIAS, H. W. Feeding Passerine and Psittacine Birds. In: Hand, M. S.; Thatcher, C. D.; Remillard, R. L.; Roudebush, P.; Novotny, B. J. **Small Animal Clinical Nutrition**. 5. ed. Marceline: Walsworth, 2000. p. 1255-1269.

KOUTSOS, E. A.; MATSON, K. D.; KLASING, K. C. Nutrition of Birds in the Order Psittaciformes: A Review. **Journal of Avian Medicine and Surgery**, Teaneck, v. 15, n. 4, p. 257–275, 2001.

LABONDE, J. Obesity in Pet Birds. **Exotic Pet Practice**, San Louis, v. 2, n. 11, p. 81–85, 1997.

LUMEIJ, J. T. Avian Clinical Biochemistry. In: KANEKO, J. J.; HARVEY, J. W.; BRUSS, M. L. **Clinical Biochemistry of Domestic Animals**, 6. ed. Hardcover, 2008. p. 839–872.

LUMEIJ, J. T. Endocrinology. In: RITCHIE, B. W.; HARRISON, G. J.; HARRISON, L. R. **Avian Medicine: Principles and Application**. Lake Worth, FL, Wingers Publishing, 1994, p. 582-606

MACWHIRTER, P. Basic anatomy, physiology and nutrition. In: Tully, T. N.; Lawton, M. P. C.; Dorrestein, G. M. **Avian Medicine**. 2. ed. Oxford. 2000, p.1–25.

MANS, C.; GUZMAN, D. S. M.; LAHNER, L. L.; MURPHY, J. P.; SLADKY, K. K. Sedation and Physiologic Response to Manual Restraint After Intranasal Administration of Midazolam in Hispaniolan Amazon Parrots (*Amazona ventralis*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, Teaneck, v. 26, n. 3, p. 130-139, 2012.

MATSON, K. D.; KOUTSOS, E. A. Chapter 6 - Captive Parrots Nutrition: Interaction with Anatomy, Physiology, and Behavior. In: LUESCHER, A. U. **Manual of Parrot Behavior**, Blackwell Publishing, 2006, p. 49 – 58.

RAE, M. Endocrine Disease in Pet Birds. **Seminars in Avian and Pet Medicine**, v. 4, n. 1, p. 32–38, 1995.

RETTMER, H.; DEB, A.; WATSON, R.; HATT, J. M.; HAMMER, S. Radiographic measurement of internal organs in Spix's Macaws (*Cyanopsitta spixii*). **Journal of Avian Medicine and Surgery**, Teaneck, v. 25, n. 4, p. 254-258, 211.

RÖHE, I.; RLUHNKE, I.; KNORR, F.; MADER, A.; BOROOJENI, F. G.; LÖWE, R.; ZENTEK, J. Effects of grinding method, particle size, and physical form of the diet on gastrointestinal morphology and jejunal glucose transport in laying hens. **Poultry Science**, Champaign, v. 93, n. 8, 2014.

ROSSKOPF Jr., W. J.; WOERPEL, R. W. Pet avian conditions and syndromes of the most frequently species seen in practice. **Veterinary Clinical North America: Small Animal Practice**, Philadelphia, v. 21, n. 6, p. 1189-1212, 1991.

SAAD, C. E. P.; FERREIRA, W. M.; BORGES, F. M. O.; LARA, L. B. Avaliação do Gasto e Consumo Voluntário de Rações Balanceadas e Semente de Girassol para Papagaios-Verdadeiros (*Amazona Aestiva*). **Ciência Agrotecnológica**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1176-1183, 2007a.

SAAD, C. E. P.; FERREIRA, W. M.; BORGES, F. M. O.; LARA, L. B. Avaliação nutricional de rações comerciais e sementes de girassol para papagaios verdadeiros (*Amazona aestiva*). **Ciência agrotecnológica**, Lavras, v.31, n. 5, p. 1493-1499, 2007b.

SAAD, C. E. P.; MACHADO, P. A. R. Utilização de óleos e gorduras em rações para aves ornamentais e silvestres. **Aves - Revista Sul Americana de Ornitofilia**, Belo Horizonte, v. 4, p. 23-26, 2000.

SALES, J.; DE SCHUTTER, L.; JANSSENS, G. P. J. The Use Of Internal Markers To Determine Metabolizable Energy And Digestibility Of Diets In The African Grey Parrot (*Psittacus erithacus*). **Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift**, Berlim, v. 73, p. 176-181, 2004.

SEIXAS, G. H. F. **Ecologia Alimentar, Abundância em Dormitórios e Sucesso Reprodutivo Do Papagaio-Verdadeiro (*Amazona aestiva*) (Linnaeus, 1758) (Aves: Psittacidae), em um Mosaico de Ambientes no Pantanal de Miranda, Mato Grosso do Sul, Brasil**. 2009. 84 f. Tese (Doutorado em Ecologia e Conservação) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2009.

SIMÃO, V. **Avaliação Da Qualidade De Alimentos Para Aves De Companhia Quanto Ingredientes, Corantes Artificiais, Fungos E Micotoxinas**. 2010. 172 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SCHOEMAKER, N. J.; LUMEIJ, J. T.; DORRESTEIN, G. M.; BEYNEN, A. C. Nutrition-related problems in pet birds. **Tijdschr Diergeneeskd**, Berlim, v. 124, n. 2, p. 39-43, 1999.

STAHL, S.; KRONFELD, D. Veterinary Nutrition of Large Psittacines. **Seminars in Avian and Exotic Pet Medicine**, v. 7, n. 3, p. 128-134, 1998.

SVIHUS, B.; HETLAND, H.; CHOCT, M.; SUNDBY, F. Passage rate through the anterior digestive tract of broiler chickens fed on diets with ground and whole wheat. **British Poultry Science**, n. 43, p. 662-668, 2002.

ULLREY, D. E.; ALLEN, M. E.; BAER, D. J. Formulated Diets Versus Seed Mixtures for Psittacines. **American Institution of Nutrition**, Maryland, v.121, p. 193-205, 1991.

VELOSO JÚNIOR, R. R. **Nível de fibra e tipo de processamento na digestibilidade, ingestão e parâmetros bioquímicos da arara-canindé (*Ararauna I. – aves, psittacidae*)**. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, São Paulo, 88 f., 2011.

VELOSO JÚNIOR, R. R.; SAKOMURA, N. K.; KAWAUCHI, I. M.; MALHEIROS, E. B.; CARCIOFI, A. C. Effects of food processing and fibre content on the digestibility, energy intake and biochemical parameters of Blue-and-gold macaws (*Ara ararauna* L. – Aves, Psittacidae). **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlim, v. 98, p. 251-261, 2013.

WADSWORTH, P. F.; JONES, D. M.; PUGSLEY, S. L. Fatty Liver In Birds At The Zoological Society Of London. **Avian Pathology**, Londres, v.13, p. 231-239, 1984.

WERQUIN, G. J. D. L.; DE COCK, K. J. S.; GHYSELS, P. G. C. Comparison of the Nutrient Analysis of Parrot Diets. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlim, v. 89, p. 215–221, 2005.

WOREL, A. B. Ramphastids. In: Tully, T. N.; Lawton, M. P. C.; Dorrestein, G. M. **Avian Medicine**. 2 ed. Oxford. 2000, p.296 – 311.

CAPÍTULO 2 – The influence of food processing on food intake, nutrient digestibility and blood parameters of blue-fronted amazon parrots (*Amazona aestiva*)¹

¹ Escrito de acordo com as normas da revista Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition

The influence of food processing on food intake, nutrient digestibility and blood parameters of blue-fronted amazon parrots (*Amazona aestiva*)

L. G. Di Santo¹, L. B. Braos¹, A. K. Eiko¹, J. P. O. Paloschi¹, N. R. N. Cruz¹, F. S. Mendonça¹, M. C. Peixoto¹, A. C. Carciofi¹

¹ Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Univ Estadual Paulista. Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, Jaboticabal, SP 14.884-900, Brazil

Correspondence

Dr. A. C. Carciofi, Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP), Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, 14884-900, Jaboticabal, SP Brazil. Tel: +55 16 3209 2626; Fax: +55 16 3203 1226; E-mail: aulus.carciofi@gmail.com

Summary

Captive parrots show high incidence of obesity and other metabolic disorders due to intake of unbalanced food. Therefore, this study evaluated the effects of the transition of a high fat diet (sunflower seeds) to formulated diet with three degrees of starch gelatinization (SG) in the digestibility and metabolism of blue fronted amazons. The same food formulation was processed to obtain: Pelleted food (PEL) - 27.1% of SG; Extruded low cooking (EXT_L) - 81.6% of SG; Extruded high cooking (EXT_H) - 98.5% of SG. Thirty adults blue-fronted amazon parrots were used, which were fed for 90 days with sunflower seed to homogenize the animals. Later, animals were distributed in a completely randomized design, with 10 repetitions per treatment and fed for 160 days on the three prepared foods. Food consumption and palatability, apparent digestibility coefficient of nutrients, excreta concentrations of volatile fatty acids, lactate and ammonia, and initial and final radiographic examinations, as well as blood cell count and glucose, triglycerides, cholesterol, total protein, albumin, aspartate aminotransferase (AST) and uric acid were evaluated. The data were submitted to analysis of variance and compared by the Tukey test ($P < 0.05$). Food processing interfered on the digestibility of fat and starch ($P < 0.001$), that was higher in the PEL than the EXT_H and EXT_L foods. The excreta of parrots fed PEL food also tended to present higher acetate and total volatile fatty acids ($p < 0.1$). The sunflower seed present higher dry matter, organic matter, fat, and crude protein digestibility than the processed foods ($p < 0.05$). The transition from sunflower seed to the balanced foods reduced serum glucose, triglycerides, cholesterol and AST ($p < 0.05$), as well as increased red blood cells, hemoglobin, lymphocytes, monocytes and leukocyte blood concentration ($P < 0.01$). The radiographic examination indicated decrease in the hourglass ($p = 0.015$) and reduction in the heart-liver ratio after the ingestion of the formulated foods ($p < 0.05$). No effect of food processing was observed for

blood cell count, serum biochemistry or radiographic examinations. It was concluded that parrots did not require an extensive SG to properly digest a food. The transition from a diet based on sunflower seed to a formulated diet improved parrot metabolism and health.

