

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CRESCIMENTO E DIGESTIBILIDADE DE DIETAS COM DIFERENTES TEORES
DE FIBRA PARA A TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA - *Podocnemis expansa***

CAUÊ GUION DE ALMEIDA
Zootecnista

JABOTICABAL - SP
Julho - 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CENTRO DE AQUICULTURA
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CRESCIMENTO E DIGESTIBILIDADE DE DIETAS COM DIFERENTES TEORES
DE FIBRA PARA A TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA - *Podocnemis expansa***

CAUÊ GUION DE ALMEIDA

Orientador: Prof. Dr. **AUGUSTO SHINYA ABE**

Tese apresentada ao Programa de Pós-
Graduação em Aquicultura, como parte das
exigências para obtenção do título de Doutor.

JABOTICABAL - SP

Julho - 2011

Almeida, Cauê Guion de
A447c Crescimento e digestibilidade de dietas com diferentes teores de fibra para a tartaruga-da-Amazônia - *Podocnemis expansa* / Cauê Guion de Almeida. -- Jaboticabal, 2011
xiv, 93 f. ; 29 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Centro de Aquicultura, 2011
Orientador: Augusto Shinya Abe
Banca examinadora: Francisco Tadeu Rantin, Denis Vieira de Andrade, Luiz Edivaldo Pezzato, Roberto Goiten
Bibliografia

1. Herbivoria. 2. Fibra. 3. *Podocnemis expansa*. I. Título. II. Jaboticabal-Centro de Aquicultura.

CDU 598.132:636.085.2

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

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

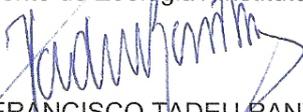
TÍTULO: CRESCIMENTO E DIGESTIBILIDADE DE DIETAS COM DIFERENTES TEORES DE FIBRA PARA A TARTARUGA-DA-AMAZÔNIA – *Podocnemis expansa*

AUTOR: CAUÊ GUION DE ALMEIDA

ORIENTADOR: Prof. Dr. AUGUSTO SHINYA ABE

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Aquicultura , pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. AUGUSTO SHINYA ABE
Departamento de Zoologia / Instituto de Biociências de Rio Claro


Prof. Dr. FRANCISCO TADEU RANTIN
Departamento de Ciências Fisiológicas, Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos


Prof. Dr. DENIS OTAVIO VIEIRA DE ANDRADE
Departamento de Zoologia / Instituto de Biociências de Rio Claro


Prof. Dr. LUIZ EDIVALDO PEZZATO
Departamento de Melhoramento e Nutrição Animal / Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia de Botucatu


Prof. Dr. ROBERTO GOITEIN
Departamento de Zoologia / Instituto de Biociências de Rio Claro

Data da realização: 21 de junho de 2011.

Dedico

Aos meus pais Maria Leine Guion de Almeida e Sérgio Augusto Gonçalves de Almeida, por todo amor, atenção, compreensão e estrutura para eu chegar até aqui, mas principalmente pelos ensinamentos e valores que me passaram ao longo desses anos.

A minha filha Tarsila Guion de Oliveira e Almeida, luz da minha vida, por sua existência, energia, alegria, bagunça e amor. Mas, principalmente, por ser minha companheirinha de toda hora e meu alicerce no momento de maior dificuldade da minha vida. Estou aqui hoje por sua causa.

A minha outra filha, que ainda não escolhemos o nome e que chegará em dezembro, que será a segunda estrela que ilumina minha vida.

A minha irmã Inaê, a Marilene e a toda minha família, primos, tio, avós e amigos.

“A engenharia cai sobre as pedras
Um curupira já tem o seu tênis importado
Não conseguimos acompanhar o motor da história
Mas somos batizados pelo batuque
E apreciamos a agricultura celeste
Mas enquanto o mundo explode
Nós dormimos no silêncio do bairro
Fechando os olhos e mordendo os lábios
Sinto vontade de fazer muita coisa”

Chico Science

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Augusto Shinya Abe pela orientação, confiança, paciência, ensinamentos, exemplo, cobranças e por ter viabilizado a realização de toda nossa pesquisa, tanto no mestrado como no doutorado.

Ao Prof. Dr. Luiz Edivaldo Pezzato e a Profa. Dra. Margarida Maria Barros pelo apoio desde o momento de formulação das ideias dos trabalhos até a utilização do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos e do Laboratório de Bromatologia para preparo das rações e realização das análises, além da disponibilidade em ajudar e participar da banca de defesa da tese.

Ao Prof. Dr. Nabor Veiga por ter me apresentado o manejo da vida silvestre ainda na graduação e pelo espaço cedido no Setor de Animais Silvestres para instalação dos animais e realização dos experimentos em Botucatu.

Ao Prof. Dr. Ricardo Orsi por ter viabilizado a manutenção dos animais no Setor de Apicultura, quando este passou a funcionar nas instalações que antes pertenciam ao Setor de Animais Silvestres, até a destinação final dos animais.

Ao Prof. Dr. Antônio Celso Pezzato pela realização das análises de energia e ao Prof. Dr. Heraldo César Gonçalves e ao Prof. Wellington Jorge Cavalcanti Lundgren pela realização das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. Francisco Tadeu Rantin, ao Prof. Dr. Denis Vieira de Andrade, ao Prof. Dr. Roberto Goiten, ao Prof. Dr. Cleo Alcantara Costa Leite e a Profa. Dra. Verônica Oliveira Vianna pela disponibilidade em ajudar e participar da banca de defesa da tese.

A amiga Vera Lúcia Ferreira Luz, coordenadora de Conservação e Manejo de Répteis e Anfíbios do Centro de Conservação e Manejo de Répteis e Anfíbios – RAN/ICMBio, pelo incentivo a realização dessa pesquisa e por ter me aberto a porta ao trabalho e a essa vida com os quelônios e sua conservação, motivo de minhas pesquisas.

Ao Isaiás José dos Reis, a Yeda Soares de Lucena Bataus e a todos os amigos do RAN/ICMBio pela atenção durante o trâmite de nosso projeto, além do trabalho de coleta na natureza e fornecimento dos filhotes de tartaruga-da-Amazônia utilizados nos experimentos.

Ao Centro de Aquicultura da UNESP, através de seus docentes e funcionários, que permitiu a realização de meu mestrado e doutorado.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES pela concessão da bolsa de doutorado.

Ao Zootecnista João Manoel Cordeiro Alves, gerente de Aquicultura da GUABI, pela atenção e presteza na disponibilização dos ingredientes utilizados na formulação das rações experimentais.

Ao Igo, Vivian, João, Carol e todo pessoal do Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos de Botucatu pela ajuda em várias etapas desta pesquisa, do preparo de ração à realização das análises.

Aos funcionários do Jacarezário de Rio Claro, Fernando e Marcelo, e do Setor de Animais Silvestres de Botucatu, Mauro, pela ajuda na recepção, transporte e manutenção dos filhotes em cativeiro.

A técnica do Laboratório de Bromatologia da Zootecnia, Gisele, pela ajuda na realização das análises.

Aos amigos Leandro (Ueré), Fabiola (Catota), Márcio (Moscou), Ricardo (Loid), André (Gandola), Rogério, Rodrigo, Shana, Dario (Salame), Fábio (Mocho), Flávio (Tang), Marcos (Xucro), Alexandre (Collor), Kelly (Paçoca), Fernanda (Facão), Gustavo (Mineiro), Gustavo (Bilo), Bruna (Isolada), Talita (Leucena), Otávio (Pitchu), David (Liso) e todos os amigos da Grão de Boi, Thiago (Balboa), Janaína (Iguana), Ana Gisela (Geléia), Cátia, Denise e Ozzy (em memória) por todos estes anos de Botucatu e Jaboticabal. A Roberta (Maha), companheira que dará luz a minha segunda filha.

A cada brasileiro que se dedica a construir um país mais justo e socialista e ajuda a preservar nossa natureza, nossa cultura e nossos valores. E a todos brasileiros que, através dos impostos cobrados sobre seu trabalho, permitem que a universidade pública possa produzir os conhecimentos que produzimos.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	vii
GLOSSÁRIO DE NOMES CIENTÍFICOS	ix
GLOSSÁRIO DE SIGLAS	xi
RESUMO GERAL	xiii
ABSTRACT GERAL	xiv
CAPÍTULO I	
CONSIDERAÇÕES INICIAIS	1
Introdução.....	2
Referências Bibliográficas.....	4
CAPÍTULO II	
REVISÃO DE LITERATURA	7
Fibra na Alimentação Animal.....	8
Nutrição de Quelônios e Herbivoria.....	13
Referências Bibliográficas.....	36
CAPÍTULO III	
Crescimento da tartaruga-da-Amazônia - <i>Podocnemis expansa</i> alimentada com diferentes níveis de fibra na dieta	48
Resumo.....	49
Abstract.....	50
Introdução.....	51
Material e Métodos.....	52
Resultados e Discussão.....	53

Conclusões.....	58
Referências Bibliográficas.....	59
CAPÍTULO IV	
Digestibilidade de dietas com diferentes níveis de fibra para a tartaruga-da- Amazônia - <i>Podocnemis expansa</i>.....	67
Resumo.....	68
Abstract.....	69
Introdução.....	70
Material e Métodos.....	71
Resultados e Discussão.....	74
Conclusões.....	80
Referências Bibliográficas.....	80
CAPÍTULO V	
CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	92

LISTA DE TABELAS

	Página
CAPÍTULO III	
Tabela 1 - Composição percentual das dietas experimentais, na matéria natural....	64
Tabela 2 - Valores médios para comprimentos e larguras iniciais e finais, crescimento de comprimento e largura da carapaça, peso vivo, ganho de peso e conversão alimentar da tartaruga-da-Amazônia em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	65
Tabela 3 - Índices relativos de comparação (IRC) do ganho de comprimento e largura de carapaça e plastrão, altura do casco, ganho de peso e conversão alimentar, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	66
CAPÍTULO III	
Tabela 1 - Composição percentual das dietas experimentais, na matéria natural.....	87
Tabela 2 - Valores médios dos coeficientes de disponibilidade aparente da matéria mineral, cálcio e fósforo, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	88
Tabela 3 - Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	88
Tabela 4 - Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	89
Tabela 5 - Índices relativos de comparação (IRC) da disponibilidade aparente da matéria mineral, cálcio e fósforo e da digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, energia bruta, fibra bruta, fibra em detergente	

neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	89
Tabela 6 - Valores médios da matéria mineral, cálcio e fósforo total e disponível, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	90
Tabela 7 - Valores médios da matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia total e digestível, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	90
Tabela 8 - Valores médios da fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose total e digestível, em função dos teores de fibra bruta na dieta.....	91

GLOSSÁRIO DE NOMES CIENTÍFICOS

Quelônios

Batrachemys raniceps (Família Chelidae)

Caretta caretta - Tartaruga cabeçuda (Família Cheloniidae)

Chelonia mydas - Tartaruga verde (Família Cheloniidae)

Chelus fimbriatus - Matá-matá (Família Chelidae)

Emydura macquarii - Tartaruga australiana de pescoço curto (Família Chelidae)

Geochelone carbonaria - Jabuti piranga (Família Testudinidae)

Geochelone denticulata - Jabuti tinga (Família Testudinidae)

Geochelone gigantea - Jabuti gigante de Aldabra (Família Testudinidae)

Gopherus agassizi - Jabuti do deserto (Família Testudinidae)

Gopherus polyphemus - Jabuti da Flórida (Família Testudinidae)

Kinixys spekii (Família Testudinidae)

Ocadia sinensis - Tartaruga chinesa de pescoço listrado (Família Geoemydidae)

Phrynops Geoffroanus - Cágado de barbicha (Família Chelidae)

Phrynops hylarii - Cágado de lagoa (Família Chelidae)

Podocnemis expansa - Tartaruga-da-Amazônia (Família Podocnemididae)

Podocnemis sextuberculata - Iaçá (Família Podocnemididae)

Podocnemis unifilis - Tracajá (Família Podocnemididae)

Pseudemys nelsoni - Cágado de barriga vermelha da Flórida (Família Emydidae)

Terrapene carolina triunguis (Família Emydidae)

Terrapene ornata (Família Emydidae)

Testudo graeca – Jabuti grego (Família Testudinidae)

Testudo hermanni - Jabuti mediterrâneo (Família Testudinidae)

Testudo pardalis - Jabuti leopardo (Família Testudinidae)

Trachemys dorbigni - Tigre d'água brasileiro (Família Emydidae)

Trachemys scripta elegans - Tigre d'água americano (Família Emydidae)

Crocodilianos

Alligator mississippiensis - Aligador americano (Família Alligatoridae)

Crocodilus niloticus - Crocodilo do Nilo (Família Crocodylidae)

Lagartos

Iguana iguana - Iguana (Família Iguanidae)

Serpentes

Natrix maura - Cobra de água viperina (Família Colubridae)

Peixes

Oreochromis niloticus - Tilápia do Nilo (Família Cichlidae)

Piaractus mesopotamicus - Pacu (Família Characidae)

Rhamdia quelen - Jundiá (Família Pimelodidae)

GLOSSÁRIO DE SIGLAS

AGV - Ácidos graxos voláteis

AOAC - Association of Official Analytical Chemistry

CAUNESP - Centro de Aquicultura da Universidade Estadual Paulista

Ca:P - Cálcio:Fósforo

Cr₂O₃ - Óxido de cromo-III

Cresc. - Crescimento

FB - Fibra bruta

FDA - Fibra em detergente ácido

FDN - Fibra em detergente neutro

IB - Instituto de Biociências

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBDF - Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade

IRC - Índice Relativo de Comparação

MT - Mato Grosso

RAN - Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Répteis e Anfíbios

SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética

SDS - Dinâmica específica de ação (Specific dynamic action)

UAST - Unidade Acadêmica de Serra Talhada

UNESP - Universidade Estadual Paulista

UFRPE - Universidade Federal Rural de Pernambuco

UFV - Universidade Federal de Viçosa

RESUMO GERAL

Com base no hábito alimentar da espécie, no potencial dos quelônios em utilizar matéria vegetal e na importância da fibra e de seus constituintes para alimentação animal, esta pesquisa estudou o crescimento da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*), a disponibilidade de minerais e a digestibilidade dos nutrientes em dietas com diferentes teores de fibra bruta. Os estudos foram realizados na Universidade Estadual Paulista (UNESP), entre maio e novembro de 2008, com duração de sete meses, utilizando 160 exemplares de tartaruga-da-Amazônia provenientes do município de Ribeirão Cascalheira, região do Rio das Mortes/MT, Brasil. O aumento nos teores de fibra na dieta até 16% melhorou o crescimento da tartaruga-da-Amazônia, onde as características de crescimento apresentaram os maiores valores. Entre 16 a 20% de fibra na dieta o crescimento das tartarugas diminuiu. O maior crescimento se deu com teores semelhantes aos encontrados na dieta natural da espécie, reforçando seu potencial para utilização de dieta herbívora. A disponibilidade de minerais e a digestibilidade dos nutrientes foram influenciadas pelos teores de fibra na dieta. A tartaruga-da-Amazônia apresenta elevado potencial de digestão da fibra dietética, comparável ao de ruminantes e outros répteis herbívoros, com sua digestibilidade aumentando com o aumento do teor de fibra na dieta.

ABSTRACT GERAL

Taking in consideration the potential the chelonians have for using vegetal matter and based on the eating habit of the specie and on the importance of fiber and its constituents for animal feeding, the present study aimed at evaluating the growth of the Arrau sideneck turtle (*Podocnemis expansa*) fed with diets of different contents of crude fiber and the availability of minerals and the digestibility of nutrients. This study was carried out Universidade Estadual Paulista (UNESP), between the months of May and November, 2008, and lasted seven months. The turtles used were 160 specimens of the Arrau sideneck turtle from Projeto Quelônios da Amazônia, State of Mato Grosso. The increase in the contents of fiber in the diet up to 16% improved the Arrau sideneck turtle's growth, when the growth characteristics showed their best values. In diets including 20% of fiber, the turtle's growth decreased. In diets including between 16 and 20% of fiber, the turtle's growth decreased. The highest rate occurred when using contents similar to those found in the natural diet of the species, corroborating its potential to use herbivore diet. The availability of minerals and the digestibility of nutrients were influenced by the contents of fiber in the diet. The Arrau sideneck turtle presents a high potential for dietary fiber digestion, comparable to that of the ruminants and other herbivore reptiles, with its digestibility increasing as the contents of fiber increase.

CAPÍTULO I

CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Introdução

A Amazônia sempre apresentou histórico como potencial fornecedor de alimento e outros produtos extrativistas. Com a fauna silvestre bastante apreciada na culinária local e representando as poucas chances de sustento na região, as espécies amazônicas sempre sofreram intensa pressão antrópica. Os quelônios amazônicos estão entre os animais que mais sofreram esta intervenção e a tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) é o representante da ordem mais procurado pelos caçadores, ribeirinhos e indígenas (Alfinito et al., 1973; Alfinito, 1975; Smith, 1979a).

A principal utilização de animais jovens e adultos era para fornecimento de carne, por ser fonte de proteína de excelente qualidade para os humanos. Além de sua utilização como fonte de carne, a carapaça dos quelônios era usada como bacia, instrumento agrícola ou era queimada e sua cinza misturada com barro para fabricação de potes. Seus escudos extraídos serviam para confecção de bolsas, pentes, aros para óculos, grampos e fivelas. A pele do pescoço era utilizada como algibeira de tabaco ou esticada para fabricação de tamborins e a gordura misturada com resina e usada para impermeabilizar barcos, também sendo comercializada para utilização na farmacologia (Smith, 1979a).

Os ovos das tartarugas eram usados como fonte de proteína e na forma de manteiga. Entre 1885 e 1894 entraram oficialmente em Belém cerca de 120 toneladas de manteiga de tartaruga. Essa manteiga era feita com os ovos das tartarugas, após serem amassados, misturados com água e deixados ao sol por várias horas para o óleo subir a superfície. Esse óleo, manteiga ou azeite de tartaruga era muito procurado para cozinhar e iluminar, representando importante comércio na região (Veríssimo, 1895). Cerca de 48 milhões de ovos eram destruídos a cada ano para suprir a demanda local e o comércio em algumas regiões da Amazônia (Smith, 1979b).

No final de 1975, restaurantes em Manaus ainda ofereciam carne de animais silvestres, sem incluí-los no cardápio. Wetterberg et al. (1976) realizaram estudo com entrevistas pessoais para identificar as espécies da fauna silvestre mais procuradas em restaurantes de Manaus. Dentre as 15 espécies preferidas estavam três espécies de quelônios, sendo que a tartaruga-da-Amazônia foi a mais citada, na frente da paca, veado, anta, porco do mato (catetos e queixadas), tatu, capivara, pato do mato, tracajá, cutia, jabuti, jiboia, codorna, marreca e macaco guariba, citados nesta ordem. O peso ideal para capturar as tartarugas era de 28,82 kg e para os tracajás de 9,40 kg. Havia grande interesse dos restaurantes, 78,78% deles, em trabalhar com fauna amazônica. A tartaruga foi considerada, seguido pela paca, veado, anta e porco do mato, como de preparo mais fácil e maior interesse em incluir no cardápio. Tartaruga, tracajá, cutia, veado e tatu apresentavam maior potencial de lucro.

Assim, o consumo de tartarugas era socialmente apreciado pelas classes abastadas e o comércio ilegal economicamente importante como fonte de renda para os menos favorecidos, que as capturavam e apanhavam seus ovos para suprir essa demanda. Essa exploração predatória se intensificou com a construção da rodovia Transamazônica, que facilitou o acesso às regiões mais distantes e iniciou o processo de ocupação e uso inadequado dos recursos naturais, provocando pressão intensa sobre a fauna e a flora (Reva et al., 1989). Tanto que na década de 70 a tartaruga-da-Amazônia chegou a ser indicada para compor a lista de animais ameaçados de extinção. Caso a predação continuasse na escala mencionada, a tartaruga entraria em processo de extinção (Alfinito et al., 1973; Alfinito, 1975).

Visando evitar o risco de extinção desses quelônios, trabalhos de conservação passaram a ser realizados pelo Governo Federal a partir de 1964, onde se atuou controlando as populações dessas espécies por meio da proteção de matrizes em seus habitats e sítios de reprodução, impedindo a predação de seus ovos e fazendo o manejo e soltura de milhões de filhotes na natureza após os dias de maior risco de predação dos filhotes após o nascimento,

realizando educação ambiental e incentivando a criação em criadouros comerciais legalizados, desestimulando a caça predatória e o comércio ilegal pela oferta legal de tartarugas e seus subprodutos.

A criação comercial de quelônios amazônicos foi normalizada pelas Portarias 142-N de 30 de dezembro de 1992 (criação em cativeiro de *Podocnemis expansa* e *P. unifilis*) e 070 de 23 de agosto de 1996 (comercialização de produtos e subprodutos de *P. expansa* e *P. unifilis*) e pela Instrução Normativa 169 de 20 de fevereiro de 2008 (institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro em território brasileiro, visando atender às finalidades socioculturais, de pesquisa científica, de conservação, de exposição, de manutenção, de criação, de reprodução, de comercialização, de abate e de beneficiamento de produtos e subprodutos). No entanto, as tecnologias para o sucesso dessa criação não estão ainda bem definidas, apesar da rusticidade dos animais. Os maiores entraves são as técnicas de abate e o escoamento da produção, a sustentabilidade na produção de filhotes com a reprodução em cativeiro e o manejo alimentar, uma vez que a base da alimentação desses animais ainda é a ração balanceada para peixes.

Considerando a carência de informações científicas na área e a necessidade de se desenvolver a criação e conservação de quelônios, aliado ao hábito alimentar da espécie e à importância da fibra na dieta animal, a pesquisa teve por objetivo estudar o crescimento da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) alimentada com dietas com diferentes teores de fibra bruta e verificar o aproveitamento dos constituintes dessa fibra pela espécie.

Referências Bibliográficas

ALFINITO, J.A. Preservação da tartaruga-da-Amazônia. **Brasil Florestal**, Brasília, v. 6, n. 21, p. 20-23, 1975.

