

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**FARELO DE GLÚTEN DE MILHO 21 NA ALIMENTAÇÃO DE  
CÃES ADULTOS**

**Iris Mayumi Kawauchi**

Zootecnista

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2008

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS  
CAMPUS DE JABOTICABAL**

**FARELO DE GLÚTEN DE MILHO 21 NA ALIMENTAÇÃO DE  
CÃES ADULTOS**

**Iris Mayumi Kawauchi**

**Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Nilva Kazue Sakomura**

**Co-Orientador: Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, *Campus* de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Agosto de 2008

K22f Kawauchi, Iris Mayumi  
Farelo de glúten de milho 21 na alimentação de cães adultos / Iris Mayumi Kawauchi. -- Jaboticabal, 2008  
ix, 71 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2008

Orientadora: Nilva Kazue Sakomura

Banca examinadora: Aulus Cavaliere Carciofi, Jane Maria Bertocco Ezequiel, José Roberto Sartori

Bibliografia

1. Animais de companhia. 2. Digestibilidade. 3. Energia metabolizável. 4. Fibra dietética.

I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 636.085.2:636.7

## **DADOS CURRICULARES DA AUTORA**

**IRIS MAYUMI KAWAUCHI** – filha de Roberto Keiji Kawauchi e Ivone Kawauchi, nasceu em 12 de janeiro de 1982, na cidade de São Paulo, SP. Em março de 2002 ingressou no curso de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP), *Campus* de Jaboticabal, durante o qual foi bolsista de Iniciação Científica sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Nilva Kazue Sakomura. Graduiu-se em julho de 2006 e em agosto do mesmo ano ingressou no curso de Mestrado em Zootecnia na mesma Instituição, sob orientação da Professora Dr<sup>a</sup>. Nilva Kazue Sakomura e co-orientação do Professor Dr. Aulus Cavalieri Carciofi.

## DEDICATÓRIA

*Aos meus pais, Roberto Keiji Kawauchi e Ivone Kawauchi, pelo amor incondicional, dedicação, proteção, paciência, exemplo, por investirem em minha formação pessoal e profissional e por me apoiarem e incentivarem sempre.*

*Ao meu irmão, Rodrigo Kenji Kawauchi, pelo incentivo e por estar sempre ao meu lado.*

*Ao meu namorado, Daniel, com quem compartilho todos os momentos de minha vida, pela paciência e carinho.*

## OFERECIMENTO

*Aos Professores Nilva Kazue Sakomura e Aulus Cavalieri Carciofi, à Pós-Graduanda Luciana Domingues de Oliveira e à Cristina Maria Lima Sá Fortes por compartilharem seus conhecimentos, me incentivarem, pelo exemplo e por todas as oportunidades que me proporcionaram.*

## AGRADECIMENTOS

À Professora Nilva Kazue Sakomura, por acreditar e investir em mim, por aceitar orientar-me com Nutrição de cães, conceder-me inúmeras oportunidades durante estes 5 anos de orientação, pela paciência, por me incentivar e apoiar sempre, por estar disposta a ajudar-me sempre que precisei e por todos os valiosos ensinamentos e conselhos. Agradeço, também, pela fundamental ajuda na elaboração e discussão desta Dissertação. Muito obrigada, Professora!!!

Ao Professor Aulus Cavalieri Carciofi por aceitar co-orientar me e fazê-lo de forma sempre participativa e presente, por permitir utilizar a instalação, animais e todos os recursos de seu laboratório, pelas inúmeras oportunidades que me proporcionou e por todos os valiosos ensinamentos e conselhos. Agradeço, também, pela ajuda imprescindível na elaboração e discussão desta Dissertação. Muito obrigada, Professor!!!

À Universidade Estadual Paulista e ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e seu corpo docente, em especial ao Professor Renato Luiz Furlan, pelo incentivo e por tornar possível a realização do Mestrado na área de Nutrição de cães.

Aos Professores que participaram de minha banca de qualificação, Renato Luiz Furlan e Jane Maria Bertocco Ezequiel, pela enorme contribuição concedida e aos Professores participantes da banca de defesa, José Roberto Sartori e Jane Maria Bertocco Ezequiel, pela inestimável contribuição. Muito obrigada por proporcionarem maior entendimento e melhor discussão desta Dissertação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de estudo.

À Corn Products Brasil pelo suporte financeiro sem o qual inviabilizaria a realização desta pesquisa, em especial, ao Lauro Lucchesi pela compreensão, paciência, confiança, apoio e incentivo em todas as etapas de condução deste experimento.

À Mogiana Alimentos S.A. (Guabi) pelo suporte ao Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos no qual foi desenvolvida a presente pesquisa.

À Fri-Ribe pela doação de parte dos ingredientes utilizados nesta pesquisa.

Aos pós-graduandos Luciana Domingues de Oliveira, Márcia de Oliveira Sampaio Gomes, Jefferson Costa de Siqueira e Leilane Rocha Barros Dourado pelos valiosos ensinamentos, conselhos e colaboração direta na condução e interpretação dos resultados desta pesquisa.

Aos pós-graduandos do Laboratório de Pesquisa em Nutrição de Cães e Gatos, Márcio, Eliana, Luciana, Márcia, Guilherme, Sandra, Juliana, Rodrigo, Cristiana, Ricardo, por me acolherem de forma a me sentir parte do grupo, concedendo-me inúmeras oportunidades, pela amizade, pelos ensinamentos, conselhos, pela agradável convivência e grande aprendizado que me proporcionaram.

Aos pós-graduandos do Setor de Avicultura, Sandra, Leilane, Jefferson, Mel, Mariana, Nei, Dáphinne, Ellen, Simara, pela agradável convivência, amizade, valiosos ensinamentos e conselhos.

Aos estagiários do Laboratório de Pesquisa em Nutrição de Cães e Gatos, Tháila, Jô, Bruna, Luiz, Severino e Nathalie e ao estagiário do Setor de Avicultura, Randy, pela ajuda na condução deste estudo.

À técnica do Laboratório de Nutrição de Cães e Gatos, Cláudia Aparecida Nogueira pelo grande auxílio na realização das análises laboratoriais.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição de Cães e Gatos, Marcão, Alessandro, Elaine e Ana pela agradável convivência e colaboração neste estudo.

Aos funcionários do Setor de Avicultura, Vicente, Robson, Izildo e Sr. João pela agradável convivência e colaboração na produção das rações experimentais.

Ao Professor Atushi Sugohara por viabilizar a produção das rações e aos funcionários da Fábrica de Rações, Helinho, Sr. Oswaldo e Sandra pelo empenho e dedicação na fabricação das rações experimentais.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal (LANA), Ana Paula e Sr. Orlando, pela disponibilidade e colaboração na realização das análises laboratoriais.

Às funcionárias da Seção de Pós-Graduação pela atenção, paciência e presteza.

À minha família por me incentivarem e apoiarem sempre, pelos esforços para que concluísse esta importante etapa de minha vida, por todo o carinho e pelas orações que me proporcionaram calma e tranquilidade, principalmente, nos momentos difíceis. Aos meus familiares, em especial, tia Irene pelas visitas, incentivo e carinho.

Ao meu namorado, Daniel, pela paciência, apoio, carinho e por estar ao meu lado sempre.

Aos meus cães, Ju, Yuka, Toddy, Pluto e Mel por me proporcionarem momentos de muita alegria e paz, pelo companheirismo e lealdade.

Ao Fabrício e Joseli pela amizade e pelos momentos de descontração.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram e viabilizaram a conclusão desta importante etapa de minha vida.



## SUMÁRIO

	Página
<b>RESUMO.....</b>	<b>viii</b>
<b>SUMMARY .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Particularidades fisiológicas dos cães ( <i>Canis familiaris</i> ).....	3
2.2 Métodos experimentais para avaliação de alimentos .....	4
2.3 Caracterização do farelo de glúten de milho 21 .....	7
2.4 Caracterização da fibra dietética.....	9
2.5 Influência da fibra dietética sobre a digestibilidade.....	11
2.6 Fibra em dietas para controle ou redução do peso.....	12
2.7 Influência do alimento sobre o pH urinário.....	13
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia     metabolizável do farelo de glúten de milho 21 para cães pelo     método de substituição .....</b>	<b>15</b>
3.1.1 Animais .....	15
3.1.2 Metodologia experimental .....	15
3.1.3 Dietas experimentais.....	16
3.1.4 Análises laboratoriais .....	19
3.1.5 Procedimentos de cálculo .....	20
<b>3.2 Avaliação de teores crescentes de farelo de glúten de milho 21     em alimentos extrusados para cães.....</b>	<b>20</b>
3.2.1 Animais .....	20
3.2.2 Metodologia experimental .....	21
3.2.3 Delineamento experimental.....	22
3.2.4 Dietas experimentais.....	22
3.2.5 Análises Laboratoriais .....	24

3.2.6	Cálculo da energia metabolizável e dos coeficientes de digestibilidade aparente das dietas experimentais .....	27
3.2.7	Estimativa da energia metabolizável e dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do farelo de glúten de milho 21 pelo método de regressão.....	27
3.2.8	Análises estatísticas.....	27
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>28</b>
4.1	Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável do farelo de glúten de milho 21 para cães pelo método de substituição .....	28
4.2	Avaliação de teores crescentes de farelo de glúten de milho 21 em alimentos extrusados para cães.....	34
4.3	Comparação da energia metabolizável e dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do farelo de glúten de milho 21 para cães determinados pelos métodos de substituição e de regressão .....	54
<b>5.</b>	<b>CONCLUSÕES .....</b>	<b>58</b>
<b>6.</b>	<b>IMPLICAÇÕES .....</b>	<b>59</b>
<b>7.</b>	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>61</b>

## FARELO DE GLÚTEN DE MILHO 21 NA ALIMENTAÇÃO DE CÃES ADULTOS

**RESUMO** - O presente estudo teve por objetivos determinar, por meio dos métodos de substituição e de regressão, a digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável do farelo de glúten de milho 21 (FGM 21), comparar estas metodologias experimentais e estabelecer o teor adequado de inclusão do ingrediente em dietas extrusadas para cães adultos. Foram realizados dois ensaios de metabolismo utilizando o método de coleta total de fezes e urina. No primeiro ensaio, seis cães adultos foram alimentados com dieta isenta de FGM 21 (basal) e outros seis com dieta teste (30% FGM 21 + 70% dieta basal). Para o segundo ensaio, foram formuladas dietas contendo, com base na matéria natural, zero (basal), 7%, 14% e 21% de FGM 21. Vinte e quatro cães adultos foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com dois blocos repetidos no tempo, sendo 4 tratamentos e 6 repetições por dieta. Os coeficientes de digestibilidade aparente do FGM 21 para cães foram: 52,73% para MS, 52,41% para MO, 68,84% para PB, 74,38% para EEA, -36,40% para FDT, 99,80% para amido e 54,46% para EB. Sua energia metabolizável foi de 2023 kcal/kg MS. A utilização de FGM 21 reduziu a digestibilidade da MS, MO, EB e EM das dietas ( $p < 0,05$ ), porém, não prejudicou de forma pronunciada a digestibilidade da PB, EEA e amido ( $p > 0,05$ ) quando utilizada inclusão de 14%. A fibra dietética total do FGM 21 por ser de baixa solubilidade e fermentabilidade pode justificar a redução na digestibilidade e na EM das dietas. As fezes dos cães alimentados com dietas contendo FGM 21 foram pouco afetadas, porém, houve aumento na quantidade produzida. A digestibilidade da PB, EEA, amido e a EM das dietas foi semelhante quando determinada pelos métodos de substituição e de regressão. MS, MO e EB apresentaram coeficientes de digestibilidade distintos em função do método utilizado. Concluiu-se que o FGM 21 é um ingrediente de baixo valor energético, com potencial para utilização em rações destinadas a cães com necessidades especiais e a inclusão de 14% do ingrediente proporciona reduzida interferência sobre a digestibilidade de alimentos destinados a cães adultos. O método utilizado no estudo de alimentos para cães é um fator importante e que deve ser considerado.

**PALAVRAS-CHAVE:** animais de companhia, digestibilidade, energia metabolizável, fibra dietética, ingrediente

## CORN GLUTEN FEED IN THE FEEDING OF ADULT DOGS

**SUMMARY** - The present study aimed to determine, with substitution and regression methods, the digestibility and metabolizable energy of corn gluten feed (CGF), compare the methods and establish the appropriate inclusion of this ingredient in extruded diets for dogs. Two metabolism trials were performed using total feces and urine collection method. In the first trial, 6 adult dogs were fed with a basal diet, without CGF, and other 6 dogs were fed with test diet (30% of CGF + 70% of the basal diet). In the second trial, diets containing 0%, 7%, 14% and 21% of CGF were formulated, as fed basis. 24 adult dogs were distributed in a randomized blocks design, with two blocks repeated in time, being four treatments, with 6 replications each. The coefficients of apparent digestibility of CGF for dogs were: 52.73% for DM, 52.41% for OM, 68.84% for CP, 74.38% for AEE, -36.40% for TDF, 99.80% for starch and 54.46% for GE. The metabolizable energy was 2023 kcal/kg on DM basis. The use of CGF reduced the digestibility of DM, OM, GE and ME of diets ( $p < 0.05$ ) however the digestibility of CP, AEE and starch ( $p > 0.05$ ) were not very affected when inclusion of 14% was used. The total dietary fiber of CGF has low solubility and fermentability what can justify the reduction in the digestibility and ME of diets. The feces of the dogs fed with diets containing CGF have been little affected, however had a increase in the produced amount. The digestibility of CP, AEE, starch and ME of the diets was similar when determined by the regression and substitution methods. DM, OM and GE presented divergent digestibility coefficients depending on the used method. It was concluded that CGF is an ingredient of low energy value, with potential for use in foods for dogs with special demands and the inclusion of 14% provides reduced interference on digestibility of foods to adult dogs. The method used in the food study for dogs is an important factor and must be considered.

**KEYWORDS:** dietary fiber, digestibility, ingredient, metabolizable energy, pets

## 1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação (ANFALPET, 2008), em 2007, a indústria brasileira produziu 1,8 milhões de toneladas de alimentos para cães e gatos, proporcionando faturamento de US\$ 3,07 bilhões e, para 2008, estima-se que este seja de US\$ 3,22 bilhões.

Existem, no Brasil, 31 milhões de cães e 15 milhões de gatos, no entanto, alimentos industrializados são oferecidos a apenas 45,32% desta população, sendo o restante alimentado com sobras de mesa. Isto demonstra o grande potencial de crescimento do segmento “petfood”, além do fato de que a utilização, na dieta de cães e gatos, de alimentos destinados ao consumo humano acarreta, de forma negativa, grande impacto social (ANFALPET, 2008).

Existe tendência mundial de aumento do número de marcas de dietas comerciais com formulações cada vez mais sofisticadas e específicas (STEIFF e BAUER, 2001). Existem no Brasil, atualmente, mais de 600 marcas registradas, produzidas por mais de 100 fabricantes (CARCIOFI et al., 2006), o que predispõe à segmentação de produtos, tornando o mercado cada vez mais competitivo. Assim, há disponibilidade desde alimentos que utilizam somente ingredientes selecionados, melhor processamento e que possuem, conseqüentemente, maior custo, até alimentos econômicos, de baixo valor agregado, cujo grande atrativo é o preço mais acessível.