Keywords: acetate, cholesterol, extrusion, glucose, psittacidae, sunflower

Introduction

In the beginning, the nutrition of parrots was based on the extrapolation of natural feeding habits, and poultry nutritional requirements (Carciofi et al., 2008). Currently, more information is available to establish a balanced diet (AAFCO, 1994; Koutsos et al., 2001), but for parrots there is a lack of information about most nutrient (Carciofi et al., 2008).

Popularly classified as granivorous, seeds, complemented by fruits and vegetables are still the most common feeding habit for parrots in many places. In Brazil, the sunflower seeds are particularly appreciated by the parrot owners, comprising most part of the diets (Carciofi et al., 2003). High fat, energy, and phosphorus content, and deficient amounts of calcium, vitamins A, D, E and K are commonly observed on seeds (Ullrey et al., 1991; Kamphues et al., 2001). The sunflower seed is particularly high in fat content, usually with more than 55% of the nutrient on the dry matter base. Even considering nutrient supplementation by other foods, as legumes, leaves, and fruits, seeds are palatable and comprise most of ingested dry matter when offered ad libitum (Carciofi, et al., 2006).

When fed seed mixture and vegetables, psittacines select food based on palatability, not properly correcting the nutritional deficiencies of the seeds (Kollias and Kollias, 2000; Sales et al., 2004; Carciofi et al, 2006; Saad et al., 2007a). In addition to expose animals to deficiencies, the association of the high energy and fat content of sunflower, with the limited opportunity of physical activity in captivity favors the development of obesity and associated metabolic disorders (Werquin et al., 2005). Obesity, atherosclerosis, hepatic lipidosis and diabetes mellitus have been commonly reported to parrots (Roskopf and Woerpel, 1991; Bavelaar and Beynen, 2004; Doneley, 2010), accounting for important proportion of the medical problems of these animals.

Prepared diets, specially extruded presentations are becoming more popular. Due the grinding and formatting, these diets solve the problems related with food items selection and nutrient imbalance observed for seed and vegetable based diets. However, parrots in the nature are adapted to digest raw starch and entire seeds, and the implications of raw material particle size and starch cooking on extrusion systems are not properly evaluated for this birds (Kalmar et al., 2007). For poultry, coarse ground cereals intake is associated with better gut health, and microbiota composition (Jacobs et al., 2010; Röhe et al., 2014). In a study with African grey parrots (*Psittacus erithacus*), the raw material particle size did not change nutrient digestibility, but the coarse ground food promoted the formation of firmer stools (Kalmar et al., 2007). For pigeons, starch cooking reduced protein and fat digestibility and promoted the formation of moist excreta (El-Khalek et al., 2009). In a study comparing extruded versus pelleted diets for macaws, the intake of less gelatinized starch on the pelleted diets resulted in reductions on glucose, cholesterol, and triglycerides concentration on plasma (Veloso Jr et al., 2013).

Considering this, it is expected that the transition of parrots from a diet based on sunflower to a formulated food will modify some metabolites on serum, reducing glucose, cholesterol and triglycerides concentration. In addition, the consumption of low processed foods, characterized by coarse ground ingredient and reduced starch gelatinization may favor the metabolic profile of the parrots, and did not reduce nutrient digestibility or excreta formation. Thereby, the present study evaluated the transition of parrots from a diet based on sunflower to a processed food formulated for maintenance, and the feed intake, palatability, digestibility, fermentation products on excreta, and biochemical and hematological parameters of Blue-fronted amazons (*Amazona aestiva*) fed with a single diet formulation ground at two raw material particle sizes and processed to achieve three degrees of starch gelatinization.

Material and Methods

All the experimental procedures were previously approved by the Ethics Committee on Animal Use (CEUA, Protocol n° 3.573/15) of the Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp – Univ Estadual Paulista, Campus Jaboticabal and the use of animals were authorized by IBAMA (SISBIO, n° 46528-1).

Animals and Experimental Design

Thirty Blue-fronted amazons were individually housed in epoxy paint steel cages (55cm x 62cm x 39cm) equipped with trays to collect excreta and food remains. The health of the birds was previous verified after physical examination and blood analysis, and all were considered health. The experiment followed a completely randomized design, with a basal period composed of one diet (sunflower) and a challenge period composed by three prepared diets. The parrots were divided into three groups of 10 birds, homogenized according to initial body weight. The study lasted 250 days, divided in two periods: the first was used to access the food intake, digestibility, and health parameters of parrots fed sunflower seed (*Helianthus annuus*), and lasted 90 days. During this period, all parrot groups were fed with sunflower seed. Total excreta collection for sunflower digestibility determination was done from days 34 to 39. On the last day (day 90) the parrots were submitted to physical and radiographic examination, and blood collection were performed by direct puncture of the jugular vein. In the second period, each bird group was randomly allotted to one of the three experimental formulated diets during 160 days. On day 91 parrots were introduced to the formulated diets, starting the palatability comparisons that lasted until the day 109. From day 110 to 250

animals were fed with one of the three formulated diets, excreta collection for digestibility study were performed from days 181 to 194, from days 195 to 198 fresh excreta were collected immediately after produced to determine fermentation products and pH, and on day 250 parrots were subject to physical and radiographic examination, and blood collection.

Experimental diets and processing parameters

The sunflower seeds were purchased in the specialized store for animal feed. A single formulation and ingredients lot were used in the study (Table 1), balanced according to the nutritional recommendations for psittacines of the Association of America Feed Control Officials (AAFCO, 1994). Chromium oxide was included in the formulation, as a digestibility marker. This formulation was processed at different conditions: pelletized food (PEL) – the ingredients were ground with a 2 mm screen sieve size and pelleted; low cooked extruded food (EXT_L) - the ingredients were ground with a 2 mm screen sieve size and extruded with lower energy application; high cooked extruded food (EXT_H) – the ingredients were ground with a 0.5 mm screen sieve size and extruded with high energy application.

Diets were prepared at the Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp – Univ. Estadual Paulista. The ingredients were mixed compounding a single lot and after, the mixture was divided in three parts, and ground in a hammer mill (Tigre, Moinhos Tigre, São Paulo, Brazil) using specific screen sieve sizes according to the treatments. The mean geometric diameter (MGD) of the raw material was determined according to Zanotto and Bellaver (1996). The mixture ground with the 2.0 mm screen presented a MGD of 163 ± 2.4 μm , with 25% of particles greater than 300 μm . The mixture ground with the 0.5 mm screen presented a MGD of 128 ± 2.0 μm , with less than 5% of particles greater than 300 μm .

Table 1 Ingredient composition of the formulated diets for parrots.

Ingredients	(%, as-fed basis)
Maize grain	62.33
Soybean meal, 45% of CP	25.13
Sugarcane yeast	3.00
Soybean oil	2.50
Sugarcane fiber	2.03
Sugar	2.00
Calcium carbonate	1.05
Dicalcium phosphate	0.40
Common salt	0.40
Choline Chloride	0.25
Vitamin-mineral premix*	0.50
Antioxidant †	0.04
Mold inhibitor ‡	0.10
Chromic oxide	0.20
DL – Methionine	0.07

* Provided per Kg of diet: vitamin A, 4,500 IU; vitamin D3, 950 IU; vitamin E, 100 IU; vitamin K, 1.8 mg; vitamin C, 200 mg; biotin, 0.30 mg; folic acid, 2.3 mg; niacin, 48 mg; pantothenic acid, 18 mg; thiamin, 3.50 mg; riboflavin, 9.0 mg; pyridoxine, 7.0 mg; cobalamin, 23.0 mcg; selenium, 0.28 mcg; copper, 5.0 mg; iodine, 0.35 mg; manganese, 28.0 mg; zinc, 40.0 mg.