- ALFINITO, J.A.; VIANNA, C.M., VALLE, R.C.; SILVA, M.M.F. **Preservação da tartaruga-da-Amazônia**. Manaus: IBDF, 1973. 110 p.
- BRASIL. Instrução Normativa 169, de 20 de fevereiro de 2008. Anexos. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 36, p. 62-72, 22.02.2008.
- BRASIL. Instrução Normativa 169, de 20 de fevereiro de 2008. Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro em território brasileiro, visando atender às finalidades socioculturais, de pesquisa científica, de conservação, de exposição, de manutenção, de criação, de reprodução, de comercialização, de abate e de beneficiamento de produtos e subprodutos, constantes do Cadastro Técnico Federal (CTF) de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 35, p. 57-59, 21.02.2008.
- BRASIL. Portaria 70, de 23 de agosto de 1996. Normaliza a comercialização de produtos e subprodutos das espécies de quelônios *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*, provenientes de criadouros comerciais regulamentados pelo IBAMA. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 165, p. 16390-16391, 26.08.1996.
- BRASIL. Portaria 142, de 30 de dezembro de 1992. Normatiza a criação em cativeiro das espécies de quelônios *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*, em criadouros com finalidade comercial, partindo de filhotes, nas áreas de distribuição geográfica. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 14, p. 922-923, 21.01.1992.
- REVA, E.; BALENSIEFER, M.; SILVA, R.H.B. **Projeto Quelônios da Amazônia: 10 anos**. Brasília: IBAMA, 1989. 119 p.
- SMITH, N.J.H. Aquatic turtles of Amazonia: An endangered resource. **Biological Conservation**, v. 16, n. 3, p. 165-176, 1979.
- SMITH, N.J.H. Destructive exploitation of the South American river turtle. **Yearbook of the Association of Pacific Coast Geographers**, v. 36, p. 85-102, 1979.

VERISSIMO, J. **A Pesca na Amazônia**. 1. ed. Rio de Janeiro/São Paulo: Livraria Clássica de Alves & Cia., 1895. 207 p.

WETTERBERG, G.B.; BRITO, W.L.S., FERREIRA, M.; ARAÚJO, V.C. Espécies da fauna amazônica potencialmente preferidas para consumo nos restaurantes de Manaus. **Brasil Florestal**, v. 7, n. 25, p. 59-69, 1976.

CAPÍTULO II

REVISÃO DE LITERATURA

Fibra na Alimentação Animal

Os carboidratos representam um dos maiores grupos de compostos orgânicos encontrados na natureza e, junto com as proteínas, são os principais constituintes dos organismos vivos, sendo abundante fonte de energia. São sintetizados por hidrólise, onde são obtidas glucose e frutose (Bobbio & Bobbio, 2003).

Os carboidratos são classificados em monossacarídeos, oligossacarídeos e polissacarídeos. Monossacarídeos são carboidratos mais simples, que não podem ser hidrolisados a açúcares de menor peso molecular, como a glucose, manose, galactose, xilose, arabinose e frutose. O monossacarídeo existente em maior quantidade na natureza é a D-glucose, encontrada na forma livre e único constituinte dos polissacarídeos amido, celulose e glicogênio. Oligossacarídeos são os carboidratos de cuja hidrólise resultam até dez unidades de monossacarídeos, como a maltose, celobiose, lactose, isomaltose e sacarose. Polissacarídeos são polímeros de alto peso molecular formados por um grande número de monossacarídeos. São formados pela condensação de monossacarídeos ou seus derivados, unidos por ligações glicosídicas. Os polissacarídeos de menor peso molecular são, na maioria, solúveis em água, e a solubilidade diminui com o aumento do peso molecular e com a maior ou menor facilidade com que as moléculas se associam. Os polissacarídeos mais insolúveis são os presentes nas paredes celulares dos vegetais, onde tem a função de reforçar sua estrutura (Bobbio & Bobbio, 2003).

Fibra bruta é a porção dos carboidratos totais que resiste à hidrólise ácida e alcalina (Nogueira & Souza, 2005). Segundo Weiss (1993), é o componente estrutural das plantas (parede celular) e a fração menos digestível dos alimentos. É formado por polissacarídeos não amiláceos (celulose, hemicelulose e pectinas) ligados com lignina, proteínas, ácidos graxos, ceras e outras substâncias (McDougall et al., 1996). Na nutrição animal, está relacionado à

digestibilidade e valores energéticos, ingestão de alimentos e fermentação ruminal (Mertens, 1992).

Segundo Morgado & Galzerano (2009), a quantidade adequada e a qualidade da fibra na dieta de animais herbívoros não ruminantes é de fundamental importância na saúde intestinal, prevenindo distúrbios digestivos e evitando a proliferação de bactérias patogênicas causadoras de enterites, cólicas e diarreias. A fibra promove o funcionamento normal do trato digestivo regulando o trânsito da digesta, influenciando assim na velocidade de passagem da digesta e no padrão fermentativo, mantendo a integridade da mucosa intestinal e prevenindo vícios de comportamentos e desordens digestivas. O aporte de fibra também fornece energia pela sua fermentação.

As fibras são divididas em solúveis e insolúveis em água. As fibras solúveis em água (pectinas e algumas hemiceluloses) atuam regulando a digestão e absorção intestinal e as fibras insolúveis em água (celulose e lignina) atuam aumentando o bolo alimentar e diminuindo o tempo de trânsito gastrointestinal, não sendo digeridas pelas enzimas endógenas de animais monogástricos (Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003).

O aumento nos teores de fibra insolúvel na dieta diminui o tempo de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, estimulando fisicamente as paredes do trato e aumentando a motilidade e a taxa de passagem. Provoca também a diluição da energia da dieta, levando a um aumento compensatório no consumo para que se atinjam os níveis energéticos exigidos para cada fase. Essa fibra insolúvel mantém a integridade da parede celular durante a passagem da digesta pelo intestino delgado, mantendo a capacidade de hidratação, limitando o acesso das enzimas digestivas ao conteúdo celular (amido, proteína, entre outros) e diminuindo a digestão e absorção dos nutrientes (Warner, 1981; Vanderroof, 1998; Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003). Fibras insolúveis diminuem a atividade de enzimas como amilase, lipase, tripsina e quimiotripsina (Kritchevsky, 1988) e aumentam a retenção de água

no bolo alimentar, dificultando a ação dos sais biliares e enzimas digestivas (Montagne et al., 2003). O aumento no volume de alimento, provocado pela ingestão de materiais indigestíveis, aumenta a velocidade de passagem do alimento pelo trato digestivo (Choct, 1997).

Segundo Larbier & Leclerq (1992), a fibra insolúvel pode aumentar a quantidade de substratos endógenos e exógenos responsáveis pela fermentação bacteriana na região cecólica dos animais monogástricos, onde a população bacteriana é mais diversa e mais ativa do que nas demais regiões do trato digestivo. O aumento da secreção de fluídos endógenos, provocado pelos elevados níveis de fibra insolúvel, reduz o tempo de trânsito da dieta pelo aumento da ação do peristaltismo (Wenk, 2001). O trânsito mais acelerado, segundo Guillon & Champ (2000), está associado à diminuição do pH e conseqüente aumento da quantidade de substratos que chega ao cólon e do volume fecal. Segundo Argenzio (1988), o tempo de trânsito depende do volume e distensão gástrica, estímulos primários para o aumento da motilidade gástrica. Segundo Bedford (1995), a maior retenção do bolo alimentar pode permitir maior multiplicação da microflora do intestino grosso e sua migração para o intestino delgado, provocando competição pelo alimento com o hospedeiro e a produção de metabólicos tóxicos.

O teor de fibra solúvel na dieta provoca uma maior viscosidade do trato gastrintestinal, dificultando a ação das enzimas e sais biliares e reduzindo a digestão e absorção dos nutrientes, além de levar a um trânsito mais lento da digesta (Bedford & Classen, 1992; Ferreira, 1994; Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003).

A fibra tem uma fração indigestível e outra potencialmente digestível. Seu processo de digestão consiste na hidrólise dos polissacarídeos e a conversão dos monossacarídeos resultantes em ácidos graxos voláteis (AGV), gases da fermentação e calor. Esses ácidos graxos voláteis podem ser usados como fonte de energia e seu processo influenciar a absorção e deposição de gordura e o metabolismo do colesterol e alterar a fisiologia, o metabolismo e

as características do epitélio intestinal (Tamminga et al., 1990; Ferreira, 1994; Zhao et al., 1995; Knudsen, 2001).

A celulose é o composto orgânico encontrado com maior frequência na natureza e um dos principais constituintes da parede celular dos vegetais. Faz parte das fibras dietéticas, matéria vegetal resistente à digestão das enzimas do trato intestinal. É constituída somente de cadeias não ramificadas de D-glucopirranose unidas por ligações β -1,4, em número que varia de 100 a 200 resíduos (Bobbio & Bobbio, 2003). Estas cadeias se unem através de pontes de hidrogênio formando as microfibrilas de celulose de 30 a 100 cadeias de diâmetro, sendo que o grau de cristalinidade destas fibrilas ou a presença de outros polímeros associados à matriz celulósica influenciam a suscetibilidade da molécula de celulose à hidrólise enzimática microbiana (Van Soest, 1994).

A celulose é insolúvel em água, ácidos e álcalis, e solúvel em solução amoniacal de hidróxido cúprico, sendo dificilmente hidrolisada totalmente, a não ser pela enzima celulase (Bobbio & Bobbio, 2003). Os animais monogástricos não possuem enzimas digestivas capazes de realizar a digestão da celulose, trabalho realizado pelos microrganismos presentes no trato digestivo através da celulase, que hidrolisa as ligações glicosídicas e expõe as unidades de glicose para absorção. Essa flora microbiana que produz celulase e degrada a parede celular está presente principalmente no ceco e cólon do intestino grosso (Wolim, 1981; Bijlani, 1985; Madar & Thorne, 1987; Lehninger, 1991).

A hemicelulose é uma série de polissacarídeos complexos presentes nas paredes celulares dos vegetais, associada à celulose e lignina por ligações frágeis, facilmente rompidas (Bobbio & Bobbio, 2003). Em células maduras, encontram-se mais associadas à lignina por ligações covalentes do que a outros polissacarídeos, tornando-se indisponíveis à solubilização (Giger-Reverdin, 1995). São menores que a celulose, constituídas principalmente por

unidades de D-xilose, D-arabinose, D-galactose, D-manose e D-ramnose (Bobbio & Bobbio, 2003).

A lignina é um polímero complexo formado a partir da redução enzimática dos ácidos *p*-cumárico, ferúlico e sinápico em seus respectivos álcoois cumarílico, coniferílico e sinapílico, que se condensam por um processo oxidativo e formam macromoléculas reticuladas. Sua composição, estrutura e quantidade variam de acordo com o tecido, órgãos, origem da planta, idade da planta e fatores ambientais (Akin, 1989).

A parede celular também é constituída, em menor quantidade, por proteínas lignificadas, ligadas à lignificação e com função estrutural, e sílica. Presentes em pequenas quantidades, estes compostos influenciam as características físico-químicas da parede e podem ter efeitos nos processos de digestão e absorção dos componentes da parede e do conteúdo celular (Van Soest, 1994).

A análise da fibra bruta é feita por meio de uma sequência de extrações com digestões ácidas e alcalinas ou básicas, metodologia estabelecida há mais de um século pelo método de Weende (AOAC, 1995). A extração ácida remove amidos, açúcares e parte da pectina e hemicelulose dos alimentos e a extração básica remove proteínas, pectinas, hemicelulose remanescente e parte da lignina. No entanto, devido à solubilização de polissacarídeos estruturais e da lignina, este método mede apenas uma fração pequena e variável dos componentes fibrosos, precisando ser revista (Mertens, 1992; Knudsen, 2001).

As metodologias que vem sendo utilizadas são baseadas na solubilidade da fibra em diferentes detergentes e foram determinadas por Van Soest (1963). O conteúdo celular (proteínas, gorduras, carboidratos solúveis, pectinas e outros constituintes solúveis em água) é separado da parede celular (parte insolúvel) por meio de um detergente neutro. Essa parte insolúvel (FDN) é constituída, basicamente, de celulose, hemicelulose, lignina e proteína lignificada. A fibra em detergente ácido (FDA) mede somente a celulose e a lignina,

permitindo calcular a hemicelulose por diferença. (Van Soest, 1963; Nogueira & Souza, 2005).

Nutrição de Quelônios e Herbivoria

Os quelônios possuem bicos córneos que, além de usados para apreensão dos alimentos, funcionam como defesa. A mandíbula tem potente musculatura e quebra facilmente os alimentos. A língua é curta e firmemente aderida ao assoalho da boca, com a glote localizada posteriormente. As glândulas salivares produzem muco, mas não produzem enzimas digestivas. O estômago, intestino delgado, fígado, pâncreas e vesícula biliar produzem enzimas. Nos animais jovens, o ceco é pouco desenvolvido, aumentando de volume à medida que cresce. Isso sugere aumento na dieta vegetal ao longo do desenvolvimento. A parte final do tubo digestório termina na cloaca, composta pelo ânus e pelos orifícios urinário e genital (Luz & Reis, 1999; Mader, 1996). Segundo Hildebrand (1995), o intestino dos répteis é moderadamente enovelado com comprimento de meio a duas vezes o corpo do animal, sendo mais longo nos quelônios.

Moreira & Loureiro (1992) estudaram a anatomia do trato digestivo de exemplares jovens de *Podocnemis expansa* mantidos por quatro anos em cativeiro e com tamanho de 18,2 a 35,9 cm de comprimento de carapaça. O trato compreende o esôfago, estômago, intestino delgado, intestino grosso e reto. O intestino delgado é a porção do piloro até a válvula ileocólica e o intestino grosso é a porção da válvula ileocólica até a cloaca. Havia presença de papilas cornificadas no terço anterior do esôfago e os exemplares maiores apresentavam uma expansão em forma de bolsa no intestino grosso. Essa bolsa apresentou histologia diferente do resto do intestino grosso e foi sugerido como adaptação para favorecer a atividade celulolítica com o crescimento dos quelônios. Quanto às papilas no esôfago, podem prevenir a

regurgitação de alimentos devido à mudança de pressão durante o mergulho, macerar determinados alimentos ou representar adaptação ao ambiente aquático, pois jabutis não apresentaram estas estruturas. O estômago e o intestino delgado representam importante papel na digestão, representando, respectivamente, 70,6 e 15,1% do conteúdo do trato. O intestino grosso representa 14,3% do conteúdo total.

Luz et al. (2003) estudaram exemplares de *Podocnemis expansa* com média de 592,56 g de peso e 16,41 cm de comprimento de carapaça. O estômago se apresentou como maior volume do trato digestório, com 44,2%, seguidos pelo intestino delgado e intestino grosso com 28,68% e 20,93%, respectivamente. O estômago ainda apresentou capacidade de armazenamento em relação ao trato de 69,65% e, junto com o intestino delgado, desempenham importante função na digestão dos alimentos. O comprimento do trato gastrointestinal foi de 72,75 cm, com o intestino delgado e o intestino grosso medindo 46,68 cm e 13,99 cm de comprimento, respectivamente. Lopes (2006) também estudou o trato digestivo da tartaruga-da-Amazônia e encontrou estômago achatado, com a região pilórica bem desenvolvida, e encurvado. O intestino delgado é longo e bastante enovelado e o intestino grosso começa com uma dilatação e apresenta o ceco bem curto. Santos et al. (2010), encontrou as mesmas características para o tracajá (*Podocnemis unifilis*), com a diferença de que essa espécie apresenta uma constrição dividindo o estômago em duas porções.

Segundo Malvasio et al. (2002), o esôfago de *Podocnemis* é um tubo longo, cilíndrico, cor bege, limitando-se cranialmente com a cavidade oral e caudalmente com o estômago, estendendo-se ao longo do terço cranial da cavidade pleuroperitoneal, acoplado à face ventral da aorta dorsal e dorsal ao coração. O estômago apresenta cor bege, forma de C invertida, cilíndrico em *P. sextuberculata*. Em *P. expansa* e *P. unifilis*, observa-se uma constrição mediana, definindo as porções cranial e caudal. A porção cranial é proporcionalmente expandida e com paredes mais espessas e a porção caudal é cilíndrica e com paredes finas,

seguida pelo intestino. O intestino é tubular, cor bege e ocupa os dois terços caudais da cavidade pleuroperitoneal. O intestino delgado apresenta várias alças intestinais, sendo a mais cranial, a duodenal. Nesta região desembocam os ductos biliares e pancreáticos. O intestino grosso e o reto se abrem ventralmente à cloaca. Produtores de enzimas, o fígado é conspicuamente desenvolvido e ocupa a maior porção do antímero direito da cavidade visceral, e o pâncreas apresenta formato alongado e cor esbranquiçada, ficando entre a face medial do estômago e a face cranial do duodeno. Exemplos recém-eclodidos apresentaram o saco vitelínico aderido ao intestino delgado.

P. expansa com menos de um ano (5,57 cm de comprimento de carapaça e 30,17 g de peso vivo) apresentam intestino delgado com 9,14 cm e intestino grosso com 2,15 cm de comprimento, com um a cinco anos (10,06 cm de comprimento de carapaça e 173,08 g de peso vivo) apresentam intestino delgado com 20,02 cm e intestino grosso com 3,91 cm de comprimento e com mais de cinco anos (25,96 cm de comprimento de carapaça e 2,03 kg de peso vivo) apresentam intestino delgado com 51,7 cm e intestino grosso com 13,1 cm de comprimento. *P. unifilis* com menos de um ano (4,25 cm de comprimento de carapaça e 16,16 g de peso vivo) apresentam intestino delgado com 7,87 cm e intestino grosso com 1,86 cm de comprimento, com um a cinco anos (8,69 cm de comprimento de carapaça e 121,39 g de peso vivo) apresentam intestino delgado com 15,49 cm e intestino grosso com 4,15 cm de comprimento e com mais de cinco anos (14,44 cm de comprimento de carapaça e 429,05 g de peso vivo) apresentam intestino delgado com 39,62 cm e intestino grosso com 9,7 cm de comprimento. *P. sextuberculata* com menos de um ano (4,34 cm de comprimento de carapaça e 12,1 g de peso vivo) apresentam intestino delgado com 5,1 cm e intestino grosso com 1,64 cm de comprimento. A relação entre o comprimento do intestino e o comprimento da carapaça foi de 2,03 para animais com menos de um ano, 2,38 para animais de um a cinco anos e 2,5 para animais com mais de cinco anos para *P. expansa*, 2,29 para animais com

menos de um ano, 2,27 para animais de um a cinco anos e 3,42 para animais com mais de cinco anos para *P. unifilis* e 1,55 para animais com menos de um ano para *P. sextuberculata*. Estas relações sugerem que o aumento no tamanho do intestino pode estar relacionado ao maior consumo de vegetal com o aumento da idade e que o intestino maior em relação a quelônios carnívoros pode estar relacionado à dieta vegetal (Malvasio et al., 2002).

Segundo Pough et al. (2004), a maioria dos répteis são carnívoros, alguns onívoros e poucos estritamente herbívoros. Plantas são consumidas por alguns lagartos e quelônios, sendo que os animais onívoros selecionam as partes mais digestíveis das plantas, principalmente frutos e flores, que estão disponíveis sazonalmente, com estes animais utilizando-as oportunisticamente.

A tartaruga-da-Amazônia é um animal onívoro oportunista, predominantemente herbívoro. O espectro de itens de que se alimenta é amplo e inclui frutos, flores, sementes, talos, raízes e folhas arbóreas e herbáceas, além de insetos, crustáceos, moluscos e peixes (Luz, 2005). Segundo Molina & Rocha (1996), são predominantemente herbívoras na natureza, aceitando carne e peixe em cativeiro. Para Ernst & Barbour (1989), são predominantemente herbívoras, comendo frutos, flores, raízes e plantas aquáticas, e aceitando carne e peixe em cativeiro. Pritchard & Trebbau (1984) observaram que o conteúdo estomacal de *Podocnemis expansa* apresentava dieta herbívora e pequena quantidade de alimentos de origem animal.

Segundo Mader (1996), onívoros mamíferos se alimentam mais de proteína e gordura durante o crescimento do que adultos em manutenção, sendo que jovens répteis podem apresentar esta mesma exigência. Quelônios aquáticos onívoros, por exemplo, se alimentam mais de peixe (proteína e gordura) do que plantas (carboidratos) quando jovens e crescem mais rápido com níveis mais altos de proteína. Essa necessidade de proteína animal nos jovens e a mudança de hábito com a idade foi observada para *Chelonia mydas* (Wood &

Wood, 1981) e para *Trachemys scripta* (Clark & Gibbons, 1969; Hart, 1983). *C. mydas* é carnívora durante o primeiro ano de vida e muda gradualmente para dieta vegetal com aumento da idade, sendo predominantemente herbívora quando adulta, digerindo bem a celulose. *T. scripta* também são mais carnívoros quando jovens, mudando gradualmente a dieta e se tornando herbívoros ou carnívoros oportunistas quando adultos. Segundo Clark & Gibbons (1969), a mudança na dieta pode estar relacionada aos níveis de cálcio na dieta e na carapaça. Na carapaça, há diferença de baixo cálcio nos jovens e alto cálcio nos adultos. Nos alimentos animais, o teor de cálcio é substancialmente mais alto e, durante os primeiros dois anos, os animais aumentam o teor de cálcio na carapaça, aumentando a dureza da carapaça e apresentando maiores condições de sobrevivência.

Malvasio et al. (2003) estudaram o comportamento e preferência alimentar da *Podocnemis expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata* em cativeiro. A dieta continha verduras, frutas, outros vegetais, peixe e carne bovina, além de presas vivas (minhocas, grilos e tenébrios) e foram observados animais com menos de um ano, de um a cinco anos e com mais de cinco anos. O comportamento foi semelhante entre as espécies e faixa etárias e as fases compreendem o forrageio, perseguição, apreensão, dilaceração e ingestão para presas vivas e as fases de forrageio, aproximação, reconhecimento olfativo, apreensão, dilaceração e ingestão para alimentos sem mobilidade. A apreensão se dá pelo abocanhamento, sendo que algumas vezes há sucção da presa inteira. Foi observado neustofagia em *P. unifilis*, que segundo Belkin & Gans (1968) é uma estratégia alimentar de alguns Podocnemididae os quais ingerem partículas suspensas na água com o pescoço num ângulo de 45° em relação à superfície e abrem a boca por um tempo, depois fechando com a ingestão das partículas. A localização dos alimentos e presas provavelmente se dá pela visão e olfato e a dilaceração ocorre com auxílio dos membros anteriores alternadamente. A ingestão se dá por sucção gradual por meio de movimentos com a boca e a cabeça. Foi observado cleptoparasitismo

(interação entre animais que consiste no furto ou roubo de itens alimentares já coletados ou processados), onde mesmo com disponibilidade uma espécie tentava tirar o alimento que estava com a outra. Quando o alimento foi fornecido fora da água, a apreensão acontecia fora e todas as outras fases aconteciam dentro da água. As três espécies apresentaram comportamento de limpeza bucal, onde movimentam os membros anteriores sobre a cabeça e a boca para eliminar restos alimentares (Malvasio et al., 2003).

