

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE AGRONOMIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA

**EFEITOS DE DIFERENTES FONTES DE FIBRA NA DIGESTIBILIDADE DE
NUTRIENTES, NAS RESPOSTAS METABÓLICAS PÓS-PRANDIAIS E NA
SAÚDE INTESTINAL DE GATOS**

MANUELA MARQUES FISCHER
Médica Veterinária/UFRGS

Dissertação apresentada como um dos requisitos à obtenção do Grau de
Mestre em Zootecnia
Área de Concentração Produção Animal

Porto Alegre (RS), Brasil
Março de 2011

CIP - Catalogação na Publicação

Marques Fischer, Manuela

Efeitos de diferentes fontes de fibra na digestibilidade de nutrientes, nas respostas metabólicas pós-prandiais e na saúde intestinal de gatos / Manuela Marques Fischer. -- 2011.
88 f.

Orientador: Alexandre de Mello Kessler.
Coorientador: Aulus Cavalieri Carciofi.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Porto Alegre, BR-RS, 2011.

1. Gato. 2. Fibra dietética. 3. Digestibilidade. 4. Parâmetros sanguíneos. 5. Saúde intestinal. I. de Mello Kessler, Alexandre, orient. II. Cavalieri Carciofi, Aulus, coorient. III. Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

MANUELA MARQUES FISCHER
Médica Veterinária

DISSERTAÇÃO

Submetida como parte dos requisitos
para obtenção do Grau de

MESTRE EM ZOOTECNIA

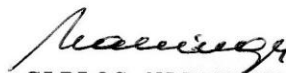
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Faculdade de Agronomia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 28.02.2011
Pela Banca Examinadora

Homologado em: 06.06.2011
Por



ALEXANDRE DE MELLO KESSLER
PPG Zootecnia/UFRGS
Orientador



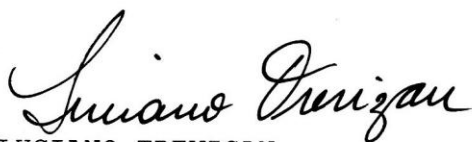
CARLOS NABINGER
Coordenador do Programa de
Pós-Graduação em Zootecnia



RICARDO DE SOUZA VASCONCELLOS
UDESC



ANDRÉA MACHADO LEAL RIBEIRO
PPG Zootecnia UFRGS



LUCIANO TREVISAN
Departamento de Zootecnia UFRGS



PEDRO ALBERT SELBACH
Diretor da Faculdade de
Agronomia

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES – pela bolsa concedida.

Ao meu orientador Prof. Dr. Alexandre de Mello Kessler, pela orientação, exemplo e disponibilidade em todos os momentos. À professora Andréa Machado Leal Ribeiro, pelos ensinamentos diários e pela amizade.

Ao professor Aulus Cavalieri Carciofi, pela oportunidade e confiança. Aos estagiários e pós-graduandos do Laboratório de Nutrição de Jaboticabal: Laura, Mayara, Fabiano e Márcio por toda a ajuda no meu experimento e em especial ao Ricardo, Sandrinha, Fernando e Michele. À professora Lilian Sá, da USP, pela grande ajuda nas análises de histologia.

À Deus, pela minha vida. À minha amada família, base de tudo, pela educação e valores transmitidos. À minha mãe Isabel e meu pai Décio, pelo amor, incentivo e apoio incondicional. Ao meu amor Christian, pela cumplicidade, companheirismo, paciência e dedicação durante todos esses anos juntos.

A todo o pessoal do LEZO, bolsistas de iniciação e pós-graduandos, pela harmoniosa convivência. Um agradecimento especial à Mariana, pela amizade e parceria, ao Luciano pela motivação e à Maitê, pela convivência e ajuda nas análises estatísticas. Muito obrigada a todos!

EFEITOS DE DIFERENTES FONTES DE FIBRA NA DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES, NAS RESPOSTAS METABÓLICAS PÓS-PRANDIAIS E NA SAÚDE INTESTINAL DE GATOS¹

Autor: Manuela Marques Fischer

Orientador: Prof. Alexandre de Mello Kessler

Co-orientador: Prof. Aulus Cavalieri Carciofi

RESUMO

Atualmente se busca formular dietas que além de desempenhar o papel nutritivo, promova benefícios à saúde dos animais de companhia. O estudo da fibra na dieta para animais carnívoros é recente e a literatura escassa. Para investigar os efeitos da fibra dietética na dieta de gatos, foi realizado um experimento no qual foram avaliadas a digestibilidade aparente dos nutrientes; as respostas pós-prandiais de glicose, colesterol e triglicerídeos; os efeitos sobre as características fecais e alguns parâmetros de saúde intestinal, como concentração de ácidos graxos de cadeia curta nas fezes e histologia da mucosa do cólon. Foram formuladas uma dieta controle e três dietas contendo diferentes fontes de fibra: polpa de beterraba, farelo de trigo e fibra de cana-de-açúcar. As dietas com adição de fibras foram formuladas para conter níveis semelhantes de FDT. O estudo seguiu um delineamento em blocos casualizados, sendo os blocos representados pelos dois períodos experimentais, cada um constituído por 3 gatos e 4 dietas, totalizando 24 gatos. Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO e EB foram menores nas dietas com fibra ($P < 0,05$). A polpa de beterraba e o farelo de trigo não afetaram a digestibilidade da PB, sendo que a polpa de beterraba também não diminuiu a digestibilidade do EE. A dieta com fibra de cana-de-açúcar provocou redução significativa nos coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EE e EB ($P < 0,05$). A concentração média e a área abaixo da curva da glicose foram estatisticamente menores no grupo da fibra de cana-de-açúcar ($P < 0,05$) em relação às demais dietas. A dieta com polpa de beterraba foi a que produziu maiores concentrações de acetato ($P = 0,0117$) propionato ($P = 0,0005$), lactato ($P = 0,0051$) e ácidos graxos totais ($P = 0,0008$). A análise morfométrica da mucosa do cólon nos quatro grupos não foi diferente estatisticamente. A digestibilidade dos nutrientes foi menos prejudicada com a inclusão da polpa de beterraba e mais prejudicada com a adição da fibra de cana-de-açúcar. Por outro lado, a dieta com fibra de cana-de-açúcar demonstrou características promissoras no controle da glicemia. A polpa de beterraba causou efeitos desejáveis no cólon, através da produção de ácidos graxos de cadeia curta, embora não tenha alterado as características histológicas da mucosa colônica dos gatos em curto prazo.

¹Dissertação de Mestrado em Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil (99p.). Março, 2011.

EFFECTS OF DIFFERENT FIBER SOURCES ON NUTRIENT DIGESTIBILITY, POSTPRANDIAL METABOLIC RESPONSES AND INTESTINAL HEALTH IN CATS²

Author: Manuela Marques Fischer
Adviser: Prof. Alexandre de Mello Kessler
Co-adviser: Prof. Aulus Cavalieri Carciofi

ABSTRACT

Currently, one seeks to formulate diets which perform the nutritive role and also promote health benefits to companion animals. The study on fiber in carnivorous animals' diets is recent and the literature is scarce. In the purpose to investigate the effects of dietary fiber on cats' diets, it has been realized an experiment which assessed the apparent nutrient digestibility; the glucose, cholesterol, and triglycerides postprandial responses; the effects on fecal features, and also some intestinal health parameters such as short-chain fatty acids concentration in faeces and colonic mucosa histology. It was formulated a control diet and three diets containing different fiber sources, beet pulp, wheat bran and sugar cane fiber. The addition of fiber were formulated to contain similar level of TDF. The study followed a randomized block design, with the blocks represented by the two experimental periods, each consisting of three cats and four diets, totaling 24 cats. The apparent digestibility coefficients of DM, OM, and GE were lower in diets which contained fiber ($P < 0.05$). The beet pulp and wheat bran did not affect the digestibility of CP, and beet pulp did not decrease the EE. The diet with sugar cane fiber caused significant reduction in digestibility of DM, OM, CP and EB ($P < 0.05$). The average concentration of glucose and the area under the glucose curve were statistically lower in the group of sugar cane fiber ($P < 0.05$). The diet with beet pulp was the one which produced the biggest acetate ($P = 0.0117$), propionate ($P = 0.0005$), and lactate concentrations ($P = 0.0051$), even as total fatty acids ($P = 0.0008$). Morphometric analysis of colonic mucosa in the four groups was not statistically different. Nutrient digestibility was less impaired by the inclusion of beet pulp and most affected by the addition of sugar cane fiber. On the other hand, the diet with sugar cane fiber has shown promising features to control blood glucose. The beet pulp caused effects in the colon, through the production of short chain fatty acids, although did not alter the histological features of colonic mucosa of cats in the short term.

²Master of Science dissertation in Animal Science, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil (99p.). March, 2011.

SUMÁRIO

| | Página |
|--|--------|
| CAPÍTULO I | |
| 1 INTRODUÇÃO..... | 2 |
| 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA..... | 4 |
| 2.1 Definição e classificação da fibra dietética..... | 4 |
| 2.2 Propriedades físico-químicas e características da fibra..... | 6 |
| 2.3 Fontes de fibra dietética..... | 8 |
| 2.4 Efeitos da fibra dietética sobre a digestibilidade dos nutrientes.. | 11 |
| 2.5 Efeitos da fibra dietética na saúde intestinal..... | 13 |
| 2.6 Efeitos da fibra dietética sobre respostas metabólicas..... | 14 |
| 3 HIPÓTESES E OBJETIVOS..... | 16 |
| CAPÍTULO II | |
| Digestibilidade de nutrientes e respostas metabólicas pós-prandiais de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta | |
| Resumo..... | 18 |
| Abstract..... | 19 |
| Introdução..... | 20 |
| Material e Métodos..... | 21 |
| Resultados e Discussão..... | 26 |
| Literatura Citada..... | 33 |
| CAPÍTULO III | |
| Estudo histológico da mucosa do cólon e produção de ácidos graxos de cadeia curta em gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta | |
| Resumo..... | 36 |
| Abstract..... | 37 |
| Introdução..... | 38 |
| Material e Métodos..... | 39 |
| Resultados..... | 44 |
| Discussão..... | 45 |
| Literatura Citada..... | 48 |
| CAPÍTULO IV | |
| CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 52 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 54 |
| APÊNDICES..... | 60 |
| VITA..... | 88 |

RELAÇÃO DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

| | |
|-------|--|
| °C | graus Celsius |
| % | por cento |
| AAFCO | Association of American Feed Control Officials |
| AGCC | Ácidos graxos de cadeia curta |
| EB | Energia bruta |
| EEHA | Extrato etéreo por hidrólise ácida |
| EM | Energia metabolizável |
| FB | Fibra bruta |
| FDA | Fibra em detergente ácido |
| FDN | Fibra em detergente neutro |
| FDT | Fibra dietética total |
| kcal | Quilocaloria |
| MAPA | Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento |
| MM | Matéria mineral |
| MO | Matéria orgânica |
| MS | Matéria seca |
| NRC | National Research Council |
| PB | Proteína bruta |
| PNAs | Polissacarídeos não-amiláceos |
| PV | Peso vivo |
| TGI | Trato gastrointestinal |

RELAÇÃO DE TABELAS

| | Página |
|---|--------|
| Capítulo II | |
| Tabela 1. Composição de ingredientes das dietas controle e com inclusão de polpa de beterraba, farelo de trigo e fibra de cana-de-açúcar..... | 22 |
| Tabela 2. Composição química das fontes de fibra e das dietas experimentais..... | 23 |
| Tabela 3. Energia metabolizável das dietas, consumo médio diário, digestibilidade aparente e características fecais de gatos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibra.. | 28 |
| Tabela 4. Peso vivo e escore de condição corporal, consumo de nutrientes durante a curva, concentrações média, máxima e tempo de pico da glicose, colesterol e triglicerídeos plasmáticos, concentrações média e máxima do incremento da glicose, colesterol e triglicerídeos, áreas abaixo da curva e área abaixo do incremento da curva de glicose, colesterol e triglicerídeos de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta..... | 30 |
| Capítulo III | |
| Tabela 1. Composição de ingredientes das dietas controle e com inclusão de polpa de beterraba, farelo de trigo e fibra de cana-de-açúcar..... | 40 |
| Tabela 2. Concentração fecal média de ácido acético, butírico, propiônico, láctico e de ácidos graxos totais de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta..... | 44 |
| Tabela 3. Análise morfométrica da mucosa do cólon de gatos submetidos a dietas com diferentes fontes de fibras, segundo a área de criptas, área de lâmina própria, área de células caliciformes, número médio de criptas por campo, número médio de criptas em bifurcação e tamanho das criptas em micrômetro..... | 45 |

CAPÍTULO I

1. INTRODUÇÃO

Seguindo os passos da nutrição humana, atualmente os alimentos para cães e gatos têm sido desenvolvidos e formulados não só para alimentar e suprir as exigências nutricionais, mas principalmente para auxiliar na manutenção da saúde, reduzir o risco de doenças e promover o bem-estar. Com o estreitamento das relações entre homens e animais de estimação, existe a preocupação constante em proporcionar aos cães e gatos maior expectativa e qualidade de vida. A associação de condutas preventivas como manejo sanitário, nutrição adequada e utilização de alimentos funcionais pode garantir maior longevidade e bem-estar aos animais de companhia.

No Brasil existem cerca de 33 milhões de cães e 17 milhões de gatos domiciliados (ANFALPET, 2010), números que justificam o crescimento da indústria *petfood* e a importância que este segmento vem ganhando na economia brasileira. Em 2009, foram produzidas 1.752.295 toneladas de alimento e os resultados do faturamento em reais (R\$ 6,2 bilhões) representaram 6,0% de crescimento comparativamente a 2008 (ANFALPET, 2010).

Apesar desse grande crescimento, o estudo da nutrição de cães e gatos é recente, o que torna as pesquisas fundamentais para a determinação e avaliação de novos ingredientes que contribuam à saúde destes animais.

Os gatos são animais carnívoros e, embora os cães também pertençam à ordem *Carnívora*, são classificados como onívoros e a fibra dietética não é digerida por nenhum deles. Por este motivo, sua importância para estes animais era questionada e, até há alguns anos não se conhecia nenhum papel nutricional direto. Acreditava-se que a fibra possuía função apenas na formação do bolo fecal e na manutenção do trânsito no trato gastrointestinal, promovendo o aumento do peristaltismo, diluição da energia e a diminuição da digestibilidade dos nutrientes. As duas últimas características foram consideradas indesejáveis por muito tempo, mas em determinadas situações como nos distúrbios endócrinos e obesidade, são bastante úteis. Dessa forma, o conceito e a importância da fibra têm sido repensados e diversas ações benéficas passaram a ser consideradas, tais como a regulação dos níveis glicêmicos, a produção de ácidos graxos de cadeia curta, a melhora da saúde intestinal e a prevenção de câncer pela menor permanência de conteúdo no cólon.

Considerando as diferentes características de cada fonte de fibra e suas diversas possibilidades de utilização, neste estudo objetiva-se avaliar os efeitos de três fontes de fibra na alimentação de gatos adultos (polpa de beterraba, farelo de trigo e fibra de cana-de-açúcar) através da determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, características fecais, parâmetros bioquímicos, produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e histologia da mucosa do cólon.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Definição e classificação da fibra dietética

A fibra dietética ou alimentar foi originalmente definida por Trowell (1974) como sendo “os restos estruturais das células vegetais do alimento, que resistem à hidrólise das enzimas digestivas do homem”. Esta definição excluía os polissacarídeos adicionados à dieta como suplementos e a definição foi alterada para incluir “todos os polissacarídeos (celulose, hemicelulose, pectinas, gomas e mucilagens) e lignina, que não são digeridos pelas secreções endógenas do trato digestivo do homem” (Trowell et al., 1976). Há alguns anos foram incluídas ao conceito de fibra as substâncias como inulina, frutoligosacarídeos e amido resistente devido às suas semelhanças a ela (Roberfroid, 1993; Roberfroid & Delzenne, 1998), uma vez que, assim como as fibras, estas também não são digeridas e sim, fermentadas.

A maior parte dos investigadores tem utilizado tanto uma definição fisiológica como química para a fibra dietética. De acordo com a definição fisiológica, a fibra “corresponde aos componentes do alimento que resistem à degradação por parte das enzimas dos mamíferos” e quimicamente “é o conjunto dos polissacarídeos não amiláceos e lignina” (Southgate, 1990). Para Mertens (2001), a definição de fibra está vinculada ao método analítico empregado em sua determinação, sendo assim, é considerado um termo

meramente nutricional. Quimicamente a fibra é um agregado de compostos no qual a sua composição é dependente de sua fonte e da forma como é medida. Em relação à terminologia, a fibra pode ser bruta ou dietética. A fibra bruta (FB) é o resíduo obtido após o tratamento do alimento vegetal com ácidos e bases. A extração ácida remove amidos, açúcares e parte das pectinas e hemiceluloses dos alimentos. A extração básica retira proteínas, pectinas e hemiceluloses remanescentes e parte da lignina. De acordo com Mertens (1992), a fração de fibra em detergente ácido (FDA) dos alimentos inclui celulose e lignina como componentes primários além de quantidades variáveis de cinza e compostos nitrogenados. A fração de fibra em detergente neutro (FDN) inclui celulose, hemicelulose e lignina como os componentes principais. A fibra dietética, por este método, corresponde aos componentes remanescentes da extração com solução de detergente neutro (FDN), de acordo com o método descrito por Van Soest & Wine (1967).

A fibra é dividida, atualmente, em vários tipos devido à sua variação em relação à hidrossolubilidade, viscosidade, capacidade de retenção de água e ligação aos minerais e moléculas orgânicas. Desta forma, podem ser distinguidas como solúveis e não solúveis e de fermentabilidade baixa, moderada ou alta (Case *et al*, 1998). As fibras solúveis são representadas pelas pectinas, gomas, mucilagens e algumas hemiceluloses, e são encontradas nos legumes, aveia, leguminosas (feijão, ervilha, lentilha) e frutas, particularmente as cítricas e maçã. Já as fibras insolúveis são representadas pela celulose, lignina e algumas hemiceluloses, e estão presentes em maior concentração nas verduras e nos derivados de grãos inteiros, como os farelos (De Angelis, 2001).

2.2 Propriedades físico-químicas e características da fibra

As propriedades físico-químicas da fibra vegetal condicionam os efeitos fisiológicos no animal, especialmente a velocidade do trânsito digestivo das dietas, a absorção dos minerais, a adsorção de sais biliares e o metabolismo dos lipídeos (McDougall et al., 1996). De acordo com Ferreira (1994), as principais características físico-químicas da fibra dietética são a capacidade tamponante, a capacidade de troca catiônica, a capacidade de hidratação e a viscosidade. A capacidade higroscópica da fibra está particularmente relacionada com seu conteúdo de hemiceluloses, pectinas e ligninas, as quais podem alterar o volume e o peso das fezes, assim como o grau de viscosidade e a sua relação com o trânsito da digesta. Esta capacidade de retenção de água pode influenciar a digestão e absorção de outros nutrientes da dieta e, geralmente, observa-se um efeito negativo devido ao aumento da massa digestiva que diminui a retenção no trato gastrointestinal (TGI) e impede a ação completa das enzimas digestivas. Desta forma, Knudsen (2001) afirma que a fibra dos cereais tende a ter menor capacidade de retenção de água do que a fibra de alimentos ricos em pectinas. As pectinas são mais abundantes em leguminosas do que em gramíneas e estão presentes em concentrações significativas em certos subprodutos ou resíduos agroindustriais como as polpas de citrinos e de beterraba (Marry et al., 2000).

As fibras solúveis, em geral, são viscosas, fermentáveis e formam um gel em solução. Estas características afetam o esvaziamento gástrico (Russel & Bass, 1985), o trânsito intestinal (Fahey et al., 1990a) e a produção de AGCC no intestino (Muir et al., 1996). Sparkes et al. (1998) verificaram que baixas concentrações destas fibras provocaram aumento de bifidobactérias e

diminuição da microbiota patogênica no intestino de gatos. Segundo o NRC (2006), as fibras de *psyllium*, goma guar e pectina são fermentáveis e viscosas, sendo que as duas primeiras aumentam o tempo de trânsito intestinal, enquanto que a pectina diminui.

Ao contrário das fibras solúveis, as insolúveis não formam gel, são pouco fermentáveis e não são viscosas, sendo eliminadas nas fezes praticamente intactas. Devido à sua indigestibilidade, aumentam o bolo fecal e, conseqüentemente, o peso das fezes, além de estimular o peristaltismo através de sua ação agressiva na musculatura da parede intestinal (NRC, 2006). O consumo de fibra insolúvel estimula o trânsito intestinal, aumenta o peso, o volume hídrico das fezes e a frequência de defecação (Case et al, 1998). Além disso, a ação dos micro-organismos no intestino delgado sobre essas fibras pode criar uma barreira física à atuação de certas enzimas digestivas, diminuindo a absorção e a digestão dos nutrientes (Vanderroof, 1998).

Nem toda fibra tem a mesma capacidade de fermentação pelas bactérias do cólon. A posição das fibras quanto a sua capacidade de fermentação em humanos baseada na produção total de AGCC, *in vitro*, em ordem decrescente é: pectina cítrica, fibra da soja, fibra da beterraba, fibra da ervilha e fibra da aveia (Cavalcanti, 1989). Segundo Sunvold et al. (1995), fibras muito fermentáveis podem causar transtornos digestivos devido à grande formação de gases, além do aumento da concentração de AGCC, que causa extravasamento de líquido para o lúmen intestinal e resulta em diarreia. De acordo com Carciofi (2005), quanto maior a fermentação da fonte de fibra, maior é a sua digestibilidade na matéria seca. Por outro lado, as fontes de fibras muito fermentáveis podem interferir no aproveitamento das gorduras, o

que não é desejável.

Fontes de fibras moderadamente fermentáveis como a polpa de beterraba, o farelo de arroz e a goma arábica fornecem energia às células que revestem o intestino e formam uma massa que remove os resíduos (Case et al, 1998). Sunvold et al. (1995a) concluíram que estas fibras conferem características fecais desejáveis sem comprometer a digestibilidade dos nutrientes, podendo ainda promover a saúde do trato gastrointestinal pela otimização da produção de AGCC.

As fibras pouco fermentáveis, como a celulose, aumentam muito o volume das fezes, retêm água e diminuem o tempo de trânsito da massa fecal. Se ingerida em excesso, sua ação na mucosa intestinal pode causar criptites e inflamação das microvilosidades do cólon, o que leva à diminuição das vilosidades e conseqüente decréscimo na absorção de nutrientes (Case et al., 1998).

2.3 Fontes de fibra dietética

2.3.1 Polpa de beterraba

A polpa de beterraba (*Beta vulgaris*) é uma importante fonte de fibra dietética que contém concentrações relativamente elevadas de celulose, pectina e hemicelulose (Wen et al.,1988). Segundo o NRC (2006), a polpa de beterraba é uma fonte de fibra fermentável, porém não viscosa e resulta em diminuição do tempo de trânsito intestinal. Além disso, aumenta o volume fecal e diminui a digestibilidade na matéria seca.

A polpa de beterraba é comumente utilizada em dietas para cães, principalmente devido às suas características de baixa solubilidade e moderada

fermentação, além de seu efeito desejável na consistência das fezes (Sunvold et al., 1995a). Fahey et al. (1990a) observaram que níveis de 12,5% provocaram maior volume de fezes, maior frequência de defecação e diminuição do tempo de retenção no trato gastrointestinal. Entretanto, não foram observadas reduções severas na digestibilidade dos nutrientes e na utilização de energia. A polpa de beterraba contém cerca de 60 a 80% de fibra dietética total (Fahey et al., 1990b; Sunvold et al., 1995a,b), deste total, em torno de 80% insolúvel (Sunvold et al., 1995c), mas sua composição tende a variar de acordo com a qualidade da matéria-prima.

2.3.2 Farelo de trigo

O trigo (*Triticum* spp.) é uma gramínea cultivada no mundo todo. O trigo é o principal cereal produzido no mundo e, diferentemente do milho, é usado prioritariamente na alimentação humana, sendo que o seu beneficiamento gera subprodutos de qualidade para os animais domésticos. Na obtenção da farinha de trigo, 28% do grão não é aproveitado, dando origem ao farelo de trigo (Andrigheto et al., 1986).

De acordo com Rostagno et al. (2005), o farelo de trigo possui alta concentração de fibra (9,66% de FB e 40,59% de FDN, com base na matéria natural). Os principais polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) presentes neste subproduto são as arabinoxilanas (36,5%), mas contêm também celulose (11%), lignina (3 a 10%) e ácidos urônicos (3 a 6%) (Maes et al., 2004).