† Banox: butylated hydroxyanisole, butylated hydroxytoluene, propyl gallate and calcium carbonate. Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda.

‡ Mold Zap: Ammonium dipropionate, acetic acid, sorbic acid and benzoic acid. Alltech do Brasil Agroindustrial Ltda.

The PEL treatment was produced in a pelletizer (Chavante, Chavantes-SP, Brazil) with a capacity production of 300 kg/h. The preconditioner temperature was set to 70 °C by direct steam infusion, and the mass temperature out pelletizer was 85 °C. The extruded diets were processed in a single-screw extruder (Model Mex-250, Manzoni Industria Ltda, Campinas, SP, Brazil) with a production capacity of 250 kg/h. Water addition, feed rate, and extruder screw speed were kept constant for both diets. Preconditioner temperature, extruder mass moisture, motor amperage, the pressure and temperature of extrusion, and kibble bulk density were measured every 10 min. The preconditioner temperature was maintained by direct steam injection, with a mean value of 75 °C. The specific mechanical energy (SME) applied to the food was determined according to Riaz (2003). It was modulated by adjusting the open area of the extruder die, which was defined as 235 mm²/ton/h for the EXT_L diet, and 125 mm²/ton/h for the EXT_H diet. The SME implemented during the extrusion was 28 kW-h/ton and 32 kW-h/ton for the EXT_L and EXT_H food, respectively.

Palatability Test

The palatability test was performed to quantify the relative preference of the parrots for the formulated diets. The two-bowls test was used, for each comparison the 30 parrots received two diets simultaneously at different feeders. The comparison was repeated in three consecutive days, and the mean value used for statistical evaluation. The following comparisons were performed: PEL versus EXT_H; PEL versus EXT_L; EXT_H versus EXT_L. Approximately 30 grams of each food was offered, and on the next day the leftovers were collected and the intake recorded. The relative intake of each product was also calculated as:

$$\text{Relative Intake (\%)} = \frac{\text{Food A Intake}}{\text{Food A Intake} + \text{Food B Intake}} \times 100$$

Digestibility study

The digestibility of sunflower seed was obtained by the method of total excreta collection. The intake of the seed was obtained weighing the provided amount and the leftovers. Excreta were quantitatively collected at least two times a day, after removing remaining food portions, feathers and adhered cutaneous scales. The digestibility of the formulated diets (PEL, EXT_H and EXT_L) was performed by the marker method, using chromic oxide (0.20%). To this, excreta were qualitatively collected at least two times a day, separated from feathers and food remains, and stored in plastic containers at -15°C.

After the collection period, the excreta were thawed and homogenized compounding a single sample per parrot. Prior to performing laboratory analyses, excreta were dried in a forced air oven at 55 °C for 72 h (320-SE; FANEM, São Paulo, Brazil). The sunflower seed sample was prepared in accordance to the alimentary habits of the parrots, removing the rind and only analyzing the kernel. It resulted that 68.6% of the seed weight was endosperm and 31.4% corresponded to hulls. Excreta, sunflower seed endosperm and diets were ground in a cutting mill (MOD 340; ART LAB, São Paulo, Brazil) with a 1-mm screen sieve prior to laboratory analyses, and evaluated for dry matter (DM), crude protein (CP), ash and acid-hydrolysed fat (AHF) content using standard methods (AOAC, 1995). Total starch was measured according to Karkalas (1985) and Holmet al. (1986). Gross energy (GE) content was determined using a bomb calorimeter (Model 1281; Parr Instrument Company, Moline, IL, USA). Chromic oxide was determined in food and excreta samples by visible spectrometry (Fenton and Fenton, 1979). The analytical calibration curve was built using standard solutions, preparing by digesting known amounts of chromic oxide (4mg, 10mg, 15mg, 25mg, and 35mg). Chromium was determined in a spectrophotometer (Labquest Bio 2000, Labtest Diagnóstica S.A., Lagoa Santa, MG, Brazil) at 450 nm. The chemical

separation of feces and urine, necessary to calculate apparent digestibility, was performed by uric acid determination on excreta samples following the trinder enzymatic method (Labtest Diagnostica Ltda, Lagoa Santa – MG, Brazil), in a semi-automatic analyzer (LabQuest model, Labtest Diagnostica Ltda, Lagoa Santa – MG, Brazil). The processed foods were also analyzed for starch gelatinization using the amyloglucosidase method (Sá et al., 2013). All samples were analyzed in duplicate and the analysis repeated when the variation between replicates was greater than 5%. The analyzed composition of the experimental diets and sunflower seeds are shown in Table 2.

The data obtained from the laboratory analysis were used to determine the coefficients of total tract apparent digestibility of nutrients and energy, following calculation procedures revised by Sibbald (1982). The uric acid mass was deducted to calculate nutrient digestibility, and its nitrogen was deducted to calculate crude protein digestibility.

Table 2 Analyzed chemical composition of the sunflower seed and the formulated diets with three starch gelatinization degrees for parrots.

Item	Sunflower Seed *	Formulated Diets †		
	(Dehulled)	PEL	EXT _L	EXT _H
Chemical composition (% , on dry matter base)				
Dry Matter	96.2	93.5	95.1	94.5
Crude Protein	28.4	21.1	21.6	21.2
Acid-hydrolyzed Fat	54.4	6.93	6.81	6.68
Starch	0.57	41.7	42.0	41.8
Crude Fiber	4.51	4.41	4.11	4.44
Ash	3.25	4.68	5.01	4.87
Calcium	0.54	0.58	0.64	0.66
Phosphorus	0.64	0.45	0.49	0.49
Gross Energy (kcal/g)	6.56	4.49	4.51	4.47
Chromic oxide (%)	-	0.16	0.17	0.17
Starch gelatinization degree (%)	-	26.6	82.1	98.8

* Chemical composition of the dehulled sunflower seeds used on the experiment;

† PEL – coarse ground and pelletized; EXT_L – coarse ground and extruded; EXT_H – fine ground and extruded.

Excreta pH and fermentation products

Fermentation products were evaluated on excreta only after the parrots were fed the formulated diets. On three consecutive days, birds were continuously monitored and the excreta collected and processed immediately after produced. The pH was measured by mixing 1 g of excreta with 3 ml of ultrapure water (1:3 w/vol) in a pH metre (Digicrom Analítica Ltda, model DM20, São Paulo, Brazil). The mean value of the three days of observation was used for statistical comparison. Approximately 5 g of fresh excreta were homogenized and mixed with 15 mL of a 16% (1:3 w/vol) formic acid solution and precipitated at 4°C for 72 h to determine the volatile fatty acids (VFA). The procedure was repeated on the three days and the compounded solution used for the analysis. Thereafter the mixture was centrifuged (5810R, Eppendorf, Hamburg, Germany) at 4,500 G during 15 min at 15°C three times, taking the supernatant and discarding the pellet. The short chain fatty acids (SCFA) and branched chain fatty acids (BCFA) were determined according to Erwin et al. (1961) by gas chromatography (model 9001, Finnigan Corporation, San Jose, USA). To lactic acid analysis, 2 g of excreta were homogenized and mixed with 6 ml of ultrapure water. This mixture was maintained at 4°C for one day, and after centrifuged three times at 4,500 G at 15°C for 15 min taking the supernatant and discarding the pellet. The analyze of lactic acid was performed according to Pryce (1969) by spectrophotometry (Spectrophotometer Quick-Lab, DRAKE, São José do Rio Preto, São Paulo, Brazil) and the samples were quantified by comparing them with a standard curve of lactic acid. The ammonia concentration was determined according to Vieira (1980), and using the same extracts obtained for the VFA. The extracts were defrosted at room temperature and then 2 ml were diluted into 13 ml of ultrapure water and distilled in a nitrogen system (Tecnal TE - 036/1, Piracicaba, São Paulo, Brazil).

Hematological and serum biochemical analysis

Parrots were physically restrained and the blood collected by puncturing the jugular vein using sterile disposable hypodermic 20 x 5.5 needles coupled to 1 ml syringes. The collected volume respected the safe standards for bird (Doneley, 2010; Campbell, 2012).

To obtain the serum one aliquot of blood was placed in eppendorf without anticoagulant, and after approximately 30 minutes centrifuged at 2000G for 15 minutes. Serum was further stored at -20 °C until laboratory analysis. Aspartate aminotransferase (AST), albumin (Alb), cholesterol (Chol), triglycerides (Trigl), glucose (Gly) and uric acid (UA) were analyzed on serum using commercial kits for serum biochemistry (Labtest Diagnostica Ltda, Lagoa Santa – MG, Brazil) in an automatic analyzer (model LABMAXX PLENNO, Labtest Diagnostica Ltda, Lagoa Santa – MG, Brazil).