No estudo sobre preferência alimentar, Malvasio et al. (2003) forneceram carne, couve, tomate, cenoura, mamão e maçã aos quelônios. Ocorreu aumento significativo no consumo de vegetais com o aumento da idade e os animais tiveram preferência pelo alimento fornecido dentro da água. *P. expansa* menores que um ano consumiram 19,1% de vegetais e 80,9% de carne, de um a cinco anos consumiram 36,7% de vegetais e 66,3% de carne e com mais de cinco anos consumiram 51,6% de vegetais e 48,4% de carne. *P. unifilis* menores que um ano consumiram 27,4% de vegetais e 72,6% de carne, de um a cinco anos consumiram 30,8% de vegetais e 69,2% de carne e com mais de cinco anos consumiram 36,8% de vegetais e 63,2% de carne. *P. sextuberculata* menores que um ano consumiram 1% de vegetais e 99% de carne. *P. expansa* e *P. unifilis* apresentaram hábitos onívoros e *P. sextuberculata* apresentou hábito carnívoro em cativeiro (Malvasio et al., 2003). *Phrynops geoffroanus* e *Phrynops hilarii*, espécies predominantemente carnívoras da família Chelidae, apresentam as mesmas fases de comportamento e cleptoparasitismo em cativeiro (Molina, 1990; Molina et al., 1998).

Almeida et al. (1986) estudaram o conteúdo estomacal e realizaram levantamento junto aos habitantes locais sobre as espécies utilizadas pelos quelônios do gênero *Podocnemis*, no Baixo Rio Xingu, Estado do Pará. Foram identificadas 32 espécies vegetais, pertencentes às famílias Leguminosae (21,87%), Gramineae (12,5%), Nymphaeaceae, Palmae e Pontederiaceae (6,25%), Annonaceae, Cabombaceae, Polygonaceae, Sapotaceae, Chrysobalanaceae, Onagraceae, Euphorbiaceae, Simaroubaceae, Scrophulariaceae,

Rubiaceae, Alismataceae, Eriocaulaceae, Cyperaceae, Marantaceae e Araceae (3,12%). Também foi identificado o consumo de Algae. Entre as espécies há plantas de várzea ou aquáticas, com hábitos arbóreos, arbustivos, herbáceos e sarmentosos. 53,1% das espécies são consumidas na forma de planta inteira e animais mais jovens preferem plantas aquáticas, de deglutição mais fácil. Frutos representam 34,4% e sementes representam 12,5% da dieta. Foram identificadas *Cabomba pubescens*, *Polugonum acuminatum*, *Campsandra laurifolia*, *Couepia paraensis*, *Macrolobium pendulum*, *Hevea brasiliensis*, *Genipa spruceana*, *Paspalum repens*, *Thalia geniculata*, *Astrocaryum jauari*, *Montrichardia linifera*, *Eichhornia crassipes*, *Eichhornia azurea*, *Hymenachne amplexicaulis*, entre outras. O hábito mais diversificado foi observado por *P. expansa*, com a utilização de 97% das plantas levantadas, seguido por *P. unifilis* e *P. sextuberculata*, que utilizam, respectivamente, 84,3% e 62,5% das plantas levantadas.

Portal et al. (2002) estudaram as espécies vegetais utilizadas por *Podocnemis unifilis* na região do Pracuúba, Estado do Amapá, por meio de entrevistas com moradores das margens dos rios e lagos das áreas estudadas. Foram identificadas 35 espécies de plantas que provavelmente fazem parte da dieta dos tracajás. As espécies estão distribuídas em 21 famílias, sendo as mais representativas a Leguminosae (22,81%), Gramineae (8,57%), Pontederiaceae, Rubiaceae, Palmae, Burseraceae e Meliaceae (5,71%). Araceae, Borraginaceae, Polygonaceae, Nymphaeaceae, Chrysobalanaceae, Annonaceae, Simaroubaceae, Sapindaceae, Myrtaceae, Melastomataceae, Ochnaceae, Myrsinaceae, Commelinaceae e Marantaceae contribuem com uma espécie (2,85%). Dentre as espécies identificadas, 12 apresentam teor de proteína maior que 10%, quatro teor de lipídio maior que 10%, nove teor elevado de fibra bruta, seis mais que 5% de matéria mineral, seis mais que 1% de cálcio e cinco mais que 0,2% de fósforo. Como fonte de proteína se destacam *Commelina longicaulis*, *Polygonum acuminatum*, *Aeschymene sensitiva*, *Macrolobium acaciaefolium* e

Oryza grandiglumes, respectivamente com teores de 20,78%, 20,19%, 18,93%, 17,06% e 15,0%. Como fonte de lipídio se destacam *Cordia tetrandia*, *Psychotria ceysulina* e *Paulinia pinata*, com teores de 26,0%, 12,7% e 11,1%. Como fonte de fibra se destacam *Inga edulis*, *Protium opacum*, *Oryza alta*, *Eichhornia crassipes* e *Hymenachne amplexicaulis*, com teores de 41,8%, 40%, 37,8%, 35% e 33%. Como fonte de cálcio se destacam *Genipa sp.*, *Eichhornia azurea*, *Eichhornia crassipes*, *Anona sp.* e *Aeschymene sensitiva*, com teores de 1,9%, 1,64%, 1,6%, 1,44% e 1,07%. Como fonte de fósforo se destacam *Astrocaryum jauari*, *Eichhornia azurea*, *Psychotria ceysulina*, *Oryza grandiglumes* e *Cordia tetrandia* com teores de 2,18%, 0,35%, 0,23%, 0,21% e 0,21%.

O conteúdo estomacal de cinco espécies de quelônios foi estudado no rio Guaporé, Costa Marques, Estado de Rondônia. *P. unifilis* consumiram 89,46% de vegetais e apenas 1,15% de matéria animal, com a dieta composta de 39% de frutos e sementes, 28,6% de unidades vegetais não identificados, 9,4% de talos e brotos, 1,4% de folhas, 0,8% de raízes e 1,1% de matéria animal. As famílias de plantas Convolvulaceae, Leguminosae, Euphorbiaceae e Poaceae foram encontradas, respectivamente, em 73,01%, 53,97%, 48,01% e 36,07% dos conteúdos. Também foram encontrados itens das famílias Sapotaceae, Ebenaceae, Ulmaceae, Moraceae, Phytolaceae, Annonaceae, Lauraceae, Menispermaceae, Quiinaceae, Bonnetiaceae, Meliaceae, Malpighiaceae, Polygalaceae, Aquifoliaceae, Celastraceae, Violaceae, Myrtaceae, Lecythydaceae, Melastomataceae, Myrsinaceae, Rubiaceae, Lentibulariaceae, Pontederiaceae e Cyperaceae, além de Monocotyledonea e Chlorophyta. A matéria animal continha insetos, crustáceos, moluscos e, principalmente, peixes, que foi mais importante em animais jovens. Não houve diferença entre os conteúdos nas estações de vazante e cheia e os machos se alimentaram mais de talos, enquanto as fêmeas preferiram frutos e sementes. *P. expansa* consumiram 97,6% de vegetais e apenas 0,004% de peixes. A dieta incluía 25,1% de frutos e sementes e 72,5% de folhas e talos de plantas não

identificadas. As frutas pertenciam às famílias Leguminosae, Euphorbiaceae e Convolvulaceae e as sementes às famílias Annonaceae, Leguminosae, Sapotaceae e Rubiaceae. No entanto, poucos exemplares foram observados. *Phrynops geoffroanus* consumiram 47,96% de matéria animal e 51,65% de vegetais, sendo 35,6% de sementes de frutos, 1,9% de algas, 0,1% de folhas, 14,1% de matéria vegetal não identificada, 29,8% de peixes, 10,5% de insetos, 4,6% de camarões, 2,4% de caranguejos e 0,6% de anfíbios. *Batrachemys raniceps* consumiram 69,4% de gastrópodes, 13,9% de crustáceos e 16,7% de vegetais, sendo 14,71% da família Myrtaceae. *Chelus fimbriatus* se alimentaram 100,0% de peixe (Teran, 1992; Teran et al., 1995).

Rodrigues et al. (2004) estudaram a composição nutricional da dieta de *Podocnemis expansa* na Reserva Biológica do Rio Trombetas, Estado do Pará, por meio da determinação de seu conteúdo estomacal. Os animais jovens, capturados na natureza e com comprimento de carapaça inferior a 50 cm, apresentaram hábitos onívoros com preferência por vegetais e consumiram 68% de vegetais e 4% de matéria animal, enquanto os demais componentes do conteúdo eram pedras e material digerido. Entre os vegetais se destacaram as folhas, seguido de sementes, talos e palmitos. Entre a matéria animal existiam principalmente ossos e moluscos. A dieta apresentou 16,84% de proteína bruta, 6,5% de extrato etéreo, 16,85% de fibra bruta, 36,05% de matéria mineral e 6087 kcal/kg de energia bruta. O teor de fibra encontrado no estômago da tartaruga-da-Amazônia foi relativamente elevado, o que pode significar uma necessidade de consumo de alimentos contendo alto teor de fibra para dar a sensação de saciedade uma vez que as fibras são de difícil digestão, justificando assim os jejuns prolongados efetuados por *P. expansa*, o que também se justificaria pelo elevado teor de material já digerido encontrado no estômago. Segundo Mader (1996), répteis herbívoros consomem de 15% a 35% de proteína, menos que 10% de extrato etéreo, mais que 50% de carboidratos e de 10% a 40% de fibra.

Moskovits & Bjorndal (1990) estudaram a preferência alimentar em *Geochelone carbonaria* e *G. denticulata*, na Ilha de Maracá, Estado de Roraima. A dieta não difere entre as espécies, que se alimentam de gramas, folhas, videiras, raízes, frutas, cogumelos, restos de vertebrados, insetos, caracóis, terra, areia e seixo. Os alimentos mais consumidos foram os frutos (46,7%), seguidos pelas flores (26,45%), talos, folhas e raízes (12,9%), terra, areia e seixos (6,55%), folhas mortas (4,3%), cogumelos (2,1%) e animais (1%). Dentre as frutas e flores, foram identificadas espécies das famílias Anacardiaceae, Annonaceae, Araceae, Bromeliaceae, Burseraceae, Chrysobalanaceae, Lecythidaceae, Melastomataceae, Moraceae, Passifloraceae, Palmae, Rubiaceae, Sapotaceae, Theophrastaceae, Bignoniaceae e Cochlospermaceae.

Os alimentos aceitos por *G. carbonaria* e *G. denticulata*, constantes na floresta, são ricos em fibra bruta e pobres em proteína, fósforo e minerais, com cálcio abundante e alta relação Ca:P. No entanto, os jabutis não pegam o primeiro alimento que encontram. Eles forrageiam, reconhecem os alimentos com o olfato e são capazes de selecioná-los. E os alimentos preferidos por estas espécies apresentam bons níveis de proteína, fósforo e minerais e níveis menores de fibra bruta, cálcio e relação Ca:P. Os alimentos aceitos apresentavam média de 55,27% de fibra bruta, 43,44% de fibra em detergente ácido, 19,87% de celulose e 9,71% de lignina e os alimentos preferidos apresentavam média de 38,47% de fibra bruta, 25,87% de fibra em detergente ácido, 11,3% de celulose e 7,4% de lignina. Primariamente oportunistas, se alimentando de acordo com a dieta oferecida na estação ou região, ingerem itens variados buscando adequado balanço de nutrientes. Ainda podem funcionar como efetivos dispersores de sementes, uma vez que apresentam tendência a engolir alimentos inteiros (Moskovits & Bjorndal, 1990).

Segundo Bjorndal (1989), o conteúdo celular (carboidratos solúveis, proteínas, lipídios) é prontamente digerido pelas enzimas endógenas dos herbívoros no intestino delgado,

enquanto a parede celular (celulose, hemicelulose, lignina) é digerida pela microflora simbiótica do intestino grosso. Herbívoros generalistas, como *Geochelone carbonaria* e *G. denticulata*, se ajustam às dietas com itens diversos, variando o consumo diário, taxa de passagem e digestibilidade, de forma a obterem maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes. Dietas com altos teores de conteúdo celular ou baixa digestibilidade da parede celular, tem alto consumo diário e baixo tempo de passagem. Dietas com alta digestibilidade da parede celular apresentam baixo consumo e longo tempo de passagem. Para manter essa estratégia digestiva flexível, o animal requer morfologia do intestino que permita processar diferentes bolos alimentares. No caso dos jabutis, o intestino delgado e o intestino grosso possuem basicamente o mesmo comprimento, o que facilita a estratégia flexível. O tamanho do intestino delgado é suficiente para lidar com a dieta digerida pelas enzimas endógenas e o intestino grosso é capaz de reter a digestão por tempo suficiente para atividade microbiana.

G. carbonaria apresenta, respectivamente, digestibilidade da matéria orgânica, energia e fibra bruta de 69%, 65% e 45% para manga, 36%, 32% e 7% para goiaba e 38%, 34% e 37% para folha de lantana. O tempo de passagem foi de 6,6 dias para manga, 2,6 dias para goiaba e 9,5 dias para folha de lantana. O maior consumo foi de goiaba, seguido pela manga e folha de lantana, essa com consumo bem menor. *G. denticulata* apresenta, respectivamente, digestibilidade da matéria orgânica, energia e fibra bruta de 71%, 67% e 42% para manga, 36%, 32% e 7% para goiaba e 41%, 37% e 41% para folha de lantana. O tempo de passagem foi de 4,8 dias para manga, 3,6 dias para goiaba e 8,7 dias para folha de lantana. O maior consumo foi de goiaba, seguido pela manga e folha de lantana, essa com consumo bem menor. A dieta à base de goiaba tinha 58,3% de fibra bruta, 46,6% de fibra em detergente neutro e 8,1% de lignina, a dieta à base de manga tinha 28,6% de fibra bruta, 18,9% de fibra em detergente neutro e 5% de lignina, e a dieta à base de folha de lantana tinha 53,0% de fibra bruta, 40,3% de fibra em detergente neutro e 15,8% de lignina (Bjorndal, 1989).

A presença de fermentação no intestino de quelônios de água doce também foi demonstrada com o cágado de barriga vermelha da Flórida (*Pseudemys nelsoni*). Bjorndal & Bolten (1990) testaram dieta com a planta aquática *Hydrilla verticillata* e encontraram valores de digestibilidade de 83% para matéria seca, 83% para matéria orgânica, 78% para energia, 88% para fibra bruta e 64% para proteína bruta. O tempo de trânsito foi de 68 horas e a alta digestibilidade da parede celular indicou fermentação. Estudando o trato digestório desta espécie, foi encontrado comprimento de 14,8 cm para o esôfago e comprimento e peso seco de 22,4 cm e 2,6 g para o estômago, 167,7 cm e 7,6 g para o intestino delgado e 40,6 cm e 3,8 g para o intestino grosso, em animais com 20,6 a 27,1 cm de comprimento de plastrão e 2 a 4 kg de peso vivo. Analisando as concentrações e produção de ácidos graxos voláteis, o esôfago e o estômago apresentaram valores baixos, com origem provavelmente na matéria vegetal e não na atividade microbiana. A atividade parece se iniciar na porção anterior do intestino delgado, com 11 $\mu\text{M/g}$ de concentração e 244 $\mu\text{M/g.h}$ de produção. Torna-se intensa nas porções média e posterior do intestino delgado, respectivamente, com 55 $\mu\text{M/g}$ de concentração e 388 $\mu\text{M/g.h}$ de produção e com 41 $\mu\text{M/g}$ de concentração e 372 $\mu\text{M/g.h}$ de produção. Há diminuição não significativa nessa atividade no ceco, cólon médio e cólon posterior, respectivamente, com 60 $\mu\text{M/g}$ de concentração e 238 $\mu\text{M/g.h}$ de produção, 61 $\mu\text{M/g}$ de concentração e 241 $\mu\text{M/g.h}$ de produção e 36 $\mu\text{M/g}$ de concentração e 163 $\mu\text{M/g.h}$ de produção. Essas diferenças ao longo do intestino refletem mudanças no substrato e, provavelmente, diferentes populações microbianas. O pH neutro nas regiões de fermentação indica que os ácidos graxos voláteis foram aproveitados pelos quelônios. Os ácidos graxos voláteis mais encontrados foram acetato (76,8%), propionato (14,1%), butirato (7,4%) e valerato (1,7%) e o principal gás resultante do processo de fermentação é o dióxido de carbono. A alta proporção de propionato na porção anterior do intestino delgado indica competição entre as enzimas endógenas e a microflora simbiótica pela utilização dos

melhores substratos. Também foi registrada a presença de densas populações de nematódeos no intestino delgado, menos ativas no intestino grosso, sem conclusões sobre seu benefício (Bjorndal & Bolten, 1990).

Diversos outros estudos demonstram que répteis herbívoros tropicais realmente possuem microflora celulolítica no seu trato digestivo, digerindo assim a parede celular. Bjorndal (1987) estudou o jabuti da Flórida (*Gopherus polyphemus*) e concluiu que a espécie estudada, herbívoro de ocorrência em regiões de clima temperado, também possui microflora celulolítica capaz de degradar a celulose e hemicelulose com a mesma eficiência dos répteis herbívoros tropicais. Os coeficientes de digestibilidade da dieta a base de folha de *Aeschynomene americana*, que apresenta 33% de proteína bruta, 43% de fibra em detergente neutro, 24,6% de fibra em detergente ácido e 7,5% de lignina, foram de 71% para proteína bruta, 61% para energia, 73% para fibra em detergente neutro, 62% para fibra em detergente ácido e 34% para lignina. O tempo de trânsito médio foi de 13 dias (10 a 16 dias). A concentração de ácidos graxos voláteis foi de 24,5 mm/l e a relação acetato/propionato foi de 13,8, com o acetato representando 81,8% da concentração, o butirato 7,6%, o propionato 7,5% e o valerato 3,0%. A baixa concentração desses ácidos graxos voláteis nas fezes indica a absorção da energia da fermentação. Ainda segundo o estudo, as exigências para manutenção da microflora celulolítica são temperatura, alimentação constante, tempo de trânsito lento para que a dieta fique tempo suficiente para reprodução microbiana, condições anaeróbicas, controle do pH do intestino e remoção dos produtos tóxicos da fermentação (Bjorndal, 1987). Hamilton & Coe (1982) determinaram em 42% o coeficiente de digestibilidade aparente da celulose e em 35% o da energia de dieta com 64% de celulose do jabuti gigante de Aldabra (*Geochelone gigantea*) e afirmaram que a espécie apresenta fermentação e pode digerir folhagens, mas ao longo de vários dias.

A tartaruga verde (*Chelonia mydas*), segundo Bjorndal (1979), digere a celulose e hemicelulose tão eficientemente quanto os ruminantes e o dugongo, mamífero marinho da família dos peixes-boi. A espécie apresenta coeficientes de digestibilidade aparente da matéria orgânica de 71% (65 a 77%), da energia de 66,5% (64 a 69%), da hemicelulose de 86% (78 a 94%) e da celulose de 85,5% (77 a 94%). A concentração de ácidos graxos voláteis e lactato foi baixa no esôfago, estômago e intestino delgado, e elevada no intestino grosso. Os ácidos graxos voláteis presentes em maior concentração são, respectivamente, o acetato, o butirato e o propionato, sendo que a menor concentração deste último em relação ao butirato provavelmente se deveu a uma dieta pobre em carboidratos solúveis. A baixa concentração desses ácidos no ceco indica que eles foram absorvidos, sendo que o butirato é mais rapidamente absorvido. O processo de fermentação no intestino grosso provém 15,2% do balanço energético diário da espécie, sendo uma importante fonte de energia (Bjorndal, 1979).

Segundo Magalhães et al. (2010), a morfologia do tubo digestório da tartaruga verde mostra-se adaptada ao seu hábito alimentar, possuindo especializações e um longo trato digestório que promove o aumento da superfície de absorção, já que seu alimento é de difícil digestão. Dentre as especializações está a presença de epitélio estratificado pavimentoso queratinizado na mucosa esofágica como proteção contra atritos decorrentes da passagem do alimento, mucosa esofágica marcada por papilas córneas macroscópicas orientadas no sentido caudal (do estômago) para facilitar a deglutição e evitar o refluxo do alimento nestes animais de ambiente marinho, divertículo esofágico e regiões alargadas em forma de saco que funcionam como reservatório ou câmara de fermentação, padrão de pregueamento e das vilosidades que variam ao longo da mucosa intestinal garantindo maior área de contato e capacidade absorptiva dos nutrientes e comprimento médio do intestino grosso maior que do intestino delgado. O estômago da tartaruga verde apresenta aspecto saculiforme com fundo cego. O intestino delgado possui pregas reticulares na mucosa duodenal e pregas retilíneas

longitudinais no jejuno e no íleo. O intestino grosso é marcado pela alternância de regiões abauladas (haustros ou saculações) e estreitamentos. Em animais jovens (36,91 cm de comprimento curvilíneo de carapaça e 33,34 cm de largura curvilínea de carapaça), o esôfago mediu 19,32 cm, o estômago 22,37 cm, o intestino delgado 145,13 cm e o intestino grosso 238,43 cm de comprimento. Em animais adultos (108,20 cm de comprimento curvilíneo de carapaça e 106,50 cm de largura curvilínea de carapaça), o esôfago mediu 24,7 cm, o estômago 78,5 cm, o intestino delgado 333,2 cm e o intestino grosso 1032,3 cm de comprimento (Magalhães et al., 2010). A riqueza em células do sistema imunitário deve estar relacionada com a variedade e abundante população bacteriana no intestino grosso (Magalhães et al., 2010; Junqueira & Carneiro 2008). Bjorndal (1985) registrou a presença de uma grande expansão em forma de bolsa no intestino grosso. Essa bolsa abriga uma rica microflora e foi sugerida como um ceco funcional que seria uma adaptação da espécie à herbivoria (Bjorndal, 1985).