Segundo o NRC (2006), o farelo de trigo é uma fonte de fibra não fermentável e não viscosa que provoca aumento de volume e umidade fecal. Entretanto, Hollman & Lindhauer (2005) afirmam que a fermentação anaeróbica

dos PNAs do farelo de trigo produz ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato e butirato), sobretudo o butirato, mantendo seus níveis por mais tempo ao longo do lúmen intestinal. Uma vez que a maior concentração e permanência deste ácido no lúmen intestinal está correlacionada ao aumento da apoptose de células inflamatórias, a adição de farelo de trigo na alimentação pode ser benéfica à saúde intestinal.

2.3.4 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene originária da Ásia, pertence ao gênero *Saccharum* (MAPA, 2002) e é a principal matéria-prima para a fabricação do açúcar e do álcool. O Brasil é o maior produtor de cana do mundo. De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab (2009), a produção de cana em 2009 bateu o recorde nacional, totalizando 621,21 milhões de toneladas. Do total da cana esmagada, aproximadamente 276 milhões de toneladas (45,08%) foram destinadas à produção de açúcar, produzindo 34,6 milhões de toneladas e 336 milhões (54,99%) destinadas à produção de álcool, gerando um volume total de 25,8 milhões de litros de álcool.

Além do açúcar e do álcool, a cana dá origem também a subprodutos e resíduos, como o melaço, a levedura e o bagaço. O bagaço é o resultado da extração do caldo após esmagamento nas moendas, que é rico em conteúdo celular e serve para fabricação de açúcar e álcool. Apresenta baixa digestibilidade e é pobre em proteína, minerais e vitaminas; é rico em parede celular fortemente lignificada por ocasião do amadurecimento da planta. Apesar de ser utilizada na geração de energia, a sobra de bagaço nas usinas é

de grande relevância para uso na alimentação animal, principalmente de ruminantes (MAPA, 2002). Entretanto, poucos estudos testaram sua utilização como fonte de fibra para cães e nenhum estudo foi encontrado utilizando a fibra de cana-de-açúcar na dieta de gatos.

2.4 Efeitos da fibra dietética sobre a digestibilidade dos nutrientes

A digestibilidade dos nutrientes tem forte relação com o nível de fibra da dieta, e na medida em que o nível de fibra do alimento aumenta, a digestibilidade da matéria seca diminui. Em geral, os alimentos que contêm fontes de fibra de fermentação lenta têm menor digestibilidade da matéria seca quando comparados aos alimentos sem fibra adição de fonte de fibra ou aos que contêm fibra de fermentação rápida (Muir et al., 1996).

Fekete et al. (2004) realizaram um estudo com gatos adultos comparando a digestibilidade da polpa de beterraba (fonte de hemicelulose e pectina), alfafa (fonte de celulose) e casca de amendoim (fonte de lignina e celulose), através de inclusões em 10% na matéria seca. Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo não foram prejudicados com a utilização da polpa de beterraba. Por outro lado, utilizando alfafa e casca de amendoim, foram observados decréscimos nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, matéria orgânica e proteína bruta, sendo os resultados da casca de amendoim os mais baixos. A ingestão de matéria seca não diferiu com a suplementação das fibras, demonstrando que a palatabilidade não foi prejudicada e que houve boa aceitação pelos gatos.

Para Muir et al. (1996), a digestibilidade aparente e verdadeira da

gordura, do amido e da energia não é afetada pelo tipo ou pela quantidade de fibra no alimento. Já a digestibilidade aparente da proteína é mais baixa em alimentos com fibra em função da fermentação colônica que provoca aumento de nitrogênio nas fezes. A produção de proteína bacteriana nas fezes se confunde à proteína dietética e o resultado da digestibilidade aparente é mais baixo. Alguns estudos já demonstraram que tanto o tipo quanto o conteúdo de fibra da dieta não afetam a digestibilidade verdadeira da proteína (Muir et al., 1996).

A disponibilidade de minerais é afetada pela fibra da dieta, sendo que alguns tipos de fibras reduzem e outros aumentam a absorção e utilização dos minerais, mas os fatores que levam a estes efeitos ainda não estão bem esclarecidos (Gross et al., 2000).

Em um estudo realizado por Prola et al. (2009), a adição de celulose na dieta de gatos adultos diminuiu a digestibilidade da matéria seca e da energia, enquanto que a digestibilidade da proteína e do extrato etéreo não diferiram da dieta controle. Quanto aos minerais, a excreção de sódio e potássio apresentou uma correlação exponencial à umidade fecal e ao volume fecal. A mesma correlação foi observada nas excreções de cálcio, magnésio e fósforo com a excreção de matéria seca fecal. Para Zentek (1987), citado por Kienzle et al. (2006), a excreção fecal de cálcio, magnésio e fósforo depende muito da ingestão desses minerais, não sendo possível comparar os dados sobre a excreção fecal desses elementos sem que se tenha mensurado o consumo deles. Os resultados de estudos realizados com cães e gatos relativos aos minerais sugerem uma forte semelhança entre as espécies em relação à fisiologia digestiva dos principais minerais (Prola et al., 2009).

2.5 Efeitos da fibra dietética na saúde intestinal

Os principais produtos da fermentação bacteriana e do metabolismo são os ácidos graxos de cadeia curta (acetato, butirato e propionato), lactato, dióxido de carbono e gás hidrogênio (NRC, 2006). O intestino grosso saudável dos animais contém diversas espécies de bactérias, sendo a maioria delas anaeróbica. Nos cães e nos gatos, as mais comuns são *Streptococcus*, *Lactobacillus*, *Bacteroides* e *Clostridium* (Maskell & Jonhson, 1993). A composição bacteriana do cólon pode ser modificada através dos ingredientes da dieta.

A presença dos AGCC no intestino provoca a secreção de glucagon, que estimula o crescimento da mucosa, melhorando as funções de barreira protetora e diminuindo a translocação bacteriana. Portanto, a fermentação bacteriana no intestino terá maior ou menor impacto na saúde intestinal dependendo das proporções dos diferentes AGCC produzidos (NRC, 2006).

Os AGCC fornecem energia às células do intestino grosso. De acordo com NRC (2006), o butirato é absorvido e utilizado como energia pelas células do cólon e sua absorção está relacionada à reabsorção de sódio e água, podendo assim, proporcionar um efeito antidiarreico. Além disso, a alimentação dos enterócitos e colonócitos pelos AGCC promove hipertrofia das vilosidades intestinais, o que melhora a digestibilidade dos nutrientes devido ao aumento na superfície absorptiva. Segundo Drackley et al. (1998), assim como em humanos, em cães o butirato é a principal fonte de energia para os colonócitos. Ao utilizarem colonócitos isolados de cães, os autores observaram que o butirato foi oxidado a uma taxa 4,5 vezes maior que a glicose.

Em um estudo realizado por Bueno et al. (2000) foi observado que a

adição de fibras dietéticas no alimento provocou aumento de peso do cólon de gatos. Eles compararam fontes de fibras (celulose, polpa de beterraba e pectina) e verificaram uma correlação entre a celulose (fibra não fermentável) e o aumento de peso do cólon que melhorou a saúde colônica dos gatos. Já Hallman et al. (1995) observaram que o cólon do cão aumentou de peso com a dieta com fonte de fibra fermentável. Segundo Bueno et al. (2000), isto ocorre porque a fibra atua no intestino através de dois mecanismos principais: exercendo uma resposta tátil resultante da natureza abrasiva da fibra na superfície do intestino (efeito da celulose) e/ou através de uma reação química resultante da fermentação e degradação microbiana da fibra (efeito da pectina). Tanto um efeito quanto o outro proporciona benefícios que contribuem na melhora da saúde intestinal. A polpa de beterraba atua no intestino através de ambos os mecanismos, uma vez que é considerada de fermentabilidade moderada (Hallman et al., 1995 & Hallman et al., 1996).

2.6 Efeitos da fibra dietética sobre respostas metabólicas

As fibras solúveis são potencialmente eficazes na regulação dos níveis plasmáticos de glicose, colesterol e triglicerídeos em seres humanos, além de constituírem fator preventivo de certas doenças crônicas como o câncer de cólon e reto, aterosclerose e diabetes (Marlett et al. 2002). Os mecanismos envolvidos nesta capacidade das fibras são intensamente estudados por pesquisadores e características como a solubilidade em água, viscosidade e fermentabilidade são as possíveis responsáveis por esses efeitos fisiológicos. Ainda assim, a viscosidade é considerada a característica mais comum a todas as fibras que têm este efeito (Marlett, 1997). Algumas teorias

foram propostas para explicar como a fibra solúvel pode reduzir o colesterol sérico: a viscosidade natural da fibra solúvel poderia diminuir a absorção do colesterol pelo intestino; a fibra poderia aumentar a excreção de ácidos biliares nas fezes e o fígado, para compensar, produziria mais ácidos a partir da degradação do colesterol; o propionato produzido da fermentação seria absorvido e convertido em succinil-coenzima A no fígado, o que poderia inibir a síntese de colesterol (López et al, 1997).

Em cães e gatos, a substituição do amido por quantidades moderadas de fibra contribuem no controle da glicemia. Em um estudo realizado por Nelson et al. (1998), os alimentos com mais de 50% de carboidratos digestíveis e 10 a 15% de fibra insolúvel (celulose) para cães ou 12% para gatos foram mais eficazes no controle glicêmico do que os mesmos alimentos sem a fibra. Também foi observada melhora da glicemia de cães submetidos à dieta com fibra solúvel. Uma possível explicação para este efeito é que a fermentação da fibra solúvel produz AGCC e estes servirão de fonte de energia para os colonócitos ou passarão para a circulação. Sendo assim, há redução de carboidratos no sangue e diminuição da produção de insulina, uma vez que ela não é necessária para a assimilação dos ácidos graxos.

Os efeitos das fibras solúveis e insolúveis parecem ser os mesmos em cães. O conteúdo ideal de fibra na dieta de animais diabéticos ainda não está bem estabelecido, mas existe um consenso de que a inclusão moderada de fibra insolúvel ou mista, solúvel e insolúvel, contribui para o manejo nutricional de cães e gatos diabéticos, inclusive dos insulíndependentes (Feldman & Nelson, 1996).

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

No presente trabalho consideram-se as seguintes hipóteses: (1) o nível e a fonte de fibra da dieta comprometem diferentemente a digestibilidade dos nutrientes, (2) as diferentes fontes de fibra têm efeitos semelhantes no controle da glicemia, colesterol e triglicérides e (3) as diferentes fontes de fibra exercem efeitos distintos sobre a saúde intestinal de gatos adultos.

Neste estudo objetivo-se avaliar os efeitos de diferentes fontes de fibra na dieta sobre a digestibilidade aparente dos nutrientes, as características fecais, os parâmetros bioquímicos sanguíneos e a saúde intestinal de gatos adultos.

CAPÍTULO II

Digestibilidade de nutrientes e respostas metabólicas pós-prandiais de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

Manuela Marques Fischer¹, Alexandre de Mello Kessler¹, Ricardo Souza Vasconcellos², Fernando de Oliveira Roberti Filho², Sandra Prudente Nogueira², Aulus Cavalieri Carciofi^{*2}

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.

*Autor correspondente: aulus.carciofi@gmail.com

Resumo – Um experimento com gatos adultos saudáveis foi realizado com o objetivo de avaliar a digestibilidade aparente dos nutrientes, as características fecais e as respostas pós-prandiais de glicose, colesterol e triglicerídeos de diferentes fontes de fibra na dieta. O experimento foi realizado com 24 gatos, seis repetições por dieta em um delineamento em blocos casualizados. Foram testadas quatro dietas, sendo as três com adição de fibras formuladas para conter níveis semelhantes de fibra dietética total (FDT) e as fibras utilizadas foram a polpa de beterraba, o farelo de trigo e a fibra de cana-de-açúcar. A dieta controle não teve adição de fontes de fibras. O consumo de MS, MO, PB, Amido e extrato etéreo (EE) foi semelhante entre os grupos. Somente o consumo de FDT foi menor no grupo controle ($P = 0,0013$). Os coeficientes de digestibilidade aparente da MS, MO e EB foram menores nas dietas com fibras ($P < 0,05$). A polpa de beterraba e o farelo de trigo não afetaram a digestibilidade da PB, sendo que a polpa de beterraba também não diminuiu a do EE. A dieta com fibra de cana-de-açúcar provocou redução significativa nos coeficientes de digestibilidade da MS, MO, PB, EE e EB ($P < 0,05$). A produção de fezes na MS foi maior nas dietas com fibra e o teor de MS das fezes foi significativamente menor na dieta com polpa de beterraba e maior na dieta com fibra de cana-de-açúcar ($P < 0,05$). O escore fecal do grupo da dieta com fibra de cana-de-açúcar foi o mais alto entre os tratamentos, diferindo estatisticamente da dieta controle ($P < 0,05$). O grupo da polpa de beterraba teve a média do pH fecal mais baixa ($P < 0,001$), seguido pelo grupo do farelo de trigo. A concentração média de glicose e a área abaixo da curva da glicose foram estatisticamente menores no grupo da fibra de cana-de-açúcar ($P < 0,05$). Ao nível em que foram incluídas as fibras, as dietas conferiram bons resultados de digestibilidade e características fecais, e embora não tenham reduzido os níveis plasmáticos de glicose, colesterol e triglicerídeos como o esperado, resultados promissores foram observados com a dieta contendo fibra de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: gato, fibra dietética, glicose, colesterol, triglicerídeos

Nutrient digestibility and postprandial metabolic responses in cats fed different fiber sources

Manuela Marques Fischer¹, Alexandre de Mello Kessler¹, Ricardo Souza Vasconcellos², Fernando de Oliveira Roberti Filho², Sandra Prudente Nogueira², Aulus Cavalieri Carciofi^{*2}

¹Federal University of Rio Grande do Sul, Faculty of Agronomy, Porto Alegre, RS 91540-000, Brazil.

²São Paulo State University, Faculty of Agrarian and Veterinary Sciences, Jaboticabal, SP 14884-900, Brazil.

*Corresponding author: aulus.carciofi@gmail.com

Abstract – An experiment with healthy adult cats was conducted to assess the apparent digestibility of nutrients, the effects on faeces characteristics and responses of postprandial glucose, cholesterol and triglyceride levels caused by different types of fiber in the diet. The experiment was conducted with 24 cats, six replicates per diet in a randomized block design. Four diets were formulated and the used fibers were beet pulp, wheat bran and sugar cane fiber. The addition of fiber diets were formulated to contain similar levels of total dietary fiber (TDF). The control diet had no fiber added. The consumption of DM, OM, starch and EE was similar among groups. Only the consumption of TDF was lower in the control group ($P = 0.0013$). The apparent digestibility of DM, OM and GE were lower in diets with fiber ($P < 0.05$). The beet pulp and wheat bran did not affect the digestibility of CP, and beet pulp did not decrease the EE. The diet with sugar cane fiber caused significant reduction in digestibility of DM, OM, CP and GE ($P < 0.05$). Fecal output of DM was higher on diets containing fiber and DM content of feces was significantly lower in the diet with beet pulp and higher in the diet with sugar cane fiber ($P < 0.05$). The fecal score of the group fed diet containing sugar cane fiber was the highest among the treatments, statistically differing from the control diet ($P < 0.05$). The beet pulp group had the lowest pH fecal mean ($P < 0.001$), followed by the wheat bran group. The average concentrations of glucose, cholesterol and triglyceride, as well as the area under the glucose curve were numerically lower in the sugar cane fiber group ($P = 0.0352$). At level with fibers were included, the diets gave good results for digestibility and fecal characteristics, and although they have not reduced the levels of plasma glucose, cholesterol and triglycerides as expected, promising results were observed with a diet containing sugar cane fiber.

Keywords: cat, dietary fiber, glucose, cholesterol, triglycerides

Introdução

Biologicamente, os gatos são classificados como animais estritamente carnívoros, tendo a sua fisiologia orientada para a eficiência no metabolismo protéico (NRC, 2006). Entretanto, sua domesticação ao longo do tempo exigiu mudanças na alimentação. O estreitamento das relações entre homens e animais de estimação provocou alterações nos hábitos dos animais, que eram livres e precisavam caçar para se alimentar e hoje são confinados e dispõem de alimento à vontade, porém com variedade limitada. Visando melhorar a adaptação a este novo contexto, surgiu a necessidade da pesquisa de novos ingredientes que possam ser incluídos na dieta dos gatos.

A fibra dietética possui uma série de propriedades que podem proporcionar benefícios aos gatos domésticos. Ela auxilia no controle glicêmico de gatos com Diabetes Mellitus (Nelson et al., 2000), evita a formação de bolas de pelos através do arraste via fecal e é especialmente eficaz na manutenção do trânsito gastrointestinal, principalmente quando se trata de gatos sedentários (CASE et al., 1998). A diluição dos nutrientes e a diminuição da digestibilidade provocados pela fibra (Sunvold, 1996) ajudam a prevenir a obesidade, que é cada vez mais comum na espécie. Para Hirsch et al. (1978), os gatos regulam o consumo alimentar baseado na MS ingerida e, portanto, o uso da fibra na dieta favorece a redução da ingestão energética. A polpa de beterraba é comumente utilizada em dietas para cães e gatos, principalmente devido às suas características de baixa solubilidade e moderada fermentação, além de seu efeito desejável na consistência das fezes (Sunvold et al., 1995a). Segundo o NRC (2006), o farelo de trigo é uma fonte de fibra não fermentável e não viscosa que provoca aumento de volume e umidade fecal, e não é uma

fonte de fibra frequente nas dietas de gatos. A fibra de cana-de-açúcar é uma fibra insolúvel, de fermentabilidade limitada, com características semelhantes à celulose e, até então, não foi testada na alimentação de gatos.

Neste estudo objetivou-se avaliar os efeitos da polpa de beterraba, farelo de trigo e fibra de cana-de-açúcar na digestibilidade dos nutrientes e na resposta pós-prandial de glicemia, colesterol e triglicerídeos de gatos adultos saudáveis.

Material e Métodos

Animais. O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos da Universidade Estadual Paulista (Jaboticabal, Brasil). Foram utilizados 24 gatos adultos castrados, machos e fêmeas, sem raça definida, com peso vivo médio de $4,85 \pm 0,26$ kg e idade média de sete anos. Ao total, o experimento teve duração de 36 dias. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metabólicas de aço inoxidável com dimensões de $0,9 \times 0,8 \times 0,9$ m durante todo o período experimental. Água foi oferecida *ad libitum* durante todo o experimento. A Comissão de Ética e Bem-estar Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista aprovou todos os procedimentos experimentais.

Dietas. As dietas foram formuladas para atender as recomendações preconizadas pela AAFCO (2003) e suprir as exigências nutricionais de gatos adultos em manutenção e diferiram no nível e na fonte de fibra incluída (Tabela 1). Não houve inclusão de fonte de fibra na dieta controle. As dietas com adição de fibra foram formuladas para conter níveis semelhantes de FDT. As fontes de fibra incluídas foram a polpa de beterraba (P.bet), o farelo de trigo

(F.trigo) e a fibra de cana-de-açúcar (F.cana) e suas composições químicas analisadas estão descritas na Tabela 2. As quatro dietas foram extrusadas (Mab 400S, Extrucenter, Monte Alto, Brasil) na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

Tabela 1. Composição de ingredientes das dietas experimentais para gatos

| Ingredientes (%) | Dietas | | | |
|--|----------|-------|---------|--------|
| | Controle | P.bet | F.trigo | F.cana |
| Milho | 15,80 | 15,80 | 15,80 | 15,80 |
| Quirera de arroz | 32,24 | 17,13 | 10,69 | 17,93 |
| Glúten milho 60 | 12,00 | 12,00 | 12,00 | 12,00 |
| Farinha vísceras | 27,68 | 27,22 | 23,65 | 29,10 |
| Gordura de aves | 7,71 | 8,19 | 8,19 | 7,96 |
| Fibra de cana | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 12,80 |
| Polpa beterraba | 0,00 | 15,47 | 0,00 | 0,00 |
| Farelo trigo | 0,00 | 0,00 | 24,95 | 0,00 |
| Sal | 0,50 | 0,50 | 0,50 | 0,50 |
| Calcário | 0,10 | 0,14 | 0,87 | 0,02 |
| Fosf bicálcico | 0,84 | 0,42 | 0,31 | 0,75 |
| Cl-Colina 60% | 0,40 | 0,40 | 0,40 | 0,40 |
| Antifúngico | 0,20 | 0,20 | 0,20 | 0,20 |
| Premix vitamínico - mineral ¹ | 0,25 | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| L-Lisina HCl | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Taurina | 0,12 | 0,12 | 0,12 | 0,12 |
| Antioxidante | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| Palatabilizante líquido | 2,00 | 2,00 | 2,00 | 2,00 |

¹Enriquecimento por quilograma da dieta: 120 mg de ferro, 15 mg de cobre, 10 mg de magnésio, 150 mg de zinco, 2 mg de iodo, 0,2 mg de selênio, 18.000 UI de vitamina A, 1.000 UI de vitamina D3, 100 UI de vitamina E, 8 mg de tiamina, 10 mg de riboflavina, 50 mg de ácido pantotênico, 75 mg de niacina, 6 mg de vitamina B6, 0,30 mg de ácido fólico e 0,1 mg de vitamina B12.

Protocolo de Digestibilidade. O experimento foi realizado em dois períodos, cada um sendo de 12 gatos e cada dieta foi consumida por três gatos por período. O protocolo de digestibilidade desenvolvido foi de acordo com as orientações da AAFCO (2003), sendo que foram utilizados cinco dias de adaptação às dietas e sete dias de coleta total de fezes. O cálculo da

necessidade energética de manutenção foi realizado através da equação $EM = 100 \text{ kcal} \times (\text{kg PV})^{0,67}$ de acordo com o NRC (2006). As dietas foram oferecidas duas vezes ao dia, às 08h30 e às 17h30 e os potes retirados antes da próxima refeição, sendo o consumo registrado. No primeiro dia após o período de adaptação, todas as fezes foram descartadas até às 08h00 e, somente após esse horário passaram a ser coletadas durante 7 dias consecutivos. As fezes de cada animal foram pesadas em balança de precisão (Marte Balanças, modelo AS 2000C) no momento da colheita, armazenadas em sacos plásticos individuais fechados e congeladas em freezer a -20°C .

Tabela 2. Composição química das fontes de fibra e das dietas experimentais

| | MS % | MO | MM | PB | EEHA | FB | FDT | EM |
|---------|-------|------------|------|-------|-------|-------|-------|------|
| | | g/100 g MS | | | | | | |
| P.bet | 87,62 | 94,35 | 5,65 | 8,24 | 2,26 | 18,96 | 72,36 | - |
| F.trigo | 87,82 | 95,34 | 4,66 | 18,5 | 4,9 | 8,97 | 46,16 | - |
| F.cana | 92,57 | 92,17 | 7,83 | 1,51 | 1,06 | 43 | 87,16 | - |
| Dieta 1 | 95,33 | 94,14 | 5,99 | 35,74 | 11,34 | 1,31 | 11,61 | 4026 |
| Dieta 2 | 95,84 | 94,02 | 6,77 | 35,24 | 12,17 | 4,31 | 25,65 | 3923 |
| Dieta 3 | 95,44 | 92,22 | 7,83 | 35,77 | 11,92 | 4,31 | 24,00 | 3905 |
| Dieta 4 | 95,67 | 90,51 | 9,83 | 33,86 | 11,95 | 7,32 | 28,50 | 3720 |

EEHA, extrato etéreo por hidrólise ácida; P.bet, polpa de beterraba; F.trigo, farelo de trigo; F.cana, fibra de cana-de-açúcar

Dieta 1, controle; dieta 2, com adição de polpa de beterraba; dieta 3, com adição de farelo de trigo, dieta 4, com adição de fibra de cana-de-açúcar

Características fecais. Durante os períodos de coleta, as fezes foram pontuadas de 0 a 5, de acordo com o seguinte sistema: 0 = fezes líquidas; 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 = fezes macias, formadas e úmidas, que

marcam o piso; 4 = fezes bem formadas e consistentes, que não aderem ao piso; 5 = fezes bem formadas, duras e secas (De Oliveira, 2008). Após o ensaio de digestibilidade de cada período, foram colhidas 2g de fezes por dia durante dois dias para determinação de pH fecal. Para isto, as fezes foram diluídas em 10ml de água deionizada e o pH mensurado em pH-metro de precisão 0,01 (pH-metro 415 H[®] Quimis do Brasil Ltda).