Blood samples were placed in heparinized eppendorf tubes and analyzed for hemoglobin, red blood cells, hematocrit, mean corpuscular volume (MCV), mean corpuscular hemoglobin (MCH) and Leukocyte (total and differential counts). The count of red blood cells and total leukocyte were performed using a manual hemocytometry (Neubauer chamber) after dilution in toluidine blue solution 0.01% and count described for Almosny and Monteiro, 2007. The differential leukocyte count was performed from the preparation of blood smear stained with Rosenfeld dye and reading on optical microscope E200 Nikon with 1000x. The hemoglobin was analyzed with commercial kit (Labtest Diagnostica Ltda, Lagoa Santa – MG, Brazil) with reading in semi-automatic spectrophotometer Labquest (Labtest Diagnostica Ltda, Lagoa Santa – MG, Brazil). The hematocrit was determined using microhematocrit tubes according to Goldenfarb et al. (1971) and the hematimetric indeces as described by Almosny and Monteiro (2007).

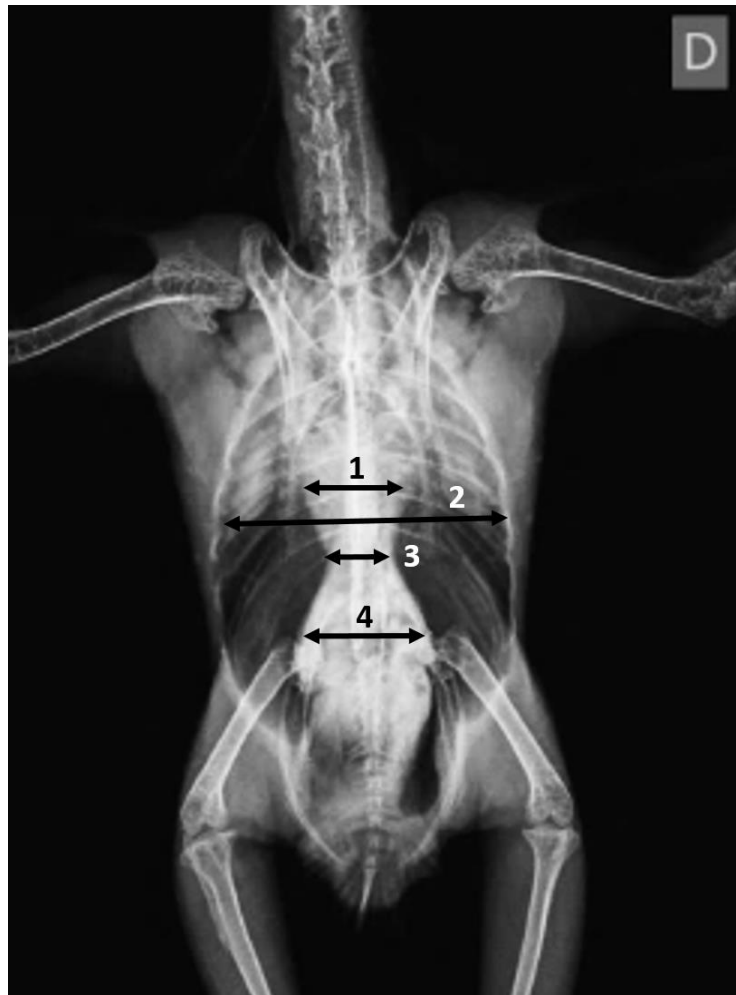
Radiographic examinations

Radiographic exams of the parrots were performed on digital radiographic system EZy-Rad Pro X-ray system (Shimadzu; Console Advance, DR-ID 300CL, Fujifilm). The animals were physically restrained and radiographed in the latero-lateral and ventral-dorsal projections, using a focal-film distance of 100 cm and exposure of 40 kV, 200 mA, 6.0 mAs. The radiographies were evaluated for bone and internal organs conformation and topography. The width of the thorax, heart, liver and hourglass (formed by the overlapping the heart to the liver) was measured using a caliper rule, as described on Figure 1. From these measures were calculated the relationship between heart and thorax, and between heart and liver, according to procedures described by Rettmer et al. (2011).

Statistical analysis

The experiment was organized in a completely randomized design. The experimental unit was one parrot, with ten repetitions per treatment. After obtaining the means, the presuppositions of homoscedasticity of variance and normality of the errors were verified. The digestibility and products fermentation results were submitted to analysis of variance and means compared by the Tukey test. Data that did not follows the presuppositions were analyzed by the Kruskal-Wallis test. Values of $P < 0.05$ were considered significant and $P < 0.1$ as a trend. Changes in body weight, hematological, biochemical and radiographic parameters were evaluated by repeated measures analysis of variance, considering the effects of animal, food, collection time, and food versus collection time interactions. The results of the palatability comparisons were analyzed by the paired T-test. All analyzes were performed with the statistical software R version 3.1.2 (R Core Team 2014, Vienna, Austria).

Figure 1. Radiographic image of Blue-fronted amazon parrot (*Amazon parrot*) in ventro-dorsal projection. 1- Heart: arrow illustrate the point of heart width were measured. 2 - Thorax: arrow illustrate the point of thorax width were measured. 3 – Hourglass: arrow illustrate the point of hourglass width were measured. 4 – Liver: arrow illustrate the point of liver width were measured.



Results

During all the experiment parrots remained health, and did not show alterations on their clinical and physical status. The body weight of the birds increased after fed sunflower seeds for 90 days ($P=0.014$), but no changes were observed after the consumption of the

formulated diets (Table 3). When fed sunflower seeds, parrots intake less than when fed the formulated diets ($P < 0.001$). No differences were verified among the consumption of the three processed foods. Differences on the preference of the formulated diets were verified, when compared the pelleted food with the both extruded diets, parrots preferred the extruded foods ($P < 0.001$). Between the extruded foods, the parrots intake of the EXT_L were greater than the EXT_H food ($P = 0.016$), showing preference for the less processed diet (low cooking and course ground).

Table 3 Body weight, food intake and preference test data of the formulated diets with different starch gelatinization degree for parrots (mean \pm standard error).

Item	Formulated Diets*			Mean	P value		
	PEL	EXT _L	EXT _H		Diet	Period	Diet*Period
Body weight (kg)							
Day 0	0.423 \pm 0.02	0.409 \pm 0.02	0.436 \pm 0.03	0.423 \pm 0.01 ^a	0.940	0.014	0.270
Day 90 †	0.443 \pm 0.02	0.434 \pm 0.03	0.442 \pm 0.03	0.441 \pm 0.02 ^b	0.972	0.299	0.370
Day 250 ‡	0.436 \pm 0.02	0.452 \pm 0.02	0.454 \pm 0.03	0.448 \pm 0.02 ^b			
Mean	0.440 \pm 0.01	0.445 \pm 0.02	0.448 \pm 0.02				
Food intake (g/bird/day)							
Sunflower	9.2 \pm 0.7	10.6 \pm 0.9	9.0 \pm 0.6	9.6 \pm 0.4	0.529	< 0.001	0.614
Formulated diets	14.0 \pm 1.1	14.6 \pm 0.9	14.2 \pm 0.7	14.3 \pm 0.5			
Mean	11.6 \pm 0.8	12.6 \pm 0.8	11.6 \pm 0.7				
Palatability test (relative intake, %)							
PEL x EXT _H	27.8	-	72.2		<0.001		
PEL x EXT _L	31.3	68.7	-		<0.001		
EXT _H x EXT _L	-	61.5	38.5		0.016		

* PEL – coarse ground and pelletized; EXT_L – coarse ground and extruded; EXT_H – fine ground and extruded.

† - mean body weight after 90 days of sunflower seed intake

‡ - mean body weight after 160 days of experimental formulated diets intake

^{a, b} – means in a colon not sharing a common superscript differ (P<0.05). Comparison valid inside a variable.

Nutrient intake on digestibility study was similar among formulated diets, but higher fat and metabolizable energy and lower starch intake were verified for sunflower seed consumption ($P < 0.05$; Table 4). The apparent digestibility of DM, OM, and fat were higher, and the starch digestibility were lower for sunflower than for the three formulated diets ($P < 0.05$). Among the formulated diets, the fat apparent digestibility was higher for the PEL than for the EXT_H, and the starch digestibility was higher for the PEL than for the EXT_L food ($P < 0.05$). The coefficient of energy metabolization and the food ME content were higher for sunflower seed than for the formulated diets ($P < 0.05$). The excreta pH and score did not differ for the parrots fed the formulated diets (Table 5). Unfortunately, these parameters are not available for parrots fed sunflower seed. Only a tendency for higher acetate and total SCFA were verified for parrots fed the PEL food ($P < 0.084$). The BCFA were analyzed, but the results were below the detection limit of the method.

A period effect was observed for all evaluated serum biochemistry parameter ($P < 0.01$), as shown on Table 6. When compared after 90 of sunflower intake with after 160 days of formulated diets intake, glucose, triglyceride, cholesterol, total protein, albumin, and AST serum concentration reduced, and uric acid concentration increase ($P < 0.05$), resulting in a profound alteration of the metabolite profile of the parrots. No diet versus time interaction was observed, so that not effect of food processing were verified, and the final values of the intake of PEL, EXT_H, and EXT_L were similar.