Spencer et al. (1998) estudaram a tartaruga australiana de pescoço curto (*Emydura macquarii*), analisando seu conteúdo estomacal na natureza e comparando seu desempenho digestivo com dietas a base de peixe e alga em duas diferentes temperaturas, 20°C e 30°C. *Emydura macquarii* é uma espécie onívora, com uma dieta composta predominantemente por algas, detritos de plantas e peixes, numa proporção de 77% de proteína animal e 23% de proteína vegetal. A eficiência digestiva foi pouco influenciada pela temperatura, em contraste às taxas de consumo e tempo de trânsito que foram fortemente influenciadas pela temperatura e pela dieta. No entanto, a digestibilidade foi bastante influenciada pela dieta. A menor taxa de consumo e maior tempo de trânsito em tartarugas alimentadas com algas em comparação àquelas alimentadas com peixes estão relacionados a um processo mais lento de digestão das plantas, resultando em menor ganho energético. O tempo de trânsito para a dieta com peixe foi de 89 h e 70 h a 20°C e 30°C, respectivamente, e o tempo de trânsito para a dieta com alga

foi de 260 h e 118 h. O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca foi de 93 e 80%, da matéria orgânica de 98 e 96% e da energia de 93 e 91% a 20°C e 30°C, respectivamente, para dieta com peixe. O coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca foi de 43 e 45%, da matéria orgânica de 45 e 57% e da energia de 40 e 49% a 20°C e 30°C, para dieta com algas. Os resultados sugerem que a utilização de peixes e invertebrados, na natureza, são essenciais para se atingir as exigências metabólicas da espécie. A taxa e eficiência de assimilação dos alimentos no trato digestivo se dão em função da atividade das enzimas gastrointestinais, da motilidade intestinal e da composição química do alimento. *Emydura macquarii* realmente possui fermentação microbiana para digerir a parede celular e o longo processo digestivo da dieta herbívora possivelmente se deve a isso (Spencer et al., 1998).

Troyer (1984) estudou o trato digestivo de iguanas (*Iguana iguana*), lagartos herbívoros, alimentados com a folha da árvore *Lanchoarpus*. O estômago se apresenta de forma tubular com pH de 1,5, o intestino delgado possui as vilosidades intestinais bem desenvolvidas e com pH de 7,5 e o ceco é uma câmara anterior que é separada por uma válvula circular do intestino grosso, ambos com pH de 7,5. A capacidade total do trato é de 18,5% da massa corporal e a capacidade de fermentação é 11,8% da massa corporal, valores similares aos de ruminantes e grandes não ruminantes herbívoros (cavalos, elefantes, capivaras). O tempo médio de trânsito da digesta foi de 9,8 h no estômago, 6,7 h no intestino delgado, 21,9 h no ceco e 57,1 h no intestino grosso, sendo de 10,4 h no estômago, 3,6 h no intestino delgado, 19,9 h no ceco e 38,2 h no intestino grosso para filhotes e 11,2 h no estômago, 9 h no intestino delgado, 17,9 h no ceco e 94 h no intestino grosso para adultos. A concentração de ácidos graxos voláteis no intestino grosso e ceco (463 µmol/gMS no intestino grosso e 807 µmol/gMS no ceco) é semelhante à de ruminantes e maior que em outros monogástricos. Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta e da fibra bruta

foram, respectivamente, 86 e 54%. A maior parte da proteína é digerida no estômago e intestino delgado, semelhante aos mamíferos, com hidrólise inicial e solubilização no estômago ácido, seguido por mais degradação e quase completa absorção no intestino delgado. Apesar de curto e com rápido tempo de trânsito, a absorção no intestino delgado é eficiente. 70% da hemicelulose são digeridas no estômago e intestino delgado e 30% no ceco e intestino grosso e a maior parte da celulose é digerida no ceco e intestino grosso. Muito da hemicelulose e um pouco da celulose parecem ser hidrolisados no estômago, possivelmente devido seu baixo pH. A maior parte da hemicelulose é prontamente degradada pela fermentação microbiana, sugerindo que o ceco, como em outros iguanídeos e na tartaruga verde, é um local de rápida fermentação da fração mais digestível da fibra. O resto da hemicelulose e da celulose são absorvidos no intestino grosso, onde o tempo de trânsito é maior (Troyer, 1984).

Lima (1998) testou rações com diferentes níveis de proteína animal e vegetal para *Podocnemis expansa* e encontrou melhores resultados com a dieta com equilíbrio entre os níveis de proteína animal e vegetal. As fontes de proteína animal e vegetal foram, respectivamente, a farinha de peixe e o farelo de soja, sendo que as rações foram peletizadas e ainda continham fubá de milho, farinha de trigo, farinha de carne e ossos e suplemento vitamínico. A ração com 50% de proteína animal e 50% de proteína vegetal proporcionou maior peso final, ganho de peso, comprimento, largura e altura da carapaça e comprimento do plastrão. Em seguida vieram as rações com 75% de proteína animal, 100% de proteína animal e 75% de proteína vegetal. Os piores resultados foram proporcionados pela dieta com 100% de proteína vegetal. A menor mortalidade se deu com a dieta com 50% de proteína animal e 50% de proteína vegetal, seguida pelas dietas com 100% de proteína vegetal, 75% de proteína animal e 75% de proteína vegetal. A dieta com 100% de proteína animal resultou em 55% de mortalidade (Lima, 1998).

Duncan & Morton (2009) analisaram o perfil metabólico de vários tecidos de recém-eclodidos de *Podocnemis expansa*, *P. unifilis* e *P. sextuberculata*. O potencial metabólico dessas espécies foi avaliado por meio das atividades absolutas das enzimas do metabolismo energético com ênfase no metabolismo dos carboidratos, lipídios, aminoácidos e corpos cetônicos. Todas as espécies estudadas apresentaram alto potencial glicolítico em todos os tecidos analisados. Baseado nos baixos níveis da enzima hexoquinase, as reservas de glicogênio podem ser importantes substratos energéticos para estas espécies. A alta atividade da lactato desidrogenase no fígado pode indicar que este órgão desempenha um importante papel no metabolismo dos carboidratos, possivelmente relacionado com a resistência ao mergulho prolongado. O perfil metabólico de *P. sextuberculata* parece ser organizado para utilizar preferencialmente lipídios, aminoácidos e corpos cetônicos, hipótese corroborada pelas atividades máximas das enzimas 3-hidroxi-acil-Co A desidrogenase, malato desidrogenase e succinil-Co A ceto-transferase, especialmente no músculo branco e no fígado. Para *P. expansa* e *P. unifilis*, os carboidratos e os lipídios parecem ser os principais substratos metabólicos, embora os corpos cetônicos e aminoácidos sejam importantes metabólitos para sustentar o potencial oxidativo nessas espécies. Os dados enzimáticos parecem estar correlacionados com o hábito alimentar e o estilo de vida dos quelônios de água doce da Amazônia. O perfil metabólico sugere que os recém-eclodidos de *P. unifilis* e *P. expansa* são predominantemente herbívoros, enquanto que *P. sextuberculata* pode depender de uma dieta mista de material vegetal e proteína animal (Duncan & Morton, 2009). Sun et al. (2007) estudaram in vivo as propriedades das enzimas digestivas protease e amilase no tigre d'água de orelha vermelha (*Trachemys scripta elegans*). A temperatura e pH ótimo para protease no estômago, pâncreas, duodeno, jejuno e íleo foram, respectivamente, 40 °C e 2,5; 50 °C e 8,0; 50 °C e 7,0; 50 °C e 8,0; e 50 °C e 8,5. A temperatura e pH ótimo para amilase no estômago, pâncreas, duodeno, jejuno e íleo foram, respectivamente, 40 °C e 8,0; 30 °C e 7,5; 40 °C e

7,0; 50 °C e 8,0; e 50 °C e 8,0. A ordem de atividade da protease foi maior no pâncreas, seguido pelo estômago, duodeno, íleo e jejuno e da amilase foi maior no duodeno, seguido pelo pâncreas, íleo, jejuno e estômago.

Anfíbios e répteis aproveitam energia e nutrientes com a mesma eficiência de aves e mamíferos, diferindo dos endotérmicos na velocidade de processamento do alimento (mamíferos processam 10 vezes mais rápidos que os répteis), provavelmente devido à área de absorção de seus intestinos. No entanto, répteis necessitam menos energia que os mamíferos. Carnívoros usam primariamente gordura e proteína como fonte de energia, herbívoros usam mais carboidratos solúveis e fibras e onívoros usam mistura de proteína, gordura e carboidratos. A utilização de energia varia nas espécies conforme a estação, temperatura e alimentos disponíveis. Quelônios aquáticos utilizam a glicólise anaeróbica durante períodos de temperaturas frias e ciclo de ácido cítrico e beta-oxidação durante períodos mais quentes (Mader, 1996; Pough et al., 2004).

A energia ingerida pelos animais é usada no metabolismo básico, atividade, crescimento e reprodução, além dos processos de absorção e assimilação dos alimentos. A ação dinâmica específica (SDA) é o custo energético dos processos de digestão, absorção, assimilação e excreção dos nutrientes dos alimentos. O aumento no consumo de oxigênio que sucede a alimentação já foi descrito para vários vertebrados e invertebrados. O modo geral de ação é um rápido aumento na taxa metabólica logo após a alimentação, seguido por um declínio gradual até os valores normais, sendo que tanto o valor do pico da taxa metabólica como a duração da resposta da SDA variam de acordo com a espécie, temperatura, tamanho, quantidade e composição do alimento e frequência de alimentação. Entre as variáveis envolvidas na resposta da SDA, o total de oxigênio consumido é a variável que reflete diretamente o gasto energético total dos processos de digestão, absorção e assimilação dos nutrientes dos alimentos (Bartholomew, 1977; Andrade et al., 1997; Secor & Philips, 1997;

Secor & Diamond, 1999; Secor & Faulkner, 2002). Segundo Blaxter (1989), a atividade muscular e secreção, o transporte ativo durante a absorção, a estimulação da atividade celular pelo aumento na concentração de metabólitos, a estocagem intermediária e a síntese de macromoléculas são possíveis causas da SDA. O custo energético desse processo de digestão, absorção e assimilação dos alimentos representa 28% da energia ingerida na cobra de água viperina *Natrix maura* (Hailey & Davies, 1987), 26% no alligator americano *Alligator mississippiensis* (Coulson & Hernandez, 1980) e 25% no crocodilo do Nilo *Crocodilus niloticus* (Lawrence & Loveridge, 1988).

Pan et al. (2005) estudaram a tartaruga chinesa de pescoço listrado (*Ocadia sinensis*) alimentados com tenébrios e camarões em diferentes frequências. O tempo de trânsito foi significativamente maior nos animais que consumiram tenébrios do que nos que consumiram camarões (43 h e 40 h, respectivamente), mas o tempo médio para atingir o pico da taxa metabólica não diferiu entre as tartarugas que ingeriram diferentes tipos de alimentos (12,9 h e 12,3 h, respectivamente). O pico da taxa metabólica foi maior nas tartarugas que consumiram tenébrios (3,8 ml O₂/h e 3,3 ml O₂/h), mas essa diferença sumiu com a remoção da influência da variação da energia ingerida (maior em tenébrios). Os dois grupos mais os animais em jejum (controle) apresentaram o mesmo consumo de oxigênio antes da alimentação, que foi significativamente diferente entre o controle e os animais alimentados 4,5 a 45 h após a ingestão dos alimentos (2,1 ml O₂ no controle, 48,7 ml O₂ nos animais que se alimentaram de tenébrios e 29,1 ml O₂ nos animais que se alimentaram de camarões). Removendo a influência da variação da energia ingerida, no entanto, não houve diferença, com o grupo que recebeu tenébrios gastando 11% e o grupo que recebeu camarões gastando 13% do conteúdo energético da dieta no processo de digestão. Animais que receberam refeição dupla ingeriram duas vezes mais energia e tiveram duração prolongada de resposta da SDA, mas o consumo de oxigênio não diferiu entre os animais quando a influência da

variação da energia ingerida foi removida. Ou seja, o tipo de alimento e frequência de alimentação tem conseqüências importantes sobre a resposta da SDA em *Ocadia sinensis*, com o custo energético associado com a ingestão e determinado principalmente pelo teor energético do alimento ingerido (Pan et al., 2005).

Pan et al. (2004) também estudaram o tigre d'água de orelha vermelha (*Trachemys scripta elegans*) alimentados com tenébrios e camarões. Os animais alimentados com tenébrios consumiram menos comida do que os alimentados com camarões, mas a ingestão de energia foi a mesma. O tempo de trânsito foi de 40,3 h e 46,4 h em animais que ingeriram tenébrios e camarões, respectivamente. Variação temporal no consumo de oxigênio foi encontrada nas tartarugas alimentadas, mas não no controle (jejum), sugerindo que a alimentação afeta a taxa metabólica e, conseqüentemente, a SDA. Animais alimentados consumiram mais oxigênio no período entre 4,5 h e 33 h após a ingestão, com tempo para atingir o pico da SDA de 10,2 h para animais com dieta de tenébrios e 18 h para animais com dieta de camarões. O valor do pico da SDA não diferiu entre os animais alimentados (Pan et al., 2004).

O custo energético é particularmente alto em resposta à absorção de proteína, com a síntese proteica representando grande parte da SDA (Houlihan, 1991; Brown & Cameron, 1991). Hailey (1998) estudou a SDA de *Kinixys spekii*, testudinídeo onívoro, através do fornecimento de dietas simples e duplas compostas de folhas, fungos ou invertebrados. O consumo de oxigênio foi elevado de três a quatro dias após as refeições e houve aumento no consumo com o aumento na frequência das refeições, mostrando que a regulação do trato pode contribuir para o custo energético da SDA, resultado que foi mais visível quando se utilizou folhas na dieta. O pico de consumo ocorreu quando a maior parte do alimento ainda estava no estômago, sugerindo que o pico de consumo em répteis pode ser pré-absortivo, provavelmente pela regulação do trato digestivo. O custo energético do processamento das

dietas contendo fungos, folhas e invertebrados foi, respectivamente, de 16%, 21% e 30% da energia ingerida. Esses resultados somados à maior excreção de ácido úrico nos animais que se alimentaram de invertebrados suportam que a SDA está relacionada ao metabolismo de proteína (Hailey, 1998).

Segundo Stone & Moll (2006), a habilidade de aproveitar energia da dieta é influenciada pela temperatura, tempo de trânsito, taxa de consumo, qualidade e processo físico do alimento. Assim, estudaram o desempenho e o aproveitamento de dietas com amoras (*Rubus allegheniensis*), morangos comerciais (*Fragaria sp.*) e “mayapples” (*Podophyllum peltatum*), frutos presentes na dieta natural das espécies, pelos quelônios *Terrapene ornata* (principalmente carnívora) e *Terrapene carolina triunguis* (ingere grandes proporções de plantas). O ganho de massa não diferiu entre os tratamentos, mas o tempo de trânsito foi afetado pelas dietas. O morango apresentou o maior tempo de trânsito, seguido pelo “mayapple” e pela amora, que não diferiram significativamente entre si. Em *T. carolina triunguis*, o tempo de trânsito variou com as dietas, mas não houve diferença significativa para *T. ornata*. O hábito carnívoro da última espécie pode ter influenciado nos resultados, uma vez que a dieta experimental foi à base de frutas. O tempo de trânsito variou de cinco a 10 dias para amora e “mayapple” e foi de mais de 10 dias para o morango, sendo que houve diferença significativa no tempo de trânsito do morango para *T. carolina triunguis* em relação a *T. ornata*. Quanto aos coeficientes de digestibilidade da energia, o morango se apresentou superior à amora, mas não diferiu do “mayapple”, que foi significativamente superior à amora. Os coeficientes variaram de 88 a 97%, valores considerados altos para espécie. *T. carolina triunguis* apresentou maior digestibilidade da energia do morango e *T. ornata* da energia do “mayapple”. Os autores apresentaram a hipótese de interferência dos teores de fibra nos resultados. No entanto, esta não foi determinada no estudo (Stone & Moll, 2006).

Rick & Bowman (1961), estudando a quebra de dormência e germinação de sementes no trato digestivo das tartarugas de Galápagos, encontraram tempo de trânsito de sete a 21 dias.

O tempo de trânsito gastrointestinal para tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) em experimento com contraste radiográfico através do fornecimento de sulfato de bário foi de aproximadamente 23 dias. O preenchimento do estômago se deu em quatro horas após o fornecimento do contraste, o do duodeno entre seis e 24 horas, o do jejuno-íleo em 24 horas, o do ceco entre 24 horas e quatro dias e o do cólon-retos entre 24 horas e cinco dias. O esvaziamento do estômago se deu entre cinco e 24 dias, o do duodeno entre sete e 15 dias, o do jejuno-íleo entre sete e 17 dias, o do ceco entre 12 e 29 dias e o do cólon-retos entre 15 e 29 dias. A passagem pelo intestino delgado é mais rápida e o tempo no intestino grosso ratifica a retenção da dieta por tempo suficientemente longo para permitir ampla atividade microbiana. O estômago e o ceco apresentaram função importante com retenção por mais tempo (Lopes, 2006).

Santos et al. (2010) estudaram o tracajá (*Podocnemis unifilis*) e encontraram tempo de trânsito de cerca de 18 dias (12 a 22 dias) para essa espécie. O preenchimento do estômago se deu em alguns minutos, o do intestino delgado em 48 horas e o do intestino grosso com pouco mais de 48 horas. O esvaziamento do estômago se deu em nove dias, o do intestino delgado em 14 dias e o do intestino grosso com pouco mais de 18 dias. Di Bello et al. (2006) descrevem em seu trabalho que a tartaruga marinha *Caretta caretta* apresenta tempo de trânsito longo e trato curto com relação aos mamíferos. O tempo de trânsito nesta espécie foi de 20 dias, com esvaziamento do estômago ocorrendo em oito dias, do intestino delgado em 12 dias e do intestino grosso em 20 dias. Brito (2007) estudou o tempo de trânsito no cágado de barbicha (*Phrynops geoffroanus*), que foi de cerca de cinco dias. O preenchimento do estômago se deu cinco minutos após o fornecimento do contraste, do intestino delgado após duas horas e do intestino grosso entre seis e 24 horas. O esvaziamento do estômago e do

duodeno ocorreu simultaneamente entre 18 e 48 horas, do jejuno-íleo entre 18 e 84 horas e do intestino grosso entre 72 e 156 horas. Para Taylor (1996), com o jabuti leopardo *Testudo pardalis*, o tempo de trânsito foi de seis a sete dias, embora houvesse contraste até o oitavo dia. O preenchimento do intestino delgado se deu entre 0,2 e uma hora após o fornecimento do contraste e o do intestino grosso entre cinco e oito horas. O esvaziamento do estômago se deu entre cinco a nove horas, do intestino delgado entre nove e 15 horas e do intestino grosso entre 144 e 166 horas. Segundo Holt (1978), o esvaziamento do estômago do jabuti grego *Testudo graeca* se deu após 23 horas em machos e 80 horas em fêmeas e o tempo de trânsito foi de 26,5 dias, 25 dias em machos e 28 dias em fêmeas. Pizzutto et al. (2000), com o jabuti piranga *Geochelone carbonaria*, encontraram tempo de trânsito de 42 dias (13 a 94 dias) e observaram contrações peristálticas intensas e espaçadas, que retardam consideravelmente o trânsito. O tempo de trânsito nesse trabalho provavelmente foi longo devido à baixa temperatura, de 17,7°C, em que se deu a pesquisa. A influência da temperatura no tempo de trânsito de quelônios foi determinada por Meyer (1998), que encontrou tempo de trânsito de 2,6 horas a 30,5°C, 6,6 horas a 21,5°C e 17,3 horas a 15,2°C para o jabuti mediterrâneo *Testudo hermanni*. A metodologia de todas as pesquisas citadas acima, no entanto, se deu pelo fornecimento de sulfato de bário como contraste radiográfico.

Referências Bibliográficas

- AKIN, D.E. 1989. Histological and physical factors affecting digestibility of forages. **Agronomy Journal**, Madison, v. 81, n. 1, p. 17-25, 1989.
- ALMEIDA, S.S.; SÁ, P.G.S.; GARCIA, A. Vegetais utilizados como alimento por *Podocnemis* (Chelonia) na região do Baixo Rio Xingu (Brasil – Pará). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Botânica**, Belém, v. 2, n. 2, p. 199-211. 1986.

- ANDRADE, D.V.; CRUZ-NETO, A.P.; ABE, A.S. Meal size and specific dynamic action in the rattlesnake *Crotalus durissus* (Serpentes: Viperidae). **Herpetologica**, Lawrence, v. 53, n. 4, p. 485-493, 1997.
- ARGENZIO, R.A. Motilidade gastrintestinal. In: SWENSON, M.J. **Dukes: Fisiologia dos animais domésticos**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1988. p. 243-252.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025 p.
- BARTHOLOMEW, G.A. Energy metabolism. In: GORDON, M.S.; BARTHOLOMEW, G.A., GRINNELL, A.D.; JORGENSEN, C.B.; WHITE, F.N. **Animal Physiology: Principles and Adaptations**. New York: Macmillan Publishing Co., 1977, p. 82-83.
- BEDFORD, M.R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 53, n. 2, p. 145-155, 1995.
- BEDFORD, M.R.; CLASSEN, H.L. An in vitro assay for prediction of broiler intestinal viscosity and growth when fed rye-based diets in the presence of exogenous enzymes. **Poultry Science**, Champaign, v. 72, n. 1, p. 137-143, 1992.
- BELKIN, D.A.; GANS, C. An usual chelonian feeding niche. **Ecology**, v. 49, n. 4, p. 768-769, 1968.
- BIJLANI, R.L. Dietary fiber: Consensus and controversy. **Progress in Food and Nutrition Science**, Oxford, v. 9, n. 3, p. 343-393, 1985.
- BJORNDAL, K.A. Cellulose digestion and volatile fatty acid production in the green turtle, *Chelonia mydas*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Oxford, v. 63, n. 1, p. 127-133, 1979.
- BJORNDAL, K.A. Digestive efficiency in a temperate herbivorous reptile, *Gopherus polyphemus*. **Copeia**, Lawrence, v. 1987, n. 3, p. 714-720, 1987.

- BJORNDAL, K.A. Flexibility of digestive responses in two generalist herbivores, the tortoises *Geochelone carbonaria* and *Geochelone denticulata*. **Oecologia**, Berlin, v. 78, n. 3, p. 317-321, 1989.
- BJORNDAL, K.A. Nutritional ecology of sea turtle. **Copeia**, Lawrence, v. 1985, n. 3, p. 736-751, 1985.
- BJORNDAL, K.A.; BOLTEN, A.B. Digestive processing in a herbivorous freshwater turtle: Consequences of small-intestine fermentation. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 63, n. 6, p. 1232-1247, 1990.
- BLAXTER, K.L. **Energy metabolism in animals and mans**. 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 339 p.
- BOBBIO, F.O.; BOBBIO P.A. **Introdução à química de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2003. 238 p.
- BRITO, F.M.M. **Aspectos anátomo radiográficos e tempo do trânsito gastrintestinal em cágado de barbicha *Phrynops geoffroanus* Schweigger, 1812 (Testudines, Chelidae)**. Dissertação de Mestrado. Uberlândia: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Federal de Uberlândia, 2007.
- BROWN, C.R.; CAMERON, J.R. The induction of specific dynamic action in channel catfish by infusion of essential amino acids. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 64, n. 1, p. 298-309, 1991.
- CHOCT, M. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. **British Poultry Science**, Abingdon, v. 37, n. 6, p. 609-621, 1997.
- CLARK, D.B.; GIBBONS, J.W. Dietary shift in the turtle *Pseudemys scripta* (Schoepff) from youth to maturity. **Copeia**, Lawrence, v. 1969, n. 4, p. 704-706, 1969.