Assim, a utilização de subprodutos agrícolas na alimentação de cães e gatos é uma alternativa viável, uma vez que diminui a dependência por cereais que possam servir para a alimentação humana e reduz o custo total de produção. Embora estas matérias primas sejam menos ricas em nutrientes, elas podem suprir, ao menos em parte, as necessidades energéticas dos animais, sendo geralmente abundantes em fibra e ricas em lignina e sílica (SOUZA e SANTOS, 2004).

Neste contexto, tem-se aumentado o interesse e utilização do farelo de glúten de milho 21. Comercialmente, existem dois tipos de farelo de glúten de milho, o

glúten 21 e o glúten 60, que apresentam composição bromatológica distinta, principalmente, quanto ao teor protéico e fibroso, sendo que o glúten 21 possui menos proteína e mais fibra em sua composição. No Brasil, quatro fábricas pertencentes a duas empresas produzem, anualmente, ao redor de 230 mil toneladas de farelo de glúten de milho 21 (SANTOS et al., 2004). Este subproduto é obtido pelo processo de moagem úmida do milho e é composto pelas estruturas que sobram do grão após extração da maior parte do amido, glúten e gérmen e possui, genericamente,  $\frac{2}{3}$  de conteúdo fibroso e  $\frac{1}{3}$  de líquido concentrado de maceração (BLASI et al., 2001).

Nas formulações para cães, o farelo de glúten de milho 21 tem sido utilizado para se complementar, a um menor custo, os teores nutricionais da ração. Além disso, pode ser uma alternativa interessante em alimentos nos quais se deseja restrição calórica, dado seu elevado conteúdo de fibra. No entanto, não existem informações sobre a digestibilidade e valor energético deste ingrediente para cães e, conseqüentemente, sobre sua adequada utilização em dietas para a espécie. Neste contexto, é preciso considerar que dentro do estudo da digestibilidade de ingredientes é de fundamental importância a metodologia empregada. Para monogástricos têm-se feito uso do método de substituição e de regressão, no entanto, há necessidade de se avaliar a adequação destas no intuito de padronizar o estudo de alimentos para cães.

Diante do exposto, esta pesquisa teve por objetivos determinar o valor energético e os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do farelo de glúten de milho 21, por meio dos métodos de substituição e de regressão de forma a se comparar estas metodologias, assim como estabelecer o teor adequado de inclusão deste ingrediente em dietas extrusadas para cães adultos.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Particularidades fisiológicas dos cães (*Canis familiaris*)

Nas espécies carnívoras, as quais obtêm a maior parte do alimento ingerindo outros animais, a digestão é principalmente enzimática, sendo a digestão microbiana mínima (ARGENZIO, 2006). Assim, o trato digestório é curto e simples, o que exige uma área de superfície absorptiva ampla, resultando na presença dos vilos, responsáveis por aumentar a taxa de absorção de nutrientes (MASKELL e JOHNSON, 1993). Na natureza, os cães podem consumir refeições ocasionais de rico teor energético, seguidas por período de quiescência relativa (ARGENZIO, 2006). Porém, apesar de cães serem classificados filogeneticamente como pertencentes à Ordem Carnívora, possuem metabolismo onívoro por serem capazes de converter b-caroteno em retinol, sintetizarem ácido araquidônico e taurina e ajustarem a atividade das transaminases ao teor protéico da dieta.

A porção proximal do estômago de cães apresenta uma membrana mucosa delgada com glândulas gástricas e, na porção distal, uma membrana mucosa espessa com menos glândulas (STEVENS e HUME, 1995). As regiões cardíaca e pilórica secretam muco e bicarbonato, enquanto a região gástrica glandular secreta ácido clorídrico, pepsinogênio e lipase (MASKELL e JOHNSON, 1993).

O intestino delgado dos cães é composto por uma população microbiana simples (KEARNS et al., 1998). No duodeno e jejuno encontram-se, predominantemente, *Streptococcus* e *Lactobacillus* e, no íleo, *Escherichia coli* e bactérias anaeróbias. A baixa densidade de microorganismos é resultado, principalmente, da influência da acidez gástrica e da bile (NRC, 2006) que proporcionam ambiente desfavorável à proliferação de certos microorganismos.

A principal função do intestino grosso de cães e gatos é a absorção de eletrólitos e água, além de atuar como ambiente para fermentação microbiana dos nutrientes que escapam da digestão e absorção no intestino delgado (MASKELL e JOHNSON, 1993). No entanto, o intestino grosso equivale a somente 13% (0,6m) do

comprimento total de 4,5m do intestino dos cães. Assim, somente cerca de 8% da digestão total ocorre nesta porção (DROCHNER e MEYER, 1991), podendo haver variação em função da dieta. De acordo com o NRC (2006), o intestino grosso de cães e gatos contém um complexo ecossistema microbiano constituído por diversos gêneros e centenas de espécies de bactérias e os ingredientes utilizados na dieta afetam esta composição bacteriana.

MEYER e SCHUNEMANN (1989) verificaram que ao fornecer alimentos altamente digestíveis para cães canulados na porção terminal do íleo, a fermentação no cólon variou de 1 a 4% da digestão total, ao passo que com dietas contendo legumes e determinados tipos de amido (como mandioca) a fermentação no cólon variou de 12 a 24% da digestão total. Com isto os autores demonstraram que houve maior fermentação no cólon quando os animais foram alimentados com ingredientes de menor digestibilidade ileal e capazes de fornecer substrato para os microorganismos fermentativos.

De qualquer forma, as bactérias presentes no cólon fermentam os nutrientes dietéticos e secreções endógenas que escapam à digestão e absorção no intestino delgado, como amido resistente, polissacarídeos não amiláceos, açúcares não absorvidos, oligossacárides, proteína dietética, enzimas endógenas e muco (NRC, 2006). Os principais produtos finais da fermentação e metabolismo bacteriano são os ácidos graxos de cadeia curta (acetato, propionato, butirato), lactato, dióxido de carbono e gás hidrogênio. A proporção relativa destes compostos é influenciada pela composição da microflora do cólon, interações metabólicas entre bactérias, nutrientes disponíveis para fermentação, tempo de trânsito intestinal e uma série de características intrínsecas do hospedeiro, como idade, estado imune e genético (CUMMINGS e MACFARLANE, 1991).

## **2.2 Métodos experimentais para avaliação de alimentos**

A determinação do valor nutricional dos alimentos com base somente em sua composição química tem pouca validade. Os métodos *in vitro* podem ser úteis para



nortear a magnitude de aproveitamento dos nutrientes, mas não proporcionam informações adequadas para utilização na formulação de rações. Somente valores obtidos em ensaios *in vivo* devem ser considerados adequados para emprego no balanceamento das dietas (COELHO da SILVA e LEÃO, 1979).

Diferentes espécies animais aproveitam de forma distinta os alimentos, sendo essa variação quantificada por meio da determinação dos coeficientes de digestibilidade (ANDRIGUETO et al., 1981). A determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro aspecto a ser considerado quando se deseja avaliar seu potencial de utilização (CHO, 1987). Isto porque estudos demonstram que ingredientes com composições químicas semelhantes podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade, sendo tais informações de fundamental importância na formulação de rações. A digestibilidade fornece informações sobre a quantidade relativa de nutrientes na dieta que pode ser utilizada para propósito produtivo e, adicionalmente, serve como índice da qualidade total do ingrediente na dieta de cães e gatos (SHIELDS, 1993).

Quando se deseja avaliar a digestibilidade do ingrediente e não da ração total, três métodos são descritos: método direto, com fornecimento apenas do alimento-teste ao animal (JORGENSEN et al., 1984); método de substituição, que utiliza uma dieta basal e uma dieta teste, sendo esta última composta pela dieta basal acrescida de porcentagem pré-determinada do alimento-teste (POND et al., 1995); método de regressão, que utiliza uma dieta basal e o alimento-teste é adicionado a esta em concentrações crescentes, estabelecendo-se relação entre os percentuais de digestibilidade do alimento-teste nas dietas e sua contribuição percentual nas mesmas (FAN e SAUER, 1995b).

Dependendo do método utilizado, podem-se obter coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e valores de EM distintos para um mesmo alimento. Além disso, as metodologias podem apresentar restrições em relação à aplicação prática das mesmas e/ou forma de interpretação dos resultados obtidos, dependendo das circunstâncias em que são utilizadas.

Assim, quando na composição química do alimento a ser avaliado houver elevado teor de fibra, gordura ou mesmo este apresentar restrições relacionadas à

sua palatabilidade, a opção pelo método direto não é aconselhável, sendo, neste caso, indicado o método de substituição (FAN e SAUER, 1995b). Esta última, porém, pressupõe a inexistência de efeitos associativos entre os componentes dietéticos (POND et al., 1995); além disso, a digestibilidade do alimento-teste é determinada em relação a digestibilidade da dieta basal, portanto, a composição nutricional desta é de fundamental importância.

A avaliação dos resultados obtidos por meio do método de regressão, todavia, fica condicionada ao ajuste dos dados a determinado modelo, sendo essencial considerar, neste caso, o coeficiente de determinação da equação. Além disso, a interpretação deve ser direcionada no sentido da resposta biológica e não de modo aritmético exclusivamente. Neste método, a composição e digestibilidade da dieta basal também são extremamente relevantes. Em ensaios de metabolismo com cães o método de regressão tem sido o mais empregado (COLE et al., 1999; YAMKA et al., 2003; YAMKA et al., 2004).

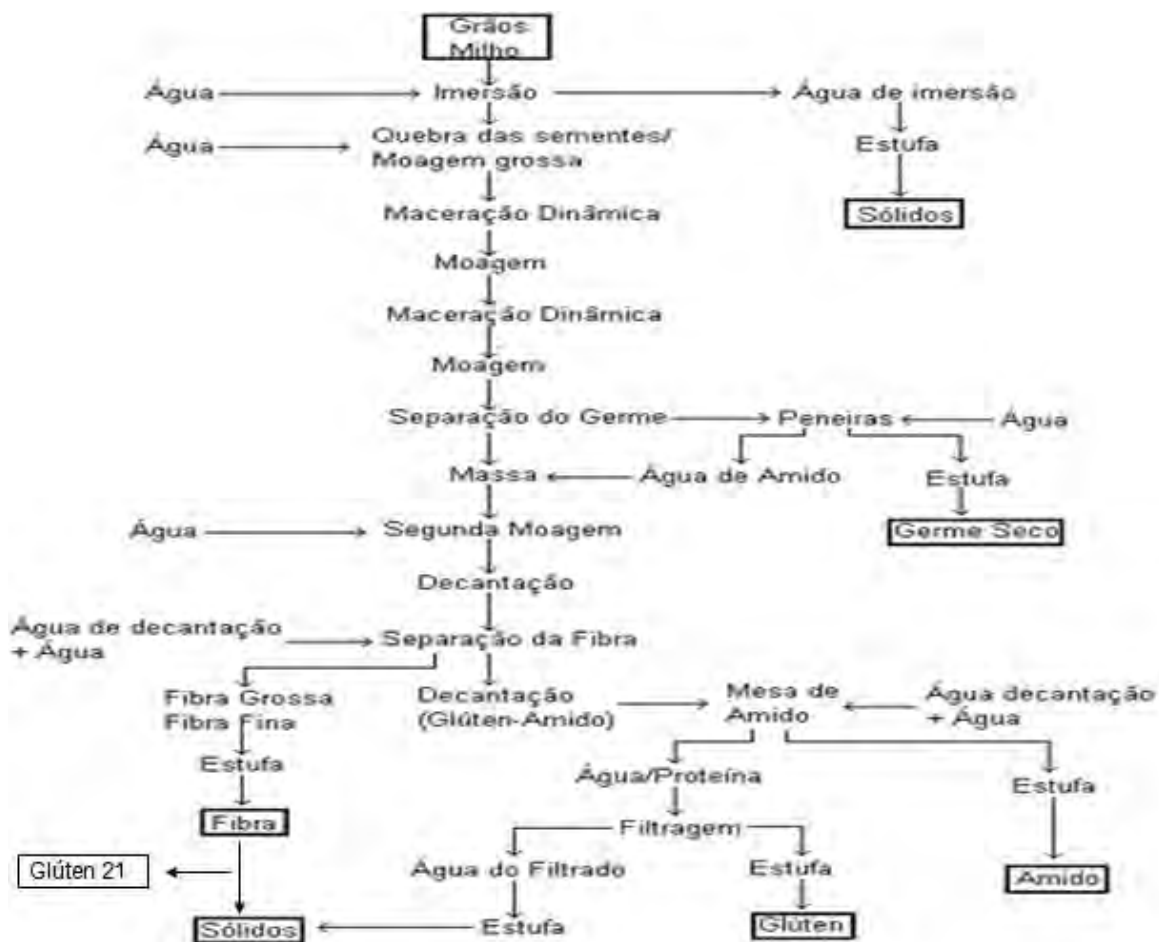
No método de substituição duas formas de inclusão do alimento-teste são propostas. O alimento-teste pode ser substituído por glicose monoidratada, obtendo-se uma dieta com 50% desta fonte de energia (ANDERSON et al., 1958), sendo atribuída 3,64 kcal EM/g de glicose. Outra opção é incluir o alimento-teste em substituição a uma parte da dieta basal (SIBBALD e SLINGER, 1963), o que, segundo os autores, é mais adequado em relação a dietas purificadas ou semi-purificadas pois a dieta basal contém ingredientes utilizados em formulações comerciais. LEESON e SUMMERS (2001) criticam o uso da glicose como referência, pois o erro atribuído ao valor de energia da glicose pode se refletir no valor de energia metabolizável do ingrediente. Por outro lado, uma das desvantagens de incluir o alimento-teste na dieta basal é que podem ocorrer interações entre os nutrientes destas duas porções, o que resultaria em valores de energia metabolizável do alimento-teste sub ou superestimados.

Outro fator que deve ser considerado é a porcentagem de substituição do alimento-teste na dieta referência, uma vez que esta tem efeito sobre a precisão dos valores de EM determinados (SIBBALD e PRICE, 1975). Neste contexto, sabe-se que, de modo geral, quanto maior a proporção do alimento avaliado na dieta-teste,

maior a precisão na determinação da EM. Utilizam-se, tradicionalmente, teores de substituição entre 20% e 40%, entretanto, o teor de inclusão do alimento na dieta-teste depende de sua natureza e composição química. Para ingredientes que afetam o consumo, por ser de baixa palatabilidade, para aqueles com elevado teor de fibra ou que se apresentam na forma líquida, o teor de inclusão deve ser inferior a 20% (SAKOMURA e ROSTAGNO, 2007).