Respostas metabólicas. Após o último dia de coleta de fezes para determinação do pH, os animais ficaram em jejum de 12h para a colocação dos catéteres. O catéter utilizado foi o intravenoso central (intracath, 30,5 cm, 1,1 mm, Becton Dickinson Vascular Access, Sandy, UT) e a anestesia dissociativa realizada com Zoletil 50 (Virbac[®]) por via intramuscular, diluído (10:1) em levomepromazine (Neozine, Aventis, Morumbi, São Paulo, Brasil). Os catéteres foram lavados com solução fisiológica heparinizada (20 UI/mL) duas vezes ao dia, durante os dois dias anteriores ao da coleta de sangue. Foi realizado novo jejum de 12h e as amostras de sangue colhidas no tempo 0 (em jejum) e nos 45, 90, 180, 270, 360, 450, 540, 630, 720, 810, 900 e 990 minutos após o primeiro consumo de ração. As amostras foram coletadas ao mesmo tempo com início às 16h00 e término às 08h30 do dia seguinte. Escolheu-se este horário devido ao hábito alimentar noturno dos animais. As dietas ficaram disponíveis ao longo do período de coleta de sangue e o consumo foi registrado a cada coleta. As coletas foram feitas com seringas de 3 mL descartáveis e a cada coleta os primeiros 0,5 mL de sangue eram descartados para só depois serem coletados 2mL para armazenamento. Do total, 1,5 mL foi armazenado em tubo de ensaio sem anticoagulante (para determinação de colesterol e triglicérides) e 0,5 mL em tubo de ensaio contendo 30 microlitros

de fluoreto (para determinação de glicose). Após cada coleta foi administrado 1 mL de solução fisiológica heparinizada para lavagem do catéter. As amostras de sangue foram centrifugadas (2.000 × g por 5 min) e o plasma para determinação de glicose foi transferido para tubo Eppendorf® de 1,5 mL, resfriados a 2° – 4°C e analisado no máximo três horas após a colheita. O soro para determinação de colesterol e triglicerídeos foi transferido para tubos Eppendorf®, também de 1,5 mL e congelados a -70°C para serem analisados em até dois meses.

Análises laboratoriais. Ao término de cada período do ensaio de digestibilidade, as fezes foram descongeladas, homogeneizadas, pré-secadas em estufa de ventilação forçada a 55°C por 72 horas (Fanem, São Paulo, Brazil) e moídas em moinho de faca (MOD 340, ART LAB, São Paulo) com peneira de 1mm de diâmetro. As análises de MS, MO, MM, PB e extrato etéreo por hidrólise ácida (EEHA) das dietas e das fezes foram realizadas de acordo com a AOAC (2004) e o amido total segundo Miller (1959) e Hendrix (1993). A energia bruta (EB) foi determinada utilizando um calorímetro de bomba isoperibólico (IKA WERKE, modelo C2000). A determinação da fibra dietética total (FDT) foi realizada de acordo com Prosky et al. (1992).

As concentrações de glicose plasmática foram determinadas pelo método de glicose oxidase (GOD-ANA, AS Labtest Diagnóstica, lagoa Santa, Minas Gerais, Brasil) utilizando um analisador de glicose semi-automático (LABTEST modelo Labquest BIO-2000, Labtest Diagnóstica SA). Foram dosados colesterol e triglicerídeos por método enzimático colorimétrico (Labtest Diagnóstica) com equipamento semi-automático (Labquest – Labtest Diagnóstica). Todas as amostras foram analisadas em duplicata e repetidas

quando variaram mais de 5%.

Delineamento experimental e análise estatística. Os dados foram analisados em um delineamento em blocos casualizados, com quatro tratamentos, dois períodos de medição e seis repetições, utilizando os procedimentos GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 1989). As médias foram comparadas pelo teste SNK, a 5% de probabilidade. Cada gato representou uma unidade experimental. O software ORIGIN (Microcal Software, Inc. Version 6.0, USA) foi utilizado para determinação da área abaixo da curva (AAC).

Resultados e Discussão

Digestibilidade. Os efeitos da inclusão das fontes de fibra na dieta sobre o consumo médio dos nutrientes, digestibilidade aparente e características fecais podem ser observados na Tabela 3. Os consumos de nutrientes foram semelhantes entre os tratamentos, exceto quanto ao FDT que foi menor no grupo controle, em que não houve adição de fibra na dieta. Sunvold et al. (1995a) em um estudo com gatos e Middelbos et al. (2007) em um estudo com cães compararam diferentes fontes de fibra na dieta dos animais de forma similar ao nosso estudo e também não observaram efeito sobre o consumo das dietas nos diferentes grupos. Os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da MS, MO e EB foram menores nas dietas com fibras, com declínio maior observado com a fibra de cana-de-açúcar. A dieta com a inclusão da fibra de cana-de-açúcar, apresentou redução significativa em todos os coeficientes de digestibilidade. Este efeito foi atribuído ao alto teor de FB e FDT desse ingrediente, diminuindo o aproveitamento de nutrientes da dieta como no estudo realizado por Prola et al. (2009), no qual a adição de celulose na dieta

de gatos adultos diminuiu a digestibilidade da MS e da EB, enquanto que a digestibilidade da proteína e do extrato etéreo não diferiram da dieta controle, o que não foi visto no presente estudo com a fibra de cana-de-açúcar, que é uma fibra dietética semelhante à celulose. Em cães, dietas com inclusão de fibra de aveia e polpa de beterraba também provocaram diminuição da digestibilidade da MS e MO (Fahey et al., 1992). No presente trabalho, nas dietas com fibra de cana de açúcar e farelo de trigo foi observada diminuição da digestibilidade do extrato etéreo que pode ser devido ao baixo conteúdo de fibra solúvel dos ingredientes. Com a polpa de beterraba e farelo de trigo na dieta a digestibilidade da proteína bruta não foi prejudicada. Sunvold et al. (1995b) incluíram 12,5% de polpa de beterraba na dieta de gatos e verificaram diminuição na digestibilidade da MS e MO, entretanto, os coeficientes de digestibilidade da PB e do EE não foram reduzidos, resultados bem similares aos encontrados no presente estudo. Assim, a adição de fibras nas dietas dos gatos não provocou diminuição do consumo, o que demonstra boa aceitação das dietas pelos animais. Entretanto, a digestibilidade geral dos nutrientes foi prejudicada, em especial com a adição de fibra de menor fermentação como a fibra de cana-de-açúcar. O melhor resultado foi observado com a polpa de beterraba. Estes resultados não diferiram de outros relatados na literatura.

Características fecais. Em comparação à dieta controle, a dieta com polpa de beterraba diminuiu o teor de MS das fezes enquanto que a dieta com cana-de-açúcar aumentou a MS significativamente (35,3% vs. 26,8% e 44,7%, respectivamente). Resultado semelhante foi observado por Fekete et al. (2004), ao suplementarem dietas para gatos com 10% de polpa de beterraba e 10% de casca de amendoim (45% vs. 24,1% e 49,6%, respectivamente). As fontes de

fibra influenciaram a produção de fezes, apresentando valores maiores quando comparados ao grupo controle. O escore fecal da dieta com cana-de-açúcar diferiu estatisticamente quando comparado ao grupo controle, apresentando o valor médio mais alto entre as dietas. O pH fecal provocado pela dieta com polpa de beterraba foi o mais baixo, resultado esperado por ser a fonte de fibra mais fermentável. Segundo Herschel et al. (1981), o aumento da fermentação e a consequente produção de AGCC tendem a diminuir o pH, além de possivelmente aumentar o teor de água fecal. Estes efeitos foram observados no presente estudo, mas não foram observados no experimento com cães de Middelbos et al. (2007), em que o pH e o escore fecal não foram alterados entre os tratamentos controle, polpa de beterraba e celulose. Os presentes resultados demonstram claramente os efeitos distintos das fontes de fibra: a polpa de beterraba, mais fermentável, produziu fezes mais úmidas com menor pH; o farelo de trigo, pouco fermentável, produziu fezes com umidade semelhante às do grupo controle mas com menor pH; e a fibra de cana, menos fermentável, produziu fezes mais secas e com pH semelhante ao do grupo controle.

Tabela 3. Energia metabolizável das dietas, consumo médio diário, digestibilidade aparente e características fecais de gatos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibra

| Item | Dietas | | | | p | SEM |
|--|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|-------|
| | Controle | P.bet | F.trigo | F.Cana | | |
| EM dietas (kcal) | 3937 ^a | 3501 ^b | 3407 ^b | 3125 ^c | 0,0001 | 115,1 |
| Consumo, g • kg PV ⁻¹ • d ⁻¹ | | | | | | |
| MS | 16,99 | 18,51 | 15,62 | 15,15 | 0,4148 | 3,7 |
| MO | 15,98 | 17,25 | 14,39 | 13,66 | 0,2922 | 3,4 |
| PB | 6,07 | 6,52 | 5,59 | 5,13 | 0,3041 | 1,3 |

Continuação: Tabela 3. Energia metabolizável das dietas, consumo médio diário, digestibilidade aparente e características fecais de gatos alimentados com dietas contendo diferentes fontes de fibra

| | | | | | | |
|----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|--------|------|
| Amido | 6,89 | 5,00 | 4,16 | 4,45 | 0,0028 | 1,2 |
| EEHA | 1,93 | 2,25 | 1,86 | 1,81 | 0,3285 | 0,4 |
| FDT | 1,97 ^a | 4,75 ^b | 3,75 ^b | 4,32 ^b | 0,0002 | 0,9 |
| EM | 67,22 ^a | 64,76 ^a | 53,35 ^{ab} | 47,15 ^b | 0,0527 | 13,3 |
| Digestibilidade aparente % | | | | | | |
| MS | 82,3 ^a | 70,9 ^b | 69,4 ^b | 61,5 ^c | 0,0001 | 2,2 |
| MO | 85,8 ^a | 74,7 ^b | 73,7 ^b | 67,8 ^c | 0,0001 | 2,3 |
| PB | 80,5 ^a | 76,3 ^{ab} | 78,6 ^a | 73,7 ^b | 0,0082 | 3,1 |
| Amido | 99,7 | 99,9 | 99,6 | 99,5 | 0,2390 | 0,4 |
| EEHA | 90,0 ^a | 88,4 ^a | 82,4 ^b | 84,2 ^b | 0,0033 | 3,4 |
| EB | 84,9 ^a | 75,7 ^b | 74,1 ^b | 69,2 ^c | 0,0001 | 2,3 |
| FDT | 21,7 ^{ab} | 31,6 ^a | 22,7 ^{ab} | 11,4 ^b | 0,0036 | 8,1 |
| Características fecais | | | | | | |
| MS fecal, % | 35,3 ^b | 26,8 ^a | 39,0 ^{bc} | 44,7 ^c | 0,0004 | 5,8 |
| Produção fecal, g/d | 23,8 ^b | 65,0 ^a | 37,3 ^b | 38,9 ^b | 0,0084 | 18,4 |
| Produção fecal na MS, g/d | 8,1 ^a | 16,3 ^b | 14,1 ^b | 16,3 ^b | 0,0179 | 4,5 |
| Escore fecal ¹ | 3,5 ^a | 3,9 ^{ab} | 4,0 ^{ab} | 4,4 ^b | 0,0233 | 0,5 |
| pH fecal | 6,1 ^c | 5,4 ^a | 5,8 ^b | 6,1 ^c | 0,0001 | 0,2 |

¹Escore fecal baseado na seguinte escala: 0 = fezes líquidas; 1 = fezes pastosas e sem forma; 2 = fezes macias, mal formadas e que assumem o formato do recipiente de colheita; 3 = fezes macias, formadas e úmidas, que marcam o piso; 4 = fezes bem formadas e consistentes, que não aderem ao piso; 5 = fezes bem formadas, duras e secas

^{a-c}Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05)

Respostas metabólicas. O peso vivo, o escore de condição corporal, o consumo de nutrientes durante a curva e as análises pós-prandiais de gatos recebendo as diferentes dietas experimentais estão representadas na Tabela 4. A concentração média e a área abaixo da curva da glicose foram significativamente menores no grupo alimentado com a dieta de fibra de cana-de-açúcar. A concentração média do colesterol do grupo com farelo de trigo foi estatisticamente maior, porém o valor observado encontra-se dentro dos limites de referência para gatos (71,3 – 161,2), de acordo com Aiello, (2001).

Tabela 4. Peso vivo e escore de condição corporal, consumo de nutrientes durante a curva, concentrações média, máxima e tempo de pico da glicose, colesterol e triglicerídeos plasmáticos, concentrações média e máxima do incremento da glicose, colesterol e triglicerídeos, áreas abaixo da curva e área abaixo do incremento da curva de glicose, colesterol e triglicerídeos de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

| Item | Dieta | | | | SEM |
|--|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|--------|
| | Controle | P.bet | F.trigo | F.Cana | |
| Gatos | | | | | |
| Peso vivo (kg) | 4,52 | 5,24 | 4,96 | 4,67 | 1,28 |
| ECC ¹ | 7,2 | 7,5 | 6,8 | 7,3 | 1,54 |
| Consumo durante teste, g • kg PV ⁻¹ | | | | | |
| MS | 14,17 | 17,05 | 17,87 | 11,32 | 8,12 |
| MO | 13,32 | 15,90 | 16,47 | 10,20 | 7,55 |
| PB | 5,06 | 6,01 | 6,39 | 3,83 | 2,88 |
| Amido | 5,75 | 4,61 | 4,77 | 3,33 | 2,71 |
| EEHA | 1,61 | 2,07 | 2,13 | 1,35 | 0,95 |
| FDT | 1,64 | 4,37 | 4,29 | 3,23 | 1,67 |
| EM | 55,77 | 59,70 | 60,89 | 35,37 | 29,50 |
| Glicose, mg/dL | | | | | |
| Concentração média | 81,05 ^b | 84,17 ^b | 91,25 ^b | 64,82 ^a | 13,06 |
| Concentração máxima | 102,77 | 95,62 | 98,66 | 86,72 | 15,90 |
| Concentração média do incremento ² | 7,77 | 5,46 | 8,94 | 2,23 | 9,95 |
| Concentração máxima do incremento | 28,90 | 16,49 | 25,98 | 23,97 | 14,08 |
| Tempo de pico, horas | 12,25 | 8,75 | 11,75 | 10,00 | 3,84 |
| Área abaixo da curva, mg • dL ⁻¹ • hr ⁻¹ | 1350 ^b | 1400 ^b | 1464 ^b | 1075 ^a | 207,19 |
| Colesterol, mg/dL | | | | | |
| Concentração média | 98,46 ^a | 102,45 ^a | 130,44 ^b | 98,73 ^a | 20,14 |
| Concentração máxima | 112,41 | 112,57 | 149,36 | 117,10 | 27,00 |
| Concentração média do incremento | -2,64 | 9,40 | 2,66 | 3,12 | 19,23 |
| Concentração máxima do incremento | 11,51 | 18,79 | 23,44 | 35,48 | 22,86 |
| Tempo de pico, horas | 9,63 | 9,00 | 5,39 | 12,00 | 5,22 |
| Área abaixo da curva, mg • dL ⁻¹ • hr ⁻¹ | 1624 | 1701 | 2124 | 1633 | 330,70 |
| Triglicerídeos, mg/dL | | | | | |
| Concentração média | 56,06 | 63,97 | 58,32 | 47,16 | 24,42 |

Continuação: Tabela 4. Peso vivo e escore de condição corporal, consumo de nutrientes durante a curva, concentrações média, máxima e tempo de pico da glicose, colesterol e triglicerídeos plasmáticos, concentrações média e máxima do incremento da glicose, colesterol e triglicerídeos, áreas abaixo da curva e área abaixo do incremento da curva de glicose, colesterol e triglicerídeos de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

| | | | | | |
|---|-------|-------|-------|-------|--------|
| Concentração máxima | 84,43 | 91,27 | 77,82 | 75,91 | 39,56 |
| Concentração média do incremento | 21,61 | 22,43 | 21,36 | 10,71 | 21,56 |
| Concentração máxima do incremento | 48,32 | 47,76 | 43,69 | 38,63 | 36,41 |
| Tempo de pico, horas | 7,75 | 6,86 | 6,50 | 10,00 | 4,85 |
| Área abaixo da curva, $\text{mg} \cdot \text{dL}^{-1} \cdot \text{hr}^{-1}$ | 970 | 1097 | 787 | 803 | 401,19 |

¹ECC, escore de condição corporal entre 1 e 9 (Laflamme, 1997)

²Concentração do incremento= concentração absoluta de glicose, colesterol ou triglicerídeos – concentração basal

^{a-b}Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK ($P < 0,05$)

Em humanos, as fibras solúveis como a pectina são potencialmente eficazes na regulação dos níveis plasmáticos de glicose, colesterol e triglicerídeos (Marlett et al. 2002) e a viscosidade é considerada a característica mais comum a todas as fibras que têm este efeito (Marlett, 1997). Estes efeitos atribuídos à fibra solúvel não foram confirmados no presente estudo. A polpa de beterraba utilizada continha alta concentração de fibra solúvel e, ao contrário do esperado, não provocou redução da glicose, colesterol e triglicerídeos nos gatos. Já a fibra altamente insolúvel da cana-de-açúcar foi a única que produziu algum efeito hipoglicemiante. Para Kirk (2006), apesar de vários estudos em humanos e ratos indicarem que a fibra solúvel é a mais desejável, ainda não foram evidenciadas claras vantagens das fibras solúveis sobre as insolúveis em gatos.

Em um estudo de Nelson et al. (1998), foi observada melhora da glicemia de cães submetidos à dieta com fibra solúvel, o que não foi observado

nos gatos do presente estudo com a utilização da fibra da polpa de beterraba, que contém quantidades maiores de fibra solúvel. No mesmo estudo de Nelson et al. (1998), os alimentos com mais de 50% de carboidratos digestíveis e 10 a 15% de fibra insolúvel (celulose) para cães ou 12% para gatos foram mais eficazes no controle glicêmico do que o mesmo alimento sem a fibra. Já no presente estudo, o farelo de trigo que é uma fonte de fibra insolúvel, não foi eficaz no controle da glicemia e somente a fibra de cana-de-açúcar demonstrou eficácia. Isto demonstra que o fato de ser insolúvel não quer dizer que terá efeito na glicemia, ou seja, outras características das fibras também podem interferir no controle glicêmico. Os mecanismos os quais atuam cada fonte de fibra devem ser melhor estudados, para que possamos entender que características são as mais desejáveis.

Para Feldman and Nelson (1996) os efeitos das fibras solúveis e insolúveis parecem similares em cães, e o conteúdo ideal de fibra na dieta de animais diabéticos ainda não está bem estabelecido, mas existe um consenso de que a inclusão moderada de fibra insolúvel ou mista solúvel e insolúvel contribui para o manejo nutricional de cães e gatos diabéticos. Já em um estudo realizado por Kimmel et al. (2000), os efeitos das fibras solúveis e insolúveis nos cães com diabetes naturalmente adquirida não foram similares. Eles utilizaram três dietas, sendo uma de baixa fibra, uma com alta fibra insolúvel e outra mista de fibra solúvel com insolúvel e as concentrações médias e máximas de glicose e a área abaixo da curva da glicose foram estatisticamente menores nos cães alimentados com a dieta que continha alta fibra insolúvel. Estes resultados são bem semelhantes aos encontrados no presente estudo, uma vez que a fibra de cana-de-açúcar é a mais insolúvel das

três utilizadas, seguida do farelo de trigo e da polpa de beterraba.

Nelson et al. (2000), utilizaram gatos com diabetes mellitus naturalmente adquirida e testaram duas dietas, uma com alta fibra insolúvel (12% de celulose) e outra com baixa fibra. As concentrações médias de glicose sérica pré-prandial e pós-prandial foram significativamente menores nos gatos que consumiram dieta com alta fibra insolúvel, concordando com o presente estudo. Diferentemente do que ocorre em humanos e parece ocorrer em cães (controverso), o presente estudo mostra que o controle glicêmico dos gatos é mais eficaz quando se utiliza uma dieta com inclusão de fibra altamente insolúvel e de menor capacidade de fermentação, como a fibra de cana-de-açúcar. Assim, mais estudos são necessários para avaliar a eficácia de diferentes fontes de fibra na modulação da glicose, colesterol e triglicerídeos nos gatos.

Literatura Citada

- AAFCO. 2003. Association of American Feed Control Officials: Official Publication. Assoc. Am. Feed Control. Off., Atlanta, GA.
- Aiello, S. E. 2001. Manual Merck de Veterinária, 8 ed, São Paulo: Roca. 385 – 386.
- Case, L. P., D. P. Carey, D. A. Hirakawa. 1998. Nutrição Canina e Felina – Manual para profissionais, 2. ed, Lisboa: Harcourt Brace, 18-20, 328-330.
- De Oliveira, L. D., A. C. Carciofi, M. C. C. Oliveira, R. S. Vasconcellos, R. S. Bazolli, G. T. Pereira, and F. Prada. 2008. Effects of six carbohydrate sources on diet digestibility and post-prandial glucose and insulin responses in cats. *J. Anim. Sci.* 86: 2237-2246.
- Fahey, G. C., Jr., N. R. Merchen, J. E. Corbin, A. K. Hamilton, L. L. Bauer, E. C. Titgemeyer, and D. A. Hirakawa. 1992. Dietary fiber for dogs: III. Effects of beet pulp and oat fiber additions to dog diets on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy, and digesta mean retention time. *J. Anim. Sci.* 70:1169-1174.
- Fekete, S. G., I. Hullár, E. Andrásófszky, F. Kelemen. 2004. Effect of different fibre types on the digestibility of nutrients in cats. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 88: 138-142.
- Feldman E. C., R. W. Nelson. 1996. Diabetes Mellitus. In: Canine and feline endocrinology and reproduction, 2.ed, Philadelphia, PA: WB Saunders co, 339-391.

- Hendrix D.L. 1989. Rapid extraction and analysis of nonstructural carbohydrates in plant tissues. *Crop Sci. Madison*. 25: 984-989.
- Herschel, D. A., R. A. Argenzio, M. Southworth, and C. E. Stevens. 1981. Absorption of volatile fatty acid, na, and h2o by the colon of the dog. *Am. J. Vet. Res.* 42:1118–1124.
- Hirsch E., C. Dubose, H. J. Jacobs. 1978. Dietary control of food intake in cats. *Physiol. Behav.* 20:287–95.
- Middelbos, I. S., N. D. Fastinger, and G. C. Fahey, Jr. 2007. Evaluation of fermentable oligosaccharides in diets fed to dogs in comparison to fiber standards. *J. Anim. Sci.* 85: 3033-3044.
- Marlett, J. A. Sites and mechanism for the hypocholesterolemic actions of soluble dietary fiber sources. 1997. In: Kritchevsky D, Bonfeild C, eds. *Dietary fiber in health and disease*. New York: Plenum Press. 109-121.
- Marlett, J. A, M. I. Mcburney, J. L. Slavin. 2002. Position of the american dietetic association: health implications of dietary fiber. *J. Am. Diet. Assoc.* 102:993-1000.
- Miller, G. L. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Analytical Chemistry*. Chapell Hill. 31:426-428.
- Nelson, R. W., J. C. Scott-moncrieff, E. C. Feldman et al. 2000. Effect of dietary insoluble fiber on control of glycemia in cats with naturally acquired diabetes mellitus. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 216:1082–1088.
- Nelson, R. W. C. A. Duesberg, S. L. Ford et al. 1998. Effect of dietary insoluble fiber on control of glycemia in dogs with naturally acquired diabetes mellitus. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 212:380-386.
- NRC. 2006. Nutrient requirements of dogs and cats. National Academy Press: Washington, D.C.
- Prola, L.; Dobenecker, B.; Mussa, P. P.; Kienzle, E. 2009. Influence of cellulose fibre length on faecal quality, mineral excretion and nutrient digestibility in cat. *J. Anim Physiol. Anim Nutr.* 94:362-367.
- Prosky, L., N. G. Asp, T. F. Schweizer, J. W. De Vries, and I. Furda. 1992. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. *J. AOAC Int.* 75:360–367.
- SAS User's Guide. 1989. Statistical Analysis Systems Institute. Car-y NC.
- Sunvold, G. D.; G. C. Jr. Fahey, N. R. Merchen, I. D. Bourquin, E. E. Titgemeyer, L. L. Bauer, G. A. Reinhart. 1995. Dietary fiber for cats: in vitro fermentation of selected fiber sources by cat fecal inoculum and in vivo utilization of diets containing selected fiber sources and their blends. *J. Anim. Sci.* 73:2329-2339.
- Sunvold, G. D., G. C. Jr. Fahey, N. R. Merchen, G. A. Reinhart. 1995a. In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat fecal inoculum: Influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. *J. Anim. Sci.* 73:1110 – 1122.
- Sunvold, G. D. 1996. Dietary fibre for dogs and cats: an historical perspective. *Proc Iams Intern. Nutr. Symp.* Orange Frazer Press, Wilmington, Ohio, USA, 3.