- COULSON, R.A.; HERNADEZ, T. Increase in metabolic rate of the alligator feeding fed protein and aminoacids. **Journal ou Nutrition**, Bethesda, v. 109, n. 4, p. 538-550, 1979.
- DI BELLO, A.; VALASTRO, C.; STAFFIERI, F.; CROVACE, A. Contrast radiography of the gastrointestinal tract in sea turtle. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Raleigh, v. 47, n. 4, p. 351-354, 2006.
- DUNCAN, W.P.; MARCON, J.L. Enzymes of energy metabolism in hatchlings of amazonian freshwater turtles (Testudines, Podocnemididae). **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 69, n. 2, p. 319-325, 2009.
- ERNST, C.H.; BARBOUR, R.W. **Turtles of the world**. Washington and London: Smithsonian Institution, 1989. 313 p.
- FERREIRA, W.M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: EDUEM, 1994. p. 85-113.
- GIGER-REVERDIN, S. Review of the main methods of cell wall estimation: Interest and limits for ruminants. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 55, n. 4, p. 295-334, 1995.
- GUILLOIN, F.; CHAMP, M. Structural and physical properties of dietary fibres and consequences of processing on human physiology. **Food Research International**, Toronto, v. 33, n. 3, p. 233-245, 2000.
- HAILEY, A. The specific dynamic action of the omnivorous tortoise *Kinixys spekii* in relation do diet, feeding pattern and gut passage. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 71, n. 1, p. 57-66, 1998.
- HAILEY, A.; DAVIES, P.M.C. Digestion, specific dynamic action, and ecological energetics of *Natrix maura*. **Herpetological Journal**, Montrose, v. 1. n. 5, p. 159-166, 1987.

- HAMILTON, J.; COE, M. Feeding, digestion and assimilation of a population of giant tortoises (*Geochelone gigantea* (Schweigger)) on Aldabra atoll. **Journal of Arid Environments**, London, v.5, n. 2, p. 127-144, 1982.
- HART, D.R. Dietary and habitat shift with size of red-eared turtles (*Pseudemys scripta*) in a Southern Louisiana population. **Herpetologica**, Lawrence, v. 39, n. 3, p. 285-290, 1983.
- HILDEBRAND, M. **Análise das estruturas dos vertebrados**. São Paulo: Atheneu, 1995. 700 p.
- HOLT, P. E. Radiological studies of the alimentary tract in two Greek tortoises (*Testudo graeca*). **The Veterinary Record**, London, v. 103, n. 10, p. 198-200, 1978.
- HOULIHAN, D.F. Protein turnover in ectotherms and its relationships to energetics. In: R. GILLES (ed.). **Advances in Comparative and Environmental Physiology 7**. 1. ed. Berlin: Springer-Verlag, 1991. 213 p.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica**. 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2008. 524 p.
- KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 90, n. 1, p. 3-20, 2001.
- KRITCHEVSKY, D. Dietary fiber. **Annual Reviews of Nutrition**, Palo Alto, v. 8, p. 301-328, 1988.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Loughborough: Nottingham University Press, 1992. 305p.
- LAWRENCE, P.; LOVERIDGE, J.P. Carbon, nitrogen, and energy balances of young crocodiles (*Crocodilus niloticus*) fed meat. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 61, n. 4, p. 351-363, 1988.
- LEHNINGER, A.L. **Princípios de bioquímica**. 7. ed. São Paulo: Sarvier, 1991. 725 p.

- LIMA, M.G.H.S. **A importância das proteínas de origem animal e vegetal no primeiro ano de vida da tartaruga-da-Amazônia *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812).** Dissertação de Mestrado. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Universidade do Amazonas, 1998.
- LOPES, L.A.R. **Determinação do tempo do trânsito gastrointestinal em *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 (tartaruga-da-Amazônia) (Testudines, Podocnemididae).** Dissertação de Mestrado. Uberlândia: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Federal de Uberlândia, 2006.
- LUZ, V.L.F. **Criação comercial de tartaruga e tracajá – Manual técnico.** Cuiabá: SEBRAE, 2005. 72 p.
- LUZ, V.L.F.; REIS, I.J. **Conservação e criação comercial de quelônios.** Goiânia: CENAQUA, 1999. 34 p.
- LUZ, V.L.F.; STRINGHINI, J.H.; BATAUS, Y.S.L.; PAULA, W.A.; NOVAIS, M.N.; REIS, I.J. Morfometria do trato digestório da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) criada em sistema comercial. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 1, p. 10-18, 2003.
- MADAR, Z.; THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, Oxford, v. 11, n. 2, p. 153-174, 1987.
- MADER, D.R. **Reptile medicine and surgery.** Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1996. 512 p.
- MAGALHÃES, M.S.; FREITAS, M.L.; SILVA, N.B.; MOURA, C.E.B. Morfologia do tubo digestório da tartaruga verde (*Chelonia mydas*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 30, n. 8, p. 676-684, 2010.
- MALVASIO, A.; SOUZA, A.M.; GOMES, N.; SAMPAIO, F.A.A.; MOLINA, F.B. Variações ontogenéticas na morfometria e morfologia do canal alimentar pós-faríngeo de

- Trachemys dorbignyi* (Duméril & Bibron, 1835), *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), *P. unifilis* (Troschel, 1848) e *P. sextuberculata* (Cornalia, 1849) (Anapsida; Testudines). **Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural**, v. 5, p. 39-51, 2002.
- MALVASIO, A; SOUZA, A.M.; MOLINA, F.B.; SAMPAIO, F.A.. Comportamento e preferência alimentar em *Podocnemis expansa* (Schweigger), *P. unifilis* (Troschel) e *P. sextuberculata* (Cornalia) em cativeiro (Testudines, Pelomedusidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 20, n. 1, p. 161-168, 2003.
- MCDUGALL, G. J.; MORRISON, I. M.; STEWARD, D.; HILLMAN, J. R. Plant cell wall as dietary fibre: Range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 70, n. 2, p. 133-150, 1996.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ-ESAL, 1992. p. 188.
- MEYER J. Gastrografin as a gastrointestinal contrast agent in the Greek tortoise (*Testudo hermanni*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, Lawrence, v. 29, n. 2, p. 183-189, 1998.
- MOLINA, F.B. Observações sobre os hábitos e o comportamento alimentar de *Phrynops geoffroanus* (Schweigger, 1812) em cativeiro (Reptilia, Testudines, Chelidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 7, n. 3, p. 319-326, 1990.
- MOLINA, F. B.; ROCHA, M. B. **Identificação, caracterização e distribuição dos quelônios da Amazônia brasileira**. Goiânia: CENAQUA, 1996. 26 p.
- MOLINA, F. B.; ROCHA, M. B.; LULA, L.A.B.M. Comportamento alimentar e dieta de *Phrynops hilarii* (Duméril & Bibron) em cativeiro (Reptilia, Testudines, Chelidae). **Revista Brasileira de Zoologia**, Curitiba, v. 15, n. 1, p. 73-79, 1998.

- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 108, n. 1, p. 95-117, 2003.
- MOREIRA, G.R.S.; LOUREIRO, J.A.S. Contribución al estudio de la morfología del tracto digestivo de individuos jóvenes de *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). **Acta Zoologica Lilloana**, Tucumán, v. 41, p. 345-348, 1992.
- MORGADO, E.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **Revista Eletrônica de Veterinária**, Málaga, v. 10, n. 7, 2009.
- MOSKOVITS, D.K.; BJORN DAL, K.A. Diet and food preferences of the tortoises *Geochelone carbonaria* and *G. denticulate* in northwestern Brazil. **Herpetologica**, Lawrence, v. 46, n. 2, p. 207-218, 1990.
- NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334 p.
- PAN, Z.; JI, X.; LU, H. Influence of food types on specific dynamic action of feeding in hatchling red-eared slider turtles *Trachemys scripta elegans*. **Acta Zoologica Sinica**, Beijing, v. 50, n. 3, p. 459-463, 2004
- PAN, Z.; JI, X.; LU, H.; MA, X. Metabolic response to feeding in the chinese striped-necked turtle, *Ocadia sinensis*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Oxford, v. 141, n. 4, p. 470-475, 2005b.
- PIZZUTTO, C.S.; MARIANA, A.N.B.; GUIMARÃES, M.A.V.B.; CORRÊA, S.H.R. Anatomia radiográfica e determinação do tempo do trânsito gastrintestinal em jabuti (*Geochelone carbonaria*). **Brazilian Journal of Morphology Science**, São Paulo, v. 17, n. 1, supl. 1, p. 83, 2000.

- PORTAL, R.R.; LIMA, M.A.S.; LUZ, V.L.F.; BATAUS, Y.S.L.; REIS, I.J. Espécies vegetais utilizadas na alimentação de *Podocnemis unifilis*, Troschel 1948 (Reptilia, Testudinae, Pelomedusidae) na região do Pracuúba – Amapá – Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 3, n.1, p. 11-19, 2002.
- POUGH, F.H.; ANDREWS, R.M.; CADLE, J.E.; CRUMP, M.L.; SAVITZKY, A.H.; WELLS, K.D. **Herpetology**. 3. ed. New Jersey: Pearson Prentice Hall, 2004. 726 p.
- PRITCHARD, P.C.H.; TREBBAU, P. **The turtles of Venezuela**. Caracas: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 1984. 403 p.
- RICK, C. M.; BOWMAN, R. I. Galapagos tomatoes and tortoises. **Evolution. International Journal of Organic Evolution**, Hoboken, v. 15, n. 4, p. 407-417, 1961.
- RODRIGUES, M.J.J.; CARDOSO, E.C.; CINTRA, I.H.A.; SOUZA, R.F.C. Composição química do conteúdo estomacal da tartaruga-da-Amazônia, *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), em ambiente natural. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, Belém, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2004.
- SANTOS, A.L.Q.; FERREIRA, C.G.; PINTO, J.G.S.; LIMA, C.A.P.; VIEIRA, L.G.; BRITO, F.M.M. Radiographic anatomy aspects and gastrointestinal transit time in *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 431-435, 2010.
- SECOR, S.M.; DIAMOND, J. Maintenance of digestive performance in the turtles *Chelydra serpentina*, *Sternotherus odoratus* and *Trachemys scripta*. **Copeia**, Lawrence, v. 1999, n. 1, p.75-84, 1999.
- SECOR, S.M.; FAULKNER, A.C. Effects of meal size, meal type, body temperature, and body size on the specific dynamic action of the marine toad, *Bufo marinus*. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 75, n. 6, p. 557-571, 2002.

- SECOR, S.M.; PHILLIPS, J.A. Specific dynamic action of a large carnivorous lizard, *Varanus albigularis*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Oxford, v. 117, n. 4, p. 515-522, 1997.
- SPENCER, R.; THOMPSON, M.B.; HUME, I.D. The diet and digestive energetics of an australian short-necked turtle, *Emydura macquarii*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Oxford, v. 121, n. 4, 341-349, 1998.
- STONE, M.D.; MOLL, D. Diet-dependent differences in digestive efficiency in two sympatric species of box turtles, *Terrapene carolina* and *Terrapene ornata*. **Journal of Herpetology**, v. 40, n. 3, p. 364–371, 2006.
- SUN, J.; DU, J.; QIAN, L.; JING, M. WENG, X. Distribution and characteristics of endogenous Digestive enzymes in the red-eared slider turtle, *Trachemys scripta elegans*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Oxford, v. 147, n. 4, p. 1125-1129, 2007.
- TAMMINGA, S.; VAN VUUREN, A.M.; VAN DER KOELEN, C.J.; KETELAAR, R.S.; VAN DER TOGT, P.L. Ruminal behavior of structural carbohydrates, non-structural carbohydrates and crude protein from concentrate ingredients in dairy cows. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen v. 38, n. 3, p. 513-526, 1990.
- TAYLOR, S. K.; CITINO, S. B.; ZDZIARSKI, J. M.; BUSH, R.M. Radiographic anatomy and barium sulfate transit time of the gastrintestinal tract of the leopard tortoise (*Testudo pardalis*). **Journal of Zoo and Wildlife Medicine**, Lawrence, v. 27, n. 2, p. 180-186, 1996.
- TERAN, A.F. **Alimentação de cinco espécies de quelônios em Costa Marques, Rondônia – Brasil**. Dissertação de Mestrado. Manaus: Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - Universidade do Amazonas, 1992.

- TERAN, A.F.; VOGT, R.C.; GOMEZ, M.F.S. Food habits of an assemblage of five species of turtles in the Rio Guapore, Ronnie, Brazil. **Journal of Herpetology**, v. 29, n. 4, p. 536-547, 1995.
- TROYER, K. Structure and function of the digestive tract of a herbivorous lizard *Iguana iguana*. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 57, n. 1, p. 1-8, 1984.
- VAN SOEST, P.J. **Nutritional Ecology of the Ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University Press, 1994. 476 p.
- VAN SOEST, P. J. Use of detergents in analysis of fibrous feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Gaithersburg, v. 46, n. 4, p. 829-835, 1963.
- VANDERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates, **Nutrition**, v. 14, n. 7, p. 595-5981, 1998.
- WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding**, Wallingford, v. 51, n. 12, p. 789-975, 1981.
- WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 1802-1811, 1993.
- WENK, C. The role of fibre in digestive physiology of the pig. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 90, n. 1, p. 21-33, 2001.
- WOLIN, M.J. Fermentation in the rumen and human large intestine. **Science**, Washington v. 213, n. 4515, p. 1463-1468, 1981.
- WOOD, J.R.; WOOD, F.E. Growth and digestibility for the green turtles (*Chelonia mydas*) fed diets containing varying protein levels. **Aquaculture**, Amsterdam, v. 25, n.2-3, p. 269-271, 1981.

ZHAO, X.; JORGENSEN, H.; EGGUM, B.O. The influence of dietary fibre on body composition, visceral, organ weight, digestibility and energy balance in rats housed in different thermal environments. **British Journal of Nutrition**, London, v. 73, n. 5, p. 687-699, 1995.

CAPÍTULO III

Crescimento da tartaruga-da-Amazônia - *Podocnemis expansa* alimentada com diferentes teores de fibra na dieta

Crescimento da tartaruga-da-Amazônia - *Podocnemis expansa* alimentada com diferentes teores de fibra na dieta¹

Cauê Guion de Almeida², Augusto Shinya Abe³

¹Parte de tese de doutorado - CAUNESP - UNESP/Jaboticabal

²UFRPE - UAST/Serra Talhada. e-mail: caue@uast.ufrpe.br

³Departamento de Zoologia - IB - UNESP/Rio Claro. e-mail: asabe@rc.unesp.br

Resumo: Com base no hábito alimentar da espécie e na importância da fibra e de seus constituintes para alimentação animal, o presente estudo objetivou avaliar o crescimento da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) alimentada com dietas com diferentes teores de fibra bruta. O estudo foi realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), entre os meses de maio e outubro de 2008, com duração de seis meses, utilizando 160 exemplares de tartaruga-da-Amazônia. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo os animais aleatoriamente divididos em 40 grupos com quatro animais e alojados em caixas plásticas medindo 0,6 x 0,39 x 0,21 m, com renovação de água e temperatura mantida em 28,0°C. Cada tratamento teve oito repetições (8 caixas/4 animais cada, num total de 32 animais/tratamento). O aumento em até 16% nos teores de fibra na dieta melhorou o crescimento da tartaruga-da-Amazônia, quando as características de crescimento apresentaram os melhores valores. Em dietas contendo 20% de fibra o crescimento das tartarugas diminuiu. O menor crescimento ocorreu com dietas contendo 4% de fibra. O maior crescimento se deu com teores semelhantes aos encontrados na dieta natural da espécie, corroborando seu potencial para utilização de dieta herbívora.

Palavras-chave: fibra, celulose, desempenho, *Podocnemis expansa*, crescimento.

Growth of the Arrau sideneck turtle (*Podocnemis expansa*) fed with different contents of fiber in diet

Abstract: Based on the eating habit of the specie and on the importance of fiber and its constituents for animal feeding, the present study aimed at evaluating the growth of the Arrau sideneck turtle (*Podocnemis expansa*) fed with diets of different contents of crude fiber. This study was carried out Universidade Estadual Paulista (UNESP), between the months of May and October, 2008, and lasted six months. The turtles used were 160 specimens of the Arrau sideneck turtle. The experimental design was completely randomized. The animals were separated at random in 40 groups of 4 animals each and raised in plastic containers measuring 0,6 x 0,39 x 0,21 m, with continuous water flow and mean temperature kept at 28,0°C . Each treatment comprehended eight replicates (8 containers, with 4 animals each, amounting to a total of 32 animals per treatment). The increase in the contents of fiber in the diet up to 16% improved the Arrau sideneck turtle's growth, when the growth characteristics showed their best values. In diets including 20% of fiber, the turtle's growth decreased. The lowest rate of growth occurred in animals fed with a diet containing 4% of fiber. The highest rate occurred when using contents similar to those found in the natural diet of the species, corroborating its potential to use herbivore diet.

Keywords: fiber, cellulose, performance, *Podocnemis expansa*, growth.

Introdução

Fibra bruta é a porção dos carboidratos totais que resiste à hidrólise ácida e alcalina (Nogueira & Souza, 2005). Segundo Weiss (1993), é o componente estrutural das plantas (parede celular) e a fração menos digestível dos alimentos. É formada por polissacarídeos não amiláceos (celulose, hemicelulose e pectinas) ligados com lignina, proteínas, ácidos graxos, ceras e outras substâncias (McDougall et al., 1996). Na nutrição animal, está relacionado à digestibilidade e valores energéticos, ingestão de alimentos e fermentação ruminal (Mertens, 1992).

As fibras são divididas em solúveis e insolúveis em água. As fibras solúveis em água (pectinas e algumas hemiceluloses) atuam regulando a digestão e absorção intestinal. As fibras insolúveis em água (celulose e lignina) atuam aumentando o bolo alimentar e diminuindo o tempo de trânsito gastrintestinal, não sendo digeridas pelas enzimas endógenas de animais monogástricos (Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003).

A tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) é um animal onívoro oportunista, predominantemente herbívoro, se alimentando de amplo espectro de itens que inclui frutos, flores, sementes, talos, raízes e folhas arbóreas e herbáceas, além de insetos, crustáceos, moluscos e peixes (Luz, 2005). Para Ernst & Barbour (1989), são predominantemente herbívoras, comendo frutos, flores, raízes e plantas aquáticas, aceitando carne e peixe em cativeiro. Pritchard & Trebbau (1984) observaram que o conteúdo estomacal de *Podocnemis expansa* apresentava dieta herbívora e pequena quantidade de alimentos de origem animal.

Rodrigues et al. (2004) estudaram a composição nutricional da dieta de *Podocnemis expansa* na Reserva Biológica do Rio Trombetas, Estado do Pará. Os animais jovens capturados na natureza e com comprimento de carapaça inferior a 50 cm apresentaram hábito onívoro com preferência por vegetais. A predominância de dieta herbívora para *Podocnemis*

também foi observada por Portal et al. (2002) e Almeida et al. (1986). Segundo Mader (1996), répteis herbívoros consomem de 15 a 35% de proteína menos que 10% de extrato etéreo, mais que 50% de carboidratos e de 10 a 40% de fibra.

Com base no hábito alimentar da tartaruga-da-Amazônia e na importância da fibra e de seus constituintes para alimentação animal, o presente estudo teve por objetivo avaliar o crescimento da tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) alimentada com dietas com diferentes teores de fibra bruta.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), utilizando 160 exemplares de tartaruga-da-Amazônia nascidos em dezembro de 2005 e provenientes do município de Ribeirão Cascalheira, região do Rio das Mortes/MT, Brasil, área de atuação do Projeto Quelônios da Amazônia manejada pelo ICMBio/RAN.

O experimento foi realizado entre maio e outubro de 2008, com duração de seis meses, período que compreendeu o fornecimento das dietas e o controle biométrico. Os animais tinham média (desvio padrão) de 346,37 ($\pm 92,8$) g de peso, 13,84 ($\pm 1,7$) cm de comprimento de carapaça, 10,81 (± 1) cm de largura de carapaça, 11,38 ($\pm 1,2$) cm de comprimento de plastrão, 7,86 ($\pm 0,71$) cm de largura de plastrão e 4,97 ($\pm 0,41$) cm de altura de casco.

Os animais foram alojados no Setor de Animais Silvestres, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu, onde foi conduzida a fase experimental. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado e os animais foram aleatoriamente divididos em 40 grupos com quatro animais e alojados em caixas plásticas medindo 0,6 x 0,39 x 0,21 m, com renovação de água e temperatura mantida em 28,0°C. A temperatura ambiente foi controlada por meio de aquecedor. O fotoperíodo foi controlado,

mantendo 12 horas de luz e 12 horas de escuro, com luz das 07h00 às 19h00. Cada tratamento teve oito repetições (8 caixas/4 animais cada, num total de 32 animais/tratamento).

As rações foram fornecidas diariamente no período da manhã, na proporção de 3% da biomassa alojada. Os tratamentos utilizados foram numerados de um a cinco e se constituíram de rações balanceadas com alimentos de origem animal e vegetal contendo os seguintes teores de fibra bruta (FB) na dieta: 4% FB, 8% FB, 12% FB, 16% FB e 20% FB. A composição nutricional das dietas está apresentada na Tabela 1.

O controle biométrico foi mensal e as medidas coletadas foram comprimento da carapaça, largura da carapaça, comprimento do plastrão, largura do plastrão, altura do casco e peso do animal. Os equipamentos utilizados foram paquímetro e balança digital com precisão de 0,01g. Foram determinados o crescimento do comprimento e da largura da carapaça, ganho de peso e conversão alimentar.

No preparo das rações peletizadas, os ingredientes foram moídos e pesados. A mistura foi então umidecida, processada e seca em estufa com circulação de ar forçada, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - AquaNutri, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu.

Os resultados foram analisados por meio da técnica da análise de variância e quando significativo, foi aplicado o teste de comparações múltiplas de médias de Tukey. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa SAEG (UFV, 1997) ao nível de 5,0% de significância.