### **2.3 Caracterização do farelo de glúten de milho 21**

O farelo de glúten de milho 21 é um subproduto obtido a partir do processamento do milho, por via úmida. Para tanto, após rigorosa limpeza dos grãos, o milho é colocado em maceradores de aço inoxidável, onde recebe um banho contínuo a 45-50°C, por 42 horas, de uma solução aquosa ácida contendo lactobacillus, em presença de dióxido de enxofre (SO<sub>2</sub>). No processo de separação do amido e das proteínas, o SO<sub>2</sub> diluído reage com a água (H<sub>2</sub>O) e forma ácido sulfuroso (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) que evita a germinação do grão e controla a fermentação, devido a variações físicas e químicas que ocorrem nos constituintes do endosperma, auxiliando o processo de separação (KENT, 1983). Pela ação da acidez e temperatura, o grão de milho sofre amolecimento e libera nutrientes para a solução, que, posteriormente, é drenada e concentrada. Os grãos absorvem água apresentando cerca de 50% de umidade e formam uma massa que passa por moinhos e recebe banho de hipoclorito para separação do gérmen. O material restante é composto por amido, glúten e fibra que após uma segunda moagem passa por um sene de sarilhos e peneiras vibratórias que separam a fibra dos outros ingredientes (FUNDAÇÃO CARGILL, 1980). Esta fibra remanescente recebe a solução concentrada que após secagem a quente e moagem passa a constituir o farelo de glúten de milho 21, conforme descrito a seguir.



**Figura 1.** Fluxograma do processo de maceração dinâmica do milho. Adaptado de LOPES FILHO et al. (1997).

A composição final deste subproduto pode variar em função das condições de cada indústria, no entanto, o farelo de glúten de milho 21 contém, em média, 28% do peso original do milho, sendo um ingrediente de teor protéico mediano, fibroso, com elevada concentração de hemicelulose e baixa de celulose e lignina (HONEYMAN e ZIMMERMAN, 1990). É utilizado, geralmente, em dietas para ruminantes por disponibilizar fibra prontamente fermentável e por seu conteúdo protéico (BOWMAN e PATERSON, 1988).

Para monogástricos o uso deste ingrediente apresenta algumas limitações, pois apresenta baixo teor de energia metabolizável como consequência do conteúdo expressivo de fibra (EVVARD, 1920; BAYLEY et al., 1971; YEN et al., 1974, CASTANON et al., 1990a), desbalanço aminoacídico e, desta forma, qualidade

protéica comprometida (YEN et al., 1971), além de sua utilização em dietas para suínos apresentar restrição devido à baixa palatabilidade (TRINDADE NETO, 1992).

YEN et al. (1971) atribuíram a utilização ineficiente por suínos de dietas contendo farelo de glúten de milho 21 à indisponibilidade biológica do triptofano do ingrediente e não à sua concentração em fibra. Houve prejuízo no desempenho dos animais ocasionado pela redução no consumo de ração devido ao desbalanço aminoacídico. Os autores demonstraram, também, que o processo de peletização torna o triptofano mais rapidamente disponível para ratos.

O efeito negativo que matérias primas com alto teor de fibra exercem sobre a digestibilidade de alimentos para monogástricos é inegável. Assim, estudos com animais de produção têm sido conduzidos no sentido de utilizar o glúten 21 como diluidor de energia. Nos programas de muda forçada de galinhas poedeiras, em dietas de frangas de postura na fase de crescimento (OWINGS et al., 1988; CASTANON et al., 1990b) e para porcas na fase de gestação (HONEYMAN e ZIMMERMAN, 1990; MATTE et al., 1994), situações nas quais dietas com altos níveis energéticos não são desejáveis, o farelo de glúten de milho 21 foi uma alternativa viável. De forma semelhante ao que ocorre com o farelo de trigo, casca de soja e outros ingredientes com elevado teor de fibra, a inclusão de farelo de glúten 21 fornece menor aporte energético, além de interagir com os outros nutrientes da ração, proporcionando menor ingestão e aproveitamento de sua energia.

Apesar de utilizado em formulações de alimentos para cães, não foram localizados estudos relacionados à digestibilidade do farelo de glúten de milho 21 para a espécie. Porém, este pode ser um ingrediente interessante para a indústria de alimentos para animais de companhia em formulações nas quais se busca baixa densidade energética, como dietas para animais idosos, obesos ou com oportunidade limitada para realizar exercícios.

## **2.4 Caracterização da fibra dietética**

Carboidratos dietéticos incluem açúcares de baixo e alto peso molecular, amidos e várias estruturas da parede celular, inclusive os polissacarídeos não amiláceos estocados ou fibras dietéticas (BACH-KNUDSEN, 1997), compostos sintetizados pelas plantas durante a fotossíntese (HASSID, 1970). Possuem grupos hidroxil e acentuada característica hidrofílica (LICHTENTHALER, 1998), podendo ser separados em grupos distintos dependendo do grau de polimerização e digestibilidade (NANTEL, 1999). Com relação a perspectiva funcional, os carboidratos podem ser agrupados como absorvíveis (monossacarídeos), digestíveis (dissacarídeos, certos oligossacarídeos e polissacarídeos não estruturais), fermentáveis (lactose, certos oligossacarídeos, fibra dietética e amido resistente) e não fermentáveis (certas fibras dietéticas). Porém, os mesmos compostos podem pertencer a dois ou mais grupos, dependendo da idade e espécie animal, características do processamento a que o alimento é submetido e quantidade ingerida (NRC, 2006).

A definição de fibra dietética tem sido objeto de muito debate. TROWELL (1972) a definiu como o esqueleto restante de células vegetais resistentes à digestão pelas enzimas do sistema digestório. Posteriormente TROWELL et al. (1976) redefiniram este conceito, considerando fibra dietética a fração indigestível dos polissacarídeos presentes nas células vegetais, lignina e substâncias associadas, resistentes à hidrólise pelas enzimas do sistema digestório.

Sob o ponto de vista nutricional, químico e físico a fibra é um material heterogêneo, que pode ser agrupada em duas grandes subclasses, fibra solúvel e insolúvel, as quais proporcionam efeitos distintos sobre o trato gastrointestinal em relação aos processos digestivo e absorptivo (BURKHALTER et al., 2001). Assim, fibras insolúveis como celulose, hemicelulose e lignina integram os componentes não viscosos e, em geral, são pobremente fermentadas quando alcançam o cólon. Por outro lado, fibras solúveis gelificam o bolo alimentar, sendo responsáveis por reduzir a taxa de difusão de nutrientes para o lúmen no intestino delgado (CERDA et al., 1987; FUSE et al., 1989), por meio da diminuição no esvaziamento gástrico (HARJU et al., 1983; HOLT et al., 1979; TORSDOTTIR et al., 1991). Além disso, como são mais fermentadas no trato gastrointestinal de monogástricos em relação aos

componentes não viscosos, são responsáveis, em parte, pelos efeitos benéficos no metabolismo de glicose e ácidos graxos observados em humanos (KRITCHEVSKY, 1988). No entanto, neste conceito geral existem muitas exceções, como as fibras de psillium e a goma arábica, que apesar de solúveis são de baixa fermentabilidade (SUNVOLD et al., 1995a), o que torna viável a utilização destas na nutrição clínica de cães e gatos, por exemplo, em animais com constipação.

## **2.5 Influência da fibra dietética sobre a digestibilidade**

A fibra foi inicialmente identificada como indesejável ou desnecessária para o cão e o gato, sendo considerada de importância apenas na alimentação de ruminantes e monogástricos herbívoros, animais capazes de digeri-la em proporções mais consideráveis. Posteriormente, este conceito mudou; sabe-se hoje que este composto é necessário à saúde e auxilia no trânsito intestinal de cães e gatos. A adição de fibra à ração de animais de companhia é importante para que haja adequado suprimento de matéria orgânica para o intestino grosso, sem o que ocorrem efeitos negativos na digestão pós-ileal. Assim, a concentração de carboidratos fermentáveis na dieta influencia a utilização da mesma (NRC, 2006), sendo que a fermentação microbiana destes compostos leva à produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) e redução do pH, modificando a composição e a atividade metabólica da microflora intestinal (CARCIOFI, 2005).

Neste contexto, amido e fibra dietética podem ser degradados principalmente à hexoses pelas enzimas microbianas, sendo que a principal diferença na digestão destes carboidratos é o maior tempo necessário para degradar a fibra. Assim, independente do carboidrato dietético, as hexoses produzidas são metabolizadas pelas bactérias a AGCC e gases, os quais correspondem aos produtos finais da fermentação e representam o meio de recuperar o carboidrato não-absorvido no intestino delgado. Os AGCC, como acetato, propionato e butirato são prontamente absorvidos pela mucosa do cólon e, no caso dos mamíferos, representam o principal combustível para o colonócito (ARGENZIO, 2006).

Por meio deste mecanismo, os AGCC fornecem energia às células do intestino grosso e estimulam a proliferação de enterócitos e colonócitos, sendo o butirato considerado o de maior importância para a mucosa, enquanto o propionato o menos relevante. Porém, o impacto da fermentação bacteriana no intestino depende da proporção relativa entre estes três ácidos (NRC, 2006). Além disso, os AGCC estimulam a absorção de água e eletrólitos, estando envolvidos na função osmorregulatória do intestino, pois como possuem característica aniônica estes ácidos aumentam a taxa de absorção de sódio e a combinação da absorção de AGCC e sódio no intestino grosso acarreta em maior absorção de água (STEVENS e HUME, 1995). No entanto, as propriedades osmótica e reabsortiva dos AGCC parecem ser dose-dependente, pois em concentrações extremamente baixas ou altas destes ácidos, pode-se esperar aumento no conteúdo de água fecal. Por outro lado, moderadas concentrações de AGCC, em geral, diminuem o conteúdo de água das fezes.

Com relação às fibras insolúveis, estas possuem expressiva propriedade de reter água, provocando aumento do volume fecal e diminuindo o tempo de trânsito intestinal (MEYER e TUNGLAND, 2001). Porém, a capacidade deste tipo de fibra em reter água está diretamente relacionada ao seu comprimento médio, sendo que quanto maior o comprimento da fibra, maior a capacidade de retenção. Além disso, fibras insolúveis como celulose geralmente são pobremente fermentadas, proporcionando reduzida produção de AGCC e outros produtos finais do processo fermentativo como metano, amônia, aminas, fenóis, indóis, entre outros.

## **2.6 Fibra em dietas para controle ou redução do peso**

Alimentos comerciais que são rapidamente consumidos pelos cães possuem, em geral, alta densidade energética e tendem a ter a preferência dos proprietários, sendo a adequação nutricional da dieta considerada de forma secundária. Nestas condições, exceto se o controle da quantidade consumida for realizada pelo proprietário, o cão, freqüentemente, tende a apresentar um sobreconsumo



energético, levando à obesidade e, conseqüentemente, contribuindo para o aparecimento de problemas de saúde (FAHEY Jr. et al., 1990a). Como para animais de companhia buscam-se longevidade e qualidade de vida, dietas que possam contribuir para a manutenção de um adequado consumo energético e composição corporal são consideradas benéficas. Desta forma, ao considerar saúde a longo prazo e bem-estar destes animais, a fibra dietética pode ser um importante ingrediente (BURKHALTER et al., 2001).

A utilização de dietas com alto teor de fibra para controle do peso visa a manutenção da lipidemia e glicemia por meio da redução da digestibilidade dos lipídeos e carboidratos; estímulo aos mecanismos de saciedade; redução da densidade calórica do alimento; manutenção das funções do trato gastrintestinal, inclusive qualidade das fezes, tempo de trânsito e absorção de água e eletrólitos no intestino grosso. Para tanto, deve-se utilizar fibras de baixa fermentabilidade, tanto solúveis como insolúveis, pois estas podem ser incluídas em maior quantidade sem ocasionar efeitos adversos no processo de digestão. Outros fatores que parecem exercer influência na ativação dos mecanismos pré-absortivos de saciedade, relativo às fibras, são a ativação dos mecanorreceptores gástricos (resposta à distensão) e o estímulo ao maior número de mastigações exigidas por alimentos mais fibrosos (CARCIOFI, 2005).

## **2.7 Influência do alimento sobre o pH urinário**

Quando se deseja avaliar o potencial de utilização de um alimento na nutrição de cães e gatos deve ser considerado além da digestibilidade, valor energético e efeitos de seu consumo sobre a qualidade e quantidade de fezes produzidas, os efeitos metabólicos da dieta e suas possíveis relações com a saúde geral. Tais efeitos podem se estabelecer ao longo de vários meses ou anos de ingestão alimentar e podem favorecer o desenvolvimento de urolitíases, nefropatias, alterações articulares, distúrbios cárdio-circulatórios, obesidade, intolerância aos carboidratos, dentre outros, todos relacionados com a qualidade de vida e

longevidade de cães e gatos (CARCIOFI, 2007). Uma das respostas metabólicas que mais tem merecido atenção dos pesquisadores é a conseqüente ao excesso de bases do alimento que pode predispor ao desenvolvimento de urolitíases.

A urina é uma solução complexa e um meio eficiente para eliminação de produtos de excreção do organismo. As características da dieta irão determinar, em grande parte, o pH urinário de cães e gatos, que varia como conseqüência da manutenção do equilíbrio ácido-básico (DIBARTOLA, 1992). A determinação e modulação dietética do pH urinário torna-se importante devido ao seu estreito relacionamento com as urolitíases (YAMKA et al., 2006).

A formação de cristais no trato urinário é hoje um importante problema clínico que acomete cães e gatos em muitos países (ROBERTSON et al., 2002). A dieta pode contribuir no aparecimento, manejo ou prevenção de recidivas de urolitíases (CARCIOFI, 2007). As características dos alimentos, como ingredientes que compõem sua formulação, digestibilidade, composição química e métodos de alimentação afetam o volume, pH e a gravidade específica da urina (CARCIOFI et al., 2005).

Um método prático que avalia o efeito de um alimento sobre o pH urinário é o cálculo do excesso de bases. Já foi demonstrado que os cátions e ânions contidos no alimento apresentam alta correlação com o pH urinário em cães (ZENTEK et al., 1995). De acordo com GEVAERT et al. (1991) o excesso de bases deve ser calculado e estabelecido para obtenção de um balanço eletrolítico fisiológico em cães.

### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

Foram conduzidos dois ensaios de metabolismo no Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos “Prof. Dr. Flávio Prada” do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, SP.

O farelo de glúten de milho 21 avaliado na presente pesquisa foi o ingrediente de nome comercial Refinazil<sup>®</sup> (Corn Products Brasil, Mogi-Guaçu, SP).

#### **3.1 Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável do farelo de glúten de milho 21 para cães pelo método de substituição**

##### **3.1.1 Animais**

Foram utilizados 12 cães adultos da raça Beagle, machos e fêmeas, não castrados, com peso médio de  $11,05 \pm 0,31$ kg, idade média de  $3,16 \pm 0,36$  anos, em boas condições corporais e clinicamente sadios, procedentes do canil do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal. Os animais foram previamente avaliados por meio de exames clínico, sangüíneo e coproparasitológico que atestaram bom estado de saúde, sendo, também, desverminados e vacinados.

Foram utilizados seis cães (repetições) para cada dieta, totalizando 12 unidades experimentais, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado.

##### **3.1.2 Metodologia experimental**

O ensaio de digestibilidade foi conduzido conforme descrito por SAKOMURA e ROSTAGNO (2007), utilizando a metodologia de coleta total de fezes e urina, considerando-se as recomendações da AAFCO (2004). As dietas foram oferecidas por um período de adaptação de cinco dias, seguidos de cinco dias de coleta, obtendo-se um conjunto de fezes e urina de cada animal. A água foi fornecida à vontade. Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo individuais, em inox, com dimensões de 90cm x 80cm x 90cm, equipadas com aparatos para coleta separada de fezes e urina.