CAPÍTULO III

Estudo histológico da mucosa do cólon e produção de ácidos graxos de cadeia curta de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

Manuela Marques Fischer¹, Alexandre de Mello Kessler¹, Aulus Cavalieri Carciofi², Lilian Rose Marques de Sá³

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.

³Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

*Autor correspondente: aulus.carciofi@gmail.com

Resumo – Foram investigados os efeitos da fibra dietética sobre a concentração de ácidos graxos de cadeia curta fecais e a histologia da mucosa do cólon de gatos adultos saudáveis. O experimento foi realizado com 24 gatos, seis repetições por dieta em um delineamento em blocos casualizados. Quatro dietas foram extrusadas e as fibras incluídas foram a polpa de beterraba, o farelo de trigo e a fibra de cana-de-açúcar. As dietas com adição de fibras foram formuladas para conter níveis semelhantes de FDT. A dieta controle não teve adição de fontes de fibra. Em relação às outras dietas, a dieta com polpa de beterraba produziu maiores concentrações de acetato ($P = 0,0117$) propionato ($P = 0,0005$), lactato ($P = 0,0051$) e ácidos graxos totais ($P = 0,0008$). As demais dietas produziram concentrações semelhantes de ácidos graxos de cadeia curta e a fibra de cana-de-açúcar apresentou a menor concentração de ácido propiônico ($P = 0,0005$). A produção de butirato não diferiu entre os grupos. A análise morfométrica segundo a área de criptas, área de lâmina própria, área de células caliciformes, número médio de criptas por campo, número médio de criptas em bifurcação e tamanho das criptas em micrômetro nos quatro grupos não teve diferença estatística. É provável que o tempo de consumo das dietas (18 dias) não tenha sido suficiente para promover os benefícios esperados pela fibra no cólon. Os resultados deste estudo mostram que a polpa de beterraba causa efeitos desejáveis no cólon de gatos, através da produção de ácidos graxos de cadeia curta, muito embora sua moderada capacidade de fermentação não altere as características histológicas da mucosa colônica de gatos em 18 dias de consumo.

Palavras-chave: gato, colonoscopia, saúde intestinal, morfometria, ácidos graxos de cadeia curta

Histological study of the colonic mucosa and production of short chain fatty acids in cats fed different sources of dietary fiber

Manuela Marques Fischer¹, Alexandre de Mello Kessler¹, Lilian Rose Marques de Sá², Aulus Cavalieri Carciofi^{*3}

¹Departamento de Zootecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, CEP 91540-000, Porto Alegre, RS, Brasil.

²Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária, Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, Brasil.

³Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

*Autor correspondente: aulus.carciofi@gmail.com

Abstract – It was investigated the effects of dietary fiber on the concentration of short chain fatty acids and histology of the colonic mucosa of healthy adult cats. The experiment was conducted with 24 cats, six replicates per diet in a randomized block design. Four diets were extruded and including different fibers: beet pulp, wheat bran and cane sugar fiber. The addition of fiber diets were formulated to contain similar levels of total dietary fiber (TDF). The control diet had no fiber added. Compared with other treatments, the diet containing beet pulp produced higher concentrations of acetate ($P = 0,0117$), propionate ($P = 0,0005$), lactate ($P = 0,0051$) and total short fatty acids ($P = 0,0008$). The other diets produced similar concentrations of short chain fatty acids and sugar cane fiber showed the lowest concentration of propionic acid ($P = 0,0005$). Butyrate showed no significant difference among the groups. The morphometric analysis according to the volume density in the area of crypts, lamina propria, goblet cells, the average number of crypts per field, average number of crypts and bifurcation of the crypts in micrometer size in the four groups was not statistically different. Probably the time consumption of the diets (18 days) has not been enough to show the expected benefits of fiber in the colon. The results of this study showed that sugar beet pulp causes desirable effects in the colon of cats by short chain fatty acids production, although its moderate fermentation capacity do not change, in 18 days of consumption, histological features of colonic mucosa of cats.

Keywords: cat, colonoscopy, intestinal health, morphometry, short-chain fatty acids

Introdução

O valor nutritivo das fibras para animais carnívoros é limitado, entretanto, o valor fisiológico é de grande relevância e deve ser mais bem estudado. Atualmente se busca proporcionar dietas que além de nutrir, promova benefícios à saúde dos animais de companhia, são as chamadas dietas nutracêuticas. Estes resultados são alcançados com a utilização dos alimentos funcionais, como a fibra dietética por exemplo. Dietas com altas quantidades de fibra podem ser desejáveis em casos como a obesidade, que é hoje uma das desordens nutricionais mais frequentes em gatos, com uma incidência de aproximadamente 35% (Lund et al., 2005). A fibra atua no intestino através de dois mecanismos principais: exercendo uma resposta tátil resultante da distensão ou da natureza abrasiva da fibra na superfície do intestino (fibra não fermentável) e/ou através de uma reação química resultante da fermentação e degradação microbiana da fibra (fibra fermentável). A polpa de beterraba proporciona ambos os efeitos, uma vez que é considerada de fermentabilidade moderada (Hallman et al., 1995 & Hallman et al., 1996).

Em gatos, algumas ações benéficas da fibra no intestino já foram observadas: produção de ácidos graxos de cadeia curta (Kienzle, 1993, Sunvold et al., 1994), redução do pH intestinal (Herschel et al, 1981), o que favorece o crescimento de bactérias benéficas (Sparkes, 1998) e recentemente foi verificado que a viscosidade de algumas fibras confere proteção do intestino contra danos provocados por anti-inflamatórios (Sato et al., 2010). Esses efeitos costumam ser mais observados com a utilização de fibras solúveis, que, por serem muito fermentáveis, devem ser adicionadas em baixas concentrações, para não provocar efeitos indesejáveis. Uma das possibilidades

de se avaliar a saúde intestinal é através da produção de ácidos graxos de cadeia curta ou através de histologia da mucosa do cólon. Este trabalho teve como objetivo pesquisar os efeitos na produção de ácidos graxos de cadeia curta e na morfologia do cólon, de dietas para gatos com alta concentração de fibra insolúvel, de baixa (farelo de trigo e fibra de cana-de-açúcar) e moderada fermentação (polpa de beterraba).

Material e Métodos

O experimento foi realizado no Laboratório de Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos da Universidade Estadual Paulista (Jaboticabal, Brasil). Foram utilizados 24 gatos adultos castrados, machos e fêmeas, sem raça definida, com peso vivo médio de $4,85 \pm 0,26$ kg e idade média de sete anos. O experimento foi realizado em dois períodos de 18 dias, com um grupo de 12 gatos cada. Os animais foram alojados individualmente em gaiolas metabólicas de aço inoxidável com dimensões de $0,9 \times 0,8 \times 0,9$ m que permitiram a visualização entre eles durante todo o período experimental. Água foi oferecida *ad libitum*. As dietas testadas foram: Dieta 1, dieta controle, sem inclusão de fonte de fibra; dieta 2, com inclusão de polpa de beterraba (P.bet); dieta 3, com inclusão de farelo de trigo (F.trigo); dieta 4, com inclusão de fibra de cana-de-açúcar (F.cana). As composições químicas das fontes de fibra e das dietas estão descritas na Tabela 1. As dietas foram formuladas para atender as recomendações preconizadas pela AAFCO (2003) e suprir as exigências nutricionais de gatos adultos em manutenção. O cálculo da necessidade energética de manutenção foi realizado através da equação $EM = 100 \text{ kcal} \times (\text{kg PV})^{0,67}$ de acordo com o NRC (2006).

Tabela 1. Composição das fontes de fibra e das dietas controle, com inclusão de polpa de beterraba, farelo de trigo e fibra de cana-de-açúcar

| | P.bet | F. trigo | F.cana | Dieta Controle | Dieta P.bet | Dieta F.trigo | Dieta F.cana |
|-----------------|------------|----------|--------|----------------|-------------|---------------|--------------|
| MS (%) | 87,62 | 87,82 | 92,57 | 95,33 | 95,84 | 95,44 | 95,67 |
| | g/100 g MS | | | | | | |
| MO | 94,35 | 95,34 | 92,17 | 94,14 | 94,02 | 92,22 | 90,51 |
| MM | 5,65 | 4,66 | 7,83 | 5,99 | 6,77 | 7,83 | 9,83 |
| PB | 8,24 | 18,5 | 1,51 | 35,74 | 35,24 | 35,77 | 33,86 |
| EEHA | 2,26 | 4,9 | 1,06 | 11,34 | 12,17 | 11,92 | 11,95 |
| FDT | 82,58 | 52,56 | 94,16 | 11,61 | 25,65 | 24,00 | 28,50 |
| Fibra solúvel | 28,59 | 7,63 | 4,23 | 2,23 | 11,10 | 3,95 | 3,66 |
| Fibra insolúvel | 53,99 | 44,93 | 89,92 | 9,38 | 14,54 | 20,05 | 24,85 |

P.bet, polpa de beterraba; F.trigo, farelo de trigo; F.cana, fibra de cana-de-açúcar

Para avaliar a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e ácidos graxos totais (AGT), foram coletadas fezes frescas de cada gato após 15 dias de consumo das dietas. Para a mensuração da produção de ácido acético, butírico e propiônico, foram pesados 10 gramas de amostra e adicionados 30 mL de ácido fórmico diluído em água destilada (1:52). Para o ácido láctico foram pesados 5 gramas e adicionados 15 mL de água destilada. As coletas foram feitas em dois dias consecutivos e, no máximo, 15 minutos após a defecação. Todas as amostras foram mantidas sob refrigeração por 3 dias e homogeneizadas 2 vezes ao dia durante este período. Depois foram centrifugadas a 2000 x g a 15°C por 15 minutos e o sobrenadante foi retirado e centrifugado novamente. Este procedimento foi repetido três vezes até

obterem-se amostras límpidas e translúcidas. Do sobrenadante, armazenado em tubos vacutainer, foi feita a determinação dos ácidos acético, propiônico e butírico por cromatografia gasosa, pela técnica descrita por Erwin et al. (1961). Para a determinação do ácido láctico, o método realizado foi o espectrofotométrico, descrito por Pryce (1969), no qual o ácido láctico é convertido a acetaldeído por aquecimento com ácido sulfúrico e reage com p-hydroxybiphenyl formando um complexo de cor púrpura, proporcional a concentração do ácido láctico que é medida em absorbância através de espectrofotometria.

Após as coletas de fezes para determinação dos AGCC, os gatos foram submetidos à colonoscopia. Foi realizada anestesia com propofol através da via endovenosa, com os animais em jejum prévio de no mínimo 16h. Para o procedimento os animais ficaram em decúbito lateral e utilizou-se um fibroscópio Pentax FG 29v e uma pinça de biópsia tipo boca de jacaré de 3mm. Retiraram-se dois fragmentos de mucosa do cólon de cada animal. Os fragmentos foram fixados em formol 10% tamponado e processados segundo técnica padrão com inclusão em parafina. Posteriormente, foram realizados cortes seriados a 4 μ m e todos os fragmentos foram corados por hematoxilina e eosina (HE) e *alcian blue* com ácido periódico de Schiff (AB-PAS) pH 2,5 para avaliação qualitativa do muco ácido e neutro produzido pelas células caliciformes. As colorações foram realizadas no Laboratório de Histologia do Departamento de Patologia da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia (HE) e no Laboratório de Histologia do Serviço de Anatomia Patológica do Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (AB-PAS).

O exame microscópico foi realizado por um observador sem acesso a qualquer informação sobre a identificação e as características clínicas e laboratoriais de cada animal usado no experimento. O padrão de normalidade histológica considerado foi o mesmo descrito por Day et al. (2008). O exame histológico das lâminas foi realizado em microscopia de luz, utilizando microscópio Zeiss, modelo Primo Star acoplado à câmara digital PowerShot G10, Canon e *software* zoomBrowser EX 6.2 para captura de imagens. As seguintes variáveis foram avaliadas semi-quantitativamente: características do epitélio superficial, intensidade de hiperplasia da cripta, dilatação da cripta, grau de ocorrência das células caliciformes, proporção relativa e localização do muco ácido e neutro na população das células caliciformes, prevalência e grau de intensidade de diferentes tipos de células inflamatórias na lâmina própria do cólon e presença de erosão, ulceração, edema, fibrose e atrofia das criptas.

Para a análise morfométrica foi usado o sistema de análise de imagem Image Pro Plus versão 4.5 para Windows, edição de 2002, e foram capturados campos sequenciais dos fragmentos corados em HE no aumento de 10x. Em cada campo capturado foi aplicada grade de $100\mu\text{m}^2$ totalizando área de 3083,52 mm, com 300 pontos, para determinação da medida da proporção de volume de cada parâmetro a ser analisado. A proporção volumétrica ou fração de volume (Vv) das estruturas avaliadas foram obtidas a partir da fração de pontos que coincidiu com a intersecção das linhas da grade em relação ao total de pontos sobre a mucosa colônica (Weibel & Gomes, 1962). As medidas de Vv foram expressas em porcentagem.

Os parâmetros morfométricos avaliados foram: espessura da mucosa (somatória das médias dos pontos contados em relação ao total de

pontos da grade utilizada), área das criptas (Vv criptas), área da lâmina própria (VvLP) e área das células caliciformes (VvCC) em relação à espessura da mucosa. O tamanho das criptas em micrômetro (μm) foi determinado a partir da média de três medidas em cada campo do fragmento colônico, considerando apenas as criptas com orientação adequada, ou seja, perpendicular à muscular da mucosa e os valores foram expressos em média e desvio padrão. O número de criptas foi determinado contando as criptas tanto em corte transversal como longitudinal em cada campo capturado em aumento de 100x, sendo analisados todos os campos viáveis de cada caso. O número de criptas em bifurcação, ou seja, criptas com endentação na base ou com fissura longitudinal e que se apresentam com uma boca para duas bases (Maskens, 1978), foi contado por campo em aumento de 100x, levando em conta os mesmos critérios anteriormente definidos.

Os dados foram analisados em um delineamento em blocos casualizados em um esquema de duplo cego, com quatro tratamentos, dois períodos de medição e seis repetições, utilizando os procedimentos GLM (SAS Inst. Inc., Cary, NC, 1999). As variáveis não paramétricas foram testadas utilizando o teste estatístico Kruskal-Wallis. Cada gato representou uma unidade experimental.

A Comissão de Ética e Bem-estar Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista aprovou todos os procedimentos experimentais.

Resultados

Os resultados das concentrações de ácido acético, butírico, propiônico, lático e ácidos graxos totais (AGT) estão demonstrados na Tabela 2. O grupo alimentado com polpa de beterraba teve maior produção dos ácidos graxos de cadeia curta e de ácido lático, exceto o butírico, que não diferiu entre os grupos. As demais dietas produziram concentrações semelhantes de ácidos graxos entre si e as dietas controle e com fibra de cana-de-açúcar apresentaram a menor concentração de ácido propiônico.

Tabela 2. Concentração fecal média de ácido acético, butírico, propiônico, lático e de ácidos graxos totais de gatos alimentados com diferentes fontes de fibra na dieta

| | Controle | Polpa beterraba | Farelo trigo | Cana de açúcar | SEM | p |
|----------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------|--------|
| Item | em mmol/kg na MS | | | | | |
| Ác. ACÉTICO | 202,55 ^b | 427,44 ^a | 253,30 ^b | 197,82 ^b | 70,78 | 0,0002 |
| Ác. BUTÍRICO | 82,75 | 46,81 | 69,69 | 52,31 | 28,59 | 0,2059 |
| Ác. PROPIÔNICO | 72,93 ^c | 214,38 ^a | 140,53 ^b | 74,57 ^c | 31,52 | 0,0001 |
| Ác. LÁTICO | 24,79 ^b | 163,35 ^a | 18,15 ^b | 9,79 ^b | 73,02 | 0,0103 |
| AGT | 483,02 ^b | 851,97 ^a | 481,67 ^b | 334,49 ^b | 114,02 | 0,0001 |

^{a-c}Médias seguidas de letras distintas na mesma linha diferem entre si pelo teste SNK (P<0,05)

A Tabela 3 apresenta os valores de *p* obtidos utilizando o teste estatístico Kruskal-Wallis, para cada parâmetro da morfometria analisado segundo cada grupo de estudo. Nos quatro grupos não houve diferença estatística significativa.

Tabela 3. Análise morfométrica da mucosa do cólon de gatos submetidos a dietas com diferentes fontes de fibras, segundo a área de criptas, área de lâmina própria, área de células caliciformes, número médio de criptas por campo, número médio de criptas em bifurcação e tamanho das criptas em micrômetro

| Parâmetros | Controle | P. bet | F. trigo | F. cana | p |
|--|----------|--------|----------|---------|--------|
| Média de campos Analisados | 19 | 25 | 19 | 21 | |
| Espessura da mucosa (pontos/ 100 μm^2) | 140,89 | 158,17 | 154,93 | 151,02 | 0,3765 |
| Área de cripta (Vv%) | 58,90 | 51,51 | 57,46 | 60,26 | 0,5241 |
| Área de lâmina própria (Vv%) | 41,40 | 48,40 | 42,54 | 42,43 | 0,6579 |
| Área de células caliciformes (Vv%) | 20,85 | 16,63 | 29,72 | 32,05 | 0,0542 |
| Média de criptas/ campo 100x | 5,53 | 7,37 | 6,71 | 6,55 | 0,8496 |
| Média de criptas em bifurcação/ campo 100x | 0,13 | 0,18 | 0,08 | 0,14 | 0,9785 |
| Tamanho médio das criptas (μm) | 1002,97 | 988,22 | 1012,76 | 1024,74 | 0,9040 |

Discussão

Os principais produtos da fermentação bacteriana e do metabolismo são os AGCC (acetato, butirato, propionato), lactato, dióxido de carbono e gás hidrogênio. A alimentação dos enterócitos e colonócitos pelos AGCC desenvolve hipertrofia das vilosidades intestinais, o que melhora a digestibilidade dos nutrientes devido ao aumento na superfície absorptiva (NRC, 2006). Talvez por este motivo a melhor digestibilidade observada entre as fibras tenha sido com a polpa de beterraba, pois este grupo teve a maior

produção de ácido acético, propiônico, láctico e AGT. Somente o butírico não diferiu entre os grupos. As demais dietas produziram concentrações semelhantes de ácidos graxos entre si e a dieta controle e com fibra de cana-de-açúcar apresentaram a menor concentração de ácido propiônico.

A polpa de beterraba por ser uma fonte de fibra moderadamente fermentável produziu maiores concentrações de AGT e de lactato, conforme o esperado. Sunvold et al. (1994) realizaram um estudo *in vitro* para determinar a fermentabilidade de fontes de fibra pela microbiota de gatos. Eles utilizaram fibras com vários graus de fermentação e observaram que a dieta com polpa de beterraba produziu baixas concentrações de ácido butírico (em comparação com a pectina) e concentrações intermediárias de ácido propiônico, ácido acético e ácidos graxos totais (em comparação com a celulose e a pectina), resultados bem semelhantes aos do presente estudo.

Middelbos et al. (2007) utilizaram fontes de fibra na dieta de cães e os tratamentos continham celulose, polpa de beterraba ou mistura de fibra solúvel com insolúvel (celulose + fruto-oligossacarídeos + levedura). Os pesquisadores observaram que a dieta com polpa de beterraba produziu maiores concentrações de AGCC, exceto o butirato, quando comparada às dietas controle e celulose, sendo a concentração de AGT da polpa de beterraba a de maior valor, 411 mmol/kg com base na matéria seca. Ao compararmos este valor ao encontrado no presente estudo (852 mmol/kg), podemos considerar que a concentração de AGT produzida pela polpa de beterraba foi bastante elevada. A alta produção de AGCC nas fezes provavelmente é explicada pelo alto teor de fibra solúvel contido na dieta com polpa de beterraba (11,1%), que varia bastante conforme a qualidade da matéria-prima e também à grande

quantidade de fibra incluída. Para McNeil et al. (1978), em torno de 5% dos AGCC produzidos no trato gastrointestinal humano são excretados nas fezes, o restante é absorvido no intestino grosso, isto é, a produção de AGCC no intestino é muito maior do que o valor medido nas fezes.

Conclui-se, portanto, que a polpa de beterraba pode ser utilizada em altos níveis nas dietas para gatos com distúrbios absortivos e constipação, além das outras aplicações comuns a outras fibras, como redução da digestibilidade, diluição da energia e manutenção do trato gastrointestinal.

Na análise histológica dos fragmentos em cada grupo apresentou pouca variação e é descrita de forma única. Foram observados linfócitos e plasmócitos em número similar na lâmina própria da mucosa em todos os grupos. Em pelo menos um caso (1/6) foram encontrados acima de 10 neutrófilos por campo de 40x em pequenos focos entre as criptas e próximos a superfície o que caracterizou colite neutrofílica multifocal discreta. Nestes casos também foi verificado aumento do número de leucócitos globulares tanto na superfície epitelial como na lâmina própria. Raros linfócitos intraepiteliais foram observados ocasionalmente entre os colonócitos superficiais. O muco ácido e a mistura do muco ácido e neutro predominaram sobre o muco neutro na população das células caliciformes, similarmente entre todos os grupos, porém com aumento sem diferença significativa no grupo que ingeriu fibra de elevada fermentação. Foram observadas criptas em bifurcação em número similar em todos os grupos.

Considerando a área relativa das criptas (V_v cripta), lâmina própria (V_v LP) e das células caliciformes (V_v CC) nos quatro grupos não houve diferença estatística significativa. A área de células caliciformes foi alterada pelos

tratamentos ($P=0,0542$), sendo que os grupos do farelo de trigo e da fibra de cana-de-açúcar apresentaram os maiores valores. Provavelmente isto ocorreu porque estas fontes de fibra provocam maior atrito na mucosa intestinal, promovendo aumento na produção de muco.

Em um estudo realizado por Bueno et al. (2000) com gatos que foram alimentados durante 15 dias com dieta rica em fibra, também não foram observadas diferenças entre profundidade e altura de criptas. Resultados diferentes foram encontrados por Lobo et al. (2006), que utilizaram 7,5% de FOS (fruto-oligossacarídeos), uma fonte de fibra fermentável, na dieta de ratos durante 27 dias e observaram maior profundidade de criptas, maior número de criptas por campo e um acentuado aumento do número de criptas em bifurcação por campo no ceco do grupo alimentado com FOS. McCullough et al. (1998) observaram que as fibras fermentáveis provocaram aumento tanto do número de criptas por circunferência como do número de criptas bifurcadas no cólon proximal de ratos. Para os pesquisadores, a bifurcação das criptas é um meio alternativo de aumentar a superfície de mucosa colônica.

No presente estudo o tempo de consumo das dietas foi de 18 dias, tempo suficiente para mostrar diferença entre os tratamentos na produção de ácidos graxos nas fezes, mas talvez não para promover um aumento da profundidade e do número de criptas.

Literatura Citada

- AAFCO. Association of American Feed Control Officials: Official Publication. 2003. Assoc. Am. Feed Control. Off., Atlanta, GA.
- BUENO A. R.; CAPPEL, T. G.; SUNVOLD, G. D. 2000: Feline colonic morphology and mucosal tissue energetics as influenced via the source of dietary fiber. Nutr. Res. 20, n.7, p. 985-993.