Resultados e Discussão

Os valores médios do crescimento do comprimento e da largura da carapaça, do ganho de peso e da conversão alimentar, em função dos teores de fibra bruta na dieta, estão

apresentados na Tabela 2. Os índices relativos de comparação entre as características estão apresentados na Tabela 3.

O crescimento da carapaça em comprimento e largura e a conversão alimentar da tartaruga-da-Amazônia foram maiores a medida que aumentou até 16% o teor de fibra nas dietas. Com o teor de 20% de fibra o crescimento da carapaça e a conversão alimentar das tartarugas diminuiu, chegando a valores próximos dos apresentados com a dieta com 4% de fibra, expressando os piores resultados. O melhor ganho de peso dos animais se deu com a dieta com 16% de fibra, sendo que com as demais dietas não se observaram diferenças estatísticas.

Não foram encontradas referências na literatura da influência do teor de fibras dietéticas no crescimento de répteis. Entretanto, quando a comparação é estendida a outras espécies aquícolas, como peixes, os resultados encontrados nessa pesquisa para tartaruga-da-Amazônia se mostram contrários.

O pacu (*Piaractus mesopotamicus*), onívoro, não teve efeitos negativos no crescimento com teores de fibra bruta de até 9%. Dietas com teores de 11 a 15% reduziram o crescimento dos peixes, resultando em piores taxas de ganho de peso, conversão alimentar e crescimento específico, além de menor eficiência proteica e consumo de ração (Rodrigues et al., 2010). A tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), onívora, não apresentou diferença no crescimento com a inclusão de teores crescentes de fibra na dieta (Meurer et al., 2003; Lanna et al., 2004). Meurer et al. (2003) não encontraram diferença entre níveis de 3,65 a 8,5% de fibra na dieta. Lanna et al. (2004) não observaram diferença no ganho de peso, conversão alimentar aparente, taxa de crescimento específico e taxa de eficiência proteica com teores de fibra na dieta de 6 a 12%. Pedron et al. (2008), pesquisando o jundiá (*Rhamdia quelen*), não observaram diferença com dietas com teores de 4 a 10% de fibra.

A tartaruga verde (*Chelonia mydas*), segundo Bjorndal (1979), digere a celulose e hemicelulose tão eficientemente quanto os ruminantes e o dugongo, mamífero marinho da família dos peixes-boi. A baixa concentração de ácidos graxos voláteis no ceco indica que eles foram absorvidos. A presença de fermentação no intestino de quelônios de água doce também foi demonstrada com *Pseudemys nelsoni*, quando Bjorndal & Bolten (1990) testaram dieta com a planta aquática *Hydrilla verticillata* e encontraram alta digestibilidade da parede celular. Bjorndal (1987) estudou o jabuti da Flórida (*Gopherus polyphemus*) e concluiu que a espécie possui microflora celulolítica capaz de degradar a celulose e hemicelulose com a mesma eficiência dos répteis herbívoros tropicais.

Na presente pesquisa, o maior crescimento da tartaruga-da-Amazônia com a dieta com 16% de fibra pode ter sido influenciado pelo aproveitamento da energia produzida pela digestão das fibras e produção de ácidos graxos voláteis por meio da fermentação microbiana. Esse processo foi comprovado em diversas espécies de quelônios (Bjorndal, 1979; Bjorndal, 1987; Bjorndal, 1989; Bjorndal & Bolten, 1990; Spencer et al., 1998) e favorecido pelo elevado tempo de trânsito gastrintestinal de quelônios (Hamilton & Coe, 1982; Pizzutto et al., 2000; Stone & Moll, 2006; Di Bello et al., 2006; Santos et al., 2010).

O tempo de trânsito gastrointestinal para tartaruga-da-Amazônia em experimento com contraste radiográfico foi de cerca de 23 dias. A passagem pelo intestino delgado é mais rápida e o tempo no intestino grosso ratifica a retenção da dieta por tempo suficientemente longo para permitir ampla atividade microbiana (Lopes, 2006). Como a digestibilidade da celulose foi alta na dieta com 16% de fibra e como o teor de celulose nessa dieta foi bem superior ao das dietas com menores teores, a produção de ácidos graxos voláteis pode ter provido uma parte da energia da dieta. Segundo Bjorndal (1979), o processo de fermentação no intestino grosso provém 15,2% do balanço energético diário da espécie, constituindo-se em importante fonte de energia.

No entanto, esses resultados não estariam de acordo com o previsto quando comparados com os resultados do experimento com disponibilidade de minerais e digestibilidade dos nutrientes dessas rações apresentados no próximo capítulo. Os tratamentos com teores menores de fibra apresentaram maior disponibilidade de minerais e digestibilidade de proteína e energia, o que se justifica pela diminuição do tempo de trânsito da dieta pelo trato gastrointestinal com níveis maiores de fibra (Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003). A resposta pode estar relacionada com a saúde do trato digestivo do animal e com os custos energéticos que esse processo acarreta.

A energia ingerida pelos animais é usada no metabolismo básico, atividade, crescimento e reprodução, além dos processos de absorção e assimilação dos alimentos. O aumento no consumo de oxigênio que sucede a alimentação, comumente referido como ação dinâmica específica (SDA), já foi descrito para vários vertebrados e invertebrados, e reflete diretamente o gasto energético total dos processos de digestão, absorção e assimilação dos alimentos (Bartholomew, 1977; Andrade et al., 1997; Secor & Philips, 1997; Secor & Diamond, 1999; Secor & Faulkner, 2002). Segundo Blaxter (1989), a atividade muscular e secreção, o transporte ativo durante a absorção, a estimulação da atividade celular pelo aumento na concentração de metabólitos, a estocagem intermediária e a síntese de macromoléculas são possíveis causas da SDA. O custo energético desse processo de digestão, absorção e assimilação dos alimentos representa 13% da energia ingerida na tartaruga chinesa de pescoço listrado (*Ocadia sinensis*) alimentada com camarões e o tipo de alimento e a frequência de alimentação tem consequências importantes sobre a resposta da SDA (Pan et al., 2005).

Hailey (1998) estudou a SDA de *Kinixys spekii*, testudinídeo onívoro, e o custo energético do processamento das dietas contendo fungos, folhas e invertebrados foi, respectivamente, de 16%, 21% e 30% da energia ingerida. Houve aumento no consumo de oxigênio com o aumento na frequência das refeições, mostrando que a regulação do trato pode

contribuir para o custo energético da SDA, resultado que foi mais visível quando se utilizou folhas na dieta. O pico de consumo ocorreu quando a maior parte do alimento ainda estava no estômago, sugerindo que o pico de consumo em répteis pode ser pré-absortivo, provavelmente pela regulação do trato digestivo (Hailey, 1998).

Segundo Morgado & Galzerano (2009), a quantidade adequada e a qualidade da fibra na dieta de animais herbívoros não ruminantes é de fundamental importância na saúde intestinal, prevenindo distúrbios digestivos e evitando a proliferação de bactérias patogênicas causadoras de enterites, cólicas e diarreias. A fibra promove o funcionamento normal do trato digestivo, regulando o trânsito da digesta, influenciando assim na velocidade de passagem da digesta e no padrão fermentativo, mantendo a integridade da mucosa intestinal e prevenindo vícios de comportamentos e desordens digestivas. O aporte de fibra também fornece energia pela sua fermentação.

Rodrigues et al. (2004) estudaram a composição nutricional da dieta de *Podocnemis expansa* na Reserva Biológica do Rio Trombetas, Estado do Pará, por meio da determinação de seu conteúdo estomacal. Os animais jovens, capturados na natureza e com comprimento de carapaça inferior a 50 cm, apresentaram hábitos onívoros com preferência por vegetais e consumiram 68% de vegetais e 4% de matéria animal, sendo o demais conteúdo composto por pedras e material digerido. A dieta apresentou 16,84% de proteína bruta, 6,5% de extrato etéreo, 16,85% de fibra bruta, 36,05% de matéria mineral e 6087 kcal/kg de energia bruta.

O teor de fibra encontrado no estômago da tartaruga-da-Amazônia foi relativamente elevado, o que pode significar necessidade de consumo de alimentos contendo alto teor de fibra. Isso resulta em sensação de saciedade uma vez que as fibras são de difícil digestão, justificando assim os jejuns prolongados efetuados por *P. expansa*, o que também se justificaria pelo elevado teor de material já digerido encontrado no estômago (Rodrigues et al., 2004). Portal et al. (2002) estudaram as espécies vegetais utilizadas por *Podocnemis*

unifilis na região do Pracuúba, Estado do Amapá, e identificaram diversas espécies de plantas com mais de 40% de fibra em sua composição que são utilizadas pela espécie.

O melhor resultado nessa pesquisa foi obtido com a dieta com o teor de 16% de fibra, semelhante à composição da dieta encontrada para tartaruga-da-Amazônia na natureza, o que pode indicar esse teor como o necessário para funcionamento correto do trato digestivo da espécie, implicando em menores custos com processo de digestão devido disfuncionalidades do trato. Magalhães et al. (2010) encontraram grande riqueza em células do sistema imunitário em tartaruga verde (*Chelonia mydas*), o que deve estar relacionado com a variedade e abundante população bacteriana no intestino grosso (Magalhães et al., 2010; Junqueira & Carneiro 2008).

Por fim, a diferença entre a disponibilidade dos minerais e a digestibilidade dos nutrientes pode ter desaparecido pela prática da coprofagia, comportamento de ingestão de fezes, registrada nos animais durante os experimentos, o que permitiria maior aproveitamento das dietas que apresentaram menor tempo de trânsito. Nos ensaios para determinação da disponibilidade dos minerais e a digestibilidade dos nutrientes os animais não tinham acesso as suas fezes, uma vez que as mesmas eram necessárias para os resultados da pesquisa. No ensaio para determinar o crescimento da espécie com dietas contendo diferentes níveis de fibra os animais tiveram acesso a essas fezes.

Conclusões

Dietas contendo teores de fibra bruta entre 12 e 16% melhoraram o crescimento da tartaruga-da-Amazônia. Teores superiores a 16% de fibra na dieta resultam em piores respostas de crescimento das tartarugas. O maior crescimento se deu com teores de 16% de fibra, semelhantes aos teores encontrados na composição química da dieta natural da espécie,

corroborando o potencial para utilização de dieta herbívora pela espécie e indicando o teor ideal de fibra para funcionamento adequado do trato digestivo da tartaruga-da-Amazônia.

Referências Bibliográficas

- ALMEIDA, S.S.; SÁ, P.G.S.; GARCIA, A. Vegetais utilizados como alimento por *Podocnemis* (Chelonia) na região do Baixo Rio Xingu (Brasil – Pará). **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi Botânica**, Belém, v. 2, n. 2, p. 199-211. 1986.
- ANDRADE, D.V.; CRUZ-NETO, A.P.; ABE, A.S. Meal size and specific dynamic action in the rattlesnake *Crotalus durissus* (Serpentes: Viperidae). **Herpetologica**, Lawrence, v. 53, n. 4, p. 485-493, 1997.
- BARTHOLOMEW, G.A. Energy metabolism. In: GORDON, M.S.; BARTHOLOMEW, G.A., GRINNELL, A.D.; JORGENSEN, C.B.; WHITE, F.N. **Animal Physiology: Principles and Adaptations**. New York: Macmillan Publishing Co., 1977, p. 82-83.
- BJORNDAL, K.A. Cellulose digestion and volatile fatty acid production in the green turtle, *Chelonia mydas*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Oxford, v. 63, n. 1, p. 127-133, 1979.
- BJORNDAL, K.A. Digestive efficiency in a temperate herbivorous reptile, *Gopherus polyphemus*. **Copeia**, Lawrence, v. 1987, n. 3, p. 714-720, 1987.
- BJORNDAL, K.A. Flexibility of digestive responses in two generalist herbivores, the tortoises *Geochelone carbonaria* and *Geochelone denticulata*. **Oecologia**, Berlin, v. 78, n. 3, p. 317-321, 1989.
- BJORNDAL, K.A.; BOLTEN, A.B. Digestive processing in a herbivorous freshwater turtle: Consequences of small-intestine fermentation. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 63, n. 6, p. 1232-1247, 1990.

- BLAXTER, K.L. **Energy metabolism in animals and mans.** 1. ed. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 339 p.
- DI BELLO, A.; VALASTRO, C.; STAFFIERI, F.; CROVACE, A. Contrast radiography of the gastrointestinal tract in sea turtle. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Raleigh, v. 47, n. 4, p. 351-354, 2006.
- ERNST, C.H.; BARBOUR, R.W. **Turtles of the world.** Washington and London: Smithsonian Institution, 1989. 313 p.
- HAILEY, A. The specific dynamic action of the omnivorous tortoise *Kinixys spekii* in relation do diet, feeding pattern and gut passage. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 71, n. 1, p. 57-66, 1998.
- HAMILTON, J.; COE, M. Feeding, digestion and assimilation of a population of giant tortoises (*Geochelone gigantea* (Schweigger)) on Aldabra atoll. **Journal of Arid Environments**, London, v.5, n. 2, p. 127-144, 1982.
- JUNQUEIRA, L.C.; CARNEIRO, J. **Histologia Básica.** 11. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, Rio de Janeiro, 2008. 524 p.
- KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 90, n. 1, p. 3-20, 2001.
- LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; BARROS, M.M. Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, supl. 3, p. 2177-2185, 2004.
- LOPES, L.A.R. **Determinação do tempo do trânsito gastrintestinal em *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 (tartaruga-da-Amazônia) (Testudines, Podocnemididae).** Dissertação de Mestrado. Uberlândia: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

- LUZ, V.L.F. **Criação comercial de tartaruga e tracajá – Manual técnico**. Cuiabá: SEBRAE, 2005. 72 p.
- MADER, D.R. **Reptile medicine and surgery**. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1996. 512 p.
- MAGALHÃES, M.S.; FREITAS, M.L.; SILVA, N.B.; MOURA, C.E.B. Morfologia do tubo digestório da tartaruga verde (*Chelonia mydas*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 30, n. 8, p. 676-684, 2010.
- MCDOUGALL, G. J.; MORRISON, I. M.; STEWARD, D.; HILLMAN, J. R. Plant cell wall as dietary fibre: Range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, London, v. 70, n. 2, p. 133-150, 1996.
- MERTENS, D.R. Análise da fibra e sua utilização na avaliação de alimentos e formulação de rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: SBZ-ESAL, 1992. p. 188.
- MEURER, F.; HAYASHI, C.; BOSCOLO, W.R. Fibra bruta para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, L). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 256-261, 2003.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young non-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 108, n. 1, p. 95-117, 2003.
- MORGADO, E.; GALZERANO, L. Fibra na nutrição de animais com fermentação no intestino grosso. **Revista Electrónica de Veterinaria**, Málaga, v. 10, n. 7, 2009.
- NOGUEIRA, A.R.A.; SOUZA, G.B. **Manual de laboratórios: Solo, água, nutrição vegetal, nutrição animal e alimentos**. São Carlos: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. 334 p.

- PAN, Z.; JI, X.; LU, H. Influence of food types on specific dynamic action of feeding in hatchling red-eared slider turtles *Trachemys scripta elegans*. **Acta Zoologica Sinica**, Beijing, v. 50, n. 3, p. 459-463, 2004
- PEDRON, F.A.; NETO, J.R.; EMANUELLI, T.; SILVA, L.P.; LAZZARI, R.; CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G.T.; VEIBERBERG, C.A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 93-98, 2008.
- PIZZUTTO, C.S.; MARIANA, A.N.B.; GUIMARÃES, M.A.V.B.; CORRÊA, S.H.R. Anatomia radiográfica e determinação do tempo do trânsito gastrintestinal em jabuti (*Geochelone carbonaria*). **Brazilian Journal of Morphology Science**, São Paulo, v. 17, n. 1, supl. 1, p. 83, 2000.
- PORTAL, R.R.; LIMA, M.A.S.; LUZ, V.L.F.; BATAUS, Y.S.L.; REIS, I.J. Espécies vegetais utilizadas na alimentação de *Podocnemis unifilis*, Troschel 1948 (Reptilia, Testudinae, Pelomedusidae) na região do Pracuúba – Amapá – Brasil. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 3, n.1, p. 11-19, 2002.
- PRITCHARD, P.C.H.; TREBBAU, P. **The turtles of Venezuela**. Caracas: Society for the Study of Amphibians and Reptiles, 1984. 403 p.
- RODRIGUES, L.A.; FERNANDES, J.B.K.; FABREGAT, T.H.P.; SAKOMURA, N.K. Desempenho produtivo, composição corporal e parâmetros fisiológicos de pacu alimentado com níveis crescentes de fibra. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 8, p. 897-902, 2010.
- RODRIGUES, M.J.J.; CARDOSO, E.C.; CINTRA, I.H.A.; SOUZA, R.F.C. Composição química do conteúdo estomacal da tartaruga-da-Amazônia, *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), em ambiente natural. **Boletim Técnico Científico do CEPNOR**, Belém, v. 4, n. 1, p. 57-65, 2004.

- SANTOS, A.L.Q.; FERREIRA, C.G.; PINTO, J.G.S.; LIMA, C.A.P.; VIEIRA, L.G.; BRITO, F.M.M. Radiographic anatomy aspects and gastrointestinal transit time in *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 431-435, 2010.
- SECOR, S.M.; DIAMOND, J. Maintenance of digestive performance in the turtles *Chelydra serpentina*, *Sternotherus odoratus* and *Trachemys scripta*. **Copeia**, Lawrence, v. 1999, n. 1, p.75-84, 1999.
- SECOR, S.M.; FAULKNER, A.C. Effects of meal size, meal type, body temperature, and body size on the specific dynamic action of the marine toad, *Bufo marinus*. **Physiological and Biochemical Zoology**, Chicago, v. 75, n. 6, p. 557-571, 2002.
- SECOR, S.M.; PHILLIPS, J.A. Specific dynamic action of a large carnivorous lizard, *Varanus albigularis*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Oxford, v. 117, n. 4, p. 515-522, 1997.
- SPENCER, R.; THOMPSON, M.B.; HUME, I.D. The diet and digestive energetics of an australian short-necked turtle, *Emydura macquarii*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology**, Oxford, v. 121, n. 4, 341-349, 1998.
- STONE, M.D.; MOLL, D. Diet-dependent differences in digestive efficiency in two sympatric species of box turtles, *Terrapene carolina* and *Terrapene ornata*. **Journal of Herpetology**, v. 40, n. 3, p. 364–371, 2006.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética**. Viçosa, 1997.
- WEISS, W.P. Predicting energy values of feeds. **Journal of Dairy Science**, Champaign, v. 76, n. 6, p. 1802-1811, 1993.

Tabela 1 – Composição percentual das dietas experimentais, na matéria natural

Composição	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Farinha de peixe (%)	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00
Farinha de vísceras de aves (%)	-	-	-	3,90	5,80
Farelo de soja (%)	6,70	5,00	4,00	-	-
Milho (%)	48,90	28,80	11,20	3,00	-
Farelo de arroz (%)	-	19,50	33,90	36,70	29,80
Óleo de soja (%)	-	-	1,00	3,00	6,40
Fosfato bicálcico (%)	3,00	2,80	2,80	2,00	1,70
Premix ¹ (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Celulose (%)	3,00	5,50	8,70	13,00	17,90
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados					
Matéria seca (%)	92,08	93,08	92,99	93,93	93,92
Proteína bruta (%)	28,07	28,15	28,11	28,12	28,01
Extrato etéreo (%)	4,49	6,37	8,56	11,25	14,26
Energia bruta (kcal/kg)	4142	4138	4127	4124	4114
Energia:Proteína	147,56	146,99	146,82	146,66	146,87
Matéria mineral (%)	10,36	12,16	13,34	12,97	12,24
Cálcio (%)	3,24	3,16	3,00	3,04	2,96
Fósforo (%)	1,78	2,05	2,34	2,32	2,12
Cálcio:Fósforo	1,82	1,54	1,28	1,31	1,40
Fibra bruta (%)	4,33	8,32	12,05	16,12	20,24
Fibra em detergente neutro (%)	15,35	19,75	28,43	35,04	38,21

Fibra em detergente ácido (%)	7,43	11,39	15,92	20,38	23,34
Hemicelulose (%)	7,91	8,36	12,51	14,66	14,87
Lignina (%)	0,24	0,94	2,10	2,01	0,99
Celulose (%)	6,32	9,42	12,81	17,35	21,41

¹Suplemento vitamínico e mineral (Evimix): Vit. A 1.000.000 UI; Vit. D3 500.000 UI; Vit. E 20.000 UI; Vit. K 500 mg; Vit. C 25.000 mg; Vit. B1 500 mg; Vit. B2 1.750 mg; Vit. B6 1.125 mg; Pantotento de cálcio 5.000 mg; Ácido fólico 250 mg; Biotina 50 mg; Niacina 5.000 mg; Vit. B12 24 mg; Ferro 13.700 mg; Selênio 75 mg; Cobre 2.000 mg; Zinco 20.000 mg; Manganês 3.700 mg; Iodo 100 mg; BHT 250 mg; Veículo 1.000 mg.