Os alimentos foram oferecidos às 8h, em quantidade suficiente para atender à demanda energética dos animais, preconizada pelo NRC (2006). Antes da refeição seguinte as sobras de alimento eram recolhidas e pesadas, sendo calculado o consumo. As fezes foram quantitativamente recolhidas duas vezes ao dia, pesadas e acondicionadas em recipientes apropriados em freezer (-15°C). A urina foi recolhida em recipientes plásticos identificados colocados sob o funil coletor da gaiola, contendo 1 mL de ácido sulfúrico 1N para evitar perda de nitrogênio e proliferação de bactérias. Às 9h foi mensurado o volume de urina produzida sendo estas, então, armazenadas em garrafas plásticas identificadas e mantidas em freezer (-15°C) até realização das análises laboratoriais.

### **3.1.3 Dietas experimentais**

Farinha de vísceras de frango, milho e quirera de arroz foram previamente analisados quanto a matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo ácido e, então, formulada a dieta basal (DB) de forma a atender as necessidades nutricionais de cães em manutenção preconizadas pela AAFCO (2004). Estes dados encontram-se dispostos nas Tabelas 1 e 2. A dieta teste (DT) foi obtida pela substituição de 30%, com base na matéria natural, da DB pelo farelo de glúten de milho 21.

**Tabela 1.** Fórmula da dieta basal (DB). Valores sobre a matéria original.

<b>Ingrediente</b>	<b>%</b>
Farinha de vísceras de frango	29,69
Milho grão	22,23
Amido	19,68
Quirera de arroz	18,38
Gordura de aves	5,81
Palatabilizante líquido	2,00
Suplemento mineral-vitamínico <sup>1</sup>	0,75
Cloreto de potássio	0,58
Sal	0,32
Cloreto de colina 60%	0,20
Fosfato bicálcico	0,10
Antifúngico <sup>2</sup>	0,10
DL-Metionina	0,06
Lisina HCl	0,05
Antioxidante <sup>3</sup>	0,05
<b>Total</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup>Adição por quilograma de dieta: Iodo 2,194 ppm, Selênio 0,171 ppm, Manganês 8,220 ppm, Zinco 123,188 ppm, Vitamina A 5625 UI, Vitamina D 675 UI, Vitamina E 33 ppm, Vitamina B1 1,114 ppm, Vitamina B2 12,96 ppm, Vitamina B6 1,114 ppm, Vitamina B12 30 mcg, Ácido Pantotênico 10,688 mg, Niacina 14,85 mg, Biotina 0,008 ppm, Ácido Fólico 0,223 mg, Cobre 9,878 mg, Ferro 111 ppm.

<sup>2</sup>Antifúngico: propionato de amônio, propanodiol, ácido propiônico, ácido acético, ácido láctico, ácido ascórbico, ácido fórmico, sorbato de potássio, veículo q.s.p.

<sup>3</sup>Antioxidante: BHA, BHT, galato de propila e carbonato de cálcio.

**Tabela 2.** Composição química analisada da dieta basal.

<b>Item</b>	<b>Dieta Basal</b>
Matéria seca (%)	93,43
	Valores sobre a matéria seca
Matéria mineral (%)	11,44
Matéria orgânica (%)	88,56
Extrato etéreo ácido (%)	10,97
Fibra bruta (%)	1,07
Fibra dietética total (%)	14,48
Proteína bruta (%)	21,71
Amido (%)	50,27
Energia bruta (kcal/kg)	4372
Cálcio (%)	2,96
Fósforo (%)	1,69
Índice de gelatinização do amido (%)	95,60
Densidade da ração seca (g/L)	362,00

As dietas experimentais foram moídas a 0,8 mm e produzidas em extrusora Tipo MAB 400S, com capacidade de processamento de 150 kg de ração/hora, na Fábrica de Rações do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal. Com o objetivo de produzir dietas com qualidade semelhante de cozimento do amido, foi realizado controle de qualidade do processo de extrusão por meio da dosagem da densidade do alimento. Foram realizadas amostragens na saída da extrusora, antes da passagem pelo secador, a cada 30 minutos, o que possibilitou mensurar a densidade, que foi mantida no intervalo entre 360 a 370 g/L.

### 3.1.4 Análises laboratoriais

As análises químicas do ingrediente, rações, fezes e urina foram realizadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, em duplicata e repetidas quando variavam mais de 5%.

As amostras de fezes de cada cão foram descongeladas separadamente e homogeneizadas formando uma amostra composta de cada repetição. Posteriormente, foram liofilizadas à -50°C por 48 horas (Savant ModulyoD Freeze Dryer, Thermo Electron Corporation) a fim de promover a pré-secagem. Quanto à urina foram colocados 30mL em placas de petri e esta foi mantida em estufa de ventilação forçada (320-SE, FANEM, São Paulo) a 55°C, por 24 horas, para redução do volume. Este procedimento foi repetido por mais duas vezes, totalizando 90mL. As amostras de fezes, bem como das rações e ingrediente, foram moídas em moinho de bola (MOD 340, ART LAB, São Paulo).

Nas fezes, rações e ingrediente foram determinados matéria seca (MS), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB) e extrato etéreo ácido (EEA) de acordo com métodos compatíveis com a Association of the Official Analytical Chemists (AOAC, 1995), amido total (ICC, 1995; HOLM et al., 1986; KARKALAS, 1985) e fibra dietética total (FDT) corrigida para proteína bruta e matéria mineral residuais, conforme PROSKY et al. (1992). Nas fezes, ingrediente, rações e urina foi determinada a energia bruta (EB) em bomba calorimétrica (1281, PARR Instruments, EUA). Para esta determinação a urina concentrada foi colocada em cápsulas de silicone, onde se procedeu a combustão. Foi determinada no farelo de glúten de milho 21 a composição em aminoácidos no LABTEC (Mogiana Alimentos S.A., Campinas) de acordo com AOAC (1995), assim como o índice de gelatinização do amido das dietas. Os teores de macro e microelementos do ingrediente em estudo foram analisados segundo a AOAC (1995) no Laboratório de Análises Químicas e Bioquímicas de Plantas do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal.

### 3.1.5 Procedimentos de cálculo

Conforme descrito por SAKOMURA e ROSTAGNO (2007), foram calculados a energia metabolizável e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria mineral, matéria orgânica, proteína bruta, extrato etéreo ácido, fibra bruta, fibra dietética total e amido do farelo de glúten de milho 21 pelo método de substituição, utilizando a equação proposta por MATTERSON et al. (1965), conforme relacionado a seguir. A partir de sua composição química na matéria seca e dos coeficientes de digestibilidade, foram calculados os nutrientes digestíveis do farelo de glúten de milho 21.

$$CD_{ap} = CD(DB) + \frac{CD(DT) - CD(DB)}{(\%Subst./100)}$$

Onde:

CD<sub>ap</sub> = Coeficiente de digestibilidade aparente;

CD (DB) = Coeficiente de digestibilidade aparente da dieta basal;

CD (DT) = Coeficiente de digestibilidade aparente da dieta teste;

% Subst. = Porcentagem de substituição da DB pelo ingrediente, ajustado para a matéria seca.

## 3.2 Avaliação de teores crescentes de farelo de glúten de milho 21 em alimentos extrusados para cães

### 3.2.1 Animais

Foram utilizados 24 cães adultos da raça Beagle, machos e fêmeas, com peso médio de  $10,48 \pm 0,30$ kg, idade média de  $3,5 \pm 0,4$  anos, em boas condições corporais e clinicamente saudáveis, procedentes do canil do Laboratório de Pesquisa em Nutrição e Doenças Nutricionais de Cães e Gatos do Departamento de Clínica e Cirurgia Veterinária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP,



Campus de Jaboticabal. Os animais foram previamente avaliados por meio de exames clínico, sanguíneo e coproparasitológico que atestaram bom estado de saúde, sendo, também, desverminados e vacinados.

### **3.2.2 Metodologia experimental**

O ensaio de digestibilidade foi conduzido conforme descrito por SAKOMURA e ROSTAGNO (2007), que consideram as recomendações da AAFCO (2004), sendo utilizada a metodologia de coleta total de fezes e urina. As dietas foram oferecidas por um período de adaptação de cinco dias, seguidos de cinco dias de coleta, obtendo-se um conjunto das fezes e urina de cada animal. Ao final deste período, foi realizada uma segunda etapa de mais três dias de coleta, para medição de pH, ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico das fezes, além do pH, densidade e volume de urina produzida. A água foi fornecida à vontade. Os animais foram alojados em gaiolas de metabolismo individuais, em inox, com dimensões de 90cm x 80cm x 90cm, equipadas com aparatos para coleta separada de fezes e urina.

Os alimentos foram oferecidos às 8h, em quantidade suficiente para atender à demanda energética dos animais, preconizada pelo NRC (2006). Antes da refeição seguinte as sobras de alimento eram recolhidas e pesadas, sendo calculado o consumo. As fezes foram quantitativamente recolhidas duas vezes ao dia, pesadas e acondicionadas em recipientes apropriados em freezer (-15°C). A urina para determinação da energia metabolizável foi recolhida em recipientes plásticos identificados colocados sob o funil coletor da gaiola, contendo 1 mL de ácido sulfúrico 1N para evitar perda de nitrogênio e proliferação de bactérias. Às 9h, foi mensurado o volume de urina produzida sendo estas, então, armazenadas em garrafas plásticas identificadas e mantidas em freezer (-15°C) até realização das análises laboratoriais.

### **3.2.3 Delineamento experimental**

Foram utilizados seis cães (repetições) por dieta sendo quatro dietas (tratamentos), totalizando 24 unidades experimentais. O experimento seguiu delineamento em blocos casualizados com medidas repetidas no tempo, empregando-se dois blocos de 12 cães cada.

### **3.2.4 Dietas experimentais**

Farinha de vísceras de frango, farelo de glúten de milho 21, milho e quirera de arroz foram previamente analisados quanto a matéria seca, proteína bruta e extrato etéreo ácido. Com base nestes resultados foram formuladas quatro dietas experimentais (Tabelas 3 e 4) contendo 0% (dieta basal), 7%, 14% e 21%, sobre a matéria natural, de farelo de glúten de milho 21. Estas foram balanceadas de forma a atender as recomendações nutricionais para manutenção de cães preconizadas pela AAFCO (2004). O ingrediente em estudo foi adicionado à fórmula em substituição ao amido purificado de milho, permanecendo os demais ingredientes em porcentagens fixas, com exceção do cloreto de potássio, sal e óleo de vísceras de frango, que tiveram sua inclusão reduzida com a adição crescente de farelo de glúten de milho 21.

As dietas experimentais foram moídas a 0,8 mm e produzidas em extrusora Tipo MAB 400S, com capacidade de processamento de 150 kg de ração/hora, na Fábrica de Rações do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal. Com o objetivo de produzir dietas com qualidade semelhante de cozimento do amido, foi realizado controle de qualidade do processo de extrusão por meio da dosagem da densidade do alimento. Foram realizadas amostragens na saída da extrusora, antes da passagem pelo secador, a cada 30 minutos, o que possibilitou mensurar a densidade, que foi mantida no intervalo entre 362 a 394 g/L.

**Tabela 3.** Fórmulas das dietas experimentais. Valores sobre a matéria original.

Ingrediente (%)	Dietas			
	Basal	7% FGM	14% FGM	21% FGM
Farinha de vísceras de frango	29,69	29,69	29,69	29,69
Milho grão	22,23	22,23	22,24	22,24
Amido	19,68	13,13	6,57	0,00
Farelo de glúten de milho 21 <sup>1</sup>	0,00	7,00	14,00	21,00
Quirera de arroz	18,38	18,38	18,38	18,38
Gordura de aves	5,81	5,55	5,29	5,04
Palatabilizante líquido	2,00	2,00	2,00	2,00
Suplemento mineral-vitamínico <sup>2</sup>	0,75	0,75	0,75	0,75
Cloreto de potássio	0,58	0,45	0,31	0,18
Sal	0,32	0,30	0,28	0,26
Cloreto de colina 60%	0,20	0,20	0,20	0,20
Fosfato bicálcico	0,10	0,07	0,03	0,00
Antifúngico <sup>3</sup>	0,10	0,10	0,10	0,10
DL-Metionina	0,06	0,06	0,06	0,06
Lisina HCl	0,05	0,05	0,05	0,05
Antioxidante <sup>4</sup>	0,05	0,05	0,05	0,05
<b>Total</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

<sup>1</sup>Refinazil® (Corn Products Brasil, Mogi-Guaçu, SP)

<sup>2</sup>Adição por quilograma de dieta: Iodo 2,194 ppm, Selênio 0,171 ppm, Manganês 8,220 ppm, Zinco 123,188 ppm, Vitamina A 5625 UI, Vitamina D 675 UI, Vitamina E 33 ppm, Vitamina B1 1,114 ppm, Vitamina B2 12,96 ppm, Vitamina B6 1,114 ppm, Vitamina B12 30 mcg, Ácido Pantotênico 10,688 mg, Niacina 14,85 mg, Biotina 0,008 ppm, Ácido Fólico 0,223 mg, Cobre 9,878 mg, Ferro 111 ppm.

<sup>3</sup>Antifúngico: propionato de amônio, propanodiol, ácido propiônico, ácido acético, ácido láctico, ácido ascórbico, ácido fórmico, sorbato de potássio, veículo q.s.p.

<sup>4</sup>Antioxidante: BHA, BHT, galato de propila e carbonato de cálcio.

**Tabela 4.** Composição química analisada das dietas experimentais.

Item	Dietas			
	Basal	7% FGM	14% FGM	21% FGM
Matéria seca (%)	93,43	93,33	93,78	93,80
	Valores sobre a matéria seca			
Matéria mineral (%)	11,44	11,28	11,56	11,55
Matéria orgânica (%)	88,56	88,72	88,44	88,45
Proteína bruta (%)	21,71	23,30	25,60	26,71
Extrato etéreo ácido (%)	10,97	11,04	11,33	11,37
Fibra bruta (%)	1,07	1,45	2,23	3,16
Fibra dietética total (%)	14,48	16,81	19,99	23,72
Amido (%)	50,27	46,40	40,70	35,63
Ca (%)	2,96	2,73	2,90	2,80
P (%)	1,69	1,68	1,76	1,74
Energia bruta (kcal/kg)	4372	4463	4469	4494
Densidade (g/L)	362,00	363,33	394,00	384,00
Índice de gelatinização do amido (%)	95,60	93,90	96,10	90,30

### 3.2.5 Análises Laboratoriais

As análises químicas das rações, fezes e urina foram realizadas no Laboratório de Nutrição do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal, em duplicata e repetidas quando variavam mais de 5%.

As amostras de fezes de cada cão foram descongeladas separadamente e homogeneizadas formando uma amostra composta de cada repetição. Posteriormente, foram liofilizadas à -50°C por 48 horas (Savant ModulyoD Freeze Dryer, Thermo Electron Corporation) a fim de promover a pré-secagem. Quanto à urina, foram colocados 30mL em placas de petri e estas foram mantidas em estufa de ventilação forçada (320-SE, FANEM, São Paulo) a 55°C, por 24 horas, para redução do volume. Este procedimento foi repetido por mais duas vezes, totalizando

90mL. As amostras de fezes e de rações foram moídas em moinho de bola (MOD 340, ART LAB, São Paulo).