- DAY, M. J.; BILZER, T.; MANSELL, J.; WILCOCK, B.; HALL, E. J.; JERGENS, A.; MINAMI, T.; WILLARD, M.; WASHABAU R. 2008. Histopathological Standards for the Diagnosis of Gastrointestinal Inflammation in Endoscopic Biopsy Samples from the Dog and Cat: A Report from the World Small Animal Veterinary Association Gastrointestinal Standardization Group. *J. Comp. Pathol.* 138, S1-S43.
- ERWIN, W. S.; MARCO, G. J.; MERY, E. M. 1961. Volatile fatty acids analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. *Journal of Dairy Science*, Hampden, v.44, p.1768-71.
- HALLMAN, J. E.; MOXLEY, R. A.; REINHART, G. A.; WALLACE, E. A.; CLEMENS, E. T. 1995. Cellulose, beet pulp and pectin/gum arabic effects on canine colonic microstructure and histopathology. *Vet. Clin. Nutr.* 2:137-142.
- HALLMAN, J. E., REINHART G. A.; WALLACE, E. A.; MILLIKEN, A.; CLEMENS, E. T. 1996. Colonic mucosal tissue energetics and electrolyte transport in dogs fed cellulose, beet pulp or pectin/gum arabic as their primary fiber source. *Nutr. Res.* 16:303-313.
- HERSCHEL, D. A.; ARGENZIO R. A.; SOUTHWORTH M.; STEVENS C. E. 1981. Absorption of volatile fatty acid, Na, and H₂O by the colon of the dog. *Am. J. Vet. Res.* 42:1118-1124.
- KIENZLE, E. 1993. Carbohydrate metabolism of the cat. 2. Digestion of starch. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* 69:102.
- LOBO, A. R.; COLLI, C.; ALVARES, E. P.; FILISETTI, T. M. C. C. 2007. Effects of fructans-containing yacon (*Smallanthus sonchifolius* Poepp & Endl.) flour on caecum mucosal morphometry, calcium and magnesium balance, and bone calcium retention in growing rats. *Brit. J. Nutr.* 97, 776-785.
- LUND, E. M.; ARMSTRONG, P. J.; KIRK, C. A.; KLAUSNER, J. S.; 2005. Prevalence and risk factor for obesity in adult cats from private US veterinary practices. *J. Appl. Res. Vet. Med.* 3, 88-96.
- MASKENS A. P. 1978. Histogenesis of Colon Glands During Postnatal Growth. *ACTA ANAT.* 100:17-26.
- MIDDELBOSS, I. S.; FASTINGER, N. D.; G. C. Jr. 2007. Evaluation of fermentable oligosaccharides in diets fed to dogs in comparison to fiber standards. *J. Anim. Sci.* 85: 3033-3044.
- MCCULLOUGH J. S.; RATCLIFFE B.; MANDIR N.; CARR K. E.; GOODLAD R. A. 1998. Dietary fibre and intestinal microflora: effects on intestinal morphometry and crypt branching. *Gut.* 42:799-806.
- MCNEIL, N., CUMMINGS, J.; JAMES, W. 1978. Short chain fatty acid absorption by the human large intestine. *Gut.* 19:819-822.
- NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. 2006. Nutrient Requirements of Dogs and Cats. The National Academy Press: Washington, D.C. 398p
- PRYCE, J. D. A. 1969. Modification of the Barker-Summerson Method for the Determination of Lactic Acid. *Analist*, December. 94, 1151-1152.
- SAS User's Guide. 1989. Statistical Analysis Systems Institute. Cary NC.
- SATOH, H.; HARA, T.; MURAKAWA, D.; MATSUURA, M.; TAKATA, K. 2010. Soluble Dietary Fiber Protects Against Nonsteroidal Anti-inflammatory Drug-Induced Damage to the Small Intestine in Cats. *Dig Dis Sci.* 55, 1264-1271.
- SPARKES, A. H.; PAPANIOLOTIS K.; SUNVOLD G. D.; WERRETT, G.; GRUFFYDD-JONES, E. A.; EGAN, K.; GRUFFYDD-JONES T. J.;

- REINHART, G. A. 1998. Effect of dietary supplementation with fructooligosaccharides on fecal flora of healthy cats. *Am. J. Vet. Res.* 59, 436–440.
- SUNVOLD, G.D.; TITGEMEYER, E. C.; BOURQUIN, L.D.; FAHEY, G. C. Jr.; REINHART, G. A. Fermentability of Selected Fibrous Substrates by Cat Fecal Microflora. *Journal of Nutrition*, v. 124, p. 2721S-2722S, 1994.
- WEIBEL, E. R.; GOMEZ, D. M. 1962. A principle for counting tissue structures on random sections. *J. Appl. Physiol.* 17, 342- 348.

CAPÍTULO IV

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fibra dietética desempenha importante função na manutenção e saúde do trato gastrointestinal de gatos. Os conceitos da nutrição humana tem se estendido à nutrição de animais de companhia, de forma que uma nutrição adequada em conjunto com a utilização de alimentos funcionais pode proporcionar maior longevidade e bem-estar. Cada vez mais as pessoas têm cuidado dos animais de estimação como se fossem humanos. Esta atitude requer uma atenção especial à alimentação, que deve promover desde uma consistência ideal de fezes e saúde do intestino até o controle de doenças metabólicas. As fibras utilizadas neste estudo foram escolhidas em virtude das suas características. A polpa de beterraba é uma fibra insolúvel que contém boa quantidade de fibra solúvel, sendo desta forma, de moderada fermentação. Sua capacidade fermentativa produziu consideráveis concentrações de AGCC no cólon, evidenciando sua função na saúde intestinal, podendo ser utilizada em diversos tipos de dieta para gatos, terapêutica ou não. O farelo de trigo não demonstrou resultados importantes nas respostas metabólicas e nos parâmetros de saúde intestinal, mas conferiu resultados satisfatórios de digestibilidade e características fecais que, aliado ao seu baixo custo, representa uma matéria-prima possível de uso para a espécie. A fibra de cana-de-açúcar demonstrou benefícios potenciais no controle glicêmico, mas interferiu negativamente na digestibilidade dos nutrientes. Todas as fibras

testadas nesta pesquisa demonstraram ter características que permitem suas inclusões na dieta de gatos saudáveis, conferindo boa qualidade fecal e manutenção do trato gastrointestinal. As fibras também podem ser utilizadas na dieta de animais obesos, pois diluem a energia e diminuem a digestibilidade dos nutrientes. Além destas aplicações práticas, a polpa de beterraba e a fibra de cana-de-açúcar ainda parecem ter efeitos terapêuticos. A polpa de beterraba pode ser adicionada nas dietas para gatos com distúrbios absorptivos e constipação, por exemplo, enquanto que a fibra de cana-de-açúcar pode ser incluída na dieta de animais com diarreia (comum em filhotes) e diabéticos, embora devam ser testadas experimentalmente nestas condições.

O mais importante é determinar as funções que cada fibra exerce no trato gastrointestinal para poder utilizá-la da melhor forma na dieta dos animais de companhia. Neste estudo cada fibra demonstrou uma possível aplicação nas dietas para gatos e suas inclusões dependem do objetivo que se busca.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIGUETO, J. M.; PERLY, L.; MINARDI, I. et al. **Nutrição Animal**. 4.ed. São Paulo: Nobel, 1986. Vol. 1, 395p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. **Mercado Pet 2010**. Disponível em: <www.anfalpet.org>. Acesso em: 25 jan. 2011.

BUENO A.R.; CAPPEL, T. G.; SUNVOLD, G. D. Feline colonic morphology and mucosal tissue energetics as influenced via the source of dietary fiber. **Nutrition Research**, New York, v.20, n.7, p. 985-993, 2000.

CARCIOFI, A. C. Emprego de fibras em alimentos para cães e gatos. Simpósio sobre nutrição de animais de estimação, 5. In: COLÉGIO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL. Campinas, 2005. **Anais...** Campinas, 2005. p. 95-108.

CASE, L. P; CAREY, D. P; HIRAKAWA, D. A. **Nutrição canina e felina – Manual para profissionais**. 2ª edição. Lisboa: Harcourt Brace, p. 18-20, 328-330, 1998.

CAVALCANTI M. L. F. Fibras alimentares. **Revista de Nutrição da Pontifícia Universidade Católica de Campinas**, Campinas, v. 2, p. 88-97, 1989.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Avaliação da Safra Agrícola de Cana-de-Açúcar**: terceiro levantamento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/2cana_de_acucar.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2011.

DE ANGELIS R. C. Conceitos de nutrientes não tradicionais. **A importância dos alimentos vegetais na proteção da saúde**. Belo Horizonte: Atheneu, 2001. P. 75-79.

DRACKLEY, J. K., BEAULIEU, A. D., SUNVOLD G. D. Energetics substrates for intestinal cells. In: REINHART G. A., CAREY D. P. **Recent Advances in Canine and Feline Nutrition**. Iams Nutrition Symposium Proceedings. Wilmington, Ohio: Orange Frazer Press, 1998. Vol. 2, p. 463-472.

FAHEY, G. C. Jr.; MERCHEN, N. R.; CORBIN, J. E.; Hamilton, A. K.; Serbe K. A.; Lewis, S. M.; Hirakawa, D. A. Dietary fiber for dogs: I. Effects of graded levels of dietary beet pulp on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.68, p. 4221-4228, 1990a.

FAHEY, G. C., Jr., MERCHEN, N. R.; CORBIN, J. E.; HAMILTON, A.K.; SERBE, K.A.; HIRAKAWA, D.A. Dietary fiber for dogs. II. Iso-total dietary fiber (TDF) additions of divergent fiber sources to dog diets and their effects on nutrient intake, digestibility, metabolizable energy and digesta mean retention time. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 68, p. 4229–4235, 1990b.

FELDMAN E. C.; NELSON R. W. Diabetes Mellitus. In: **Canine and Feline Endocrinology and Reproduction**, 2.ed, Philadelphia, PA: WB Saunders Co, 1996, p. 339-391.

FERREIRA, W. M. Os componentes da parede celular vegetal na nutrição de não ruminantes. Simpósio Internacional de Produção de Não-Ruminantes. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31. Maringá, 1994. **Anais...** Maringá, 1994. p.85-113.

FEKETE, S. G.; HULLÁR, I.; ANDRÁSOF SZKY, E.; KELEMEN F. Effect of different fibre types on the digestibility of nutrients in cats. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v.88, p. 138-142, 2004.

GROSS K. L.; WEDEKIND K. J.; COWELL C. S. et al. Nutrients. In: HAND, M. S.; THATCHER, D. D.; REMILLARD, R. L.; ROUDEBUSH, P. **Small Animal Clinical Nutrition**. 4. ed. Topeka: Mark Morris Institute, 2000, p. 45-54.

HALLMAN, J. E.; MOXLEY, R. A.; REINHART, G. A.; WALLACE, E. A.; CLEMENS, E. T. Cellulose, beet pulp and pectin/gum arabic effects on canine colonic microstructure and histopathology. **Veterinary Clinical Nutrition**, New Jersey, v. 2, p.137-142, 1995.

HALLMAN, J. E, REINHART G. A.; WALLACE, E. A.; MILLIKEN, A.; CLEMENS, E. T. Colonic mucosal tissue energetics and electrolyte transport in

dogs fed cellulose, beet pulp or pectin/gum arabic as their primary fiber source. **Nutrition Research**, New York, v. 16, p. 303-313, 1996.

HOLLMANN, J.; LINDHAUER, M. G. Pilot-scale isolation of glucurono arabinoxylans from wheat bran. **Carbohydrate Polymers**, London, v.59, p. 225-230, 2005.

KIENZLE, E.; DOBENECKER, B.; WICHERT, B.; SCHUSTER, S. Effect of fecal water and dry matter excretion on fecal mineral excretion in dogs studied in a fiber model. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 136, 2001–2003, 2006.

KNUDSEN, K. E. B. The nutritional significance of “dietary fibre” analysis. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 90, p.3-20, 2001.

LÓPEZ G.; ROS G.; RINCÓN F.; PERIAGO M.J.; MARTINEZ C.; ORTUÑO J. Propiedades funcionales de la fibra dietética: mecanismos de acción en el tracto gastrointestinal. **Archivos latinoamericanos de nutrición**, Caracas, v. 47, n. 3, p. 203-206, 1997.

MAES, C.; VANGENEUGDEN, B.; DELCOUR, J.A. Relative activity of two end oxylanases towards water – unextractable arabinoxylans in wheat bran. **Journal of Cereal Science**, Manhattan, v.39, p.181-186, 2004.

Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. **Aproveitamento do bagaço de cana-de-açúcar pelos ruminantes**: comunicado técnico. Disponível em: <<http://www.cpatc.embrapa.br/download/CMT07.pdf>>. Acesso em: 25 jan. 2011.

MARLETT, J. A. Sites and mechanism for the hypocholesterolemic actions of soluble dietary fiber sources. In: KRITCHEVSKY D, BONFEILD C, eds. **Dietary Fiber in Health and Disease**. New York, NY: Plenum Press, p. 109-121, 1997.

MARLETT, J. A; McBURNEY, M. I; SLAVIN, J. L. Position of the American Dietetic Association: Health implications of dietary fiber. **Journal of the American Dietetic Association**, Chicago, v. 102, p. 993-1000, 2002.

MARRY, M., MCCANN, M. C., KOLPAK, F., WHITE, A. R., STACEY, N. J., ROBERTS, K. Extraction of pectic polysaccharides from sugar-beet cell walls. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 80, p. 17-28, 2000.

MASKELL, I. E.; J. V. JOHNSON. Digestion and absorption. In: I. BURGER. **The Waltham Book of Companion Animal Nutrition**. Oxford, UK: Pergamon Press, p.25-44, 1993.

MCDUGALL, G. J., MORRISON, I. M., STEWART, D., HILLMAN, J. R. Plant cell walls as dietary fibre: range, structure, processing and function. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Chichester, v. 70, p. 133-150, 1996.

MERTENS, D. R. Physically effective NDF and its use in formulating dairy rations. In: Simpósio Internacional em Bovinos de Leite, Lavras. **Anais...** Lavras: Ufla-Faepe, v. 2, p. 25-36, 2001.

MERTENS, D. R.; ELY, L. O. Relation ship of rate and extent of digestion to forage utilization a dynamic model evolution. **Journal of Animal Science**, Champaing, n. 4, v. 54, p. 895-905, 1992.

MUIR, H. E.; MURRAY S. M.; FAHEY G. C Jr., et al. Nutrient digestion by ileal cannulated dogs as affected by dietary fibers with various fermentation characteristics. **Journal of Animal Science**, Champaing, v. 74, p. 1641-1648, 1996.

NELSON, R. W.; DUESBERG C. A.; FORD S.L. et al. Effect of dietary insoluble fiber on control of glycemia in dogs with naturally acquired diabetes mellitus. **Journal of the American Veterinary Medical Association**, Chicago, v. 212, p. 380-386, 1998.

NRC-NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient Requirements of Dogs and Cats**. Washington, D.C: National Academy Press:, 2006. 398p.

PROLA, L.; DOBENECKER, B.; MUSSA, P.P.; KIENZLE, E. Influence of cellulose fibre length on faecal quality, mineral excretion and nutrient digestibility in cat. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Berlin, v. 94, p. 362-367, 2009.

ROBERFROID, M. Dietary fiber, inulin and oligofrutose: a review comparing their physiological effects. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.33, p.103-148, 1993.

ROBERFROID, M.; DELZENNE, N.M. Dietary fructans. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v.18, p.177-243, 1998.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELLE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L. T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais.** 2 ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia da UFV, 2005. 186p.

RUSSELL, J.; BASS, P. Canine gastric emptying of fiber meals: Influence of meal viscosity and antroduodenal motility. **American Journal of Physiology Gastrointestinal**, Bethesda, v. 249,p. G662–G667, 1985.

SOUTHGATE D. A. T. The role of dietary fibre in the diet. **The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health**, London, v. 110, n. 5, p. 174-178, 1990.

SPARKES, A. H.; PAPASOULIOTIS, K.; SUNVOLD, G.; WERRETT, G.; GRUFFYDD-JONES, E. A.; EGAN, K.; GRUFFYDD-JONES, T. J.; REINHART, G. Effect of dietary supplementation with fructooligosaccharides on fecal flora of healthy cats. **American Journal of Veterinary Research**, Schaumburg, v. 59, p. 436–440, 1998.

SUNVOLD, G. D., FAHEY G.C. Jr.; MERCHEN, N.R.; REINHART, G.A. In vitro fermentation of selected fibrous substrates by dog and cat fecal inoculum: Influence of diet composition on substrate organic matter disappearance and short-chain fatty acid production. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 1110 - 1122, 1995a.

SUNVOLD, G.D.; FAHEY, G.C. Jr.; MERCHEN, N. R.; TITGEMEYER, E. C.; BOURQUIN, L.D.; BAUER, L.L.L.; REINHART, G.A. Dietary fiber for dogs: IV. In vitro fermentation of selected fiber sources by dog fecal inoculum and in vivo digestion and metabolism of fiber-supplemented diets. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 1099 - 1109, 1995b.

SUNVOLD, G. D., HUSSEIN, H.S.; FAHEY, G.C. Jr.; MERCHEN, N. R.; REINHART, G.A. In vitro fermentation of cellulose, beet pulp, citrus pulp, and citrus pectin using fecal inoculum from cats, dogs, horses, humans, and pigs and ruminal fluid from cattle. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, p. 3639 - 3648, 1995c.

TROWELL, H. Definitions of fibre. **Lancet**, London, v.1, p. 503, 1974.

TROWELL, H., SOUTHGATE, D. A. T., WOLEVER, T. M. S., LEEDS, A. R., GASSULL, M. A., JENKINS, D. J. A. Dietary fibre redefined. **Lancet**, London, v.1, p. 1967-1968, 1976.

VAN SOEST, P.J.; WINE, R.H. Use of detergents in the analysis of fibrous feeds. Determination of plant cell-wall constituents. **Journal of the Association of Official Analytical Chemists**, Ithaca, v.50, p.50–55, 1967.

VANDERHOOF, J. A. Immunonutrition: the role of carbohydrates. **Nutrition Research**, New York, v. 14, p. 7-8, 1998.

WEN L.F.; CHANG K.C.; GALLAHER D.D. Isolation and characterization of hemicellulose and cellulose from sugar beet pulp. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 53, p. 826-829,1988.

APÊNDICES

APÊNDICE A - Observações experimentais – CAPÍTULO II

Peso, Idade, Escore de condição corporal, Sexo, Escore fecal e pH fecal

| Trat | Per | Animal | Peso | Idade | ECC | Sexo | Escore fecal | pH fecal |
|---------|-----|---------------|------|-------|-----|-------|--------------|----------|
| T1Contr | 1 | Coleirinha | 6,18 | 6 | 9 | femea | 4 | 6,3 |
| T1Contr | 1 | Vampira | 3,22 | 6 | 6 | femea | 4 | 6,2 |
| T1Contr | 1 | Pandora | 4,96 | 6 | 8 | femea | 4 | 6,5 |
| T2Beter | 1 | Bolão | 7,13 | 11 | 9 | macho | 3,5 | 5,3 |
| T2Beter | 1 | Tica | 3,67 | 6 | 7 | femea | 4 | 5,6 |
| T2Beter | 1 | Preta Gil | 5,76 | 6 | 9 | femea | 4 | 5,4 |
| T3Trigo | 1 | Zidane | 7,1 | 6 | 9 | macho | 4 | 5,8 |
| T3Trigo | 1 | Chitara | 3,39 | 6 | 4,5 | macho | 4 | 5,7 |
| T3Trigo | 1 | Diboa | 4,98 | 6 | 7,5 | femea | 4 | 5,8 |
| T4Cana | 1 | Binka | 4,39 | 10 | 7 | macho | 5 | 6,4 |
| T4Cana | 1 | Cara-suja | 3,31 | 8 | 5,5 | femea | 4,5 | 6,0 |
| T4Cana | 1 | Tigresa | 5,38 | 6 | 9 | femea | 4 | 5,6 |
| T1Contr | 2 | Kitty | 4,34 | 6 | 7 | femea | 3,5 | 5,6 |
| T1Contr | 2 | Preta-assust. | 3,5 | 6 | 5 | femea | 3,5 | 6,1 |
| T1Contr | 2 | Donatela | 4,93 | 10 | 8,5 | femea | 2 | 5,8 |
| T2Beter | 2 | Manda-chuva | 4,37 | 12 | 5,5 | macho | 4 | 5,7 |
| T2Beter | 2 | Valéria | 4,61 | 6 | 7 | femea | 4 | 5,4 |
| T2Beter | 2 | Doroty | 5,91 | 8 | 8 | femea | 4 | 5,3 |
| T3Trigo | 2 | Leão | 6,71 | 6 | 9 | macho | 4 | 5,8 |
| T3Trigo | 2 | Chipada | 3,04 | 6 | 5 | femea | 4 | 6,0 |
| T3Trigo | 2 | Desbotada | 4,55 | 6 | 6 | femea | 4 | 6,0 |
| T4Cana | 2 | Valério | 5,92 | 6 | 7,5 | macho | 4 | 6,4 |
| T4Cana | 2 | Tricolor | 3,85 | 8 | 7 | femea | 4 | 5,9 |
| T4Cana | 2 | Felícia | 5,17 | 6 | 8 | femea | 5 | 6,4 |

Consumo

| Trat | Per | Animal | Cons MS | Cons MO | Cons FDT | Cons Amido | Cons PB | Cons EE |
|---------|-----|------------|---------|---------|----------|------------|---------|---------|
| T1Contr | 1 | Coleirinha | 426,38 | 400,84 | 49,50 | 172,96 | 152,39 | 48,35 |
| T1Contr | 1 | Vampira | 266,23 | 250,28 | 30,91 | 107,99 | 95,15 | 30,19 |
| T1Contr | 1 | Pandora | 439,73 | 413,39 | 51,05 | 178,38 | 157,17 | 49,86 |
| T2Beter | 1 | Bolão | 431,77 | 402,54 | 110,74 | 116,67 | 152,16 | 52,53 |
| T2Beter | 1 | Tica | 235,61 | 219,66 | 60,43 | 63,66 | 83,03 | 28,66 |
| T2Beter | 1 | Preta Gil | 379,29 | 353,61 | 97,28 | 102,49 | 133,66 | 46,14 |
| T3Trigo | 1 | Zidane | 470,99 | 434,12 | 112,99 | 125,60 | 168,47 | 56,16 |
| T3Trigo | 1 | Chitara | 194,38 | 179,16 | 46,63 | 51,83 | 69,53 | 23,18 |
| T3Trigo | 1 | Diboa | 376,22 | 346,76 | 90,25 | 100,32 | 134,57 | 44,86 |
| T4Cana | 1 | Binka | 196,57 | 177,24 | 56,02 | 57,76 | 66,55 | 23,48 |
| T4Cana | 1 | Cara-suja | 259,44 | 233,94 | 73,94 | 76,23 | 87,84 | 31,00 |
| T4Cana | 1 | Tigresa | 470,22 | 424,00 | 134,01 | 138,17 | 159,21 | 56,18 |
| T1Contr | 2 | Kitty | 201,01 | 188,97 | 23,34 | 81,54 | 71,84 | 22,79 |
| T1Contr | 2 | P. Assust. | 269,63 | 253,48 | 31,30 | 109,37 | 96,37 | 30,57 |
| T1Contr | 2 | Donatela | 361,83 | 340,15 | 42,01 | 146,77 | 129,32 | 41,03 |
| T2Beter | 2 | Manda | 435,70 | 406,21 | 111,74 | 117,73 | 153,54 | 53,01 |
| T2Beter | 2 | Valéria | 409,20 | 381,50 | 104,95 | 110,57 | 144,20 | 49,78 |
| T2Beter | 2 | Doroty | 448,41 | 418,05 | 115,00 | 121,17 | 158,02 | 54,55 |
| T3Trigo | 2 | Leão | 452,40 | 416,98 | 108,53 | 120,64 | 161,82 | 53,94 |
| T3Trigo | 2 | Chipada | 230,16 | 212,14 | 55,21 | 61,37 | 82,33 | 27,44 |
| T3Trigo | 2 | Desbot. | 219,50 | 202,31 | 52,66 | 58,53 | 78,51 | 26,17 |
| T4Cana | 2 | Valério | 288,98 | 260,58 | 82,36 | 84,91 | 97,84 | 34,53 |
| T4Cana | 2 | Tricolor | 312,13 | 281,44 | 88,96 | 91,72 | 105,68 | 37,29 |
| T4Cana | 2 | Felícia | 241,86 | 218,08 | 68,93 | 71,07 | 81,89 | 28,90 |

Digestibilidade

| Trat | Per | Animal | CDMS | CDMO | CDPB | CDEE |
|---------|-----|---------------|--------|--------|--------|--------|
| T1Contr | 1 | Coleirinha | 83,30 | 87,16 | 83,12 | 91,76 |
| T1Contr | 1 | Vampira | 83,84 | 87,14 | 81,95 | 86,64 |
| T1Contr | 1 | Pandora | 84,33 | 87,68 | 82,80 | 90,71 |
| T2Beter | 1 | Bolão | 72,83 | 76,65 | 76,90 | 91,38 |
| T2Beter | 1 | Tica | 70,96 | 74,68 | 74,71 | 84,25 |
| T2Beter | 1 | Preta Gil | 73,77 | 77,47 | 78,63 | 82,45 |
| T3Trigo | 1 | Zidane | 67,33 | 71,89 | 77,84 | 79,40 |
| T3Trigo | 1 | Chitara | 69,55 | 73,47 | 77,74 | 80,62 |
| T3Trigo | 1 | Diboa | 68,97 | 73,35 | 77,76 | 84,74 |
| T4Cana | 1 | Binka | 64,64 | 71,03 | 78,47 | 85,08 |
| T4Cana | 1 | Cara-suja | 59,07 | 65,47 | 71,81 | 78,70 |
| T4Cana | 1 | Tigresa | 61,48 | 67,74 | 72,28 | 87,45 |
| T1Contr | 2 | Kitty | 78,31 | 81,84 | 73,72 | 94,61 |
| T1Contr | 2 | Preta-assust. | 83,61 | 87,51 | 83,90 | 91,04 |
| T1Contr | 2 | Donatela | 80,55 | 83,72 | 77,46 | 85,35 |
| T2Beter | 2 | Manda-chuva | 70,87 | 74,87 | 77,71 | 93,33 |
| T2Beter | 2 | Valéria | 70,55 | 74,29 | 76,23 | 92,25 |
| T2Beter | 2 | Doroty | 66,35 | 70,29 | 73,39 | 86,95 |
| T3Trigo | 2 | Leão | 72,76 | 76,82 | 80,51 | 86,24 |
| T3Trigo | 2 | Chipada | 70,66 | 74,94 | 80,67 | 83,33 |
| T3Trigo | 2 | Desbotada | 67,08 | 71,45 | 77,21 | 80,22 |
| T4Cana | 2 | Valério | 60,76 | 67,01 | 72,77 | 86,28 |
| T4Cana | 2 | Tricolor | 60,23 | 66,22 | 68,28 | 83,67 |
| T4Cana | 2 | Felícia | 62,655 | 69,484 | 78,541 | 84,041 |