Tabela 2 – Valores médios para comprimentos e larguras iniciais e finais, crescimento de comprimento e largura da carapaça, peso vivo inicial e final, ganho de peso e conversão alimentar da tartaruga-da-Amazônia em função dos teores de fibra bruta na dieta

	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Comprimento inicial (cm)	14,05	14,39	13,55	13,46	13,76
Comprimento final (cm)	16,17	16,82	16,03	16,32	16,24
Cresc. do comprimento da carapaça (cm)	2,12 ^c	2,43 ^b	2,48 ^b	2,86 ^a	2,48 ^b
Largura inicial (cm)	10,88	11,14	10,74	10,57	10,73
Largura final (cm)	12,28	12,70	12,17	12,41	12,22
Cresc. da largura da carapaça (cm)	1,40 ^d	1,56 ^b	1,43 ^{cd}	1,84 ^a	1,49 ^c
Peso inicial (g)	360,95	380,40	343,05	315,86	331,57
Peso final (g)	552,18	580,59	541,30	545,20	526,36
Ganho de peso total (g)	190,79 ^b	200,19 ^b	198,25 ^b	229,34 ^a	194,79 ^b
Ganho de peso diário (g/dia)	1,28 ^b	1,34 ^b	1,32 ^b	1,53 ^a	1,30 ^b
Conversão alimentar (g/g)	1,92 ^c	1,73 ^b	1,78 ^{bc}	1,55 ^a	1,83 ^c

Médias na mesma linha seguidas com letras iguais não diferem entre si (Tukey, P>0,05)

Tabela 3 – Índices relativos de comparação (IRC) do ganho de comprimento e largura de carapaça e plastrão, altura do casco, ganho de peso e conversão alimentar, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Índice relativo de comparação – IRC	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Cresc. do comprimento da carapaça (cm)	-25,87	-15,04	-13,29	100,00	-13,29
Cresc. da largura da carapaça (cm)	-23,91	-15,22	-22,28	100,00	-19,02
Ganho de peso total (%)	-16,62	-12,71	-13,56	100,00	-15,07
Ganho de peso diário (%)	-16,34	-12,42	-13,73	100,00	-15,03
Conversão alimentar (%)	-20,27	-14,87	-16,22	100,00	-18,24

CAPÍTULO IV

Digestibilidade de dietas com diferentes teores de fibra para a tartaruga-da-Amazônia -

Podocnemis expansa

**Digestibilidade de dietas com diferentes teores de fibra para a tartaruga-da-Amazônia -
*Podocnemis expansa*¹**

Cauê Guion de Almeida², Augusto Shinya Abe³

¹Parte de tese de doutorado - CAUNESP - UNESP/Jaboticabal

²UFRPE - UAST/Serra Talhada. e-mail: caue@uast.ufrpe.br

³Departamento de Zoologia - IB - UNESP/Rio Claro. e-mail: asabe@rc.unesp.br

Resumo: Considerando o potencial dos quelônios em utilizar matéria vegetal e o fato desta representar menor custo em uma ração, o presente estudo determinou a disponibilidade de minerais e a digestibilidade dos nutrientes em dietas com diferentes teores de fibra bruta para tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*). O estudo foi realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), no mês novembro de 2008, com duração de 21 dias, utilizando 60 exemplares de tartaruga-da-Amazônia. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo os animais aleatoriamente divididos em 15 grupos com quatro animais e alojados em caixas plásticas medindo 0,6 x 0,39 x 0,21 m, com renovação de água e temperatura mantida em 28,0°C. Cada tratamento teve três repetições (3 caixas/4 animais cada, num total de 12 animais/tratamento). A disponibilidade de minerais e a digestibilidade dos nutrientes foram influenciadas pelos teores de fibra na dieta. A tartaruga-da-Amazônia apresenta elevado potencial de digestão da fibra dietética, comparável ao de ruminantes e outros répteis herbívoros, com sua digestibilidade aumentando com o aumento dos teores de fibra na dieta.

Palavras-chave: fibra, celulose, digestibilidade, *Podocnemis expansa*, nutrientes.

Digestibility of diets with different contents of fiber for the Arrau sideneck turtle

(Podocnemis expansa)

Abstract: Taking in consideration the potential the chelonians have for using vegetal matter and the fact that the latter represents a lower cost in terms of animal food, this study determined the availability of minerals and the digestibility of nutrients in diets for the Arrau sideneck turtle (*Podocnemis expansa*) with different contents of crude fiber. The study was carried out at the Universidade Estadual Paulista (UNESP), in November, 2008, having lasted 21 days. The turtles used were 60 specimens of the Arrau sideneck turtle. The experimental design was completely randomized. The animals were separated at random in 15 groups of 4 animals each and raised in plastic containers measuring 0,6 x 0,39 x 0,21 m, with continuous water flow and mean temperature kept at 28,0°C . Each treatment comprehended three replicates (3 containers, with 4 animals each, amounting to a total of 12 animals per treatment). The availability of minerals and the digestibility of nutrients were influenced by the contents of fiber in the diet. The Arrau sideneck turtle presents a high potential for dietary fiber digestion, comparable to that of the ruminants and other herbivore reptiles, with its digestibility increasing as the contents of fiber increase.

Keywords: fiber, cellulose, digestibility, *Podocnemis expansa*, nutrients.

Introdução

A tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) é o maior quelônio fluvial da América do Sul, atingindo em média 80 cm de comprimento de carapaça, 60 cm de largura de carapaça e peso médio de 60 kg. Todavia, há indivíduos que chegam a 1 m de comprimento de carapaça. Distribuídas apenas no hemisfério sul, como todas as espécies da família, ocorrem nos rios das Bacias Amazônica e do Orinoco, na Colômbia, Venezuela, Guiana, leste do Equador, nordeste do Peru, norte da Bolívia e norte e centro-oeste do Brasil (Iverson, 1992), habitando estes grandes rios e seus tributários de águas claras ou escuras, além de lagoas e lagos adjacentes a estes rios (Ernst & Barbour, 1989). No Brasil esta espécie habita rios e lagos dos Estados do Acre, Pará, Amazonas, Tocantins, Rondônia, Roraima, Amapá, Mato Grosso e Goiás.

A criação comercial de quelônios amazônicos foi normalizada pelas Portarias 142-N de 30 de dezembro de 1992 (criação em cativeiro de *Podocnemis expansa* e *P. unifilis*) e 070 de 23 de agosto de 1996 (comercialização de produtos e subprodutos de *P. expansa* e *P. unifilis*) e pela Instrução Normativa 169 de 20 de fevereiro de 2008 (atualiza e concentra a legislação existente, além de estender a autorização de criação para as espécies *Podocnemis sextuberculata* e *Kinosternon scorpioides*). No entanto, as tecnologias para o sucesso dessa criação não estão bem definidas, apesar da rusticidade dos animais. Os maiores entraves são as técnicas de abate e o escoamento da produção, a sustentabilidade na produção de filhotes com a reprodução em cativeiro e o manejo alimentar, uma vez que a base da alimentação desses animais ainda é a ração balanceada para peixes.

A tartaruga verde (*Chelonia mydas*), segundo Bjorndal (1979), digere a celulose e hemicelulose tão eficientemente quanto os ruminantes e o dugongo, mamífero marinho da família dos peixes-boi. A baixa concentração de ácidos graxos voláteis no ceco indica que

eles foram absorvidos. A presença de fermentação no intestino de quelônios de água doce também foi demonstrada com *Pseudemys nelsoni*, quando Bjorndal & Bolten (1990) testaram dieta com a planta aquática *Hydrilla verticillata* e encontraram alta digestibilidade da parede celular. Bjorndal (1987) estudou o jabuti da Flórida (*Gopherus polyphemus*) e concluiu que a espécie possui microflora celulolítica capaz de degradar a celulose e hemicelulose com a mesma eficiência dos répteis herbívoros tropicais.

Considerando o potencial dos quelônios em utilizar matéria vegetal, e considerando que esta representa menor custo em uma ração, o presente estudo teve por objetivo determinar a disponibilidade dos minerais e a digestibilidade dos nutrientes em dietas para tartaruga-da-Amazônia (*Podocnemis expansa*) com diferentes teores de fibra bruta.

Material e Métodos

O estudo foi realizado na Universidade Estadual Paulista (UNESP), utilizando de 60 exemplares de tartaruga-da-Amazônia nascidos em dezembro de 2005 e provenientes do município de Ribeirão Cascalheira, região do Rio das Mortes/MT, Brasil, área de atuação do Projeto Quelônios da Amazônia manejada pelo ICMBio/RAN.

O experimento foi realizado em novembro de 2008, com duração de 21 dias, período que compreendeu a adaptação e fornecimento das dietas e a coleta de fezes. Os animais tinham média (desvio padrão) de 549,11 ($\pm 111,98$) g de peso, 16,32 ($\pm 1,43$) cm de comprimento de carapaça, 12,35 ($\pm 0,94$) cm de largura de carapaça, 13,24 ($\pm 1,07$) cm de comprimento de plastrão, 8,99 ($\pm 0,66$) cm de largura de plastrão e 5,88 ($\pm 0,35$) cm de altura de casco.

Os animais foram alojados no Setor de Animais Silvestres, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu, onde foi conduzida a fase

experimental. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, sendo os animais aleatoriamente divididos em 15 grupos com quatro animais e alojados em caixas plásticas medindo 0,6 x 0,39 x 0,21 m, com renovação de água e temperatura mantida em 28,0°C. A temperatura ambiente foi controlada por meio de aquecedor. O fotoperíodo foi controlado, mantendo 12 horas de luz e 12 horas de escuro, com luz das 07h00 às 19h00. Cada tratamento teve três repetições (3 caixas/4 animais cada, num total de 12 animais/tratamento).

Os tratamentos utilizados foram numerados de um a cinco e se constituíram de rações balanceadas com alimentos de origem animal e vegetal contendo os seguintes teores de fibra bruta (FB) na dieta: 4% FB, 8% FB, 12% FB, 16% FB e 20% FB. A composição nutricional das dietas está apresentada na Tabela 1.

No preparo das rações peletizadas, os ingredientes foram moídos, pesados e adicionados de 0,1% do marcador óxido de cromo-III (Cr_2O_3). A mistura foi então umidecida, processada e seca em estufa com circulação de ar forçada, no Laboratório de Nutrição de Organismos Aquáticos - AquaNutri, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu.

Os coeficientes de disponibilidade aparente da matéria mineral, cálcio e fósforo e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, energia bruta, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose da dieta foram calculados com base no teor de óxido de cromo-III e do nutriente da dieta e das fezes, conforme a fórmula apresentada por Edin (1918) segundo Maynard et al. (1984):

$$\text{CDA}_n = 100 - \left[100 \left(\frac{\%Cr_2O_{3r}}{\%Cr_2O_{3f}} \right) \cdot \left(\frac{\%N_f}{\%N_r} \right) \right]$$

onde:

CDA_n = coeficiente de digestibilidade aparente da dieta;

$\%Cr_2O_{3r}$ = percentagem de óxido de crômio-III na dieta;

$\%Cr_2O_{3f}$ = percentagem de óxido de crômio-III nas fezes;

$\% N_f$ = percentagem do nutriente nas fezes;

$\% N_r$ = percentagem do nutriente na dieta.

A alimentação foi oferecida no início da manhã e à vontade. Uma hora após o fornecimento das dietas os animais foram transferidos para outras caixas, de mesmo tamanho, contendo telas de plástico de 1,0 cm de entrenós, com água no fundo e acima dessa tela, de modo que os animais ficassem submersos e não tivessem acesso às fezes. Esse procedimento foi necessário após a constatação da prática de coprofagia, comportamento de ingestão de fezes, entre os animais. O monitoramento para coleta foi constante e as fezes coletadas foram armazenadas em potes de plástico escuros e estocadas em freezer a $-20,0^\circ\text{C}$.

Para realização das análises, as fezes foram desidratadas a $55,0^\circ\text{C}$ por 24 horas, moídas e homogeneizadas. A matéria seca foi determinada por volatilização da umidade a $105,0^\circ\text{C}$, a matéria mineral por incineração da matéria orgânica a $550,0^\circ\text{C}$, a proteína bruta pelo método de Kjeldahl, o extrato etéreo por extração em éter e a fibra bruta pelo método de Weende, segundo a AOAC (1995). A fibra em detergente neutro, a fibra em detergente ácido e a lignina-celulose foram determinadas pelo método de Van Soest, segundo Van Soest (1967) e Goering & Van Soest (1970). A energia bruta foi determinada por bomba calorimétrica. O cálcio foi determinado por espectrofotometria de absorção atômica e o fósforo por colorimetria do metavanadato de amônia, segundo Malavolta et al. (1997). O óxido de crômio-III foi determinado pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida, após sua utilização como marcador biológico, segundo Graner (1972) e Bremer Neto et al. (2005). As análises de cálcio e fósforo foram realizadas no Laboratório de Análise Química de

Fertilizantes e Corretivos, da Faculdade de Ciências Agrônômicas, UNESP, Campus de Botucatu. As demais análises foram realizadas no Laboratório de Bromatologia, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, UNESP, Campus de Botucatu.

Os resultados foram analisados por meio da técnica da análise de variância e quando significativo, foi aplicado o teste de comparações múltiplas de médias de Tukey. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa SAEG (UFV, 1997) ao nível de 5,0% de significância.

Resultados e Discussão

Os valores médios dos coeficientes de disponibilidade aparente da matéria mineral, cálcio e fósforo, em função dos níveis de fibra bruta na dieta, estão apresentados na Tabela 2. Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, em função dos níveis de fibra bruta na dieta, estão apresentados na Tabela 3. Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose, em função dos níveis de fibra bruta na dieta, estão apresentados na Tabela 4. Os índices relativos de comparação (IRC) estão apresentados na Tabela 5. Os valores médios da matéria mineral, cálcio e fósforo disponível, da matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia digestível, e da fibra, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose digestível, em função dos níveis de fibra bruta na dieta, estão apresentados na Tabela 6, Tabela 7 e Tabela 8, respectivamente.

A maior absorção pelos animais da matéria mineral e do cálcio se deu na dieta com menor teor de fibra, com decréscimo nesses valores com o aumento do teor de fibra na dieta. O mesmo não aconteceu com o fósforo, não havendo diferença nos coeficientes de

disponibilidade entre os teores mínimo e máximo de fibra na dieta. O aproveitamento pelos animais da matéria seca e da energia bruta foi maior na dieta com menor teor de fibra, diminuindo até o teor de 12% de fibra e voltando a crescer entre 16 a 20% de fibra na dieta. O aproveitamento pelos animais da proteína bruta também foi maior na dieta com menor teor de fibra, não diferindo nas demais dietas. O aproveitamento pelos animais do extrato etéreo não diferiu entre as dietas com menor e maior teor de fibra, mas diminuiu nas dietas com 8% de fibra e voltou a crescer entre 12 a 16% de fibra.

Não foram encontradas referências na literatura da influência do teor de fibras na disponibilidade de minerais e digestibilidade dos nutrientes de dietas para répteis, mas quando a comparação é estendida a outras espécies aquícolas, como peixes, os resultados encontrados para tartaruga-da-Amazônia foram semelhantes aos de Rodrigues et al. (2010), que encontraram redução significativa na digestibilidade da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta em função do aumento do teor de fibra da dieta para o pacu (*Piaractus mesopotamicus*), espécie onívora.

Lanna et al. (2004a), com tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), onívora, observaram que teores de até 5% de fibra bruta não afetaram a digestibilidade aparente da matéria seca e da proteína bruta e 7,5% de fibra bruta não diminuiu a digestibilidade aparente do extrato etéreo. Entretanto, o aumento do teor de fibra bruta da dieta a partir 10%, diminuiu significativamente os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e o tempo de trânsito gastrointestinal. Pedron et al. (2008), no entanto, não encontraram diferenças nos índices digestivos de jundiá (*Rhamdia quelen*), onívoro, alimentados com dietas contendo teores crescentes de fibra de 4 a 10%.

O alto valor da digestibilidade do extrato etéreo nas dietas com maiores teores de fibra pode ser explicado pelos teores maiores de óleo de soja nessas dietas. Segundo Godoi et al. (2009), o aumento nos teores de óleo de soja potencializam a digestibilidade do extrato etéreo.

Lanna et al. (2004b), trabalhando com a tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), verificaram que a fibra interfere de forma significativa na digestibilidade aparente da dieta, com ação positiva para a proteína e negativa para a matéria seca, não interferindo na digestibilidade do extrato etéreo. No presente estudo, os teores de óleo não interferiram na digestibilidade da matéria seca nem da proteína, mas o aumento no teor de óleo potencializou a digestibilidade do extrato etéreo. Quanto à digestibilidade da energia, a redução na sua digestibilidade com o aumento do teor de fibra da dieta pode ser pelo fato da fibra agir na captação de micelas de gordura no intestino, reduzindo a disponibilidade da energia (Madar & Thorne, 1987).

A influência dos níveis de fibra bruta na disponibilidade dos minerais e digestibilidade dos nutrientes se deve ao fato da fibra insolúvel (celulose, lignina) manter a integridade da parede celular durante a passagem da digesta pelo intestino delgado, mantendo a capacidade de hidratação, limitando o acesso das enzimas digestivas ao conteúdo celular (amido, proteína, entre outros) e diminuindo a digestão e absorção dos nutrientes. O aumento nos teores de fibra insolúvel na dieta diminui o tempo de passagem da digesta pelo trato gastrointestinal, estimulando fisicamente as paredes do trato e aumentando a motilidade e a taxa de passagem (Warner, 1981; Vanderroof, 1998; Knudsen, 2001; Montagne et al., 2003). Além disso, diminuem a atividade de enzimas como amilase, lipase, tripsina e quimiotripsina (Kritchevsky, 1988) e aumentam a retenção de água no bolo alimentar, dificultando a ação dos sais biliares e enzimas digestivas (Montagne et al., 2003).

No entanto, mesmo com a diferença entre os tratamentos, todos os valores de disponibilidade da matéria mineral, cálcio e fósforo e da digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta se apresentaram superiores ou semelhantes para tartaruga-da-Amazônia com relação a outras espécies.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose foram maiores quanto maior foi o teor de

fibra na dieta. A digestibilidade da fibra e da fibra em detergente ácido não diferiu entre as dietas com 16 e 20% de fibra. Nas demais características foi maior na dieta com 20% de fibra. Segundo Larbier & Leclerq (1992), a fibra insolúvel pode aumentar a quantidade de substratos endógenos e exógenos responsáveis pela fermentação bacteriana na região cecólica dos animais monogástricos, onde a população bacteriana é mais diversa e mais ativa do que nas demais regiões do trato digestivo.

Analisando os valores de digestibilidade da fibra e de seus constituintes pela tartaruga-da-Amazônia, observam-se elevados valores quando comparados com outras espécies, independente da interferência do teor de fibra na dieta. Os valores de digestibilidade foram maiores do que os encontrados para jabuti piranga *Geochelone carbonaria* e jabuti tinga *Geochelone denticulata* (Bjorndal, 1989) e jabuti gigante de Aldabra *Geochelone gigantea* (Hamilton & Coe, 1982). Foram semelhantes aos encontrados para jabuti da Flórida *Gopherus polyphemus* (Bjorndal, 1987) e inferiores aos encontrados para cágado de barriga vermelha da Flórida *Pseudemys nelsoni* (Bjorndal & Bolten, 1990) e tartaruga verde (*Chelonia mydas*), espécie marinha que apresenta 86% de digestibilidade da hemicelulose e 85,5% de digestibilidade da celulose (Bjorndal, 1979). Estendendo essa comparação aos ruminantes, principal grupo de herbívoros quanto à utilização de fibra da dieta, a tartaruga-da-Amazônia apresentou melhores resultados em relação a caprinos (Correia et al., 2006), ovinos (Macedo Junior et al., 2009) e bovinos (Lançanova et al., 2001).

O aproveitamento da fibra pelos animais é favorecido por diversas adaptações de alguns quelônios à dieta herbívora e pelo elevado tempo de trânsito gastrointestinal de quelônios (Holt, 1978; Hamilton & Coe, 1982; Pizzutto et al., 2000; Stone & Moll, 2006; Di Bello et al., 2006; Santos et al., 2010). O tempo de trânsito gastrointestinal para tartaruga-da-Amazônia em experimento com contraste radiográfico foi de cerca de 23 dias. A passagem pelo intestino delgado é mais rápida e o tempo no intestino grosso ratifica a retenção da dieta por tempo

suficientemente longo para permitir ampla atividade microbiana (Lopes, 2006). Os elevados coeficientes de digestibilidade aparente da fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose indicam potencial para utilização de dietas herbívoras e se devem, provavelmente, à presença de microflora celulolítica.

A tartaruga verde (*Chelonia mydas*), segundo Bjorndal (1979), digere a celulose e hemicelulose tão eficientemente quanto os ruminantes e o dugongo, mamífero marinho da família dos peixes-boi, e a baixa concentração desses ácidos no ceco indica que eles foram absorvidos. A presença de fermentação no intestino de quelônios de água doce também foi demonstrada com *Pseudemys nelsoni*, quando Bjorndal & Bolten (1990) testaram dieta com a planta aquática *Hydrilla verticillata* e encontraram alta digestibilidade da parede celular. Bjorndal (1987) estudou o jabuti da Flórida (*Gopherus polyphemus*) e concluiu que a espécie também possui microflora celulolítica capaz de degradar a celulose e hemicelulose com a mesma eficiência dos répteis herbívoros tropicais.

Segundo Bjorndal (1989), o conteúdo celular (carboidratos solúveis, proteínas, lipídios) é prontamente digerido pelas enzimas endógenas dos herbívoros no intestino delgado, enquanto a parede celular (celulose, hemicelulose, lignina) é digerida pela microflora simbiótica do intestino grosso.

Herbívoros generalistas, como *Geochelone carbonaria* e *G. denticulata*, se ajustam às dietas com itens diversos, variando o consumo diário, taxa de passagem e digestibilidade, de forma a obterem maior eficiência no aproveitamento dos nutrientes. Dietas com altos teores de conteúdo celular ou baixa digestibilidade da parede celular, tem alto consumo diário e baixo tempo de passagem. Dietas com alta digestibilidade da parede celular apresentam baixo consumo e longo tempo de passagem. Para manter essa estratégia digestiva flexível, o animal necessita morfologia do intestino que permita processar diferentes bolos alimentares. No caso dos jabutis, o intestino delgado e o intestino grosso possuem basicamente o mesmo

comprimento, o que facilita a estratégia flexível. O tamanho do intestino delgado é suficiente para lidar com a dieta digerida pelas enzimas endógenas e o intestino grosso é capaz de reter a digestão por tempo suficiente para atividade microbiana (Bjorndal, 1989).

Moreira & Loureiro (1992) estudaram a anatomia do trato digestivo de exemplares jovens de *Podocnemis expansa* mantidos por quatro anos em cativeiro e com tamanho de 18,2 a 35,9 cm de comprimento de carapaça. Observaram a presença de papilas cornificadas no terço anterior do esôfago e os exemplares maiores apresentavam expansão em forma de bolsa no intestino grosso. Essa bolsa apresentou-se histologicamente diferente do resto do intestino grosso e foi sugerido como adaptação para favorecer a atividade celulolítica com o crescimento dos quelônios. Quanto às papilas no esôfago, podem prevenir a regurgitação de alimentos devido à mudança de pressão durante a imersão, macerar determinados alimentos ou representar adaptação ao ambiente aquático, pois jabutis não apresentaram estas estruturas. O estômago e o intestino delgado representam importante papel na digestão, representando, respectivamente, 70,6 e 15,1% do conteúdo do trato. O intestino grosso representa 14,3% do conteúdo total. Segundo Malvasio et al. (2002), o aumento no tamanho do intestino em animais adultos pode estar relacionado ao maior consumo de vegetal com o aumento da idade.