Table 4 Nutrient intake during the digestibility study, coefficients of total tract apparent digestibility of nutrients, and metabolizable energy content of sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree for parrots (mean \pm standard error).

Item	Sunflower Seed (dehulled) *	Formulated Diets †			P value
		PEL	EXT _L	EXT _H	
Intake (g/kg ^{0.75} /day)					
Dry Matter	21.4 \pm 1.0	24.3 \pm 1.3	25.5 \pm 1.8	24.8 \pm 1.3	0.185
Crude protein	6.33 \pm 0.3	5.46 \pm 0.3	5.79 \pm 0.4	5.55 \pm 0.3	0.244
Acid-hydrolyzed fat	12.1 \pm 0.6 ^a	1.80 \pm 0.1 ^b	1.83 \pm 0.1 ^b	1.75 \pm 0.1 ^b	< 0.001
Starch	0.13 \pm 0.0 ^a	11.0 \pm 0.6 ^b	11.3 \pm 0.8 ^b	11.0 \pm 0.6 ^b	< 0.001
Metabolizable energy (kcal/kg ^{0.75} /day)	110 \pm 4.0 ^a	83.4 \pm 5.8 ^b	87.1 \pm 6.7 ^b	82.7 \pm 5.6 ^b	0.003
Coefficient of total tract apparent digestibility (%)					
Dry matter	81.3 \pm 2.1 ^a	69.5 \pm 2.1 ^b	67.5 \pm 2.2 ^b	66.7 \pm 1.7 ^b	< 0.001
Organic matter	87.4 \pm 0.5 ^a	78.0 \pm 1.6 ^b	76.0 \pm 1.7 ^b	76.0 \pm 1.4 ^b	< 0.001
Crude protein	84.0 \pm 1.0	76.5 \pm 3.9	78.5 \pm 3.5	77.9 \pm 3.2	0.082
Acid-hydrolyzed fat	97.5 \pm 0.2 ^a	90.8 \pm 0.6 ^b	90.4 \pm 0.8 ^{bc}	88.5 \pm 0.6 ^c	< 0.001
Starch	93.4 \pm 0.0 ^a	99.7 \pm 0.0 ^b	99.0 \pm 0.1 ^c	99.3 \pm 0.0 ^{bc}	< 0.001
Coefficient of energy metabolization (%)					
	87.3 \pm 0.5 ^a	76.0 \pm 1.6 ^b	74.3 \pm 1.7 ^b	73.4 \pm 1.4 ^b	< 0.001
Metabolizable energy (kcal/g of DM)					
	5.9 \pm 0.1 ^a	3.4 \pm 0.8 ^b	3.4 \pm 0.1 ^b	3.3 \pm 0.1 ^b	< 0.001

* values for the sunflower seed endosperm, without the hulls.

† PEL – coarse ground and pelletized; EXT_L – coarse ground and extruded; EXT_H – fine ground and extruded

^{a, b, c} – means in a row not sharing a common superscript differ (P<0.05).

Table 5 Excreta characteristics and fermentation products of parrots fed formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error).

Item	Formulated Diets *			P value
	PEL	EXT _L	EXT _H	
Excreta pH	6.6 \pm 0.3	6.5 \pm 0.2	6.5 \pm 0.3	0.612
Excreta score [†]	3.4 \pm 0.3	3.5 \pm 0.1	3.3 \pm 0.3	0.270
Excreta DM (%)	23.1 \pm 1.1	25.0 \pm 0.6	25.2 \pm 0.8	0.189
Fermentation products (mmol/kg of feces DM)				
Acetic acid	71.4 \pm 11.8	64.0 \pm 13.3	57.1 \pm 15.3	0.078
Propionic acid	4.1 \pm 0.3	4.0 \pm 0.2	3.9 \pm 0.4	0.809
Butyric acid	3.8 \pm 2.3	4.0 \pm 0.8	3.9 \pm 1.4	0.957
Total SCFA [‡]	141.5 \pm 23.0	128.1 \pm 25.3	114.9 \pm 27.9	0.084
Lactic acid	39.3 \pm 8.7	31.6 \pm 2.1	43.6 \pm 6.4	0.727
Ammonia	113.7 \pm 52.9	144.9 \pm 50.1	118.4 \pm 31.7	0.299

* PEL – coarse ground and pelletized; EXT_L – coarse ground and extruded; EXT_H – fine ground and extruded

[†] 1 = soft excreta, without tubular shape; 2= soft excreta, mal formed tubular shape; 3 = moderately soft excreta with tubular shape, not coiled; 4 = tubular shape well-formed and coiled; 5 = solid feces, tubular and coiled.

[‡] Total SCFA - total short-chain fat acids

As for the serum biochemistry parameters, no diet versus time interaction was verified for hematological parameters, and no effect of the formulated diets processing characteristics were observed (Table 7). A period effect was verified for hemoglobin, MCH, leucocytes, lymphocytes, and monocytes concentrations, increasing after formulated diet intake.

Table 6 Serum biochemistry parameters of parrots fed sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error).

Item	Period	Formulated Diets *			Mean	P value		
		PEL	EXT _L	EXT _H		Diet	Period	Diet * Period
Glucose (mg/dL)	Day 90 †	251.8 \pm 16.4	235.0 \pm 7.5	241.2 \pm 10.8	242.7 \pm 6.9	0.839	0.009	0.577
	Day 250 ‡	211.4 \pm 14.5	215.8 \pm 10.4	223.6 \pm 10.4	216.9 \pm 6.7			
	Mean	231.6 \pm 11.6	225.4 \pm 6.6	232.4 \pm 7.6				
Triglycerides (mg/dL)	Day 90	164.6 \pm 13.6	164.9 \pm 23.7	162.2 \pm 16.5	163.9 \pm 10.3	0.957	<0.001	0.984
	Day 250	112.1 \pm 14.6	114.3 \pm 8.8	107.0 \pm 10.2	111.1 \pm 6.4			
	Mean	138.3 \pm 11.4	139.6 \pm 13.6	134.6 \pm 11.3				
Cholesterol (mg/dL)	Day 90	267.2 \pm 18.5	266.1 \pm 9.1	257.7 \pm 15.1	263.6 \pm 8.3	0.762	<0.001	0.574
	Day 250	174.8 \pm 8.7	193.9 \pm 11.4	183.7 \pm 9.1	184.1 \pm 5.7			
	Mean	221.0 \pm 14.5	231.0 \pm 10.9	220.7 \pm 12.1				
Total Protein (g/dL)	Day 90	4.9 \pm 0.3	5.0 \pm 0.2	4.8 \pm 0.2	4.9 \pm 0.1	0.853	<0.001	0.980
	Day 250	3.6 \pm 0.1	3.7 \pm 0.1	3.6 \pm 0.1	3.6 \pm 0.1			
	Mean	4.2 \pm 0.2	4.3 \pm 0.2	4.2 \pm 0.2				
Albumin (g/dL)	Day 90	1.8 \pm 0.07	1.8 \pm 0.09	1.7 \pm 0.09	1.8 \pm 0.05	0.718	<0.001	0.820
	Day 250	1.6 \pm 0.05	1.6 \pm 0.05	1.6 \pm 0.05	1.6 \pm 0.04			
	Mean	1.7 \pm 0.06	1.7 \pm 0.05	1.6 \pm 0.05				
AST [§] (U/L)	Day 90	193.5 \pm 33.7	198.6 \pm 36.2	180.5 \pm 30.2	190.8 \pm 18.7	0.320	<0.001	0.159
	Day 250	138.7 \pm 11.0	80.90 \pm 23.6	121.4 \pm 9.0	113.6 \pm 19.7			
	Mean	166.1 \pm 31.7	139.7 \pm 25.0	150.9 \pm 16.7				

Uric Acid	Day 90	1.14 ± 0.4	1.11 ± 0.5	1.14 ± 0.5	1.13 ± 0.3	0.225	0.028	0.729
(mg/dL)	Day 250	1.17 ± 0.8	1.15 ± 0.8	1.16 ± 1.0	1.16 ± 0.5			
	Mean	1.15 ± 0.5	1.13 ± 0.5	1.15 ± 0.6				

* PEL – coarse ground and pelletized; EXT_L – coarse ground and extruded; EXT_H – fine ground and extruded

† after 90 days of sunflower seed intake.

‡ after 160 days of experimental formulated diets intake.

§ AST – aspartate aminotransferase.

Table 7 Hematological parameters of parrots fed sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error).