Nas fezes e rações foram determinados matéria seca (MS), proteína bruta (PB), matéria mineral (MM), extrato etéreo ácido (EEA), fibra bruta (FB) de acordo com métodos compatíveis com a Association of the Official Analytical Chemists (AOAC, 1995), amido total (ICC, 1995; HOLM et al., 1986; KARKALAS, 1985) e fibra dietética total (FDT) corrigida para proteína bruta e matéria mineral residuais, segundo PROSKY et al. (1992). A energia bruta (EB) das fezes, rações e urina foi determinada em bomba calorimétrica (1281, PARR Instruments, EUA). Para esta determinação a urina concentrada foi colocada em cápsulas de silicone, onde se procedeu a combustão. Nas dietas foram determinados, ainda, os teores de cálcio e fósforo (AOAC, 1995) no Laboratório de Análises Químicas e Bioquímicas de Plantas do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP, Campus de Jaboticabal. O índice de gelatinização do amido das dietas foi determinado no LABTEC (Mogiana Alimentos S.A., Campinas) também de acordo com AOAC (1995).

Nas fezes foram quantificados, ainda, os teores de ácidos graxos de cadeia curta (ácidos acético, propiônico e butírico) e ácido láctico. Para tanto, foram coletadas cerca de 10 gramas de fezes frescas que foram imediatamente homogeneizadas e misturadas à 30mL de ácido fórmico 16% (proporção volumétrica de 1:3). Esta mistura foi mantida sob refrigeração por três dias, sendo, então, centrifugada por três vezes a 5.000 rpm, à 15°C, por 15 minutos, sendo sempre aproveitado o sobrenadante e desprezado o sedimento. As amostras foram identificadas e armazenadas em freezer (-15°C) e, posteriormente, encaminhadas ao Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, Campus de Pirassununga.

A concentração de ácidos graxos de cadeia curta (acético, propiônico e butírico) foi determinada por cromatografia gasosa (Finnigan 9001) de acordo com ERWIN et al. (1961), sendo a coluna de vidro de 2 metros de comprimento, diâmetro de 1/8", empacotada com 80/120 Carbopack B-DA/4% Carbowax 20M. O cromatógrafo foi calibrado por meio da injeção de 1 µL de solução padrão misto e a

curva pré-estabelecida no software BORWIN versão 1.21.60. Foi utilizado nitrogênio como gás de arraste (vazão de 25 mL/min.), oxigênio como gás comburente (vazão de 175 mL/min.) e hidrogênio como gás combustível (vazão de 15 mL/min.), sendo as temperaturas de operação de 220°C no injetor, 210°C na coluna e 250°C no detector de ionização de chama.

Nas fezes e no farelo de glúten de milho 21 foi mensurado, também, o teor de ácido láctico. A obtenção do extrato do ingrediente e das fezes seguiu os mesmos procedimentos utilizados para a análise de ácidos graxos de cadeia curta. A análise foi realizada no Laboratório de Bromatologia do Departamento de Nutrição e Produção Animal da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, Campus de Pirassununga, de acordo com PRYCE (1969) pelo método espectrofotométrico a 565 nm (500 a 570nm), utilizando branco reagente a fim de calibrar o espectrofotômetro (QUICK - Lab marca DRAKE). As amostras foram quantificadas comparando-as com padrão de ácido láctico a 0,08%.

A análise qualitativa das fezes dos cães foi baseada no escore de fezes, atribuindo-se notas de 0 a 5, sendo: 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 e que não aderem ao piso; 5 = fezes bem formadas, duras e secas. Além disso, foi determinado o pH em pH-metro digital de precisão 0,01 pH (Digicrom Analítica Ltda, modelo DM20), pesando-se cerca de 2,0g de fezes frescas e diluindo-as em água mili-Q (2:10 p/v).

Para determinar o pH urinário, recipientes plásticos acondicionados em isopor com gelo posicionados sob o funil coletor da gaiola recolheram a urina, sendo esta periodicamente retirada e armazenada sob refrigeração em garrafas plásticas identificadas. A urina produzida no período de 24 horas teve aferido seu volume, densidade em refratômetro (APAGO T2-NE) e pH em pH-metro digital de precisão 0,01 pH (Digicrom Analítica Ltda, modelo DM20).

### **3.2.6 Cálculo da energia metabolizável e dos coeficientes de digestibilidade aparente das dietas experimentais**

Com base nos resultados laboratoriais, foram calculados os valores de energia metabolizável e os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, matéria orgânica, extrato etéreo ácido, fibra bruta, fibra dietética total, proteína bruta e amido das dietas experimentais, pelo método da coleta total de urina e fezes.

### **3.2.7 Estimativa da energia metabolizável e dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do farelo de glúten de milho 21 pelo método de regressão**

Para estimar os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e o valor energético do farelo de glúten de milho 21 as equações polinomiais estabelecidas no ensaio foram extrapoladas, atribuindo-se valor de 100% à variável independente.

### **3.2.8 Análises estatísticas**

Foi atendida a pressuposição de normalidade dos erros, sendo removidos *outliers* e realizada análise de variância utilizando o programa estatístico SAS (2004). O modelo empregado considerou os efeitos de bloco e tratamento. As médias foram avaliadas por contrastes polinomiais para verificar efeitos lineares, quadráticos e cúbicos da inclusão do farelo de glúten de milho 21 e por meio do teste de Duncan, considerando significância de 5%. Foi realizada análise de regressão considerando os teores de inclusão de farelo de glúten de milho 21 como variável independente e para o ajuste dos modelos, levou-se em consideração a significância do teste F ( $H_0 = \beta_0 = \beta_1 = \beta_2 = 0$ ) e os coeficientes de determinação ( $R^2 = \text{SQ Regressão} / \text{SQ Tratamento}$ ).

## **4. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável do farelo de glúten de milho 21 para cães pelo método de substituição**

A composição química do farelo de glúten de milho 21 avaliado na presente pesquisa encontra-se na Tabela 5. O ingrediente apresentou, de modo geral, composição química semelhante à reportada por publicações anteriores, com exceção do teor de amido que foi praticamente metade daquele relacionado nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO et al., 2005) e por RODRIGUES et al. (2001). Quando considerada a composição em FB do farelo de glúten 21, seu teor foi semelhante aos verificados pelos autores supracitados. Destaca-se, também, a elevada concentração em FDT deste ingrediente que foi 5,4 vezes maior que sua FB. O teor de FDT encontrado foi semelhante à sua fibra em detergente neutro relatada por ROSTAGNO et al. (2005), o que pode ser explicado pelo reduzido teor de fibra solúvel do farelo de glúten 21 (Tabela 5). A diferença entre os teores verdadeiros de fibra (FDT) em relação aos resultados de FB já era esperada pois sabe-se, de longa data, que a metodologia de FB tende a subestimar a concentração deste nutriente uma vez que recupera, aproximadamente, 50 a 80% de celulose, 20% de hemicelulose e de 10 a 50% da lignina presentes no alimento (CARCIOFI, 2005). Isto justifica o método estar em desuso em estudos com cães e gatos.



**Tabela 5.** Composição química analisada do farelo de glúten de milho 21<sup>1,2</sup>.

<b>Item</b>	<b>Farelo de glúten de milho 21</b>
Matéria seca (%)	89,43
	Valores sobre a matéria seca
Matéria orgânica (%)	93,32
Proteína bruta (%)	24,91
Extrato etéreo ácido (%)	4,50
Fibra bruta (%)	7,88
Fibra dietética insolúvel (%)	42,39
Fibra dietética solúvel (%)	0,34
Fibra dietética total (%)	42,72
Amido (%)	12,54
Matéria mineral (%)	6,68
Cálcio (%)	0,01
Fósforo (%)	1,12
Potássio (%)	1,72
Magnésio (%)	0,40
Sódio (%)	0,02
Cloro (%)	0,001
Enxofre (%)	0,28
Excesso de bases <sup>3</sup> (mMol/kg MS)	-180,80
Energia bruta (kcal/kg MS)	4413
Ácido láctico (%)	6,16
Aminoácidos (%)	
Alanina	1,82
Arginina	1,15
Ácido aspártico	1,40
Glicina	1,21
Isoleucina	0,73
Leucina	2,07
Ácido glutâmico	4,83
Lisina	0,96
Cistina	0,23
Metionina	0,13
Fenilalanina	0,83
Tirosina	0,43
Treonina	1,00
Tryptofano	0,10
Prolina	2,47
Valina	1,26
Histidina	0,69
Serina	1,09

<sup>1</sup>n= 2; CV<5%.

<sup>2</sup>Refinazil® (Corn Products Brasil, Mogi-Guaçu, SP).

<sup>3</sup>Excesso de bases (KIENZLE e WILMS-EILERS, 1994).

O teor de gordura do farelo de glúten 21 verificado na presente pesquisa foi superior ao determinado em outros estudos (HONEYMAN, 1989; CASTANON et al., 1990b; RODRIGUES et al., 2001; PEZZATO et al., 2002; ROSTAGNO et al., 2005). Esta divergência foi conseqüente à prévia hidrólise ácida a que foram submetidas as amostras no presente ensaio, de modo a se obter composição mais compatível com o banco de dados para formulação de alimentos para cães. Deve-se ressaltar a elevada concentração de ácido láctico (6,16%) do farelo de glúten 21 derivado, possivelmente, do processo fermentativo durante a fase de maceração do milho para obtenção deste subproduto.

Diferenças na composição química de ingredientes de origem vegetal são comuns e são conseqüentes às variações nas condições de solo e clima e dos diferentes cultivares (ALBINO e SILVA, 1996; BATH et al., 1999). Para os subprodutos agrícolas ainda mais importantes talvez sejam as condições de processamento industrial. Durante a produção do farelo de glúten 21 as condições de maceração e moagem úmida do milho são importantes, podendo induzir mudanças físicas, químicas e bioquímicas, as quais são determinantes na qualidade do produto final (LOPES FILHO, 1999). De qualquer forma, pode-se considerar que o farelo de glúten de milho 21 caracterizou-se por possuir reduzido teor de amido e gordura, ser rico em fibra dietética insolúvel, por apresentar concentração intermediária de proteína e possuir quantidade relevante de ácido láctico.

Os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, nutrientes digestíveis e energia metabolizável do farelo de glúten de milho 21 estão apresentados na Tabela 6. Ressalta-se que as dietas foram moídas a 0,8mm o que proporcionou, no trato digestório dos animais, área de superfície para atuação químico-enzimática semelhante entre tratamentos. Além disso, em virtude da densidade (g/L) e do índice de gelatinização do amido (%) das dietas experimentais terem sido próximos (362,00 g/L e 368,57 g/L; 95,60% e 91,33% para as dietas basal e teste, respectivamente), constatou-se que o cozimento das mesmas foi bom e homogêneo, o que torna improvável qualquer interferência de fatores relativos ao processamento das dietas nos resultados obtidos. As dietas foram adequadamente consumidas pelos cães e durante os 10 dias de ensaio não houve episódios de

rejeição alimentar, vômitos ou diarreia, sugerindo tolerância ao ingrediente, mesmo em elevadas inclusões.

Não foram localizados trabalhos que tenham avaliado o farelo de glúten de milho 21 na alimentação de cães. Mesmo informações sobre digestibilidade de ingredientes, não de dietas, são escassas para a espécie. De modo geral, o farelo de glúten 21 apresentou digestibilidade inferior ao verificado por SÁ-FORTES (2005) para milheto, quirera de arroz, sorgo e milho. Diferenças na composição química, principalmente, o maior teor de fibra do farelo de glúten 21, podem justificar este menor aproveitamento por cães. Quando comparado a ingredientes que também possuem elevado teor de fibra, o farelo de glúten 21 apresentou coeficiente de digestibilidade da MS e MO inferiores aos verificados para o gérmen de milho e farelo de trigo, digestibilidade da PB semelhante e do EEA e amido superiores às aquelas determinadas por SÁ-FORTES (2005).

**Tabela 6.** Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, nutrientes digestíveis e energia metabolizável (EM) do farelo de glúten de milho 21 para cães determinados pelo método de substituição (média  $\pm$  erro padrão da média).

<b>Item</b>	<b>Coeficientes de digestibilidade aparente (%)</b>	<b>Nutrientes digestíveis (%)</b>
Matéria seca	52,73 $\pm$ 3,05	52,73 $\pm$ 3,05
Matéria mineral	41,69 $\pm$ 10,49	2,78 $\pm$ 0,70
Matéria orgânica	52,41 $\pm$ 2,22	48,91 $\pm$ 2,08
Proteína bruta	68,84 $\pm$ 3,08	17,15 $\pm$ 0,77
Extrato etéreo ácido	74,38 $\pm$ 1,25	3,35 $\pm$ 0,06
Fibra bruta	54,75 $\pm$ 10,92	4,32 $\pm$ 0,86
Fibra dietética total	-36,40 $\pm$ 6,52	-15,69 $\pm$ 2,81
Amido	99,80 $\pm$ 0,09	12,51 $\pm$ 0,01
Energia bruta	54,46 $\pm$ 2,46	
Energia digestível (kcal/kg MS)		2403 $\pm$ 108,39
Energia metabolizável (kcal/kg MS)		2023 $\pm$ 230,68

Farelo de trigo e gérmen de milho, apesar de apresentarem teores consideráveis de FDT, 36,7% e 26,5%, respectivamente (SÁ-FORTES, 2005), estes foram inferiores ao verificado no farelo de glúten de milho 21, o que explica a menor digestibilidade para o ingrediente em estudo (BURROWS et al., 1982; FAHEY Jr. et al., 1990a; FAHEY Jr. et al., 1990b; FAHEY Jr. et al., 1992; COLE et al., 1999).

O teor de determinado nutriente em um ingrediente exerce influência sobre sua digestibilidade, podendo esta relação ser positiva ou negativa. KENDALL e HOLME (1982) ao estudarem 19 ingredientes de origem vegetal em dietas secas e úmidas para cães, verificaram correlação significativa e positiva entre teor de extrato etéreo ácido e proteína bruta e seus respectivos coeficientes de digestibilidade. Este fato pode explicar a maior digestibilidade da gordura do farelo de glúten 21, em relação ao gérmen de milho e farelo de trigo que possuem menores concentrações deste nutriente (2,7% e 3,8% EEA, respectivamente, SÁ-FORTES, 2005). Esta relação não foi verificada, no entanto, para a fração protéica do farelo de glúten 21, pois apesar de possuir maior concentração deste nutriente em relação ao milho, apresentou digestibilidade semelhante a este (CAVALARI et al., 2006). Isto pode ter ocorrido em virtude da proteína do farelo de glúten 21 estar complexada ao amido residual, tornando-a mais refratária à ação das proteases (ALVES, 2006).

O coeficiente de digestibilidade da FDT do ingrediente avaliado na presente pesquisa foi negativo, o que sugere ocorrência de efeito associativo entre a fibra do farelo de glúten 21 e aquela presente na dieta basal, sendo este efeito favorecido pela reduzida capacidade que cães possuem em digerir a fração fibrosa dos alimentos. Assim, ao aplicar a equação proposta por MATTERSON et al. (1965), constata-se que a digestibilidade da FDT da dieta teste foi consideravelmente inferior ao verificado para a dieta basal, sugerindo que a adição de 30% de farelo de glúten de milho 21 interagiu de forma antagônica com a digestibilidade da fibra dos demais ingredientes da dieta. Outra possibilidade a ser considerada é que o processo de extrusão pode alterar a solubilidade e estrutura química de vários componentes da fibra, além de complexar certos compostos tornando-os indigeríveis e que são, posteriormente, quantificados como fibra no método de FDT (CARCIOFI et al., *Submetido*). Foi possível verificar, de qualquer forma, que a digestibilidade da fração

fibrosa do farelo de glúten 21 foi bastante baixa para cães, sendo esta, também, caracterizada por ser praticamente toda insolúvel (99% da fibra dietética).