Continuação - Digestibilidade

| Trat | Per | Animal | CDEB | CDFDT | CDAmido |
|---------|-----|---------------|--------|-------|---------|
| T1Contr | 1 | Coleirinha | 86,80 | 7,86 | 99,95 |
| T1Contr | 1 | Vampira | 85,79 | 29,13 | 99,64 |
| T1Contr | 1 | Pandora | 87,40 | 22,85 | 99,95 |
| T2Beter | 1 | Bolão | 77,34 | 38,13 | 99,97 |
| T2Beter | 1 | Tica | 74,99 | 36,37 | 99,87 |
| T2Beter | 1 | Preta Gil | 77,75 | 40,22 | 100,15 |
| T3Trigo | 1 | Zidane | 72,04 | 19,32 | 99,61 |
| T3Trigo | 1 | Chitara | 73,67 | 23,78 | 99,74 |
| T3Trigo | 1 | Diboa | 74,42 | 20,54 | 99,03 |
| T4Cana | 1 | Binka | 72,34 | 16,01 | 99,66 |
| T4Cana | 1 | Cara-suja | 66,73 | 0,77 | 99,99 |
| T4Cana | 1 | Tigresa | 69,77 | 12,98 | 99,69 |
| T1Contr | 2 | Kitty | 80,46 | 20,65 | 99,31 |
| T1Contr | 2 | Preta-assust. | 86,95 | 16,16 | 99,99 |
| T1Contr | 2 | Donatela | 82,30 | 33,54 | 99,64 |
| T2Beter | 2 | Manda-chuva | 76,46 | 33,41 | 100,10 |
| T2Beter | 2 | Valéria | 75,46 | 11,79 | 99,87 |
| T2Beter | 2 | Doroty | 71,93 | 29,63 | 99,82 |
| T3Trigo | 2 | Leão | 77,74 | 29,81 | 99,74 |
| T3Trigo | 2 | Chipada | 75,31 | 23,71 | 99,69 |
| T3Trigo | 2 | Desbotada | 71,46 | 18,86 | 99,72 |
| T4Cana | 2 | Valério | 68,68 | 9,55 | 99,63 |
| T4Cana | 2 | Tricolor | 67,44 | 21,95 | 98,04 |
| T4Cana | 2 | Felícia | 70,524 | 6,93 | 99,88 |

Área abaixo da curva

| Trat | Per | Animal | AACglic | AACcol | AACtrig |
|---------|-----|-------------|---------|--------|---------|
| T1Contr | 2 | Kitty1 | 82664 | 100219 | 55893 |
| T1Contr | 1 | Barrigudo | 90770 | 87583 | 83937 |
| T1Contr | 1 | Pandora | 92815 | 94331 | 99817 |
| T1Contr | 1 | Vampira | 65994 | 87959 | 39226 |
| T1Contr | 2 | Desbotada3 | 77010 | 91516 | 31746 |
| T1Contr | 2 | Binka2 | 76708 | 113396 | 38616 |
| T2Beter | 1 | Bolão | 90041 | 135171 | 396488 |
| T2Beter | 1 | Tica | 88002 | 91901 | 32009 |
| T2Beter | 1 | Preta Gil | 104893 | 86002 | 76368 |
| T2Beter | 2 | Manda-chuva | 76589 | 88565 | 59226 |
| T2Beter | 2 | Valéria | 52520 | 107704 | 122468 |
| T2Beter | 2 | Kitty2 | 91983 | 103106 | 37968 |
| T3Trigo | 1 | Chitara | 87503 | | 45715 |
| T3Trigo | 1 | Diboa | 84375 | 135310 | 158603 |
| T3Trigo | 1 | Desbotada1 | 50298 | 84755 | 46379 |
| T3Trigo | 2 | Valéria2 | 84716 | 125007 | 47336 |
| T3Trigo | 2 | Cinza | 99203 | 143717 | 51005 |
| T3Trigo | 2 | Doroty2 | 80509 | 149303 | 44593 |
| T3Trigo | 2 | Gordinho | 68451 | 88577 | 55836 |
| T4Cana | 1 | Binka1 | 73096 | 125325 | 60647 |
| T4Cana | 2 | Felícia | 57162 | 75969 | 46026 |
| T4Cana | 2 | Tricolor | 53572 | 92785 | 54675 |
| T4Cana | 2 | Valério | 83345 | 83592 | 56498 |
| T4Cana | 1 | Doroty1 | 55209 | 122369 | 43896 |
| T4Cana | 1 | Desbotada2 | 64566 | 88012 | 27362 |

Médias de glicose, colesterol e triglicerídeos

| Trat | Animal | glicmed | colestmed | triglmed |
|---------|-----------|---------|-----------|----------|
| T1Contr | Kitty | 81,99 | 110,38 | 54,22 |
| T1Contr | Barrig | 90,64 | 88,57 | 79,86 |
| T1Contr | Pand | 93,43 | 94,55 | 96,05 |
| T1Contr | Vamp | 65,70 | 87,78 | 37,20 |
| T1Contr | Desbot | 77,56 | 93,06 | 30,02 |
| T1Contr | Binka | 76,94 | 116,46 | 39,02 |
| T2Beter | Bolao | 89,81 | 136,46 | |
| T2Beter | Tica | 87,89 | 91,98 | 31,92 |
| T2Beter | Preta Gil | 105,58 | 86,40 | 78,01 |
| T2Beter | Manda | 77,00 | 88,85 | 57,72 |
| T2Beter | Valeria | 52,85 | 107,44 | 113,86 |
| T2Beter | Kitty | 91,88 | 103,59 | 36,25 |
| T3Trigo | Chitara | 87,66 | | 45,08 |
| T3Trigo | Diboa | 85,10 | 138,37 | 94,51 |
| T3Trigo | Desbot | | 83,74 | 43,84 |
| T3Trigo | Valéria | 83,48 | 127,30 | 45,88 |
| T3Trigo | Cinza | 98,80 | 146,47 | 49,06 |
| T3Trigo | Doroty | 80,30 | 150,58 | 44,73 |
| T3Trigo | Gordinho | 107,16 | 138,32 | 83,02 |
| T4Cana | Binka | 75,35 | 126,87 | 59,71 |
| T4Cana | Felicia | 57,43 | 75,38 | 45,79 |
| T4Cana | Tricol | 53,31 | 92,73 | 53,42 |
| T4Cana | Valerio | 83,86 | 84,12 | 54,42 |
| T4Cana | Doroty | 55,67 | 123,76 | 43,06 |
| T4Cana | Desbot | 63,29 | 89,53 | 26,57 |

APÊNDICE B - Observações experimentais – CAPÍTULO III

Ácidos graxos de cadeia curta

| Trat | Per | Animal | Acético mMol/kg | Propiôn. mMol/kg | Butírico mMol/kg | Lático mMol/kg | AG totais |
|---------|-----|------------|--------------------|---------------------|---------------------|-------------------|--------------|
| T1Contr | 1 | Coleirinha | 183,18 | 71,38 | 53,09 | 19,63 | 327,28 |
| T1Contr | 1 | Vampira | 256,93 | 99,43 | 52,54 | 21,20 | 430,10 |
| T1Contr | 1 | Pandora | 193,28 | 66,23 | 63,36 | 31,65 | 354,52 |
| T2Beter | 1 | Bolão | 608,95 | 337,68 | 106,13 | 698,15 | 1750,90 |
| T2Beter | 1 | Tica | 371,86 | 183,86 | 37,76 | 235,28 | 828,76 |
| T2Beter | 1 | Preta Gil | 376,25 | 197,49 | 48,76 | 100,58 | 723,08 |
| T3Trigo | 1 | Zidane | 308,46 | 178,71 | 66,17 | 22,11 | 575,46 |
| T3Trigo | 1 | Chitara | 227,22 | 165,02 | 61,63 | 17,02 | 470,89 |
| T3Trigo | 1 | Diboa | 271,99 | 144,05 | 44,58 | 18,17 | 478,80 |
| T4Cana | 1 | Binka | 104,05 | 44,58 | 22,93 | 7,29 | 178,85 |
| T4Cana | 1 | Cara-suja | 184,91 | 72,47 | 53,17 | 8,77 | 319,32 |
| T4Cana | 1 | Tigresa | 264,09 | 121,41 | 45,99 | 10,33 | 441,82 |
| T1Contr | 2 | Kitty | 203,87 | 64,15 | 167,81 | 28,58 | 464,41 |
| T1Contr | 2 | P. Assust. | 168,78 | 68,15 | 62,58 | 23,57 | 323,08 |
| T1Contr | 2 | Donatela | 581,49 | 238,60 | 197,22 | 10,34 | 1027,64 |
| T2Beter | 2 | Manda | 492,13 | 197,34 | 62,82 | 52,01 | 804,30 |
| T2Beter | 2 | Valéria | 511,43 | 283,76 | 64,96 | 35,53 | 895,68 |
| T2Beter | 2 | Doroty | 392,20 | 204,76 | 34,11 | 392,68 | 1023,74 |
| T3Trigo | 2 | Leão | 333,42 | 136,15 | 127,24 | 22,47 | 619,28 |
| T3Trigo | 2 | Chipada | 178,21 | 92,15 | 68,47 | 13,51 | 352,34 |
| T3Trigo | 2 | Desbot. | 200,49 | 127,09 | 50,07 | 15,58 | 393,22 |
| T4Cana | 2 | Valério | 220,53 | 65,38 | 85,97 | 16,06 | 387,95 |
| T4Cana | 2 | Tricolor | 330,03 | 105,72 | 78,77 | 9,28 | 523,80 |
| T4Cana | 2 | Felícia | 83,31 | 37,85 | 27,00 | 7,03 | 155,20 |

Histologia do cólon

| Trat | Espessura mucosa | %Vv cripta | %Vv LP | %Vv caliciforme | Criptas campo | Bifurc./ campo | Tamanho criptas |
|------|------------------|------------|--------|-----------------|---------------|----------------|-----------------|
| T1 | 172,33 | 58,42 | 41,59 | 20,70 | 7,22 | 0 | 957,12 |
| T1 | 136,66 | 58,05 | 41,95 | 17,56 | 6,22 | 0 | 892,65 |
| T1 | 117,83 | 57,57 | 42,43 | 16,55 | 2,42 | 0 | 852,81 |
| T1 | 158,5 | 61,83 | 38,17 | 25,87 | 5,75 | 0,5 | 1295,19 |
| T1 | 143 | 62,01 | 37,99 | 25,17 | 4,56 | 0,3 | 1005,05 |
| T1 | 117 | 55,56 | 44,44 | 19,23 | 7,00 | 0 | 1015,01 |
| T2 | 165 | 36,36 | 63,64 | 3,64 | 12,00 | 0 | 1155,24 |
| T2 | 139,4 | 39,89 | 60,11 | 8,03 | 6,52 | 0,8 | 824,91 |
| T2 | 160 | 51,88 | 48,13 | 13,75 | 15,00 | 0 | 915,5 |
| T2 | 147,71 | 59,96 | 40,04 | 20,59 | 2,53 | 0 | 964,08 |
| T2 | 164 | 56,51 | 43,49 | 26,63 | 5,78 | 0 | 962,35 |
| T2 | 172,88 | 64,50 | 35,14 | 27,12 | 2,42 | 0,25 | 1107,25 |
| T3 | 144 | 53,47 | 46,53 | 15,28 | 13,00 | 0 | 1123,34 |
| T3 | 142,25 | 62,92 | 37,08 | 38,49 | 5,38 | 0 | 1042,84 |
| T3 | 175,5 | 60,83 | 39,17 | 36,89 | 4,56 | 0,25 | 1120,92 |
| T3 | 181 | 58,19 | 41,81 | 39,04 | 6,22 | 0 | 924,26 |
| T3 | 159,8 | 58,57 | 41,43 | 30,91 | 3,60 | 0,2 | 1059,77 |
| T3 | 127 | 50,79 | 49,21 | 17,72 | 7,50 | 0 | 805,41 |
| T4 | 143,5 | 58,89 | 41,11 | 26,83 | 8,25 | 0 | 985,38 |
| T4 | 126 | 46,03 | 53,97 | 20,90 | 7,56 | 0 | 747,93 |
| T4 | 170 | 77,06 | 39,12 | 37,06 | 8,00 | 0,5 | 1321,04 |
| T4 | 138,11 | 64,68 | 35,32 | 33,79 | 2,04 | 0,33 | 970,38 |
| T4 | 146 | 69,18 | 30,82 | 50,46 | 4,44 | 0 | 996,47 |
| T4 | 182,5 | 45,75 | 54,25 | 23,29 | 9,00 | 0 | 1127,23 |

APÊNDICE C – Análises Estatísticas – CAPÍTULO II

Analysis of Variance for Peso

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1,83641 | 3 | 0,612138 | 0,37 | 0,7721 |
| Residual | 32,669 | 20 | 1,63345 | | |
| Total (Corr.) | 34,5055 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 1,83641 | 3 | 0,612138 | 0,37 | 0,7721 |
| Residual | 32,669 | 20 | 1,63345 | | |
| Total (corrected) | 34,5055 | 23 | | | |

Analysis of Variance for ConsAmido

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 9203,56 | 4 | 2300,89 | 2,33 | 0,0934 |
| Residual | 18783,9 | 19 | 988,628 | | |
| Total (Corr.) | 27987,5 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 567,137 | 1 | 567,137 | 0,57 | 0,4581 |
| Trat | 8636,42 | 3 | 2878,81 | 2,91 | 0,0611 |
| Residual | 18783,9 | 19 | 988,628 | | |
| Total (corrected) | 27987,5 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDAmido

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 0,929623 | 4 | 0,232406 | 1,34 | 0,2903 |
| Residual | 3,28606 | 19 | 0,172951 | | |
| Total (Corr.) | 4,21569 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 0,135477 | 1 | 0,135477 | 0,78 | 0,3872 |
| Trat | 0,794146 | 3 | 0,264715 | 1,53 | 0,2390 |
| Residual | 3,28606 | 19 | 0,172951 | | |
| Total (corrected) | 4,21569 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDEE

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 251,166 | 4 | 62,7915 | 5,39 | 0,0045 |
| Residual | 221,478 | 19 | 11,6568 | | |
| Total (Corr.) | 472,644 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|--------|----------------|----|-------------|---------|---------|
|--------|----------------|----|-------------|---------|---------|

| | | | | | |
|-------------------|---------|----|---------|------|--------|
| Per | 24,3067 | 1 | 24,3067 | 2,09 | 0,1650 |
| Trat | 226,859 | 3 | 75,6197 | 6,49 | 0,0033 |
| Residual | 221,478 | 19 | 11,6568 | | |
| Total (corrected) | 472,644 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDFDT

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1239,36 | 4 | 309,841 | 4,50 | 0,0100 |
| Residual | 1308,42 | 19 | 68,8641 | | |
| Total (Corr.) | 2547,78 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 5,98165 | 1 | 5,98165 | 0,09 | 0,7714 |
| Trat | 1233,38 | 3 | 411,127 | 5,97 | 0,0048 |
| Residual | 1308,42 | 19 | 68,8641 | | |
| Total (corrected) | 2547,78 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDMM

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1821,04 | 4 | 455,261 | 28,70 | 0,0000 |
| Residual | 301,405 | 19 | 15,8634 | | |
| Total (Corr.) | 2122,45 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 19,2171 | 1 | 19,2171 | 1,21 | 0,2848 |
| Trat | 1801,83 | 3 | 600,609 | 37,86 | 0,0000 |
| Residual | 301,405 | 19 | 15,8634 | | |
| Total (corrected) | 2122,45 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDMO

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1028,85 | 4 | 257,211 | 52,51 | 0,0000 |
| Residual | 93,0602 | 19 | 4,8979 | | |
| Total (Corr.) | 1121,91 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 9,76087 | 1 | 9,76087 | 1,99 | 0,1742 |
| Trat | 1019,08 | 3 | 339,695 | 69,36 | 0,0000 |
| Residual | 93,0602 | 19 | 4,8979 | | |
| Total (corrected) | 1121,91 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDMS

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1340,03 | 4 | 335,007 | 68,61 | 0,0000 |
| Residual | 92,7741 | 19 | 4,88285 | | |
| Total (Corr.) | 1432,8 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 10,2607 | 1 | 10,2607 | 2,10 | 0,1635 |
| Trat | 1329,77 | 3 | 443,255 | 90,78 | 0,0000 |
| Residual | 92,7741 | 19 | 4,88285 | | |
| Total (corrected) | 1432,8 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDPB

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 163,728 | 4 | 40,9319 | 4,18 | 0,0135 |
| Residual | 185,924 | 19 | 9,78548 | | |
| Total (Corr.) | 349,652 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 7,69585 | 1 | 7,69585 | 0,79 | 0,3863 |
| Trat | 156,032 | 3 | 52,0106 | 5,32 | 0,0079 |
| Residual | 185,924 | 19 | 9,78548 | | |
| Total (corrected) | 349,652 | 23 | | | |

Analysis of Variance for ECC

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 3,79167 | 4 | 0,947917 | 0,40 | 0,8073 |
| Residual | 45,2083 | 19 | 2,37939 | | |
| Total (Corr.) | 49,0 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 2,04167 | 1 | 2,04167 | 0,86 | 0,3659 |
| Trat | 1,75 | 3 | 0,583333 | 0,25 | 0,8637 |
| Residual | 45,2083 | 19 | 2,37939 | | |
| Total (corrected) | 49,0 | 23 | | | |

Analysis of Variance for EEcons

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 565,323 | 4 | 141,331 | 0,97 | 0,4467 |
| Residual | 2767,51 | 19 | 145,659 | | |
| Total (Corr.) | 3332,83 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 38,9664 | 1 | 38,9664 | 0,27 | 0,6110 |
| Trat | 526,356 | 3 | 175,452 | 1,20 | 0,3350 |
| Residual | 2767,51 | 19 | 145,659 | | |
| Total (corrected) | 3332,83 | 23 | | | |

Analysis of Variance for FDTcons

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 12530,5 | 4 | 3132,63 | 5,53 | 0,0040 |
| Residual | 10762,1 | 19 | 566,426 | | |

Total (Corr.) 23292,6 23

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 34,4672 | 1 | 34,4672 | 0,06 | 0,8078 |
| Trat | 12496,1 | 3 | 4165,35 | 7,35 | 0,0018 |
| Residual | 10762,1 | 19 | 566,426 | | |
| Total (corrected) | 23292,6 | 23 | | | |

Analysis of Variance for Idade

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 15,8333 | 4 | 3,95833 | 1,19 | 0,3466 |
| Residual | 63,125 | 19 | 3,32237 | | |
| Total (Corr.) | 78,9583 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 0,375 | 1 | 0,375 | 0,11 | 0,7406 |
| Trat | 15,4583 | 3 | 5,15278 | 1,55 | 0,2340 |
| Residual | 63,125 | 19 | 3,32237 | | |
| Total (corrected) | 78,9583 | 23 | | | |

Analysis of Variance for MOcons

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 32422,1 | 4 | 8105,53 | 0,92 | 0,4748 |
| Residual | 168092,0 | 19 | 8846,94 | | |
| Total (Corr.) | 200514,0 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 2723,03 | 1 | 2723,03 | 0,31 | 0,5855 |
| Trat | 29699,1 | 3 | 9899,7 | 1,12 | 0,3662 |
| Residual | 168092,0 | 19 | 8846,94 | | |
| Total (corrected) | 200514,0 | 23 | | | |

Analysis of Variance for MScons

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 32040,7 | 4 | 8010,18 | 0,77 | 0,5569 |
| Residual | 197207,0 | 19 | 10379,3 | | |
| Total (Corr.) | 229248,0 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 3174,36 | 1 | 3174,36 | 0,31 | 0,5867 |
| Trat | 28866,3 | 3 | 9622,12 | 0,93 | 0,4468 |
| Residual | 197207,0 | 19 | 10379,3 | | |
| Total (corrected) | 229248,0 | 23 | | | |

Analysis of Variance for PBCons

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|--------|----------------|----|-------------|---------|---------|
|--------|----------------|----|-------------|---------|---------|

| | | | | | |
|----------|---------|----|---------|------|--------|
| Model | 4677,22 | 4 | 1169,3 | 0,91 | 0,4800 |
| Residual | 24510,5 | 19 | 1290,03 | | |

 Total (Corr.) 29187,8 23

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Per | 403,096 | 1 | 403,096 | 0,31 | 0,5827 |
| Trat | 4274,12 | 3 | 1424,71 | 1,10 | 0,3718 |
| Residual | 24510,5 | 19 | 1290,03 | | |

 Total (corrected) 29187,8 23

Analysis of Variance for pH

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 5,21379 | 15 | 0,347586 | 5,42 | 0,0000 |
| Residual | 2,0538 | 32 | 0,0641812 | | |

 Total (Corr.) 7,26759 47

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|------------------|----------------|----|--------------|---------|---------|
| Periodo | 0,0000333333 | 1 | 0,0000333333 | 0,00 | 0,9820 |
| Dia | 0,0690083 | 1 | 0,0690083 | 1,08 | 0,3075 |
| TRAT | 3,58229 | 3 | 1,1941 | 18,61 | 0,0000 |
| Periodo*Dia | 0,0588 | 1 | 0,0588 | 0,92 | 0,3457 |
| Periodo*TRAT | 1,19287 | 3 | 0,397622 | 6,20 | 0,0019 |
| Dia*TRAT | 0,144492 | 3 | 0,0481639 | 0,75 | 0,5302 |
| Periodo*Dia*TRAT | 0,1663 | 3 | 0,0554333 | 0,86 | 0,4699 |
| Residual | 2,0538 | 32 | 0,0641812 | | |

 Total (corrected) 7,26759 47

Analysis of Variance for Msfezes (%)

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1098,92 | 4 | 274,729 | 8,15 | 0,0005 |
| Residual | 640,792 | 19 | 33,7259 | | |

 Total (Corr.) 1739,71 23

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Periodo | 84,4209 | 1 | 84,4209 | 2,50 | 0,1301 |
| Trat | 1014,5 | 3 | 338,165 | 10,03 | 0,0004 |
| Residual | 640,792 | 19 | 33,7259 | | |

 Total (corrected) 1739,71 23

Analysis of Variance for Pfztotdia (prod fz por animal/dia)

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|----------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 5610,02 | 4 | 1402,5 | 4,13 | 0,0142 |
| Residual | 6453,31 | 19 | 339,648 | | |

 Total (Corr.) 12063,3 23

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Periodo | 272,883 | 1 | 272,883 | 0,80 | 0,3813 |
| Trat | 5337,14 | 3 | 1779,05 | 5,24 | 0,0084 |

| | | | |
|-------------------|---------|----|---------|
| Residual | 6453,31 | 19 | 339,648 |
| ----- | | | |
| Total (corrected) | 12063,3 | 23 | |

Analysis of Variance for PfzMSdia (prod de MS fecal animal/dia

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 268,006 | 4 | 67,0015 | 3,22 | 0,0353 |
| Residual | 394,83 | 19 | 20,7805 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 662,836 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Periodo | 0,0478257 | 1 | 0,0478257 | 0,00 | 0,9622 |
| Trat | 267,958 | 3 | 89,3194 | 4,30 | 0,0179 |
| Residual | 394,83 | 19 | 20,7805 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 662,836 | 23 | | | |

Analysis of Variance for MediaEF Escore fecal

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 2,91667 | 4 | 0,729167 | 3,43 | 0,0286 |
| Residual | 4,04167 | 19 | 0,212719 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 6,95833 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Periodo | 0,375 | 1 | 0,375 | 1,76 | 0,2000 |
| Trat | 2,54167 | 3 | 0,847222 | 3,98 | 0,0233 |
| Residual | 4,04167 | 19 | 0,212719 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 6,95833 | 23 | | | |