Item	Period	Formulated Diets *			Mean	P value		
		PEL	EXT _L	EXT _H		Diet	Period	Diet*Period
Red blood cells ($\times 10^6/\mu\text{L}$)	Day 90 †	2.7 \pm 0.06	2.9 \pm 0.06	2.8 \pm 0.07	2.8 \pm 0.04	0.559	0.851	0.157
	Day 250 ‡	3.0 \pm 0.18	2.5 \pm 0.23	2.9 \pm 0.27				
	Mean	2.9 \pm 0.10	2.7 \pm 0.12	2.8 \pm 0.14				
Hemoglobin (g/dL)	Day 90	13.2 \pm 0.5	12.6 \pm 0.6	12.4 \pm 0.4	12.7 \pm 0.3	0.626	< 0.001	0.326
	Day 250	14.8 \pm 0.5	14.5 \pm 0.6	15.5 \pm 0.6				
	Mean	14.0 \pm 0.4	13.5 \pm 0.5	14.0 \pm 0.5				
Hematocrit (%)	Day 90	44.5 \pm 0.7	47.3 \pm 0.9	46.3 \pm 1.0	46.0 \pm 0.5	0.437	0.171	0.130
	Day 250	44.4 \pm 1.5	43.4 \pm 1.8	46.6 \pm 1.8				
	Mean	44.4 \pm 0.8	45.3 \pm 1.1	46.4 \pm 1.0				
Mean corpuscular hemoglobin (pg/cel)	Day 90	48.6 \pm 1.6	43.9 \pm 2.2	44.1 \pm 1.2	45.5 \pm 1.0	0.952	< 0.001	0.094
	Day 250	51.0 \pm 3.3	57.8 \pm 3.5	57.0 \pm 3.8				
	Mean	49.8 \pm 1.8	50.5 \pm 2.6	50.5 \pm 2.5				
Mean corpuscular volume (fL)	Day 90	164.1 \pm 2.3	164.7 \pm 2.6	164.7 \pm 2.6	164.5 \pm 1.4	0.324	0.865	0.394
	Day 250	152.9 \pm 9.9	173.3 \pm 10.6	171.0 \pm 11.5				
	Mean	158.5 \pm 5.1	168.8 \pm 5.2	167.8 \pm 5.8				
Leucocytes (cel/ μL)	Day 90	4105 \pm 290	4947 \pm 343	4267 \pm 309	4440 \pm 188	0.300	0.002	0.963
	Day 250	6100 \pm 777	7350 \pm 734	6350 \pm 1360				
	Mean	5103 \pm 464	6148 \pm 481	5308 \pm 720				

Basophils (cel/ μ L)	Day 90	3.3 \pm 3.3	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	1,1 \pm 1.1	0.606	0.890	0.243
	Day 250	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	4.0 \pm 4.0	1.3 \pm 1.3			
	Mean	1.6 \pm 1.6	0.0 \pm 0.0	2.0 \pm 2.0				
Eosinophils (cel/ μ L)	Day 90	54.3 \pm 28.3	457.2 \pm 372.4	45.6 \pm 24.7	185.7 \pm 125.6	0.309	0.460	0.282
	Day 250	189.0 \pm 99.9	69.0 \pm 30.8	0.0 \pm 0.0	86.0 \pm 36.6			
	Mean	121.6 \pm 52.9	263.1 \pm 187.2	22.8 \pm 13.1				
Heterophils (cel/ μ L)	Day 90	2559.3 \pm 290.5	2950.3 \pm 372.7	2827.5 \pm 362.2	2779.0 \pm 193.9	0.419	0.686	0.584
	Day 250	2703.5 \pm 416.5	3020.0 \pm 414.5	2214.0 \pm 412.6	2645.8 \pm 239.0			
	Mean	2631.4 \pm 247.7	2985.1 \pm 271.4	2520.7 \pm 276.3				
Lymphocytes (cel/ μ L)	Day 90	1461.4 \pm 266.3	1879.3 \pm 409.0	1289.2 \pm 325.8	1543.3 \pm 194.3	0.455	< 0.001	0.584
	Day 250	3166.0 \pm 395.3	4092.5 \pm 357.9	4065.5 \pm 996.5	3774.7 \pm 372.2			
	Mean	2313.7 \pm 303.4	2985.9 \pm 366.6	2677.4 \pm 601.5				
Monocytes (cel/ μ L)	Day 90	27.6 \pm 14.7	34.8 \pm 19.3	53.6 \pm 29.4	38.69 \pm 12.4	0.917	0.024	0.633
	Day 250	110.5 \pm 49.7	120.5 \pm 23.4	82.0 \pm 29.8	104.3 \pm 20.3			
	Mean	69.1 \pm 27.0	77.7 \pm 17.7	67.8 \pm 20.6				

* PEL – coarse ground and pelletized; EXT_L – coarse ground and extruded; EXT_H – fine ground and extruded

† after 90 days of sunflower seed intake.

‡ after 160 days of experimental formulated diets intake.

On radiographic examination, all of the evaluated 80% of parrots presented increased radiopacity of the great cardiac vessels and caudal cava vein, suggestive of atherosclerosis (Figure 2). These alterations remained constant throughout the study, and did not differ comparing the first and last evaluations. For the radiographic parameters evaluated, the hourglass width and the hearth to liver ratio reduced on parrots after fed the formulated foods, in comparison with the consumption of sunflower seed ($P<0.05$), as shown on Table 8. No effect of formulated food processing was observed.

Figure 2. Radiographic image of Blue-fronted amazon parrot (*Amazona aestiva*) lateral position indicates presence of atherosclerosis.



Table 8 Radiographic parameters of parrots fed sunflower seed kernels and formulated diets with different starch gelatinization degree (mean \pm standard error)

Item	Period	Formulated Diets *			Mean	p Value		
		PEL	EXT _L	EXT _H		Diet	Period	Diet * Period
Heart width (mm)	Day 90 †	22.6 \pm 0.3	23.1 \pm 0.5	23.2 \pm 0.6	22.9 \pm 0.3	0.778	0.150	0.831
	Day 250 ‡	22.4 \pm 0.4	22.7 \pm 0.6	22.6 \pm 0.5	22.6 \pm 0.3			
	Mean	22.5 \pm 0.3	22.9 \pm 0.4	22.9 \pm 0.4				
Thorax width (mm)	Day 90	48.3 \pm 1.8	48.6 \pm 1.2	50.6 \pm 1.3	49.2 \pm 0.8	0.210	0.176	0.952
	Day 250	46.9 \pm 0.7	47.7 \pm 1.1	49.6 \pm 0.9	48.1 \pm 0.5			
	Mean	47.6 \pm 1.0	48.2 \pm 0.8	50.1 \pm 0.8				
Hourglass width (mm)	Day 90	14.5 \pm 0.8	16.0 \pm 1.1	16.7 \pm 1.3	16.6 \pm 0.6	0.312	0.015	0.720
	Day 250	15.2 \pm 1.0	17.2 \pm 0.9	17.3 \pm 1.2	15.7 \pm 0.6			
	Mean	14.9 \pm 0.7	16.6 \pm 0.7	17.0 \pm 0.9				
Liver width (mm)	Day 90	24.6 \pm 1.1	27.2 \pm 1.4	26.6 \pm 1.3	26.1 \pm 0.7	0.600	0.285	0.160
	Day 250	26.7 \pm 1.8	27.7 \pm 1.0	25.9 \pm 1.6	26.8 \pm 0.9			
	Mean	25.6 \pm 1.1	27.5 \pm 0.8	26.2 \pm 1.0				
Heart : Thorax ratio	Day 90	0.47 \pm 0.02	0.48 \pm 0.02	0.46 \pm 0.02	0.47 \pm 0.01	0.519	0.971	0.885
	Day 250	0.48 \pm 0.01	0.48 \pm 0.01	0.46 \pm 0.01	0.47 \pm 0.01			
	Mean	0.48 \pm 0.01	0.48 \pm 0.01	0.46 \pm 0.01				
Heart : Liver ratio	Day 90	0.93 \pm 0.04	0.86 \pm 0.04	0.89 \pm 0.04	0.89 \pm 0.02	0.453	0.047	0.199
	Day 250	0.86 \pm 0.04	0.82 \pm 0.02	0.89 \pm 0.04	0.86 \pm 0.02			
	Mean	0.90 \pm 0.03	0.84 \pm 0.02	0.89 \pm 0.02				

* PEL – coarse ground and pelletized; EXT_L – coarse ground and extruded; EXT_H – fine ground and extruded

† after 90 days of sunflower seed intake.

‡ after 160 days of experimental formulated diets intake.

Discussion

Few studies approach the type of feed processing, the nutrients digestibility and their results in amazon parrots metabolism. Considering the study hypothesis that the degree of grinding and cooking (gelatinization) of the feed is not so decisive for the digestibility, but modifies the metabolic response of food, three diets were proposed. The finely ground diet (0.5 mm) and extruded with high specific mechanical energy showed a higher starch gelatinization (98.8%) compared to diets ground with 2.0 mm sieve: extruded with low specific mechanical energy and pelleted (82.1% and 26.6% of starch gelatinization, respectively).

During the experimental period, parrots showed no significant changes in body weight by altering the diet intake with high energy content (sunflower) to less energetic diets (experimental diets). The constancy in body weight over the experiment time is compatible with the intake of diets according to their energy composition. Sunflower consumption was significantly lower when compared to experimental diets, however its metabolizable energy intake was similar for all formulated diets except for sunflower seeds.