Apesar do farelo de glúten de milho 21 possuir EB superior a do gérmen de milho e farelo de trigo, verificados por SÁ-FORTES (2005), o ingrediente em estudo apresentou EM inferior. A maior concentração de amido e menor de FDT no gérmen de milho e no farelo de trigo em relação ao glúten 21 podem explicar o menor aproveitamento energético do ingrediente avaliado na presente pesquisa. A fibra exerce importante efeito negativo na digestibilidade de alimentos para cães, como demonstrado por EARLE et al. (1998).

Ao multiplicar os coeficientes de digestibilidade aparente pela concentração dos respectivos nutrientes, são obtidos os nutrientes digestíveis. Desta forma, a elevada concentração de determinado nutriente aliada à elevada digestibilidade deste, proporciona alto teor de nutriente digestível. No entanto, o farelo de glúten 21 apresentou apenas 471g MS digestível/kg, o que indica que mais da metade de seu consumo é eliminado nas fezes. Por outro lado, apesar da boa digestibilidade do amido do glúten 21, a reduzida concentração deste nutriente fez com que o ingrediente apresentasse apenas 125g/kg de amido digestível.

Por diluir calorias do alimento, o uso de fibra é uma solução atrativa quando se deseja prevenir o ganho de peso em cães e gatos (JEWELL et al., 2000). Além disso, acredita-se que esta fração possua propriedades que favoreçam a manutenção do peso por meio da regulação do apetite (LAFLAMME, 2006), interferência mecânica simples e complexa interação hormonal (ROSSNER, 1992) determinadas pela natureza e tipo de fibra do alimento (BLUNDELL e BURLEY, 1987).

Considerando a EM e composição em FDT do farelo de glúten 21, observa-se que este pode ser uma alternativa interessante quando formulações de reduzida densidade calórica são desejáveis, por exemplo, em dietas para cães idosos, obesos ou que realizam pouca atividade física, como os confinados ao interior de casas ou apartamentos. Além disso, a característica insolúvel da fibra do ingrediente sugere reduzido estímulo à atividade fermentativa no intestino grosso, minimizando efeitos indesejáveis que fibras de elevada fermentabilidade possam acarretar, como diarreia e flatulência.

## **4.2 Avaliação de teores crescentes de farelo de glúten de milho 21 em alimentos extrusados para cães**

Em virtude da densidade e índice de gelatinização do amido das dietas experimentais terem apresentado valores próximos (Tabela 4), constatou-se que o cozimento das mesmas foi bom e homogêneo, o que torna improvável qualquer interferência de fatores relacionados ao processamento das dietas nos resultados obtidos. Estes indicam, também, que apesar do farelo de glúten 21 apresentar baixo teor de amido e elevada quantidade de fibra, a substituição de amido purificado de milho pelo ingrediente avaliado não interferiu na qualidade de cozimento das dietas.

Os alimentos foram adequadamente consumidos pelos cães e durante os 13 dias de ensaio não houve episódios de rejeição alimentar, vômitos ou diarreia, sugerindo tolerância ao ingrediente nas percentagens de inclusão avaliadas. A composição química das dietas experimentais (Tabela 4) foi semelhante, com exceção da PB e FDT, que aumentaram de 21,71% a 26,71% e 14,48% a 23,72%, respectivamente, com a inclusão do farelo de glúten 21. Como na formulação das dietas foi utilizado amido purificado de milho em substituição ao farelo de glúten 21, a concentração deste nutriente diminuiu de 50,27% para 35,63%.

Os valores de FB das dietas experimentais foram consideravelmente inferiores aos verificados pela metodologia de FDT. A quantificação da fração fibrosa dos alimentos por meio de FB foi proposta há mais de 100 anos, sua execução é fácil, pouco dispendiosa, além de ser um dos princípios nutritivos que norteia a qualidade de alimentos industrializados para cães e gatos, sendo sua informação de caráter obrigatório nos rótulos (KIENZLE et al., 2006). No entanto, a grande desvantagem do método, como já mencionado, é que além de solubilizar parte da fração fibrosa, pode considerar certas proteínas como FB. Essas proteínas, ao contrário do que ocorre com as fibras, são, geralmente, bem digeridas e não interferem negativamente no aproveitamento de outros nutrientes, o que pode prejudicar a determinação dos coeficientes de digestibilidade (KIENZLE et al., 2006).

A metodologia de FDT, em contrapartida, é atual e fornece informações mais precisas sobre o real conteúdo de fibra dos alimentos, apesar de ser trabalhosa e

onerosa. No entanto, na presente pesquisa, a composição em FDT da dieta basal pode estar superestimada se considerar que as únicas fontes deste nutriente foram milho e quireira de arroz. FAHEY Jr. et al. (1990a) atribuíram valores superestimados de FDT em dieta isenta de fonte exógena de fibra à composição em proteína animal. BANTA et al. (1979) verificaram que em dietas contendo componentes protéicos animais o complexo proteína-polissacarídeo presente no tecido conectivo ocorre naturalmente em abundância. Este tecido é rico em sulfato de condroitina e ácido hialurônico e a fração de polissacarídeos dessas substâncias é composta por longas cadeias de unidades dissacarídicas de glicosamina ou galactosamina e ácido glicurônico. As ligações destes polissacarídeos são tais que estas não podem ser rompidas por enzimas digestivas endógenas presentes no intestino, mas podem o ser por enzimas microbianas. Desta forma, estes compostos possuem natureza fibrosa e as metodologias utilizadas para mensurar fibra, como FB e FDT, refletem este comportamento.

Informações pertinentes à ingestão de nutrientes e efeitos da inclusão crescente de farelo de glúten de milho 21 sobre os coeficientes de digestibilidade aparente e energia metabolizável das dietas estão apresentados na Tabela 7. Como foram utilizados cães com peso médio semelhante ( $p > 0,05$ ), não houve variação na ingestão de matéria seca e energia entre as dietas. A ingestão de nutrientes pelos cães refletiu a composição das dietas experimentais de forma que o consumo de PB ( $p = 0,0006$ ) e FDT ( $p < 0,0001$ ) aumentou linearmente com a inclusão do farelo de glúten 21 e o consumo de amido diminuiu também de forma linear ( $p < 0,0001$ ).

**Tabela 7.** Ingestão de nutrientes, coeficientes de digestibilidade aparente e energia metabolizável das dietas experimentais com diferentes inclusões de farelo de glúten de milho 21 para cães.

Item	Dieta				EPM <sup>1</sup>	CV (%)	Contrastes	
	Basal	FGM 7%	FGM 14%	FGM 21%			Linear	Quadrático
Peso corporal médio (kg)	10,34	10,57	10,98	10,02	0,21	9,68		
<b>Ingestão (gramas por cão por dia)</b>								
Matéria seca	151,53	156,07	164,07	155,88	3,32	10,37	0,4869	0,3501
Matéria orgânica	143,63	148,35	154,72	147,00	3,13	10,34	0,5639	0,3333
Proteína bruta	35,21	38,96	44,79	44,39	0,90	10,81	0,0006	0,2641
Extrato etéreo ácido	17,79	18,47	19,82	18,89	0,40	10,46	0,2066	0,3272
Fibra bruta	1,73	2,43	3,89	5,26	0,08	12,19	<0,0001	0,0599
Fibra dietética total	23,49	28,12	34,97	39,42	0,72	11,17	<0,0001	0,9532
Amido	81,53	77,59	71,20	59,21	1,45	9,78	<0,0001	0,1806
Ácido láctico	0	0,64	1,35	1,92	0,03	14,40	<0,0001	0,5417
Energia bruta (kcal/cão/dia)	709,01	746,36	781,89	746,86	15,84	10,40	0,3057	0,2674
<b>Coefficientes de digestibilidade aparente (%)</b>								
Matéria seca	82,82 <sup>A</sup>	79,36 <sup>B</sup>	75,18 <sup>C</sup>	72,92 <sup>D</sup>	0,22	1,34	<0,0001	0,1944
Matéria orgânica	90,99 <sup>A</sup>	87,37 <sup>B</sup>	83,07 <sup>C</sup>	80,23 <sup>D</sup>	0,16	0,90	<0,0001	0,2566
Proteína bruta	83,76 <sup>A</sup>	82,56 <sup>A</sup>	82,02 <sup>AB</sup>	80,00 <sup>B</sup>	0,37	2,22	0,0021	0,5929
Extrato etéreo ácido	89,44 <sup>A</sup>	88,23 <sup>AB</sup>	88,28 <sup>AB</sup>	87,42 <sup>B</sup>	0,23	1,28	0,0087	0,7138
Fibra bruta	3,90 <sup>B</sup>	-14,45 <sup>C</sup>	14,54 <sup>B</sup>	29,91 <sup>A</sup>	2,08	120,25	<0,0001	0,0007
Fibra dietética total	65,76 <sup>A</sup>	52,78 <sup>B</sup>	48,33 <sup>C</sup>	48,37 <sup>C</sup>	0,71	6,43	<0,0001	0,0002
Amido	99,83 <sup>A</sup>	99,77 <sup>A</sup>	99,77 <sup>A</sup>	99,61 <sup>B</sup>	0,01	0,06	<0,0001	0,0524
Energia bruta	90,78 <sup>A</sup>	87,58 <sup>B</sup>	84,03 <sup>C</sup>	81,29 <sup>D</sup>	0,16	0,91	<0,0001	0,5143
Energia metabolizável (kcal/kg MS)	3791 <sup>A</sup>	3716 <sup>AB</sup>	3643 <sup>B</sup>	3413 <sup>C</sup>	12,82	1,72	<0,0001	0,0114

<sup>1</sup>Erro padrão da média, n=6 animais por dieta.

Para cada variável, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan (p>0,05).



Houve redução nos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e na EM das dietas com a inclusão de farelo de glúten de milho 21. No entanto, para determinados nutrientes esta diminuição na digestibilidade não ocorreu de forma pronunciada de modo que, apesar da natureza quantitativa dos dados, procedeu-se à análise de comparações múltiplas, por meio do teste de Duncan considerando-se significância de 5%, no intuito de avaliar, de forma criteriosa, a magnitude da influência do farelo de glúten 21 sobre a digestibilidade das dietas. Além disso, torna-se importante destacar que, para as inclusões estudadas, a redução na digestibilidade das dietas não proporcionou valores considerados fora do padrão de alimentos secos para cães adultos (TESHIMA et al., 2007).

Neste contexto, observa-se que a inclusão de farelo de glúten 21 ocasionou redução linear na digestibilidade da MS ( $p < 0,0001$ ) e MO ( $p < 0,0001$ ) e a interpretação dos valores médios de forma isolada indica que estes diferiram entre si pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ). Por outro lado, apesar da diminuição, também linear, na digestibilidade da PB ( $p = 0,0021$ ), EEA ( $p = 0,0087$ ) e amido ( $p < 0,001$ ) das dietas em função da adição de farelo de glúten 21, estas não ocorreram de forma tão pronunciada, sendo possível a divisão em apenas dois grupos pelo teste de Duncan ( $p < 0,05$ ).

O modelo que melhor se ajustou aos coeficientes de digestibilidade da FB e FDT foi o quadrático ( $p = 0,0007$  e  $p = 0,0002$ , respectivamente), porém, os seis cães que consumiram a dieta com 7% de farelo de glúten de milho 21 excretaram quantidade superior de FB em relação ao consumo, resultando em coeficiente de digestibilidade negativo. Este fato ressalta os já mencionados problemas analíticos decorrentes do método de FB e justifica o fato desta análise estar em desuso em estudos com cães e gatos.

Houve redução significativa ( $p < 0,05$ ) na digestibilidade da FDT da dieta basal em relação à dieta com 7% de farelo de glúten de milho 21. Porém, a adição de 14% ou 21% do ingrediente não afetou de forma significativa ( $p > 0,05$ ) a digestibilidade deste nutriente.

O coeficiente de digestibilidade da EB diminuiu cerca de 10 pontos percentuais, de forma linear ( $p < 0,0001$ ), com a inclusão de 21% de farelo de glúten

em relação a dieta basal. Já a EM reduziu-se de forma quadrática ( $p= 0,0114$ ), porém, pelo teste de Duncan somente as dietas com 14% e 21% do ingrediente apresentaram EM inferior à da dieta basal ( $p<0,05$ ).

Efeitos adversos sobre a digestibilidade da MS de dietas devido à utilização de ingredientes de origem vegetal têm sido demonstrados (YAMKA et al., 2003; YAMKA et al., 2004). Estes foram ainda mais evidentes em estudos com inclusão de ingredientes ricos em fibra (BURROWS et al., 1982; FAHEY Jr. et al., 1990a; FAHEY Jr. et al., 1990b; FAHEY Jr. et al., 1992; COLE et al., 1999). Pesquisas demonstraram que determinadas fibras insolúveis possuem a capacidade de reduzir o tempo médio de retenção da digesta no intestino delgado (LE GOFF et al., 2002; WILFART et al., 2007), o que proporciona menor tempo de atuação enzimática e, conseqüentemente, reduz a digestibilidade. Entretanto, existe ainda grande contradição com relação aos efeitos de fibra insolúvel sobre a cinética do trato gastrointestinal. No presente ensaio não foram realizadas aferições do tempo de trânsito, porém, é possível que este tenha exercido influência sobre a redução na digestibilidade da MS e MO.

A digestibilidade da MS e MO da dieta com 7% de farelo de glúten de milho 21 foi semelhante à verificada por FAHEY et al. (1990b) para alimentos contendo cerca de 7,5% de polpa de beterraba, ou polpa de tomate, ou casca de amendoim, ou dieta com 12,77% de farelo de trigo. A inclusão de 21% de farelo de glúten proporcionou digestibilidade intermediária à observada pela adição de 6 a 9% de celulose (BURROWS et al., 1982). O coeficiente de digestibilidade da PB da dieta com 14% de farelo de glúten 21 foi semelhante ao verificado por COLE et al. (1999) em estudo com casca de soja. Contudo, a digestibilidade da gordura das dietas avaliadas na presente pesquisa foi inferior ao obtido por estes autores.

A digestibilidade da FDT de dietas contendo farelo de glúten 21 foi consideravelmente superior à verificada para casca de soja (COLE et al., 1999) e para subprodutos do milho derivados da produção de etanol (GUEVARA et al., 2008). Esta foi semelhante, porém, à obtida por FAHEY et al. (1990a) para dieta com 10% de polpa de beterraba e por MUIR et al. (1996) em alimento com combinação de 5% de pectina e 2,5% de celulose. Isto sugere que a fração fibrosa das dietas

avaliadas na presente pesquisa foram bem digeridas e/ou fermentadas e o fato dos alimentos terem sido moídos a 0,8mm pode ter contribuído para este efeito. Quando partículas pequenas estão presentes há maior área superficial disponível para a microflora intestinal, permitindo a fermentação mais completa do que quando partículas grandes são consumidas (DAVIDSON e MACDONALD, 1998).