Magalhães et al. (2010) encontraram diversas especializações à dieta herbívora pela tartaruga verde *Chelonia mydas*. Observaram a presença de epitélio estratificado pavimentoso queratinizado na mucosa esofágica como proteção contra atritos decorrentes da passagem do alimento, mucosa esofágica marcada por papilas córneas macroscópicas orientadas no sentido caudal (do estômago) para facilitar a deglutição e evitar o refluxo do alimento nestes animais de ambiente marinho, divertículo esofágico e regiões alargadas em forma de saco que funcionam como reservatório ou câmara de fermentação, padrão de pregueamento e das vilosidades que variam ao longo da mucosa intestinal garantindo maior área de contato e capacidade absorviva dos nutrientes e comprimento médio do intestino grosso maior que do

intestino delgado. O intestino delgado possui pregas reticulares na mucosa duodenal e pregas retilíneas longitudinais no jejuno e no íleo. O intestino grosso é marcado pela alternância de regiões abauladas (haustros ou saculações) e estreitamentos (Magalhães et al., 2010).

Bjorndal (1985) registrou a presença de uma grande expansão em forma de bolsa no intestino grosso da tartaruga verde, semelhante à encontrada na tartaruga-da-Amazônia (Moreira & Loureiro, 1992). Essa bolsa abriga uma rica microflora e foi sugerida como um ceco funcional que seria uma adaptação da espécie à herbivoria (Bjorndal, 1985).

Conclusões

A disponibilidade dos minerais e a digestibilidade dos nutrientes são influenciadas pelos teores de fibra na dieta, com a dieta com 4% de fibra apresentando os melhores resultados e com a diminuição desses valores conforme o aumento do teor de fibra. A tartaruga-da-Amazônia, no entanto, apresenta elevado potencial de digestão da fibra dietética, comparável ao de ruminantes e outros répteis herbívoros, com sua digestibilidade aumentando com o aumento do teor de fibra na dieta.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTRY - AOAC. **Official methods of analysis**. 16. ed. Arlington: AOAC International, 1995. 1025 p.
- BJORNDAL, K.A. Cellulose digestion and volatile fatty acid production in the green turtle, *Chelonia mydas*. **Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Physiology**, Oxford, v. 63, n. 1, p. 127-133, 1979.

- BJORNDAL, K.A. Digestive efficiency in a temperate herbivorous reptile, *Gopherus polyphemus*. **Copeia**, Lawrence, v. 1987, n. 3, p. 714-720, 1987.
- BJORNDAL, K.A. Nutritional ecology of sea turtle. **Copeia**, Lawrence, v. 1985, n. 3, p. 736-751, 1985.
- BJORNDAL, K.A. Flexibility of digestive responses in two generalist herbivores, the tortoises *Geochelone carbonaria* and *Geochelone denticulata*. **Oecologia**, Berlin, v. 78, n. 3, p. 317-321, 1989.
- BJORNDAL, K.A.; BOLTEN, A.B. Digestive processing in a herbivorous freshwater turtle: Consequences of small-intestine fermentation. **Physiological Zoology**, Chicago, v. 63, n. 6, p. 1232-1247, 1990.
- BRASIL. Instrução Normativa 169, de 20 de fevereiro de 2008. Institui e normatiza as categorias de uso e manejo da fauna silvestre em cativeiro em território brasileiro, visando atender às finalidades socioculturais, de pesquisa científica, de conservação, de exposição, de manutenção, de criação, de reprodução, de comercialização, de abate e de beneficiamento de produtos e subprodutos, constantes do Cadastro Técnico Federal (CTF) de Atividades Potencialmente Poluidoras ou Utilizadoras de Recursos. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 35, p. 57-59, 21.02.2008.
- BRASIL. Portaria 70, de 23 de agosto de 1996. Normaliza a comercialização de produtos e subprodutos das espécies de quelônios *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*, provenientes de criadouros comerciais regulamentados pelo IBAMA. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 165, p. 16390-16391, 26.08.1996.
- BRASIL. Portaria 142, de 30 de dezembro de 1992. Normatiza a criação em cativeiro das espécies de quelônios *Podocnemis expansa* e *Podocnemis unifilis*, em criadouros com finalidade comercial, partindo de filhotes, nas áreas de distribuição geográfica. **Diário Oficial da União**. Brasília, n. 14, p. 922-923, 21.01.1992.

- BREMER NETO, H; GRANER, C.A.F.; PEZZATO, L.E.; PADOVANI, C.R. Determinação de rotina do crômio em fezes, como marcador biológico, pelo método espectrofotométrico ajustado da 1,5-difenilcarbazida. **Ciência Rural**, v. 35, n. 3, p. 691-697, 2005.
- CORREIA, M.X.C.; COSTA, R.G.; SILVA, J.H.V.; CARVALHO, F.F.R.; MEDEIROS, A.N. Utilização de resíduo agroindustrial de abacaxi desidratado em dietas para caprinos em crescimento: digestibilidade e desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, supl. 1, p. 1822-1828, 2006.
- DI BELLO, A.; VALASTRO, C.; STAFFIERI, F.; CROVACE, A. Contrast radiography of the gastrointestinal tract in sea turtle. **Veterinary Radiology & Ultrasound**, Raleigh, v. 47, n. 4, p. 351-354, 2006.
- ERNST, C.H.; BARBOUR, R.W. **Turtles of the world**. Washington and London: Smithsonian Institution, 1989. 313 p.
- GOERING, H.K.; VAN SOEST, P.J. **Forage fiber analyses, apparatus, reagents, procedures and some applications**. Washington, D.C.: USDA (Agricultural Handbook, 379), 1970.
- GRANER, C.A.F. **Determinação do crômio pelo método colorimétrico da s-difenilcarbazida**. Tese de Doutorado. Botucatu: Faculdade de Ciências Médicas e Biológicas, Universidade Estadual Paulista, 1972.
- GODOI, F.N.; ALMEIDA, F.Q.; SALIBA, E.O.S.; VENTURA, H.T.; FRANÇA, A.B.; RODRIGUES, L.M. Consumo, cinética digestiva e digestibilidade de nutrientes em equinos atletas alimentados com dietas contendo óleo de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 10, p. 1928-1937, 2009.
- HAMILTON, J.; COE, M. Feeding, digestion and assimilation of a population of giant tortoises (*Geochelone gigantea* (Schweigger)) on Aldabra atoll. **Journal of Arid Environments**, London, v.5, n. 2, p. 127-144, 1982.

- HOLT, P. E. Radiological studies of the alimentary tract in two Greek tortoises (*Testudo graeca*). **The Veterinary Record**, London, v. 103, n. 10, p. 198-200, 1978.
- IVERSON, J.B. **A revised checklist with distribution maps of the turtles of the world**. Richmond: Earlham College, 1992. 363 p.
- KNUDSEN, K. E. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 90, n. 1, p. 3-20, 2001.
- KRITCHEVSKY, D. Dietary fiber. **Annual Reviews of Nutrition**, Palo Alto, v. 8, p. 301-328, 1988.
- LANÇANOVA, J.A.C.; OLIVEIRA, M.D.A.; PACOLA, L.J.; VILELA, L.M.R.; MALHEIROS, E.B.; RUGGIERI, A.C.; VIEIRA, P.F. Digestibilidade aparente da proteína bruta e dos componentes da parede celular de uma ração completa, com bovinos de diferentes grupos genéticos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 1913-1918, 2001.
- LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; CECON, P.R.; FURUYA, W.M.; BOMFIM, M.A.D. Digestibilidade aparente e trânsito gastrintestinal em tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), em função da fibra bruta da dieta. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, supl. 3, p. 2186-2192, 2004.
- LANNA, E.A.T.; PEZZATO, L.E.; FURUYA, W.M.; VICENTINI, C.A.; BARROS, M.M. Fibra bruta e óleo em dietas práticas para alevinos de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 6, supl. 3, p. 2177-2185, 2004.
- LARBIER, M.; LECLERCQ, B. **Nutrition and feeding of poultry**. Loughborough: Nottingham University Press, 1992. 305p.
- LOPES, L.A.R. **Determinação do tempo do trânsito gastrintestinal em *Podocnemis expansa* Schweigger, 1812 (tartaruga-da-Amazônia) (Testudines, Podocnemididae)**.

Dissertação de Mestrado. Uberlândia: Faculdade de Medicina Veterinária - Universidade Federal de Uberlândia, 2006.

- MACEDO JUNIOR, G.L.; FRANÇA, P.M.; ASSIS, R.M.; ALMEIDA, T.R.V.; PAULA, O.J.; PÉREZ, J.R.O.; BAIÃO, A.A.F.; BORGES, I.; SILVA, V.B. Níveis de fibra em detergente neutro forrageiro na alimentação de ovelhas Santa Inês gestantes. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 61, n. 1, p. 196-202, 2009.
- MADAR, Z.; THORNE, R. Dietary fiber. **Progress in Food and Nutrition Science**, Oxford, v. 11, n. 2, p. 153-174, 1987.
- MAGALHÃES, M.S.; FREITAS, M.L.; SILVA, N.B.; MOURA, C.E.B. Morfologia do tubo digestório da tartaruga verde (*Chelonia mydas*). **Pesquisa Veterinária Brasileira**, Seropédica, v. 30, n. 8, p. 676-684, 2010.
- MALAVOLTA, E.; VITTI, C.G.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – Princípios e aplicações**. 2. ed. Piracicaba: POTAFOS, 1997. 319 p.
- MALVASIO, A.; SOUZA, A.M.; GOMES, N.; SAMPAIO, F.A.A.; MOLINA, F.B. Variações ontogenéticas na morfometria e morfologia do canal alimentar pós-faríngeo de *Trachemys dorbignyi* (Duméril & Bibron, 1835), *Podocnemis expansa* (Schweigger, 1812), *P. unifilis* (Troschel, 1848) e *P. sextuberculata* (Cornalia, 1849) (Anapsida; Testudines). **Publicações Avulsas do Instituto Pau Brasil de História Natural**, v. 5, p. 39-51, 2002.
- MAYNARD, L.A.; LOOSLI, J.K.; HINTZ, H.F.; WARNER, R.G. **Nutrição Animal**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1984. 736 p.
- MONTAGNE, L.; PLUSKE, J. R.; HAMPSON, D. J. A review of interactions between dietary fibre and intestinal mucosa, and their consequences on digestive health in young

- no-ruminant animals. **Animal Feed Science and Technology**, New York, v. 108, n. 1, p. 95-117, 2003.
- MOREIRA, G.R.S.; LOUREIRO, J.A.S. Contribución al estudio de la morfología del tracto digestivo de individuos jóvenes de *Podocnemis expansa* (Testudinata: Pelomedusidae). **Acta Zoologica Lilloana**, Tucumán, v. 41, p. 345-348, 1992.
- PEDRON, F.A.; NETO, J.R.; EMANUELLI, T.; SILVA, L.P.; LAZZARI, R.; CORRÊIA, V.; BERGAMIN, G.T.; VEIBERBERG, C.A. Cultivo de jundiás alimentados com dietas com casca de soja ou de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 1, p. 93-98, 2008.
- PIZZUTTO, C.S.; MARIANA, A.N.B.; GUIMARÃES, M.A.V.B.; CORRÊA, S.H.R. Anatomia radiográfica e determinação do tempo do trânsito gastrintestinal em jabuti (*Geochelone carbonaria*). **Brazilian Journal of Morphology Science**, São Paulo, v. 17, n. 1, supl. 1, p. 83, 2000.
- RODRIGUES, L.A.; FABREGAT, T.H.P.; FERNANDES, J.B.K.; NASCIMENTO, T.M.T.; SAKOMURA, N.K. Digestibilidade e tempo de trânsito gastrintestinal de dietas contendo níveis crescentes de fibra bruta para pacu. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 2, p. 169-173, 2010.
- SANTOS, A.L.Q.; FERREIRA, C.G.; PINTO, J.G.S.; LIMA, C.A.P.; VIEIRA, L.G.; BRITO, F.M.M. Radiographic anatomy aspects and gastrointestinal transit time in *Podocnemis unifilis* Troschel, 1848 (Testudines, Podocnemididae). **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, Maringá, v. 32, n. 4, p. 431-435, 2010.
- STONE, M.D.; MOLL, D. Diet-dependent differences in digestive efficiency in two sympatric species of box turtles, *Terrapene carolina* and *Terrapene ornata*. **Journal of Herpetology**, v. 40, n. 3, p. 364–371, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema de Análise Estatística e Genética**. Viçosa, 1997.

VAN SOEST, P.J. Development of a comprehensive system of feed analysis and its application to forage. **Journal of Animal Science**, v. 26, n. 1, p. 119-120, 1967.

VANDERHOOF, J.A. Immunonutrition: The role of carbohydrates, **Nutrition**, v. 14, n. 7, p. 595-598, 1998.

WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts and Reviews. Series B: Livestock Feeds and Feeding**, Wallingford, v. 51, n. 12, p. 789-975, 1981.

Tabela 1 – Composição percentual das dietas experimentais, na matéria natural

Composição	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Farinha de peixe (%)	38,00	38,00	38,00	38,00	38,00
Farinha de vísceras de aves (%)	-	-	-	3,90	5,80
Farelo de soja (%)	6,70	5,00	4,00	-	-
Milho (%)	48,90	28,80	11,20	3,00	-
Farelo de arroz (%)	-	19,50	33,90	36,70	29,80
Óleo de soja (%)	-	-	1,00	3,00	6,40
Fosfato bicálcico (%)	2,90	2,70	2,70	1,90	1,60
Premix ¹ (%)	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Celulose (%)	3,00	5,50	8,70	13,00	17,90
Óxido de crômio-III (%)	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Total (%)	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados					
Matéria seca (%)	94,36	93,25	94,90	93,67	94,45
Proteína bruta (%)	28,12	28,16	28,07	28,11	28,10
Extrato etéreo (%)	4,46	5,22	7,71	10,03	13,28
Energia bruta (kcal/kg)	4047	4039	4027	4023	4020
Energia:Proteína	143,92	143,43	143,46	143,12	143,06
Matéria mineral (%)	13,19	14,21	14,74	14,29	13,27
Cálcio (%)	3,20	3,13	2,99	3,04	2,97
Fósforo (%)	1,78	2,03	2,34	2,32	2,20
Cálcio:Fósforo	1,80	1,54	1,28	1,31	1,35
Fibra bruta (%)	4,34	8,26	12,28	16,55	20,70

Fibra em detergente neutro (%)	15,67	20,53	27,03	33,95	36,71
Fibra em detergente ácido (%)	7,72	11,30	16,38	21,30	24,09
Hemicelulose (%)	7,95	9,24	10,65	12,65	12,63
Lignina (%)	0,56	0,67	2,23	2,89	1,56
Celulose (%)	6,13	9,75	13,03	17,05	21,22

¹Suplemento vitamínico e mineral (Evimix): Vit. A 1.000.000 UI; Vit. D3 500.000 UI; Vit. E 20.000 UI; Vit. K 500 mg; Vit. C 25.000 mg; Vit. B1 500 mg; Vit. B2 1.750 mg; Vit. B6 1.125 mg; Pantotento de cálcio 5.000 mg; Ácido fólico 250 mg; Biotina 50 mg; Niacina 5.000 mg; Vit. B12 24 mg; Ferro 13.700 mg; Selênio 75 mg; Cobre 2.000 mg; Zinco 20.000 mg; Manganês 3.700 mg; Iodo 100 mg; BHT 250 mg; Veículo 1.000 mg.

Tabela 2 – Valores médios dos coeficientes de disponibilidade aparente da matéria mineral, cálcio e fósforo, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Coeficiente de disponibilidade aparente	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Matéria mineral (%)	75,38 ^a	70,16 ^b	70,34 ^b	66,10 ^c	66,06 ^c
Cálcio (%)	87,98 ^a	82,37 ^b	79,53 ^b	81,76 ^b	74,54 ^c
Fósforo (%)	81,45 ^{abc}	79,59 ^{bc}	82,63 ^a	79,39 ^c	82,39 ^{ab}

Médias na mesma linha seguidas com letras iguais não diferem entre si (Tukey, P>0,05)

Tabela 3 – Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e energia bruta, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Coeficiente de digestibilidade aparente	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Matéria seca (%)	81,90 ^a	77,85 ^b	74,21 ^c	74,99 ^c	78,35 ^b
Proteína bruta (%)	89,30 ^a	85,01 ^b	84,87 ^b	84,81 ^b	85,34 ^b
Extrato etéreo (%)	88,31 ^a	83,17 ^d	84,66 ^{cd}	85,63 ^{bc}	87,31 ^{ab}

Energia bruta (%)	84,86 ^a	77,25 ^b	72,15 ^d	74,91 ^c	75,90 ^{bc}
-------------------	--------------------	--------------------	--------------------	--------------------	---------------------

Médias na mesma linha seguidas com letras iguais não diferem entre si (Tukey, P>0,05)

Tabela 4 – Valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente da fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Coeficiente de digestibilidade aparente	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Fibra bruta (%)	13,93 ^d	39,50 ^c	57,80 ^b	67,91 ^{ab}	71,30 ^a
Fibra em detergente neutro (%)	39,64 ^e	43,17 ^d	51,60 ^c	69,04 ^b	73,14 ^a
Fibra em detergente ácido (%)	32,79 ^d	51,19 ^c	58,68 ^b	71,84 ^a	73,47 ^a
Hemicelulose (%)	46,30 ^c	42,39 ^{cd}	41,99 ^d	64,32 ^b	72,50 ^a
Celulose (%)	61,49 ^e	65,18 ^d	69,64 ^c	76,37 ^b	82,25 ^a

Médias na mesma linha seguidas com letras iguais não diferem entre si (Tukey, P>0,05)

Tabela 5 – Índices relativos de comparação (IRC) da disponibilidade aparente da matéria mineral, cálcio e fósforo e da digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, energia bruta, fibra bruta, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Índice relativo de comparação – IRC	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Matéria mineral (%)	100,00	-6,93	-6,67	-12,31	-12,36
Cálcio (%)	100,00	-6,38	-9,61	-7,07	-15,28
Fósforo (%)	-1,43	-3,68	100,00	-3,92	-0,29
Matéria seca (%)	100,00	-4,95	-9,39	-8,44	-4,34

Proteína bruta (%)	100,00	-4,80	-4,96	-5,03	-4,44
Extrato etéreo (%)	100,00	-5,82	-4,13	-3,04	-1,13
Energia bruta (%)	100,00	-8,97	-14,98	-11,73	-10,56
Fibra bruta (%)	-80,46	-44,60	-18,93	-4,76	100,00
Fibra em detergente neutro (%)	-45,80	-40,98	-29,45	-5,61	100,00
Fibra em detergente ácido (%)	-55,37	-30,33	-20,13	-2,22	100,00
Hemicelulose (%)	-36,14	-41,53	-42,08	-11,28	100,00
Celulose (%)	-25,24	-20,75	-15,33	-7,15	100,00

Tabela 6 – Valores médios da matéria mineral, cálcio e fósforo total e disponível, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Composição	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Matéria mineral (%)	13,19	14,21	14,74	14,29	13,27
Matéria mineral disponível (%)	9,94	9,97	10,37	9,45	8,77
Cálcio (%)	3,20	3,13	2,99	3,04	2,97
Cálcio disponível (%)	2,82	2,57	2,38	2,49	2,21
Fósforo (%)	1,78	2,03	2,34	2,32	2,20
Fósforo disponível (%)	1,45	1,62	1,93	1,84	1,81

Tabela 7 – Valores médios da matéria seca, proteína, extrato etéreo e energia total e digestível, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Composição	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%

Matéria seca (%)	94,36	93,25	94,90	93,67	94,45
Matéria seca digestível (%)	77,29	72,59	70,43	70,25	74,01
Proteína bruta (%)	28,12	28,16	28,07	28,11	28,10
Proteína digestível (%)	25,11	23,94	23,83	23,84	23,98
Extrato etéreo (%)	4,46	5,22	7,71	10,03	13,28
Extrato etéreo digestível (%)	3,94	4,34	6,53	8,59	11,59
Energia bruta (kcal/kg)	4047	4039	4027	4023	4020
Energia digestível (kcal/kg)	3434	3120	2906	3013	3051

Tabela 8 – Valores médios da fibra, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e celulose total e digestível, em função dos teores de fibra bruta na dieta

Composição	% FB				
	4%	8%	12%	16%	20%
Fibra bruta (%)	4,34	8,26	12,28	16,55	20,70
Fibra bruta digestível (%)	0,60	3,26	7,10	11,24	14,76
Fibra em detergente neutro (%)	15,67	20,53	27,03	33,95	36,71
Fibra em detergente neutro digestível (%)	6,21	8,86	13,95	23,44	26,85
Fibra em detergente ácido (%)	7,72	11,30	16,38	21,30	24,09
Fibra em detergente ácido digestível (%)	2,53	5,78	9,61	15,30	17,70
Hemicelulose (%)	7,95	9,24	10,65	12,65	12,63
Hemicelulose digestível (%)	3,68	3,92	4,47	8,14	9,16
Celulose (%)	6,13	9,75	13,03	17,05	21,22
Celulose digestível (%)	3,77	6,35	9,07	13,02	17,45

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Dietas contendo teores de fibra bruta entre 12 e 16% melhoraram o crescimento da tartaruga-da-Amazônia. Teores superiores a 16% de fibra na dieta resultaram em piores respostas de crescimento das tartarugas. O maior crescimento se deu com teores de 16% de fibra, semelhantes aos teores encontrados na composição química da dieta natural da espécie, corroborando o potencial para utilização de dieta herbívora pela espécie e indicando o teor ideal de fibra para funcionamento adequado do trato digestivo da tartaruga-da-Amazônia.

A disponibilidade dos minerais e digestibilidade dos nutrientes são influenciadas pelos teores de fibra na dieta, com a dieta com 4% de fibra apresentando os melhores resultados e com a diminuição desses valores conforme o aumento do teor de fibra. A tartaruga-da-Amazônia, no entanto, apresenta elevado potencial de digestão da fibra dietética, comparável ao de ruminantes e outros répteis herbívoros, com sua digestibilidade aumentando com o aumento do teor de fibra na dieta.

No entanto, diversos outros estudos precisam ser feitos na tentativa de elucidar esse processo da importância e uso da fibra por quelônios como a tartaruga-da-Amazônia:

- Estudos para determinar o tempo de trânsito de dietas para quelônios e verificar a influência de dietas com diferentes teores de fibras e demais nutrientes;
- Estudos para determinar detalhadamente o mecanismo de digestão da fibra através da fermentação microbiana e o potencial de absorção dos ácidos graxos voláteis produzidos;
- Estudos para determinar os fatores que afetam o processo de fermentação, como a temperatura, a idade dos animais e as adaptações do sistema digestivo;
- Estudos para determinar os custos energéticos dos processos de digestão, absorção e assimilação dos alimentos com diferentes níveis de fibra e outros nutrientes ou minerais;
- Estudos sobre as características morfofisiológicas do trato digestivo e do comportamento alimentar na natureza da tartaruga-da-Amazônia de diferentes idades e tamanhos.