Analysis of Variance for CDEBMS

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 782,595 | 4 | 195,649 | 35,87 | 0,0000 |
| Residual | 103,638 | 19 | 5,45461 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 886,233 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Periodo | 8,88008 | 1 | 8,88008 | 1,63 | 0,2174 |
| Trat | 773,715 | 3 | 257,905 | 47,28 | 0,0000 |
| Residual | 103,638 | 19 | 5,45461 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 886,233 | 23 | | | |

Analysis of Variance for AACcol

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 2,40605E9 | 4 | 6,01513E8 | 1,39 | 0,2739 |
| Residual | 8,20126E9 | 19 | 4,31645E8 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 1,06073E10 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|--------|----------------|----|-------------|---------|---------|
|--------|----------------|----|-------------|---------|---------|

| | | | | | |
|-------------------|------------|----|-----------|------|--------|
| Trat | 2,39501E9 | 3 | 7,98336E8 | 1,85 | 0,1725 |
| Per | 1,31025E7 | 1 | 1,31025E7 | 0,03 | 0,8635 |
| Residual | 8,20126E9 | 19 | 4,31645E8 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 1,06073E10 | 23 | | | |

Analysis of Variance for AACglic

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1,86799E9 | 4 | 4,66997E8 | 2,96 | 0,0468 |
| Residual | 3,00077E9 | 19 | 1,57935E8 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 4,86876E9 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 1,6645E9 | 3 | 5,54834E8 | 3,51 | 0,0352 |
| Per | 2,81772E8 | 1 | 2,81772E8 | 1,78 | 0,1974 |
| Residual | 3,00077E9 | 19 | 1,57935E8 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 4,86876E9 | 23 | | | |

Analysis of Variance for AACtrig

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 1,16731E9 | 4 | 2,91826E8 | 0,53 | 0,7158 |
| Residual | 9,92601E9 | 18 | 5,51445E8 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 1,10933E10 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 1,15383E9 | 3 | 3,84608E8 | 0,70 | 0,5656 |
| Per | 1,16133E7 | 1 | 1,16133E7 | 0,02 | 0,8862 |
| Residual | 9,92601E9 | 18 | 5,51445E8 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 1,10933E10 | 22 | | | |

Analysis of Variance for triglmed

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 863,28 | 3 | 287,76 | 0,49 | 0,6946 |
| Residual | 11200,4 | 19 | 589,496 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 12063,7 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| trat | 863,28 | 3 | 287,76 | 0,49 | 0,6946 |
| Residual | 11200,4 | 19 | 589,496 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 12063,7 | 22 | | | |

Analysis of Variance for colestmed

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|--------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| ----- | | | | | |

| | | | | | |
|---------------|---------|----|---------|------|--------|
| Model | 6422,45 | 3 | 2140,82 | 8,01 | 0,0012 |
| Residual | 5075,18 | 19 | 267,115 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 11497,6 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| trat | 6422,45 | 3 | 2140,82 | 8,01 | 0,0012 |
| Residual | 5075,18 | 19 | 267,115 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 11497,6 | 22 | | | |

Analysis of Variance for glicmed

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 2144,17 | 3 | 714,725 | 4,22 | 0,0183 |
| Residual | 3390,49 | 20 | 169,524 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (Corr.) | 5534,66 | 23 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| trat | 2144,17 | 3 | 714,725 | 4,22 | 0,0183 |
| Residual | 3390,49 | 20 | 169,524 | | |
| ----- | | | | | |
| Total (corrected) | 5534,66 | 23 | | | |

APÊNDICE D – Análises Estatísticas – CAPÍTULO III

Analysis of Variance for ACETICOMolkg

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 156890,0 | 3 | 52296,7 | 4,81 | 0,0117 |
| Residual | 206623,0 | 19 | 10874,9 | | |
| Total (Corr.) | 363513,0 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 156890,0 | 3 | 52296,7 | 4,81 | 0,0117 |
| Residual | 206623,0 | 19 | 10874,9 | | |
| Total (corrected) | 363513,0 | 22 | | | |

Analysis of Variance for AGVtotaís

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 782159,0 | 3 | 260720,0 | 8,60 | 0,0008 |
| Residual | 575980,0 | 19 | 30314,7 | | |
| Total (Corr.) | 1,35814E6 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 782159,0 | 3 | 260720,0 | 8,60 | 0,0008 |
| Residual | 575980,0 | 19 | 30314,7 | | |
| Total (corrected) | 1,35814E6 | 22 | | | |

Analysis of Variance for BUTIRICOMolkg

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 9094,58 | 3 | 3031,53 | 1,93 | 0,1587 |
| Residual | 29819,0 | 19 | 1569,42 | | |
| Total (Corr.) | 38913,6 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 9094,58 | 3 | 3031,53 | 1,93 | 0,1587 |
| Residual | 29819,0 | 19 | 1569,42 | | |
| Total (corrected) | 38913,6 | 22 | | | |

Analysis of Variance for LATICOMolkg

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 84372,7 | 3 | 28124,2 | 5,88 | 0,0051 |
| Residual | 90835,8 | 19 | 4780,83 | | |
| Total (Corr.) | 175209,0 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 84372,7 | 3 | 28124,2 | 5,88 | 0,0051 |
| Residual | 90835,8 | 19 | 4780,83 | | |
| Total (corrected) | 175209,0 | 22 | | | |

Analysis of Variance for PROPIONICOmMolkg

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|---------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Model | 58822,1 | 3 | 19607,4 | 9,32 | 0,0005 |
| Residual | 39978,1 | 19 | 2104,11 | | |
| Total (Corr.) | 98800,2 | 22 | | | |

Type III Sums of Squares

| Source | Sum of Squares | Df | Mean Square | F-Ratio | P-Value |
|-------------------|----------------|----|-------------|---------|---------|
| Trat | 58822,1 | 3 | 19607,4 | 9,32 | 0,0005 |
| Residual | 39978,1 | 19 | 2104,11 | | |
| Total (corrected) | 98800,2 | 22 | | | |

APÊNDICE E. Normas utilizadas para redigir os Capítulos II e III - Journal of Animal Science

INSTRUCTIONS TO AUTHORS *Journal of Animal Science* (REVISED 2011)

The Instructions for Authors to the *Journal of Animal Science (JAS)* is divided into 2 sections:

- (I) Manuscript Preparation, which gives the Style and Form to be used by authors in the preparation of manuscripts; and
- (II) Policies and Procedures of *JAS*, which provides details concerning the mission of *JAS*, contact information, care and use of animals, the types of articles accepted by *JAS*, submitting manuscripts to *JAS* (including copyright policies), the review procedures and policies, and papers in press, author proofs, and publication charges.

I. MANUSCRIPT PREPARATION (STYLE AND FORM)

The most important thing you can do as you prepare your manuscript is to consult a recent issue of *JAS* in terms of the acceptable format for headings, title page, Abstract, Key words, Introduction, Materials and Methods, Results, Discussion (or combined Results and Discussion), Literature Cited, and tables and figures (including figure captions), which are described in more detail below. **Failure to adhere to the style and form will result in immediate rejection of the manuscript.**

General. Papers must be written in English and must use the American spelling and usage as well as standard scientific usage, as given in the following on-line resources:

- For general style and form, authors should follow that recommended in *Scientific Style and Format. The CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers*. 7th ed. Council of Science Editors, Reston, VA.
- For American English spelling and usage: *Merriam-Webster OnLine* (<http://www.m-w.com/>).
- For numbers usage, consult the Policies Regarding Number Usage later in this document.
- For SI units, the following site (National Institute of Standards and Technology) provides a comprehensive guide: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/index.html>
- For capitalization and spelling of plants, consult the USDA Plants website (<http://plants.usda.gov>).
- For anatomical nomenclature, consult the current *Nomina Anatomica Veterinaria* (http://www.wava-amav.org/Downloads/nav_2005.pdf).

Manuscripts should be prepared double-spaced in Microsoft Word, with lines and pages numbered consecutively, using Times New Roman font at 12 points. Special characters (e.g., Greek and symbols) should be inserted using the symbols palette available in this font. Complex equations should be entered using Math-Type or an equation editor. Tables and figures should be placed in separate sections at the end of the manuscript (not placed in the text). Authors should prepare their manuscript in Microsoft Word and upload the manuscripts using the fewest files possible to facilitate the review and editing processes.

Manuscripts should contain the following sections (Appendices or On-Line Only Data Supplements, described below, are optional), in this order:

Title Page. The title page includes a running head (the first word only and any proper nouns capitalized and no more than 45 characters plus spaces); the title (only the first word and any proper nouns capitalized, as brief as possible, and including the species involved); names of authors (e.g., T. E. Smith; no title, positions, or degrees) and institutions, including the city, state or country (all with first letters capitalized), and ZIP or postal code. Affiliations are footnoted using the symbols *, †, ‡, §, #, ||, ¶ and are placed below the author names. Footnotes on the first page (present address, and e-mail address of the corresponding author) are referenced by superscript numbers. Acknowledgments, including acknowledgements of grants, experiment station, or journal series number, are given as a footnote to the title. Authors who hold patents related to the research presented in the manuscript should include a statement in a footnote.

Abstract. The abstract consists of no more than 2,500 keystrokes (characters plus spaces) in one paragraph and summarizes the pertinent results (with statistical evidence; i.e., *P*-values) in a brief but understandable form, beginning with a clear statement of the objective and ending with the conclusions, with no references cited. Abbreviations in the abstract that are not Standard *JAS* abbreviations must be defined at first use.

Key Words. List up to 6 key words or phrases including the species, variables tested, and the major response criteria. The first letter of each key word is lowercase (unless a proper noun); key words are separated by commas and presented in alphabetical order; and no abbreviations should be used. Because major words in the title are not used for the subject index, which is published in the last issue of each volume of *JAS*, appropriate words from the title (or synonyms) should be listed as key words.

Introduction. The Introduction must not exceed 2,000 keystrokes (characters plus spaces) and briefly justifies the research, specifies the hypotheses to be tested, and gives the objective(s). Extensive discussion of relevant literature should be included in the Discussion.

Materials and Methods. A clear description or specific original reference is required for all biological, analytical, and statistical procedures. All modifications of procedures must be explained. Diets, dates of experimental activities if appropriate, animals [breed, sex, age, body weight, and weighing conditions (i.e., with or without restriction of feed and water)], surgical techniques, measurements, and statistical models should be described clearly and fully. Appropriate statistical methods should be used, although the biology should be emphasized. Statistical methods commonly used in the animal sciences need not be described in detail, but adequate references should be provided. The statistical model, classes, blocks, and experimental unit must be designated. Any restrictions used in estimating parameters should be defined. Reference to a statistical package without reporting the sources of variation (classes) and other salient features of the analysis, such as covariance or orthogonal contrasts, is not sufficient. A statement of the results of the statistical analysis should justify the interpretations and conclusions. The experimental unit is the smallest unit to which an individual treatment is imposed. Measurements on the same experimental unit over time also are not independent and should not be considered as independent experimental units. Provide a validation for assays [e.g., mean and CV for repeated analysis of a sample (both between and within-assay if available) and the sensitivity (minimum amount or concentration detectable)]. Also, provide a publication reference for the methodology used in kits. Centrifugal force should be provided in $\times g$, not rpm, and duration and temperature of centrifugation must be included. Include volume of blood collected, container used, and amount of preservative or anticoagulant (e.g., heparin).

Results. The results are presented in the form of tables or figures when feasible. If data are discussed in the text but not presented in the tables or figures, specify "data not shown" in the text. The text should explain or elaborate on the tabular data, but numbers should not be repeated within the text. Sufficient data, all with some index of variation attached (including significance level; i.e., P -value), should be presented to allow the reader to interpret the results of the experiment. Reporting the actual P -value is preferred to the use of the terms *significant* and *highly significant*. Thus, the observed significance level (e.g., $P = 0.027$) should be presented, thereby allowing the reader to decide what to reject. Other probability (alpha) levels may be discussed if properly qualified so that the reader is not misled (e.g., trends in the data).

Discussion. The discussion should interpret the results clearly and concisely in terms of biological mecha-

nisms and significance and also should integrate the research findings with the body of previously published literature to provide the reader with a broad base on which to accept or reject the hypotheses tested. A stand-alone Discussion section should not refer to any tables or figures, nor should it include P -values (unless citing a P -value from another work).

Results and Discussion. In *JAS*, authors have the option of combining the results and discussion into one section.

Literature Cited. To be listed in the Literature Cited section, papers must be published or accepted for publication ("in press"). Personal communications and unpublished data must not be included in the Literature Cited section. See the Literature Cited Guidelines later in this document.

Tables and Figures. Tables and figures must be prepared so they stand alone. Author-defined abbreviations must be defined (or redefined) in each table and figure. Manufacturer name and location should be provided for any proprietary product appearing in a table or figure.

Tables must be created using the table feature in MS Word (for instructions, see Guidelines for Creating Tables in Microsoft Word; <http://jas.fass.org/misc/ifora.shtml>). Refer to a recent issue of *JAS* for examples of table construction. When possible, tables should be organized to fit across the page without running broadside. Each column must have a heading (e.g., Item, Ingredient, Trait, Fatty acid). Units should be separated from headings by a comma. Limit the data field to the minimum needed for meaningful comparison within the accuracy of the methods. In the body of the table, references to footnotes should be numerals. Each footnote should begin on a new line. To indicate significant differences among means within a row or column, superscript lowercase letters are used; the preferred statement in the footnotes is: "Within a row (or column), means without a common superscript differ ($P < 0.05$)."

Figures should be placed at the end of the manuscript and should follow the Quality Guidelines for *JAS* Figures (<http://jas.fass.org/misc/ifora.shtml>). Each figure should be placed on a separate page (separated by section breaks) and identified by the manuscript number and figure number. Figure captions should be typed double spaced on a separate page. The use of color in figures should be avoided unless it is essential to understanding the figure. There is an additional fee for color figures that are printed in the journal (see Color Charge Agreement at <http://jas.fass.org/misc/ifora.shtml>).

Appendices. To provide readers with numerical examples or give extensive detail of analytical procedures, an appendix or appendices can be included. However, if the supplemental material is of interest only to a limited number of *JAS* readers, it should not be included as an appendix. Instead, mention that supplemental information is available on request from the author;

addresses for websites with appropriate supplemental information are acceptable. If extensive, the data may be included as an e-supplement to the manuscript (see Online-Only Data Supplements). Appendices should follow the Literature Cited section and be introduced by a major heading.

Online-Only Data Supplements. Authors can present material online that cannot physically be displayed in the print journal (e.g., Excel files, video), that might be cost-prohibitive (e.g., color figures), or that provides data sets too detailed for publication in print. A note will appear in the print version that more material can be found online. Material posted online only must go through the review process, and consequently should be in an format easily accessible by most reviewers and readers.

Additional Usage Notes

Numbers. See *JAS* Policies Regarding Number Usage later in this document.

Abbreviations. Abbreviations in the text that are not standard *JAS* abbreviations must be defined at first use. Authors should not use standard *JAS* abbreviations (e.g., t = metric ton and cannot be used as an abbreviation for temperature). In addition, authors should not use abbreviations accepted by *JAS*, such as abbreviations for elements (e.g., S = sulfur and C = carbon and cannot be used as author-defined abbreviations). Once defined, author-identified abbreviations should always be used, except to begin a sentence. Author-identified abbreviations need to be redefined in the abstract, at first use in the body of the paper, in each table, and in each figure. See Standard *JAS* abbreviations later in this document, which includes standard abbreviations for physical units, units of time, statistical symbols and abbreviations, and others. Standard *JAS* abbreviations should always be used except to begin a sentence or unless otherwise contraindicated (e.g., units of time should only be abbreviated when used with a number).

Gene and Protein Names. Because there is no universally accepted style for gene and protein names that applies to all species, the *Journal of Animal Science* asks the authors to assume the responsibility of using the convention appropriate for the particular species. Some general guidelines can be found in the *CSE Manual for Authors, Editors, and Publishers* (7th ed., 2006). For example, the gene that codes for the protein p53 is *TP53* in humans and *Trp53* in mice (note that, by convention, gene names are italicized; also note that protein names are generally not italicized).

Quantitative Trait Loci and DNA Markers and Microarray Data. Papers that publish quantitative trait loci (QTL) or DNA marker association results for livestock are strongly encouraged to make their data available in an electronic form to one of the publicly available livestock QTL databases *after the manuscript appears in publication* [the date on which the paper is posted

to the *JAS*-Papers in Press website (<http://jas.fass.org/papbyrecent.dtl>) represents the official publication date]. Current QTL databases for livestock include, but may not be limited to, the Animal QTL database (<http://www.animalgenome.org/QTLdb>) and the Bovine QTL database (<http://bovineqtl.tamu.edu/>). Similarly, for microarray data we request that all authors using microarray data analysis in their research submit a complete data set to 1 of 3 databases before submission of a manuscript: the NCBI Gene Expression Omnibus (GEO; <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/projects/geo>), the EMBL-EBI ArrayExpress repository (<http://www.ebi.ac.uk/arrayexpress>), or the Center for Information Biology Gene Expression (CIBEX) database (<http://cibex.nig.ac.jp/index.jsp>).

Commercial Products. The use of names of commercial products should be minimized. When a commercial product is used as part of an experiment, the manufacturer name, and location (city and state if in the United States; city and country otherwise) or a website address should be given parenthetically at first mention in text, tables, and figures. The generic name should be used subsequently. No TM or [®] symbols should be used.

General Usage.

- Note that “and/or” is not permitted; choose the more appropriate meaning or use “x or y or both.”
- Report time using the 24-h system (e.g., 1410 h rather than 2:10 p.m.).
- Use italics to designate genus and species (*Bos taurus*) and botanical varieties (*Medicago sativa* var. Potomac). Designations for botanical cultivars should be preceded by “cv.” or enclosed in single quotes (e.g., *Festuca arundinacea* cv. Kentucky 31 or *Festuca arundinacea* ‘Kentucky 31’).
- Specify the basis (as-fed or dry matter) for dietary ingredient and chemical composition data listed in text or in tables. Similarly, specify the basis for tissue composition data (e.g., wet or dry basis).
- Calculations of efficiency should be expressed as output divided by input (i.e., gain:feed, not feed:gain). This avoids the spurious positive and negative infinity values when body weight gain is zero or negative. It also avoids the confusion associated with discussing an improvement as being a decrease.
- A diet is a feedstuff or a mixture of feedstuffs; a ration is the daily allotment of the diet.
- Restrict the use of “while” and “since” to meanings related to time. Appropriate substitutes include “and,” “but,” or “whereas” for “while” and “because” or “although” for “since.”
- The words “Table” and “Figure” are capitalized and not abbreviated when used in the text to refer to a specific table or figure. Experiment and equation should be abbreviated to Exp. and Eq., respectively, when preceding a numeral.
- Avoid jargon unfamiliar to scientists from other disciplines. Do not use the term “head” to refer to

Instructions to Authors of *Journal of Animal Science*

- an animal or group of animals. Instead, use animal, sow, ewe, steer, heifer, cattle, etc.
- Avoid bi- as a prefix because of its ambiguity; bi-weekly means twice per week *and* once every 2 weeks.
 - Breed and variety names should be capitalized (Landrace, Hereford). Trademarked or registered names should be capitalized, but no TM or [®] symbols should be used.

II. POLICIES AND PROCEDURES OF JAS (return to Style and Form)

The mission of the American Society of Animal Science (ASAS) is to foster communication and collaboration among individuals and organizations associated with animal science research, education, industry, or administration "To discover, disseminate, and apply knowledge for sustainable use of animals for food and other human needs." The *Journal of Animal Science* (JAS), which is published monthly by ASAS, accepts manuscripts presenting information for publication with this mission in mind. The editorial policies of JAS are established by the editor-in-chief, managing editor, division and associate editors, and editorial board, subject to review by the publications committee, board of directors, and the membership of ASAS. The views expressed in papers published in JAS represent the opinions of the author(s) and do not necessarily reflect the official policy of the institution with which the author is affiliated, the ASAS, or the editor-in-chief. It is the responsibility of the authors to ensure the accuracy of collection, analysis, and interpretation of data in manuscripts and ultimately to guarantee the veracity of the contents of articles published in JAS.

The JAS is one of the most frequently cited, peer-reviewed, agriculturally oriented research journals in the world, based on statistics published by ISI Inc. (Philadelphia, PA). Its high ranking in several ISI categories, including impact factor, attests to the quality standards maintained by the JAS editorial board, editors, and staff and by authors who submit manuscripts for publication.

Contact Information

For information on the scientific content of the journal, contact the Editor-in-Chief, Dr. Steven A. Zinn, Department of Animal Science, University of Connecticut, Storrs, CT 06269-4040; phone: 860-486-0861; FAX: 860-486-4375; e-mail: steven.zinn@uconn.edu.

For other information or to submit a paper, contact Susan Pollock, Managing Editor and Director of Editorial and Production, Headquarters Office, American Society of Animal Science, 2441 Village Green Place, Champaign, IL 61822; telephone 217-356-7641; FAX 217-378-4083; journals@assochoq.org.

For assistance with author proofs, contact Lisa Krohn, Technical Editor, Headquarters Office, 2441

Village Green Place, Champaign, IL 61822; telephone 217-239-3319; FAX 217-378-4083; lisak@assochoq.org.

For assistance with Manuscript Central, Manuscript Submission/Copyright forms, publication charge invoices, or offprint orders, contact Jennifer Gavel, Manuscript Central Coordinator and Editorial Assistant, Headquarters Office, 2441 Village Green Place, Champaign, IL 61822; telephone 217-356-2426 ext. 139; FAX 217-378-4083; jennig@assochoq.org.

Care and Use of Animals

All manuscripts submitted to JAS must be accompanied by a manuscript submission form certifying that any research that involves animals has followed established standards for the humane care and use of animals and must specify which standards were used. Only investigations that have followed high standards for the humane care and use of animals in research will be reported in JAS.

The manuscript must include a statement of institutional animal care and use committee (IACUC) (or equivalent) approval of all animal procedures. The IACUC statement should appear as the first item in the Materials and Methods. The manuscript should discuss anesthetics, analgesics, tranquilizers, and care taken to minimize pain and discomfort during preoperative, operative, and postoperative procedures. If research requires discomfort to the animals or stressful conditions, justification for these conditions must be evident in papers published in JAS.

Types of Articles

Articles published in JAS encompass a broad range of research topics in animal production and fundamental aspects of genetics, nutrition, physiology, and preparation and utilization of animal products. Articles typically report research with beef cattle, companion animals, goats, horses, pigs, and sheep; however, studies involving other farm animals, aquatic and wildlife species, and laboratory animal species that address fundamental questions related to the biology of livestock, companion animals, and other managed animals will be considered for publication. Manuscripts that report research on production issues in animals other than those constituting the main focus of the journal should be submitted to other journals.

The preceding paragraph is not meant to exclude manuscripts but, rather, is a clarification of the focus of the journal. If there are any questions concerning the appropriateness of a manuscript for the journal, please contact the editor-in-chief.

Research Articles. Results of work contained in manuscripts submitted to JAS must not have been published or submitted previously in a refereed scientific journal. Previous presentation at a scientific meeting or the use of data in field day reports or similar documents, including press publications or postings to personal or departmental websites, does not

preclude the publication of such data in *JAS*. Articles simultaneously posted to websites and submitted to *JAS* should carry a disclaimer on the website that this version of the paper has not undergone *JAS* peer-review and is not to be considered the final published form of the article. If the article is published in *JAS*, the author should post the PDF (reprint) version of the article to the website so proper credit can be given to *JAS* as the publisher of the article. Because *JAS* holds the copyright to articles it publishes, posting altered *JAS* articles that are represented as exact duplicates of the published version constitutes copyright violation.

Review Articles. The journal publishes board-invited review articles each year; these reviews are identified by the editor-in-chief in consultation with the editors. Occasionally proposals for review articles to be published in *JAS* may be solicited by division editors, after consultation with the editor-in-chief; the authors will be responsible for publication charges for these articles. Unsolicited review articles will not be considered.

Special Topics. Papers will be considered for publication in this division that present Biographical or Historical Sketches, or that present viewpoints dealing with Contemporary Issues or Teaching in the animal sciences, or Perspectives that put a particular current topic into context in terms of its relationship or important to an entire area.

Biographies and Histories are part of the Special Topics Division but will be published only on the ASAS website (http://www.asas.org/pub_biohist.asp). The frequency of publication depends on the availability of the prepared sketches. See http://jas.fass.org/misc/JAS_Biographical_Sketch_Instruct_10.pdf for more information.