O efeito negativo que ingredientes ricos em fibra insolúvel e pouco fermentável, como o farelo de glúten 21, exercem sobre o aproveitamento energético de dietas, como verificado no presente estudo, corrobora com os achados de MIDDELBOSS et al. (2007). Os autores observaram redução na digestibilidade da MS, MO, FDT e EB de dieta contendo fibra insolúvel e não fermentável (celulose) em relação à dieta com polpa de beterraba, fonte de fibra insolúvel porém de moderada fermentabilidade. Entretanto, como mencionado anteriormente, a digestibilidade da FDT de dietas contendo farelo de glúten 21 foi relativamente elevada. Isto sugere que o incremento energético proveniente da digestão da fibra não foi capaz de fornecer o mesmo aporte proporcionado pela digestão da PB, gordura e amido que apesar de pouco afetados pelo consumo de fibra (Figura 3) podem fornecer 3,5, 8,5 e 3,5 kcal EM/g proteína, gordura ou carboidrato (AAFCO, 1997).

A menor influência do farelo de glúten de milho 21 sobre a digestibilidade da PB, EEA e amido corrobora com o verificado por BURROWS et al. (1982) e LEWIS et al. (1994), que encontraram menor interferência das fibras sobre estes nutrientes. Estudos têm demonstrado que compostos fibrosos solúveis tendem a interferir mais pronunciadamente na digestibilidade da PB (SUNVOLD et al., 1995b; SILVIO et al., 2000) e, uma possível explicação para este fato, é o aumento da proteína microbiana fecal resultante da fermentação destes compostos no intestino grosso de cães, o que não ocorre com o farelo de glúten de milho 21. Com relação, especificamente, ao bom aproveitamento do amido, este achado pode ser explicado pelo elevado índice de gelatinização obtido para as dietas experimentais (acima de 90%).

É possível que a inclusão de até 14% de farelo de glúten 21 tenha prejudicado a digestibilidade da MS em virtude, principalmente, da redução na digestibilidade da FDT. Porém, considerando que a adição de 14% ou 21% do ingrediente proporcionou semelhante aproveitamento da FDT, é possível que a redução na

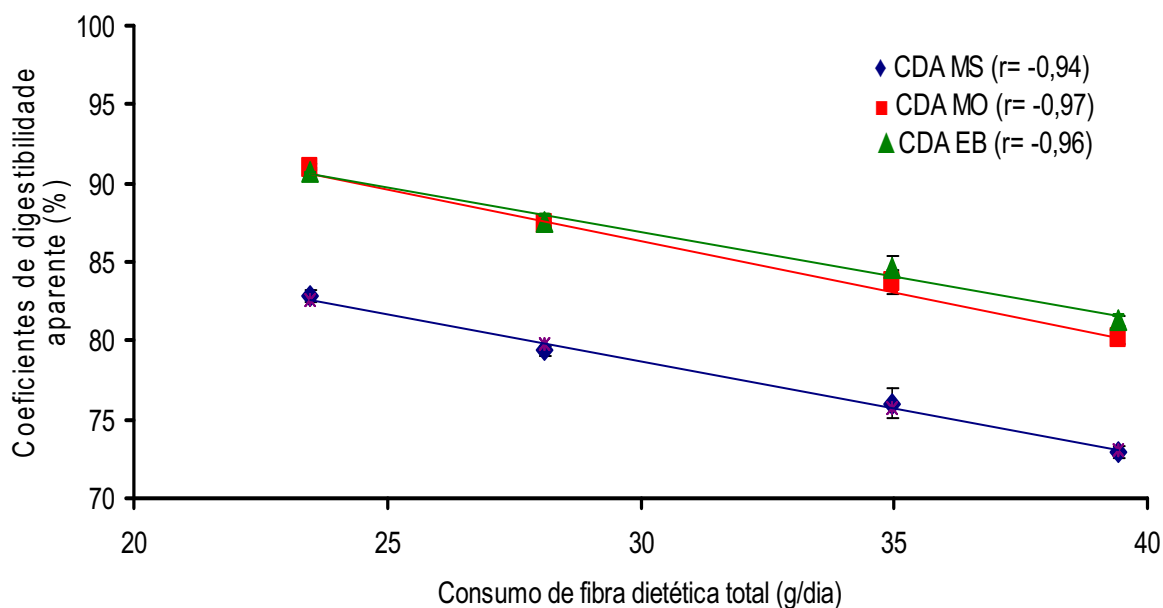
digestibilidade da MS neste intervalo tenha ocorrido, ao menos em parte, em decorrência do menor aproveitamento da MO, o que reflete o comportamento linear decrescente na digestibilidade da PB, EEA e amido. O menor aproveitamento da fração fibrosa das dietas com 7% e 14% de farelo de glúten pode ter ocorrido em virtude da preferência dos microorganismos em obter energia do amido, em prejuízo da digestão da fibra.

As equações polinomiais que descrevem os efeitos da inclusão de farelo de glúten de milho 21 sobre a digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável das dietas encontram-se na Tabela 8.

Para cada unidade de adição de farelo de glúten 21 houve redução de 0,47, 0,51 e 0,45 pontos percentuais na digestibilidade da MS, MO e EB, respectivamente. A redução no aproveitamento destes nutrientes está altamente correlacionada ao aumento na ingestão de fibra (Figura 2), principalmente quando considerada a digestibilidade da MO e EB, que apresentaram coeficiente de correlação de -0,97 e -0,96, respectivamente, em função da ingestão de FDT. Assim, para cada unidade de consumo de FDT houve redução de 0,60, 0,65 e 0,57 pontos percentuais na digestibilidade da MS, MO e EB. EARLE et al. (1998) em estudo que abrangeu 27 alimentos industrializados para cães com 9,31% de FDT, em média, verificaram redução na digestibilidade da MO e EB em função do aumento no consumo de fibra, com coeficiente de correlação de -0,92 e -0,91, respectivamente.

**Tabela 8.** Análise de regressão polinomial dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia metabolizável das dietas experimentais, em relação à inclusão de farelo de glúten de milho 21.

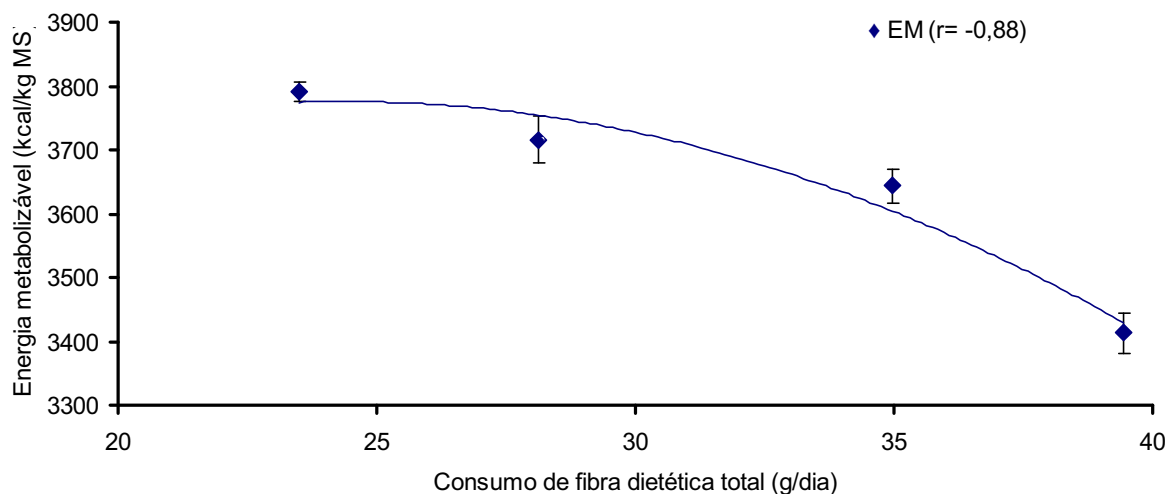
Item	P>F	R <sup>2</sup>	Equação
Matéria seca	<0,0001	0,9957	$Y = -0,46803x + 82,61286$
Matéria orgânica	<0,0001	0,9990	$Y = -0,51212x + 90,86437$
Proteína bruta	0,0012	0,9467	$Y = -0,117175x + 83,64403$
Extrato etéreo ácido	0,0058	0,8726	$Y = -0,09992x + 89,20960$
Amido	0,0009	0,8084	$Y = -0,00794x + 99,83967$
Fibra bruta	0,0001	0,8220	$Y = 0,20955x^2 - 2,75394x + 1,32243$
Fibra dietética total	<0,0001	0,9960	$Y = 0,07170x^2 - 2,31271x + 65,61874$
Energia bruta	<0,0001	0,9999	$Y = -0,44755x + 90,67011$
Energia metabolizável	<0,0001	0,8967	$Y = -0,63660x^2 - 4,27777x + 3787,77844$



CDA MS=  $96,6920 - 0,600168 \text{ CFDT}$  ( $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,88$ ); CDA MO=  $106 - 0,654 \text{ CFDT}$  ( $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,94$ ); CDA EB=  $104 - 0,570 \text{ CFDT}$  ( $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,92$ ).

**Figura 2.** Relação entre consumo de fibra dietética total (CFDT, g/dia) e coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e energia bruta (EB) de dietas contendo teores crescentes de farelo de glúten de milho 21.

O coeficiente de correlação entre a EM de dietas contendo teores crescentes de farelo de glúten 21 e o consumo de fibra foi elevado, porém negativo (Figura 3). Contudo, esta redução não ocorreu de forma pronunciada como verificado para a digestibilidade da MS, MO e EB. Foi possível verificar que o consumo de um grama de FDT ocasionou redução de 21,6 kcal de EM da dieta. A redução no aproveitamento dos nutrientes relacionada à inclusão de farelo de glúten 21 e, por conseqüência, ao aumento no consumo de FDT pode justificar a diminuição na EM das dietas, pois além de interagir de forma negativa com os demais nutrientes dietéticos, a energia biodisponível da fibra é extremamente baixa para animais monogástricos.

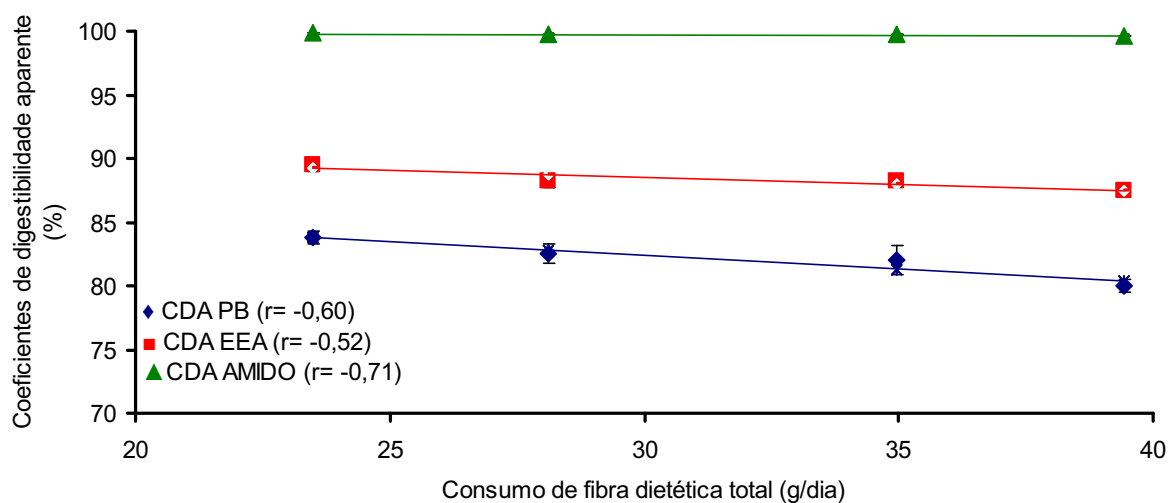


EM= 4322 – 21,6 CFDT ( $p < 0,0001$ ;  $R^2 = 0,77$ ).

**Figura 3:** Relação entre consumo de fibra dietética total (CFDT, g/dia) e energia metabolizável (EM) de dietas contendo teores crescentes de farelo de glúten de milho 21.

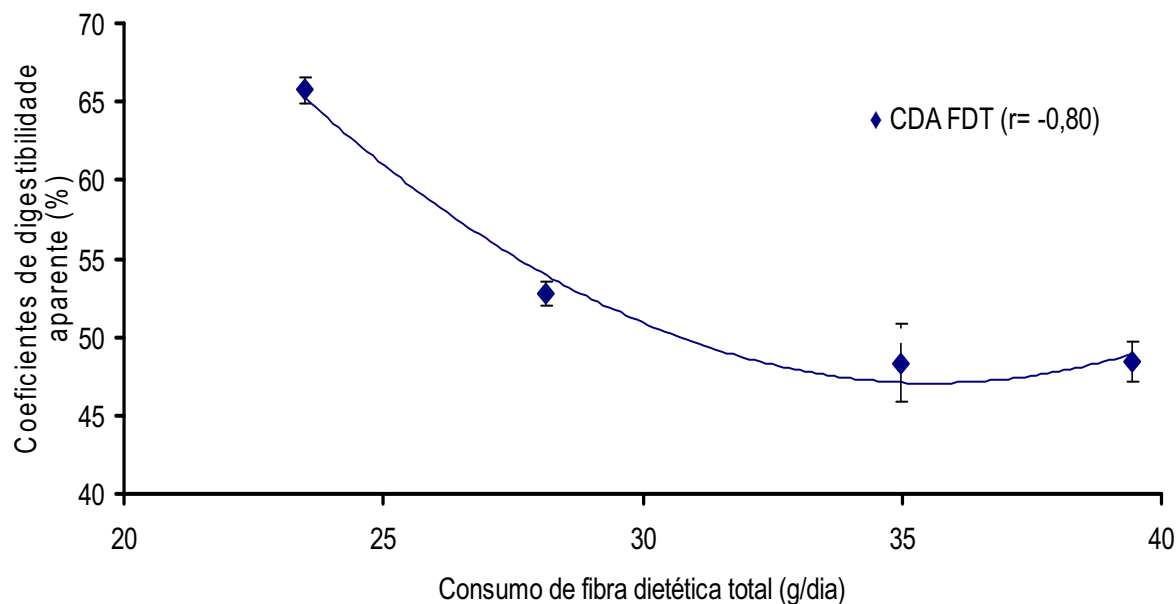
Contudo, como já mencionado, houve menor influência da inclusão de teores crescentes de farelo de glúten 21 sobre a digestibilidade da PB, EEA e amido, de modo que para cada unidade de adição do ingrediente, houve redução de apenas 0,12, 0,10 e 0,01 pontos percentuais, respectivamente. Tal fato fica evidente quando considerado o baixo coeficiente de correlação entre a digestibilidade da PB, EEA e amido e o consumo de FDT (Figura 4), ocasionando redução de apenas 0,21, 0,11 e 0,01 unidades na digestibilidade destes nutrientes, respectivamente.

A Figura 5 ilustra o efeito do aumento no consumo de fibra (g/dia) sobre a digestibilidade desta fração, evidenciando a redução na digestibilidade da FDT em dietas com maior teor de amido. Entretanto, o coeficiente de correlação entre consumo de FDT e digestibilidade desta, indica que o aumento na ingestão de fibra não reduziu de forma pronunciada o aproveitamento desta fração em relação ao efeito verificado para MS, MO e EB.