When fed with high-energy diets birds reduce food intake and the expression of their eating behavior satisfying their daily energy needs (Koutsos et al., 2001; Rozek and Millam, 2011). Thus, the sunflower had high energy content, therefore there was less consumption in the natural matter when compared to the formulated diets, that had lower energetic value.

Despite the intake of the experimental diets were similar, the palatability test indicated preference of the parrots for the diet with an intermediary cooking (EXT_L). When testing the PEL feed versus EXT_H, it was verified that there was higher relative consumption for EXT_H diet. It is known that the palatability is a sensory analysis which involves physical and

chemical mechanisms, as the perception of odor, appearance, size, texture and consistency of the food (Aldrich & Koppel, 2015), thus, the diet processing is able to modify some of these factors changing the attractiveness of food. In the case of parrots the texture and consistency of diet appears to influence the food preference.

For the parrots there is no consensus and the methodology used to determine the digestibility might interfere in the evaluation. In this study, parrots presented differences in fat and starch digestibility of the feed processing type ($p < 0.001$). For these nutrients, the digestibility was higher when the parrots were fed a pelleted diet and with a coarse grinding, which was not observed in macaws fed with both diets, extruded and pelleted (Veloso Jr. et al., 2013) and African gray parrots with coarse and finely ground diets (Kalmar et al., 2007). Abd El-Khalek et al. (2009) verified that, for pigeons, the diet with a lower starch gelatinization content provided greater nutrient digestibility, opposite result to that observed in amazon parrots by Saad et al. (2007b).

The decrease of fat digestibility as the diet's starch gelatinization increases may be correlated with the lipids oxidation during the extrusion process with high temperatures and the formation of starch-lipids complexes. Besides, there is an increase in the intestinal viscosity under diets with high starch cooking, which reduces the fat emulsification changing the digestion and absorption (Abd El-Khalek et al., 2009). For the digestibility, when compared the formulated diets with sunflower based diet, this provided better nutrient digestibility for the amazon parrots (Saad et al., 2007b), results also verified in this study for the digestibility of dry matter, organic matter and the crude energy metabolization coefficient ($p < 0.001$).

Some nutrients that were not completely digested are fermented originating the intestinal fermentation end products, occurring mainly in the cecum (Józefiak et al., 2004). In

the case of parrots the absence of the cecum may be the main factor of the lower concentration of these products in the excreta. In this study the concentration of fermentation products (volatile fatty acids, ammonia and lactic acid), pH and fecal score did not differ among treatments, there was only a tendency to higher total acetic acid ($p = 0.078$) and total SCFA ($p = 0.084$) production in the PEL diet. So, there was no effect of the starch gelatinization in such parameters.

Conversely to what was seen in this study, diets with high starch gelatinization tend to increase the viscosity of the digest hindering the action of digestive enzymes in their substrate, modifying the structure and intestinal function (Abd El-Khalek et al., 2011). For example, changing the intestinal retention time can stimulate fermentation by bacteria and the formation of fermentation products (Abd El-Khalek et al., 2011). The studies Kalmar et al. (2007) found that fecal pH of African gray parrots fed with finely and coarsely ground diets showed no differences, however coarse diets improved the consistency of excreta ($p < 0.05$).

For macaws, the diet processing also influenced the metabolic response, and pelleted food with lower starch cooking resulted in lower glycemia (Veloso et al., 2013). For parrots, there were no changes in the hematological and biochemical parameters due the degree of gelatinization of the starch present in the diets ($p > 0.05$). This similar response between cooking diets can be understood as a physiological adaptation of parrots in digesting food in nature, being able to utilize the nutrients in their natural form.

When comparing the formulated diets with sunflower, the parameters analyzed (glucose, triglycerides, cholesterol, total protein, albumin and AST) showed a reduction in their concentrations ($p < 0.001$) after the intake formulated diets. Decreased glucose, serum triglycerides and cholesterol accompanied the decrease in liver enzymes (AST) are suggestive

of improvement in lipid metabolism with effects on liver function. In birds, all derived dietary lipids are incorporated by enterocytes, might being esterified in lipoprotein complexes (portomicrons) or be released directly into the bloodstream via the portal-hepatic system (Hermier, 1997). In the liver occur the metabolism of complex lipid and the synthesis of fatty acids. High-energy and high fat diets, as sunflower, can overload the liver, increasing lipogenesis, exceeding the capacity of synthesis and release of lipoproteins generating an accumulation of intra hepatic fat.

Diets as sunflower are rich in fats and deficient in vitamins and minerals, nutrients that are necessary for the formation of the organism's immune system. The unbalanced intake of foods does not provide the nutrients necessary for metabolism and thus induces the deficiencies in the immune system (Klasing & Leshchinsky, 1999). Proper nutrition acts providing substrates for the maintenance of immunological barriers and energy for the functioning of the defense cells (Korver, 2012) and modulating the intestinal environment, one of the main ports of entry for pathogens (Yegani & Korver, 2008), hindering the occurrence of secondary infections.

The feed, on the other hand, may be formulated to meet the animal requirements, maintaining homeostasis in the body. In this study, the experimental diets were formulated for parrot maintenance, out of the reproductive stage and molting. Thus, when meeting the nutritional needs of the parrots, it provided substrates for the proper functioning of physiological systems and showed no differences between treatments for the hematological parameters. Comparing sunflower intake period with the formulated diets, in both the hemoglobin values, MCH, total leukocytes, lymphocytes and monocytes were within the reference values for this species, but they were higher after consuming the formulated diets ($p < 0.05$). Whereas parrots showed no changes in their health throughout the experiment, it can

be inferred that there was an increase in the immune competence after the intake of feeds, regardless of starch gelatinization.

The increase in the serum concentration of lipids, especially cholesterol, is directly correlated to the formation of atheromatous plaques (Beaufrère, 2013). At the beginning of the experiment, parrots presented atherosclerotic lesions in large cardiac vessels and caudal cava vein. After ingestion of the formulated diets there was no remission of the changes, but adequate nutrient supply may influence reducing the progression of the atheromatous lesion.

As the quantitative results obtained in radiographs, ingestion of formulated diets may have influence on the morphological response of the heart and the liver, reducing the width of the hourglass (sunflower: 16.7 mm; experimental diets: 15.7 mm) formed by the heart and liver as well as reduction in relation heart - liver ($p < 0.05$). The decrease in the cardiac measurement maybe associated to improvement of cardiorespiratory system with increase of the hemoglobin concentration inside of the red blood cells. The liver enlargement associated to AST hepatic enzyme reduction maybe correlated with the glycogen accumulation due the higher contribution of carbohydrates provided by formulated diets. Although, this statement would only be confirmed through hepatic biopsy. Studies by Retmer et al. (2011) with macaws found similar values for cardiac (19.9 mm), hepatic (23.3 mm) and hourglass width (13.7 mm), as well as for the relationships between these organs, but the absence of measures for blue-fronted amazon parrots does not allow in-depth evaluation of the normality patterns of the analyzed organs.

Conclusion

With reduced fat compared to sunflower, highly energetic, promoted better responses in biochemical parameters, and assist in the control of metabolic disorders in parrots. Moreover, the formulated diets presented better nutritional profile than sunflower seed, featuring an increase in immunocompetence of the organism.

References

- AAFCO, 1994. Association of American Feed Control Officials Incorporated. Nutrition expert panel review: new rules for feeding pet birds. *Official Publication - Feed Management*, **49**.
- ABD EL-KHALEK, E.; KALMAR, I.; VAN WEYENBERG, S.; WERQUIN, G.; JANSSENS, G. P. J., 2009. Effect of starch gelatinization on nutrient digestibility and plasma metabolites in pigeons. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **93**, 359 – 365.
- ABD EL-KHALEK, E.; KALMAR, I.; PASMANS, F.; DUCATELLE, R.; WERQUIN, G.; DEVLOO, R.; JANSSENS, G. P. J., 2011. The effect of starch gelatinization degree on intestinal morphology, intestinal pH and bacteriology in pigeons. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **95**, 34 - 39
- ALDRICH, G. C.; KOPPEL, K., 2015. Pet Food Palatability Evaluation: A review of Standard Assay Techniques and Interpretation of Results with a Primary Focus on Limitations. *Animals*, **5**, 43 – 55.
- ALMOSNY, N. R. P.; MONTEIRO, A. O., 2007. Patologia Clínica. In: CUBAS, Z. S.; SILVA, J. C. R.; CATÃO-DIAS, J. L. *Tratado de Animais Selvagens Medicina Veterinária*, São Paulo, SP.
- AOAC - Association of the Official Chemists, 2002: Official and tentative methods of Analysis. 18. ed. Arlington, *AOAC International*.
- BAVELAAR, F. J.; BEYNEN, A. C., 2004. Atherosclerosis in parrots. A review. *Veterinary Quartely*, **26**, 50-60.
- BEAUFRÈRE, H., 2013. Atherosclerosis: comparative pathogenesis, lipoprotein metabolism, and avian and exotic companion mammal models. *Journal of Exotic Pet Medicine*, **22**, 320 -335.
- CAMPBELL, T. W., 2012: Clinical Chemistry of Birds. In: THRALL, M. A.; WELSER, G.; ALLISON, R. W.; CAMPBELL, T. W. *Veterinary Hematology and Clinical Chemistry*, 2. (ed.), Willey-Blackwell, Oxford, 582–598.