Contemporary Issues include topics such as environmental concerns, legislative proposals, systems analysis, and others. Teaching papers may discuss innovative pedagogical methods, philosophy of education, or solutions to teaching problems in animal science. Although Contemporary Issues or Teaching papers do not have to include original data, whenever appropriate the stated assertions should be substantiated by references to established information from credible published sources.

Special Topics papers will be subject to peer review in a manner similar to other submissions. Because of the nature of these papers, their format may vary from that of standard scientific articles.

Technical Notes. A technical note is a vehicle to report a new method, technique, or procedure of interest to *JAS* readers. When possible, a technical note should include a comparison of results from the new method with those from previous methods, using appropriate statistical tests. The advantages and disadvantages of the new procedure should be discussed. When typeset, a technical note shall not exceed 6 pages (9 typed man-

uscript pages), including tables and figures. The words "Technical note" shall be the first words of the title of such manuscripts. The review process for a technical note will be the same as that for other manuscripts.

Letters to the Editor. Letters judged suitable for publication will be printed in a "Letters to the Editor" section of *JAS*. The purpose of this section is to provide a forum for scientific exchange relating to matters published in *JAS*. To be acceptable for publication, letters must adhere to the following guidelines: 1) Only letters that address matters of science and relate to information published in *JAS* will be considered. In general, letters should not exceed 5,000 characters plus spaces and should contain no more than 5 citations; 2) Letters should provide supporting evidence based on published data for the points made or must develop logical scientific hypotheses; letters based on conjecture or on unsubstantiated claims will not normally be published. No new data may be presented in the letters; 3) Letters will be considered by the editor-in-chief and if deemed appropriate for publication, the author(s) of original paper(s) will be invited to write a letter of response. Normally both letters will be published together; and 4) All letters will be subject to acceptance and editing by the editor-in-chief and editing by the technical editor.

SUBMISSION OF MANUSCRIPTS

Manuscripts should be submitted electronically at <http://mc.manuscriptcentral.com/jas>. Authors who have questions about using the electronic manuscript submission system should contact Jennifer Gavel, Manuscript Central coordinator and editorial assistant at: jennig@assoqh.org. Authors who are unable to submit electronically should contact Jennifer Gavel (jennig@assoqh.org) for assistance; include your manuscript as an attachment (saved as a Microsoft Word file). Staff at ASAS headquarters will post manuscripts by proxy, but authors should be aware that delays might occur in the review process.

Copyright Agreement

Authors shall complete the Manuscript Submission and Copyright Release form for each new manuscript submission; faxed copies are acceptable. The form is available online at <http://jas.fass.org/misc/ifora.shtml>. The copyright agreement is included in the Manuscript Submission and Copyright Release form and **must be completed by all authors before publication** can proceed. The corresponding author is responsible for obtaining the signatures of coauthors. Persons unable to sign copyright agreements, such as federal employees, must indicate the reason for exemption on the form. The copyright to material published in *JAS* is held by ASAS. Persons who wish to reproduce material in *JAS* must request written permission to reprint copyrighted information from the managing editor.

Likewise, authors of *JAS* manuscripts who include material (usually tables or figures) taken from other copyrighted sources must secure permission from the copyright holders and provide evidence of this permission at the time the manuscript is submitted to *JAS* for review. Tables or figures reproduced from the work of others must include an acknowledgment of the original source in a footnote or legend.

REVIEW OF MANUSCRIPTS

General Procedures. The suitability of all manuscripts for publication in *JAS* is judged by the reviewers and associate editors, division editors, and the editor-in-chief. All communications regarding a submitted manuscript should maintain confidentiality. Associate editors handle correspondence with the author and promptly advise the division editor whether a manuscript should be rejected or accepted. The division editor's decision to reject or accept is based on the associate editor's recommendation and his or her own review of the manuscript. The division editor forwards document files for accepted manuscripts to the editor-in-chief for further review and editing, after which the editor-in-chief forwards the document file(s) to the technical editors. Note that most manuscripts that are eventually published are first returned by the associate editor to the author for revision, and in addition, the division editor may ask for changes before acceptance. The editor-in-chief is the final arbiter regarding acceptance or rejection of manuscripts submitted for publication.

Rejections. There are 3 main grounds for rejection of manuscripts. First, manuscripts that are not written clearly, concisely, and coherently or that do not conform to *JAS* style and form guidelines will be rejected without review. Authors whose first language is not English are urged to have their paper reviewed by an editing service. Second, the substance of the manuscript may not meet *JAS* standards: the work may be incomplete, the evidence may not support the conclusions, the experimental approach may be poorly conceived, or the work may repeat established fact or represent no advance of existing knowledge. Third, although the work may be sound and the results valid, the paper may be better suited for publication elsewhere.

Appeals. If a manuscript is rejected, as a first course of action the author may discuss the matter with the associate editor or division editor responsible for the manuscript. Decisions must be appealed to the editor-in-chief if the author(s) believe(s) that the judgment was erroneous or unfair. A letter presenting the reasons for the appeal should be sent to the editor-in-chief. The editor-in-chief will review the author's reasons, as well as all materials related to the manuscript and, after consulting with the editors who reviewed the manuscript, will render a decision whether to accept or deny the appeal. A rejected manuscript may be resubmitted for publication in another division of *JAS* only if

this course of action has been specifically recommended by the associate editor or division editor originally assigned to the manuscript and the transfer has been approved by the editor-in-chief.

Revisions. Most manuscripts that are eventually published are returned to the author(s) for revision. Normally, the revised manuscript must be returned to the associate editor via *JAS* Manuscript Central within 6 weeks from the date of receipt by the author or the manuscript will be withdrawn. Extenuating circumstances must be communicated to the technical editing staff, who will consult with the editor-in-chief before granting an extension. A Revision Checklist (<http://jas.fass.org/misc/ifora.shtml>) is sent with requests for revision to assist the authors.

PAPERS IN PRESS, AUTHOR PROOFS, AND PUBLICATION CHARGES

Papers in Press. To facilitate earlier dissemination, accepted manuscripts will be assigned a digital object identifier (DOI) and posted to the *JAS* Papers in Press site (<http://jas.fass.org/papbyrecent.dtl>) in the form in which they are accepted; because this does not represent the final, published form of the manuscript, the authors bear the primary responsibility for the content of manuscripts posted to the publish-ahead-of-print site.

Author Proofs. Accepted manuscripts are forwarded by the editor-in-chief to the editorial office for technical editing and typesetting. At this point, the technical editor may contact the authors for missing information or figure revisions. The manuscript is then typeset, figures reproduced, and author proofs prepared. Correspondence concerning the accepted manuscript should be directed to the technical editor.

Proofs of all manuscripts will be provided to the corresponding author and should be read carefully and checked against the typed manuscript; accuracy of the galley proof is the author's responsibility. Corrections may be returned by fax, mail, or e-mail. For faxed or mailed corrections, changes to the proof should be made neatly and clearly in the margins of the proof. If extensive correction is required, changes should be provided on a separate sheet of paper with a symbol indicating location on the proof. Changes sent by e-mail to the technical editor must indicate page, column, and line numbers for each correction to be made on the proof. Editor queries should be answered on the galley proofs; failure to do so may delay publication. Excessive author changes made at the proof stage may result in a \$250 surcharge.

Publication Charges and Reprints. The journal has 2 options available for publication: open access (OA) and conventional page charges. For the OA option, authors will pay the OA fee when proofs are returned to the editorial office so that their paper will become freely available upon publication in an online

issue. Charges for OA publication are \$2,500 per article, if at least one author is a current professional member of ASAS; the charge is \$3,250 when no author is an ASAS member. For conventional publication, the charge is \$85 per printed page in *JAS* if at least one author is an ASAS member; the page charge is \$170 when no author is a member of ASAS. Reprints may be ordered at an additional charge. When the galley proof is sent, the author is asked to complete a reprint order form requesting the number of reprints desired and the name of the institution, agency, or individual responsible for publication charges. Authors who submit articles containing color illustrations are responsible for paying the additional charge for color printing, including the printing of any reprints they order.

STANDARD JAS ABBREVIATIONS (return to Style and Form)

The following abbreviations should be used without definition in *JAS*; plural abbreviations do not require a final "s". Use of 3-letter abbreviations for amino acids (e.g., Ala) and use of standard abbreviations for elements (e.g., S) are acceptable in *JAS*. For chemical units and abbreviations, refer to the *ACS Style Guide* (published by the American Chemical Society, Washington, DC).

Physical units

| Item | Unit |
|----------|---|
| Bq | becquerel |
| °C | degree Celsius |
| cal | calorie |
| Ci | curie |
| cM | centimorgan (spell out morgan if used without a prefix) |
| Da | dalton |
| Eq | equivalent (only can be used with a prefix) |
| g | gram |
| ha | hectare |
| Hz | hertz |
| IU | international unit |
| J | joule |
| L | liter |
| lx | lux |
| m | meter |
| <i>M</i> | molar (concentration; preferred over mol/L) |
| mol | mole |
| <i>N</i> | normal (concentration) |
| Pa | pascal |
| rpm | revolutions/minute (not to be used to indicate centrifugal force) |
| t | metric ton (1,000 kg) |
| V | volt |
| W | watt |

Units of time

| Item | Unit |
|------|-----------|
| s | second(s) |
| min | minute(s) |
| h | hour(s) |
| d | day(s) |
| wk | week(s) |
| mo | month(s) |
| yr | year(s) |

Statistical symbols and abbreviations

| Item | Term |
|-----------------------|--|
| ANOVA | analysis of variance |
| CV | coefficient of variation |
| df | degree(s) of freedom (spell out if used without units) |
| <i>F</i> | <i>F</i> -distribution (variance ratio) |
| LSD | least significant difference |
| <i>n</i> | sample size (used parenthetically or in footnotes) |
| <i>P</i> | probability |
| <i>r</i> | simple correlation coefficient |
| <i>r</i> ² | simple coefficient of determination |
| <i>R</i> | multiple correlation coefficient |
| <i>R</i> ² | multiple coefficient of determination |
| <i>s</i> ² | variance (sample) |
| SD | standard deviation (sample) |
| SE | standard error |
| SED | standard error of the differences of means |
| SEM | standard error of the mean |
| <i>t</i> | <i>t</i> - (or Student) distribution |
| α | probability of Type I error |
| β | probability of Type II error |
| μ | mean (population) |
| σ | standard deviation (population) |
| σ ² | variance (population) |
| χ ² | chi-squared distribution |

Others

| Item | Term |
|------|---|
| AA | amino acid(s) |
| ACTH | adrenocorticotrophic hormone |
| ADF | acid detergent fiber (assumed sequential unless designated otherwise) |
| ADFI | average daily feed intake (not to be confused with DMI) |
| ADG | average daily gain |
| ADIN | acid detergent insoluble nitrogen |
| ADL | acid detergent lignin |
| ADP | adenosine diphosphate |
| AI | artificial insemination |
| AIA | acid insoluble ash |

Instructions to Authors of *Journal of Animal Science*

| | | | |
|----------|--|------------------|---|
| ARS | Agricultural Research Service | IGFBP | insulin-like growth factor-binding protein(s) |
| ATP | adenosine triphosphate | IL | interleukin |
| avg | average (use only in tables, not in the text) | IVDMD | in vitro dry matter disappearance |
| BCS | body condition score | kb | kilobase(s) |
| BLUE | best linear unbiased estimate | KPH | kidney, pelvic, heart fat |
| BLUP | best linear unbiased prediction | L | levo- |
| bp | base pair | LD ₅₀ | lethal dose 50% |
| BSA | bovine serum albumin | LH | luteinizing hormone |
| BTA | <i>Bos taurus</i> chromosome | LHRH | luteinizing hormone-releasing hormone |
| BW | body weight (used for live weight) | LM | longissimus muscle |
| cDNA | complementary deoxyribonucleic acid | ME | metabolizable energy |
| C/EBP | CAAT-enhancer binding protein | MP | metabolizable protein |
| cfu | colony-forming unit | mRNA | messenger ribonucleic acid |
| CIE | International Commission on Illumination (Commission Internationale d'Eclairage) | MUFA | monounsaturated fatty acid |
| CLA | conjugated linoleic acid | NAD | nicotinamide adenine dinucleotide |
| CoA | coenzyme A | NADH | reduced form of NAD |
| Co-EDTA | cobalt ethylenediaminetetraacetate | NDF | neutral detergent fiber |
| CP | crude protein ($N \times 6.25$) | NDIN | neutral detergent insoluble nitrogen |
| D | dextro- | NE | net energy |
| diam. | diameter | NE _g | net energy for gain |
| DE | digestible energy | NE _l | net energy for lactation |
| DEAE | (dimethylamino)ethyl (as in DEAE-cellulose) | NE _m | net energy for maintenance |
| DFD | dark, firm, and dry (meat) | NEFA | nonesterified fatty acid |
| DM | dry matter | No. | number (use only in tables, not in the text) |
| DMI | dry matter intake | NPN | nonprotein nitrogen |
| DNA | deoxyribonucleic acid | NRC | National Research Council |
| EBV | estimated breeding value(s) | o.d. | outside diameter |
| eCG | equine chorionic gonadotropin | OM | organic matter |
| EDTA | ethylenediaminetetraacetic acid | PAGE | polyacrylamide gel electrophoresis |
| EFA | essential fatty acid | PBS | phosphate-buffered saline |
| EIA | enzymeimmunoassay | PCR | polymerase chain reaction |
| ELISA | enzyme-linked immunosorbent assay | PG | prostaglandin |
| EPD | expected progeny difference(s) | PMSG | pregnant mare's serum gonadotropin |
| Eq. | Equation(s) | PPAR | peroxisome proliferator-activated receptor |
| Exp. | experiment (always followed by a numeral) | PSE | pale, soft, and exudative (meat) |
| FFA | free fatty acid(s) | PUFA | polyunsaturated fatty acid(s) |
| FSH | follicle-stimulating hormone | QTL | quantitative trait locus (loci) |
| <i>g</i> | gravity | RDP | ruminally degradable protein |
| GE | gross energy | REML | restricted maximum likelihood |
| G:F | gain-to-feed ratio | RFLP | restriction fragment length polymorphism |
| GLC | gas-liquid chromatography | RIA | radioimmunoassay |
| GLM | general linear model | RNA | ribonucleic acid |
| GnRH | gonadotropin-releasing hormone | RQ | respiratory quotient |
| GH | growth hormone | RUP | ruminally undegradable protein |
| GHRH | growth hormone-releasing hormone | rRNA | ribosomal ribonucleic acid |
| hCG | human chorionic gonadotropin | SAS | Statistical Analysis System |
| HCW | hot carcass weight | SDS | sodium dodecyl sulfate |
| HEPES | <i>N</i> -(2-hydroxyethyl)piperazine- <i>N'</i> -2-ethanesulfonic acid | SFA | saturated fatty acid |
| HPLC | high-performance (pressure) liquid chromatography | SNP | single nucleotide polymorphism |
| i.d. | inside diameter | spp. | species |
| Ig | immunoglobulin (when used to identify a specific immunoglobulin) | ssp. | subspecies |
| IGF | insulin-like growth factor | SSC | <i>Sus scrofa</i> chromosome |
| | | ST | somatotropin |
| | | TDN | total digestible nutrients |

Instructions to Authors of *Journal of Animal Science*

| | |
|---------|--|
| TLC | thin layer chromatography |
| Tris | tris(hydroxymethyl)aminomethane |
| tRNA | transfer ribonucleic acid |
| TSAA | total sulfur amino acids |
| USDA | US Department of Agriculture |
| UV | ultraviolet |
| VFA | volatile fatty acid(s) |
| vol | volume |
| vol/vol | volume/volume (used only in parentheses) |
| vs. | versus |
| wt | weight (use only in tables, not in the text) |
| wt/vol | weight/volume (used only in parentheses) |
| wt/wt | weight/weight (used only in parentheses) |

LITERATURE CITED GUIDELINES FOR JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

Citations in the Text. In the body of the manuscript, refer to authors as follows: Smith and Jones (1992) or Smith and Jones (1990, 1992). If the sentence structure requires that the authors' names be included in parentheses, the proper format is (Smith and Jones, 1982; Jones, 1988a,b; Jones et al., 1993). When there are more than 2 authors of an article, the first author's name is followed by the abbreviation et al. More than 1 article listed in the same sentence or parentheses must be in chronological order first and alphabetical order for 2 publications in the same year. Published articles, and not abstracts, should be cited whenever possible; if the work was originally described in an abstract, the author(s) should use a literature search to determine if the work has been published as a peer-reviewed article.

Work that has not been accepted for publication shall be listed in the text as "J. E. Jones (institution, city, and state or country, personal communication)." The author's own unpublished work should be listed in the text as "(J. Smith, unpublished data)." Personal communications and unpublished data must not be included in the Literature Cited section.

Literature Cited Section. To be listed in the Literature Cited section, papers must be published or accepted for publication ("in press"). In the Literature Cited section, references are listed alphabetically by the author(s)' last name(s), and then chronologically. The year of publication follows the authors' names. As with text citations, 2 or more publications by the same author or set of authors in the same year shall be differentiated by adding lowercase letters after the date. All authors' names must appear in the Literature Cited section. Journals shall be abbreviated according to the conventional ISO abbreviations used by PubMed (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi>). A list of standard abbreviations for frequently cited journals

and abbreviations used in citations is available at http://www.asas.org/jas/journal_abbrevs.pdf. One-word titles must be spelled out. Inclusive page numbers must be provided.

Sample references are as follows:

- 1. Books and articles within edited books:**
 AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Assoc. Off. Anal. Chem., Arlington, VA.
 NRC. 1989. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 6th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
 Robinson, P. H., E. K. Okine, and J. J. Kennelly. 1992. Measurement of protein digestion in ruminants. Page 121 in *Modern Methods in Protein Nutrition and Metabolism*. S. Nissen, ed. Academic Press, San Diego, CA.
- 2. Handbooks, technical bulletins, theses, and dissertations**
 Goering, H. K., and P. J. Van Soest. 1970. Forage Fiber Analyses (Apparatus, Reagents, Procedures, and Some Applications). Agric. Handbook No. 379. ARS-USDA, Washington, DC.
 Sigma. 1984. Total hemoglobin: Quantitative, colorimetric determination in whole blood at 530–550 nm. Tech. Bull. No. 525. rev. ed. Sigma Chemical, St. Louis, MO.
 Ward, J. D. 1995. Effects of copper deficiency on performance and immune function of cattle. PhD Diss. North Carolina State Univ., Raleigh.
- 3. Journal articles and abstracts**
 Cleale, R. M., IV, R. A. Britton, T. J. Klopfenstein, M. L. Bauer, D. L. Harmon, and L. D. Satterlee. 1987a. Induced non-enzymatic browning of soybean meal. II. Ruminant escape and net portal absorption of soybean protein treated with xylose. *J. Anim. Sci.* 65:1319–1326.
 Hall, J. B., R. B. Staigmiller, R. E. Short, R. A. Bellows, S. E. Bartlett, and D. A. Phelps. 1993. Body composition at puberty in beef heifers as influenced by nutrition and breed. *J. Anim. Sci.* 71(Suppl. 1):205. (Abstr.)
- 4. Conference proceedings**
 NMC. 1995. Summary of peer-reviewed publications on efficacy of premilking and postmilking teat disinfections published since 1980. Pages 82–92 in Natl. Mastitis Counc. Reg. Meet. Proc., Harrisburg, PA. Natl. Mastitis Counc., Arlington, VA.
 Talmant, A., X. Fernandez, P. Sellier, and G. Monin. 1989. Glycolytic potential in longissimus dorsi muscle of Large White pigs as measured after in vivo sampling. Page 1129 in Proc. 35th Int. Congr. Meat Sci. Technol., Copenhagen, Denmark.
 Van der Werf, J. H. J. 1990. A note on the use of conditional models to estimate additive genetic variance in selected populations. Proc. 4th World Congr. Genet. Appl. Livest. Prod., Edinburgh, Scotland XIII:476–479.
- 5. Electronic Publications**
 FDA. 2001. Effect of the use of antimicrobials in food-producing animals on pathogen load: Systematic review of the published literature. Accessed Dec. 14, 2001. <http://www.fda.gov/cvm/antimicrobial/PathRpt.PDF>.
 Huntington, G. B., D. L. Harmon, N. B. Kristensen, K. C. Hanson, and J. W. Spears. 2006. Effects of a slow-release urea source on absorption of ammonia and endogenous production of urea by cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* doi:10.1016/j.anifeeds.2006.01.012
 Le Neindre, P., C. Terlouw, X. Boivin, A. Boissy, and J. Lensink. 2001. Behavioral research and its application to livestock transport and policy: A European perspective. *J. Anim. Sci.* 79(E-Suppl.) Accessed Oct. 7, 2001. <http://www.asas.org/jas/jas0905.pdf>.

POLICIES REGARDING NUMBER USAGE FOR JOURNAL OF ANIMAL SCIENCE

In 2006, *JAS* adopted the proposed changes for number style by the Council of Science Editors for the seventh edition of their *Scientific Style and Format*. The greatest change is more widespread use of numerals for single-digit numbers. A full description of the new number style is available in *Scientific Style and Format*.

A summary of the CSE number style policies is as follows:

- All cardinal numbers are written as numerals except when they begin a sentence or appear in a title, when 2 numerals are adjacent in a sentence (spell out the number most easily expressed in words; e.g., two 10-kg samples), or when a number is used as a figure of speech.
- Numbers less than 1 are written with a preceding (leading) zero (e.g., 0.75).
- A comma separator is used in numbers greater than 999.
- Numerals should be used to designate ratios and multiplication factors (e.g., 2:1, 3-fold increase).
- If a number is spelled out at the beginning of a sentence, its associated unit is also spelled out (e.g., Ten milliliters of fluid . . ., not Ten mL of fluid . . .).
- Units of measurement not associated with a number should be spelled out rather than abbreviated (e.g., lysine content was measured in milligrams per kilogram of diet) unless used parenthetically.
- Single-digit ordinals are spelled out (i.e., first through ninth); larger ordinals are expressed in numeric form. Single-digit ordinals may be expressed numerically when they form part of a

series (e.g., 1st, 3rd, 10th, 20th, not first, third, 10th, 20th).

General number usage policies of *JAS* are as follows:

- Measures must be presented in the metric system (SI or *Système International d'Unités*; see: <http://physics.nist.gov/cuu/Units/introduction.html>, or <http://physics.nist.gov/Pubs/SP330/sp330.pdf>).
- When a term must be expressed in nonmetric units for clarity (e.g., bushel weight), give such values in parentheses after the metric value.
- Use "to" instead of a hyphen to indicate a numerical range in text.
- Avoid the use of multiplying factors (e.g., $\times 10^6$) in table columns or rows, or in figure axis labels because of the uncertainty whether the data are to be, or already have been, converted by the factor.
- Avoid ambiguity by stating units (e.g., numbers of spermatozoa, millions/mL).
- Do not use more than one slant line (for "per") in a single expression (e.g., use 5 mg/(g·d) or 5 mg·g⁻¹·d⁻¹ instead of 5 mg/g/d). Mathematically, "per" implies division; when 2 "per" occur consecutively, it is unclear precisely what is being divided by what.
- Dietary energy may be expressed in calories or in joules; the standard SI unit for energy is the joule.
- Hyphenate units of measure used as preceding adjectives (e.g., 5-kg sample). Hyphens are not used with percent or degree signs.
- Insert spaces around all signs (except slant lines) of operation (=, -, +, ×, >, or <, etc.) when these signs occur between 2 values.
- Convert "mg %" to other units, such as mg/L or mg/mL; use "mol/100 mol" rather than "molar percent."

VITA

Manuela Marques Fischer, filha de Maria Isabel Rodrigues Marques e Décio Lartigau Fischer, nasceu em Porto Alegre no dia 22 de março de 1982.

Ingressou no curso de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul em 2002 e obteve o título de Médica Veterinária em 2008. Durante a graduação fez os seguintes estágios: Nutrição de Pequenos Animais, Soroterapia e Tratamentos no Hospital de Clínicas Veterinárias. Também estagiou no Setor de Suínos e atuou como plantonista no HCV-UFRGS. Foi estagiária voluntária do Laboratório de Ensino Zootécnico da Faculdade de Agronomia da UFRGS no último ano da graduação. Realizou o estágio curricular no Laboratório de Nutrição de Cães e Gatos e na Nutrição Clínica do Hospital Veterinário da UNESP, câmpus Jaboticabal.

No ano de 2009 ingressou no Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, área de concentração em Produção Animal e linha de pesquisa em Nutrição e Alimentação de Não-Ruminantes, com término em fevereiro de 2011. Em 2010 desenvolveu e implementou o Setor de Nutrição Clínica do HCV-UFRGS. Durante o mestrado participou de projetos de pesquisa em nutrição de aves, suínos, cães e gatos, participou de congressos e proferiu palestras sobre nutrição de cães e gatos.