- CARCIOFI, A. C.; PRADA, C. S.; MORI, C. S.; PRADA, F., 2003. Evaluation of Fruit-Seed Based Diets for Parrots (*Amazona* sp.): I-Determination of Digestibility, Nitrogen Balance, Consumption and Metabolizable Energy. *ARS Veterinária*, **19**, 288-293
- CARCIOFI, A. C.; DUARTE, J. M. B.; MENDES, D.; OLIVEIRA, L. D., 2006: Food Selection and Digestibility in Yellow-Headed Conure (*Aratinga jandaya*) and Golden-Caped Conure (*Aratinga auricapilla*) in Captivity. *The Journal of Nutrition*, **136**, 1-3.
- CARCIOFI, A. C.; SANFILIPPO, L. F.; DE-OLIVEIRA, L. D.; DO AMARAL, P. P.; PRADA, F., 2008. Protein requirements for Blue-fronted Amazon (*Amazona aestiva*) growth. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **92**, 363 – 368.
- DONELEY, B., 2010: *Avian Medicine and Surgery in Practice*. Manson, London.
- EL-KHALEK, E. A.; KALMAR, L.; WEYENBERG, S. V.; WERQUIN, G.; JANSSENS, G. P. J., 2009. Effect of starch gelatinisation on nutrient digestibility and plasma metabolites in pigeons. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **93**, 359-365.
- ERWIN, E. S.; MARCO, G. J.; EMERY, E. M., 1961: Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, **44**, 1768-1771.
- FENTON, T. W.; FENTON, M., 1979: An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. *Canadian Journal of Animal Science*, **30**, 631-634.
- GOLDENFARB, P.B.; BOWYER, F.P.; HALL, E.E.; BROSIUS, E., 1971 Reproducibility in the hematology laboratory: the microhematocrit determination. *American Journal Clinical Pathology*, **56**, 35-39.
- HENDRIX, D. L., 1993: Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Science*, **25**, 1306-1311.
- HERMIER, D., 1997. Lipoprotein Metabolism and Fattening in Poultry. *American Society for Nutritional Sciences*, 805S – 808S.
- JACOBS, C. M.; UTTERBACK, P. L.; PARSONS, C. M., 2010. Effects of corn particle size on growth performance and nutrient utilization in young chicks. *Poultry Science*, **89**, 539-544.
- JÓZEFIAK, D.; RUTKOWSKI, A.; MARTIN, S. A., 2004. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. *Animal Feed Science and Technology*, **113**, 1-15.

- KALMAR, L. D.; WERQUIN, G.; JANSSENS, G. P. J., 2007. Apparent nutrient digestibility and excreta quality in African grey parrots fed two pelleted diets based on coarsely or finely ground ingredients. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **91**, 210-216.
- KAMPHUES, J.; WOLF, P.; HEISLER, K.; FRÖMBLING, M., 2001. Feed Composition and Digestive Capacity in Parrots. *Second European Zoo Nutrition Conference*, Southampton, United Kingdom.
- KOLLIAS, G. V.; KOLLIAS, H. W., 2000: Feeding Passerine and Psittacine Birds. In: Hand, M. S.; Thatcher, C. D.; Remillard, R. L.; Roudebush, P.; Novotny, B. J. *Small Animal Clinical Nutrition*. 5 (ed.), Marceline, Walsworth.
- KORVER, D. R., 2012. Implications of changing immune function through nutrition in poultry. *Animal Feed Science and Technology*, **173**, 54 – 64.
- KOUTSOS, E. A.; MATSON, K. D.; KLASING, K. C., 2001. Nutrition of Birds in the Order Psittaciformes: A Review. *Journal of Avian Medicine and Surgery*, **15**, 257 – 275.
- KLASING, K. C.; LESHCHINSKY, T. V., 1999. Interactions Between Nutrition and Immunity. In: GERSHWIN, M. E.; GERMAN, J. B.; KEEN, C. L. *Nutrition and Immunology Principles and Practice*, Totowa, NJ.
- PRYCE, J. D., 1969: A modification of the Barker-Summerson method for the determination of lactic acid. *The Analyst*, **94**, 1121-1151.
- RETTMER, H.; DEB, A.; WATSON, R.; HATT, J. M.; HAMMER, S., 2011. Radiographic measurement of internal organs in Spix's Macaws (*Cyanopsitta spixii*). *Journal of Avian Medicine and Surgery*, **25**, 254-258.
- RIAZ, M.N., 2007. Extruders and Expaders in Pet Food, Aquatic and Livestock Feeds. Agrimedia, Clenze.
- RÖHE, I.; RHUHNKE, I.; KNORR, F.; MADER, A.; BOROOJENI, F. G.; LÖWE, R.; ZENTEK, J., 2014. Effects of grinding method, particle size, and physical form of the diet on gastrointestinal morphology and jejunal glucose transport in laying hens. *Poultry Science*, **93**, 2060-2068.

- ROSSKOPF JR., W. J.; WOERPEL, R. W., 1991. Pet avian conditions and syndromes of the most frequently species seen in practice. *Veterinary Clinical North America: Small Animal Practice*, **21**, 1189-1212.
- ROZEK, J. C.; MILLAM, J. R., 2011. Preference and motivation for different diet forms and their effect on motivation for a foraging enrichment in captive Orange-winged Amazon parrots. (*Amazona amazonica*). *Applied Animal Behaviour Science*, **129**, 153 – 161.
- SAAD, C. E. P.; FERREIRA, W. M.; BORGES, F. M. O.; LARA, L. B., 2007a. Avaliação do Gasto e Consumo Voluntário de Rações Balanceadas e Semente de Girassol para Papagaios-Verdadeiros (*Amazona Aestiva*). *Ciência Agrotecnológica*, **31**, 1176-1183.
- SAAD, C. E. P.; FERREIRA, W. M.; BORGES, F. M. O.; LARA, L. B., 2007b. Avaliação Nutricional de Rações Comerciais e Sementes de Girassol para Papagaios-Verdadeiros (*Amazona aestiva*). *Ciência Agrotecnológica*, **31**, 1493-1499.
- SALES, J.; DE SCHUTTER, L.; JANSSENS, G. P. J., 2004: The Use Of Internal Markers To Determine Metabolizable Energy And Digestibility Of Diets In The African Grey Parrot (*Psittacus erithacus*). *Vlaams Diergeneeskundig Tijdschrift*, **73**, 176-181.
- SIBBALD, I.R., 1982. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Canadian Journal of Animal Science*, **62**, 983-1048.
- ULLREY, D. E.; ALLEN, M. E.; BAER, D. J., 1991: Formulated Diets Versus Seed Mixtures for Psittacines. *American Institution of Nutrition*, **121**, 193-205.
- VELOSO JÚNIOR, R. R.; SAKOMURA, N. K.; KAWAUCHI, I. M.; MALHEIROS, E. B.; CARCIOFI, A. C., 2013: Effects of food processing and fibre content on the digestibility, energy intake and biochemical parameters of Blue-and-gold macaws (*Ara ararauna* L. – Aves, Psittacidae). *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **98**, 251-261.
- WERQUIN, G. J. D. L.; DE COCK, K. J. S.; GHYSELS, P. G. C., 2005: Comparison of the Nutrient Analysis of Parrot Diets. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, **89**, 215–221.
- YEGANI, M.; KORVER, D. R., 2008. Factors Affecting Intestinal Health in Poultry. *Poultry Science*, **87**, 2052-2063.

Zanotto, D.L.; Belaver, C., 1996: Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. *Comunicado Técnico EMBRAPA – Suíno e Aves*, **215**, 1-5.

Appendix 1. Hematological and biochemical parameters of reference for the genus *Amazona* sp.

Parameters	Unit	Reference Values
Red blood cells	(x10 ⁶ /μL)	2.6 - 3.5
Hemoglobin	(g/dL)	13.8 - 17.9
Hematocrit	(%)	44 - 56
Mean corpuscular hemoglobin	(pg/cel)	44.7 - 58.6
Mean corpuscular volume	(fL)	156 - 194
Leucocytes	(cel/μL)	6000 - 13000
Basophils	(cel/μL)	0 - 130
Eosinophils	(cel/μL)	0 - 130
Heterophils	(cel/μL)	1980 - 9360
Lymphocytes	(cel/μL)	1320 - 8450
Monocytes	(cel/μL)	0 - 130
Glucose	(mg/dL)	246 - 389
Triglycerides	(mg/dL)	62.4 - 323
Cholesterol	(mg/dL)	100 - 270
Total Protein	(g/dL)	3.5 - 6.5
Albumin	(g/dL)	1.9 - 3.52
Aspartate Aminotransferase (AST)	(U/L)	146 - 408
Uric Acid	(mg/dL)	2.3 - 10