CDA PB=  $88,7 - 0,211 \text{ CFDT}$  ( $p=0,0093$ ;  $R^2= 0,359$ ); CDA EEA=  $91,7 - 0,106 \text{ CFDT}$  ( $p=0,0127$ ;  $R^2= 0,271$ ); CDA AMIDO=  $100 - 0,0112 \text{ CFDT}$  ( $p=0,0007$ ;  $R^2= 0,501$ ).

**Figura 4.** Relação entre consumo de fibra dietética total (CFDT, g/dia) e coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) da proteína bruta (PB), extrato etéreo ácido (EEA) e amido de dietas contendo teores crescentes de farelo de glúten de milho 21.



CDA FDT=  $86,1 - 1,03 \text{ CFDT}$  ( $p<0,0001$ ;  $R^2= 0,637$ ).

**Figura 5.** Relação entre consumo de fibra dietética total (CFDT, g/dia) e coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da fibra dietética total (FDT) de dietas contendo teores crescentes de farelo de glúten de milho 21.



Os efeitos da inclusão de teores crescentes de farelo de glúten 21 em alimentos secos para cães adultos sobre a qualidade e quantidade de fezes e urina dos animais encontram-se nas Tabelas 9 e 10. Foi possível observar, de modo geral, prejuízo linear ( $p < 0,0001$ ) nas características qualitativas das fezes e aumento da excreção fecal de cães que consumiram dietas com farelo de glúten 21. O modelo que melhor se ajustou ao escore de fezes foi o quadrático ( $p = 0,0017$ ).

Do ponto de vista comercial, volume e consistência das fezes produzidas pelos cães são características importantes. Neste contexto, a quantidade de fezes excretada pelos animais que consumiram a dieta contendo 21% de farelo de glúten em relação aqueles alimentados com dieta basal praticamente dobrou, de 56,09g para 106,65g ao dia. O aumento na produção de fezes foi acompanhado pela redução significativa ( $p < 0,05$ ) no teor de MS e escore fecal, indicando que a inclusão de farelo de glúten 21 promoveu a formação de fezes menos consistentes e com mais água. O aumento na excreção de MS com a inclusão do ingrediente em estudo ( $p < 0,05$ ) reflete a redução na digestibilidade dos nutrientes. Ao ajustar a produção de fezes pelo consumo de 100g de alimento observa-se que houve aumento linear ( $p < 0,0001$ ), de modo que a dieta basal proporcionou excreção de 32,30g de fezes por 100g de alimento ingerido, ao passo que os cães que consumiram dieta com 21% de farelo de glúten eliminaram 60,10g. Segundo DAVIDSON e MACDONALD (1998), a fibra dietética é a única substância nutritiva capaz de causar impacto significativo sobre o peso das fezes, sendo que a fibra insolúvel exerce efeito mais pronunciado sobre o volume fecal em relação à fibra solúvel pois conserva sua estrutura no cólon.

**Tabela 9.** Produção e características fecais e urinárias de cães mediante consumo das dietas experimentais com diferentes inclusões de farelo de glúten de milho 21.

Item	Dietas				EPM <sup>2</sup>	CV (%)	Contrastes	
	Basal	FGM 7%	FGM 14%	FGM 21%			Linear	Quadrático
g Fezes/dia	56,09 <sup>A</sup>	72,70 <sup>B</sup>	94,28 <sup>C</sup>	106,65 <sup>C</sup>	2,61	15,49	<0,0001	0,6883
% MS das fezes	49,69 <sup>A</sup>	47,46 <sup>B</sup>	44,79 <sup>C</sup>	42,35 <sup>D</sup>	0,38	3,99	<0,0001	0,8881
g MS fezes/dia	27,87 <sup>A</sup>	34,45 <sup>A</sup>	42,27 <sup>B</sup>	45,02 <sup>B</sup>	1,15	15,07	<0,0001	0,4161
Escore de fezes <sup>1</sup>	4,73 <sup>A</sup>	3,85 <sup>B</sup>	3,62 <sup>BC</sup>	3,52 <sup>C</sup>	0,05	6,62	<0,0001	0,0017
g Fezes/100g ração ingerida	32,30 <sup>A</sup>	40,68 <sup>B</sup>	50,31 <sup>C</sup>	60,10 <sup>D</sup>	0,84	8,95	<0,0001	0,6784
g MS fezes/100g MS ração ingerida	17,18 <sup>A</sup>	20,64 <sup>B</sup>	23,96 <sup>C</sup>	27,08 <sup>D</sup>	0,29	6,41	<0,0001	0,7651
pH das fezes	7,45 <sup>A</sup>	7,43 <sup>AB</sup>	7,32 <sup>AB</sup>	7,20 <sup>B</sup>	0,04	2,53	0,0194	0,5179
ml Urina	231,14 <sup>A</sup>	287,53 <sup>A</sup>	309,25 <sup>A</sup>	199,56 <sup>A</sup>	19,70	37,57	0,6832	0,0486
Densidade da urina (g/mL)	1,03 <sup>A</sup>	1,03 <sup>A</sup>	1,03 <sup>A</sup>	1,04 <sup>B</sup>	0,001	0,70	0,0226	0,0644
pH da urina	7,42 <sup>B</sup>	7,16 <sup>AB</sup>	7,23 <sup>AB</sup>	6,99 <sup>A</sup>	0,06	3,89	0,0290	0,9426

<sup>1</sup>Dados transformados ( $\sqrt{x}$ ) para análise estatística.

<sup>2</sup>Erro padrão da média, n= 6 animais por dieta.

Para cada variável, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan (p>0,05).

**Tabela 10.** Análise de regressão polinomial da produção e características fecais e urinárias dos cães mediante consumo das dietas experimentais, em relação à inclusão de farelo de glúten de milho 21.

Item	P>F	R <sup>2</sup>	Equação
g Fezes/dia	<0,0001	0,9904	$y = 2,47516x + 56,43893$
% MS das fezes	<0,0001	0,9989	$y = - 0,35291x + 49,77981$
g MS fezes/dia	<0,0001	0,9688	$y = 0,84674x + 28,51388$
Escore de fezes	<0,0001	0,9887	$y = 0,00098111x^2 - 0,03439x + 2,16643$
g Fezes/100g ração ingerida	<0,0001	0,9987	$y = 1,32864x + 31,89534$
pH das fezes	0,0164	0,9260	$y = - 0,01238x + 7,48000$
pH da urina	0,0317	0,7763	$y = -0,01724x + 7,38183$

Fibras insolúveis, como do farelo de glúten de milho 21, possuem a característica de reter água, ocasionando aumento no volume fecal (MEYER e TUNGLAND, 2001). A capacidade de reter água está diretamente relacionada ao comprimento médio da fibra, sendo que para celulose e fibra do farelo de trigo, a retenção de água varia de 3,5 a 10 vezes seu peso. A inclusão de farelo de glúten 21 nas dietas resultou, como mencionado, na formação de fezes menos consistentes e com pior escore fecal, sendo o modelo quadrático aquele que melhor se ajustou aos dados ( $p=0,0017$ ). No entanto, este não foi um efeito exacerbado pois as características das fezes dos cães foram satisfatórias em todos os teores de adição testados, não tendo ocorrido episódios de diarreia durante o experimento. De qualquer forma, a maior eliminação de água por meio das fezes dos cães alimentados com dieta contendo 21% de farelo de glúten de milho ocasionou, possivelmente, menor eliminação de urina ( $p=0,0486$ ) e aumento de sua densidade ( $p=0,0226$ ).

No processo de maceração do milho para obtenção do farelo de glúten 21 é produzida grande quantidade de ácido láctico, que permanece no ingrediente em

concentração próxima a 6% (Tabela 5). Assim, é possível que a redução linear ( $p=0,0194$ ) no pH das fezes seja consequência, ao menos em parte, do aumento na ingestão deste ácido. Entretanto, não se pode desconsiderar o provável efeito da atividade fermentativa intestinal sobre a redução do pH das fezes. De acordo com CUMMINGS e MACFARLANE (1991), o pH do material presente no cólon e das fezes resultantes é influenciado pela proporção relativa entre ácidos graxos de cadeia curta e outros produtos finais do processo fermentativo como metano, amônia, aminas, fenóis, indóis, entre outros. Além disso, de acordo com SWANSON et al. (2002) o aumento na concentração de lactato, freqüentemente, reduz o pH no lúmen intestinal, funcionando como potente antimicrobiano para diversas espécies de microorganismos patogênicos.

Todavia, ainda existe grande contradição com relação ao efeito que o lactato exerce sobre o pH, pois segundo BERNALIER et al. (1999) os produtos intermediários da fermentação de bactérias hidrolíticas e sacarolíticas, como lactato e succinato, são metabolizados por outras espécies de microorganismos e não são acumulados em concentração significativa no cólon. No presente estudo foi possível observar que a concentração fecal de ácido láctico (mMol/kg MS fezes) apresentou aumento linear nas fezes dos cães com a adição de farelo de glúten de milho 21 ( $p=0,0178$ , dados mostrados adiante na Tabela 11), o que considerado em conjunto com os coeficientes de digestibilidade da FDT verificados para as dietas com 14% e 21% de inclusão do ingrediente (aproximadamente 48,37%, Tabela 7), torna possível que esta acidificação e presença de ácido láctico tenham origem, também, na fermentação microbiana no intestino grosso.

Houve redução linear no pH da urina ( $p=0,0290$ ), porém, por meio da análise isolada das médias, verifica-se diferença significativa ( $p<0,05$ ) para pH e densidade da urina somente dos cães que consumiram a dieta com maior teor de farelo de glúten 21, sendo que diferentes percentagens de inclusão do ingrediente provocaram pequena variação. A composição em macro-elementos do farelo de glúten 21 foi, possivelmente, responsável pela redução no pH da urina dos cães alimentados com dietas contendo o ingrediente.

A composição dos alimentos industrializados atuais tende a impor uma carga catiônica que induz cães e gatos a produzirem urina neutra ou mesmo alcalina (CARCIOFI, 2007), predispondo-os a urolitíase por estruvita (GEVAERT et al., 1991). Assim, é desejável a utilização de ingredientes que possam favorecer o equilíbrio da relação cátion-ânion, diminuindo os riscos de desenvolvimento de doenças relacionadas a este tipo de alteração metabólica.

Além disso, o excesso de bases levemente negativo do farelo de glúten de milho 21 (Tabela 5) sugere que este possa vir a ser uma alternativa, possivelmente segura, de acidificação da urina, uma vez que valores de excesso de bases muito negativos podem reduzir o pH sanguíneo (KIENZLE e WILMS-EILERS, 1994) e predispor a estados fisiológicos indesejáveis como acidose metabólica. Os macroelementos considerados no cálculo do excesso de bases são Ca, Mg, Na, K, P, S e Cl, de modo que o valor negativo obtido para o farelo de glúten de milho 21 pode ser atribuído à sua elevada concentração em P e baixa em Mg, Ca e Na.

Na Tabela 11 são apresentados os efeitos do consumo das dietas experimentais contendo teores crescentes de farelo de glúten de milho 21 sobre a concentração de ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico nas fezes dos cães. Estes são representados pelas equações polinomiais apresentadas na Tabela 12.

A concentração de butirato nas fezes dos cães não variou em função da adição de farelo de glúten de milho 21 ( $p=0,1851$ ). Com relação ao ácido acético, este apresentou comportamento quadrático ( $p=0,0064$ ), com redução de sua concentração fecal nas adições de 7 e 14% de farelo de glúten 21. Propionato ( $p=0,0122$ ) e lactato ( $p=0,0178$ ) aumentaram linearmente com a inclusão do ingrediente, com elevações aproximadas de 30% e 50% em suas concentrações, respectivamente. Por outro lado, quando analisadas as médias de forma isolada o teste de Duncan demonstrou não haver diferença significativa no teor de ácido láctico nas fezes dos cães e o elevado coeficiente de variação desta característica pode ter prejudicado a detecção destas diferenças.

**Tabela 11.** Concentração de ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico (mMol/kg MS) nas fezes de cães mediante consumo das dietas experimentais com diferentes inclusões de farelo de glúten de milho 21.

Item	Dietas					EPM <sup>1</sup>	CV (%)	Contrastes	
	Basal	FGM 7%	FGM 14%	FGM 21%	Linear			Quadrático	
	(mMol/kg MS fezes)								
Ácido acético	212,44 <sup>A</sup>	168,61 <sup>B</sup>	170,61 <sup>B</sup>	197,69 <sup>AB</sup>	5,79	15,13	0,4242	0,0064	
Ácido propiônico	72,61 <sup>B</sup>	67,26 <sup>B</sup>	82,53 <sup>AB</sup>	97,43 <sup>A</sup>	3,62	22,20	0,0122	0,1785	
Ácido butírico	35,38	26,64	29,93	30,19	1,35	21,73	0,3232	0,1129	
Ácido láctico	8,53 <sup>A</sup>	9,12 <sup>A</sup>	12,71 <sup>A</sup>	12,82 <sup>A</sup>	0,71	32,22	0,0178	0,8692	
Ácidos graxos de cadeia curta totais	320,43 <sup>AB</sup>	262,51 <sup>B</sup>	283,07 <sup>AB</sup>	325,31 <sup>A</sup>	9,75	16,04	0,6912	0,0189	
Ácidos graxos totais	328,96 <sup>AB</sup>	271,63 <sup>B</sup>	295,78 <sup>AB</sup>	338,13 <sup>A</sup>	9,65	15,32	0,5565	0,0183	

<sup>1</sup>Erro padrão da média, n= 6 animais por dieta.

Para cada variável, médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Duncan (p>0,05).

**Tabela 12.** Análise de regressão polinomial da concentração de ácidos graxos de cadeia curta e ácido láctico nas fezes dos cães mediante consumo das dietas experimentais, em relação à inclusão de farelo de glúten de milho 21.

Item	P>F	R <sup>2</sup>	Equação
Ácido acético	0,0162	0,9843	$y = 0,36176x^2 - 8,20088x + 211,40537$
Ácido propiônico	0,0114	0,7638	$y = 1,28204x + 66,49596$
Ácido láctico	0,0179	0,8632	$y = 0,23542x + 8,32244$
Ácidos graxos de cadeia curta totais	0,0148	0,9409	$y = 0,51101x^2 - 10,22845x + 317,59022$
Ácidos graxos totais	0,0156	0,9289	$y = 0,50859x^2 - 9,94225x + 325,79415$

Torna-se importante destacar que o conhecimento sobre fermentação de fibras pela microflora intestinal de cães e gatos é escasso. A capacidade fermentativa destes animais é, em geral, limitada devido às suas características anatômicas, como ceco curto e intestino grosso não saculado, além da natureza carnívora de suas dietas em vida selvagem (SUNVOLD et al., 1995a).

A diminuição na concentração de amido purificado de milho e conseqüente aumento no teor de amido residual proveniente do farelo de glúten 21 podem ter reduzido a digestibilidade ileal deste nutriente e disponibilizado maior quantidade para fermentação no intestino grosso. Além disso, é possível que a composição do farelo de glúten 21 neste nutriente seja mais abundante em amido resistente, que também pode ser fermentado a propionato pelos microorganismos do cólon. Isto justificaria o aumento na concentração de ácido propiônico nas fezes dos cães, considerando que este é o principal produto da fermentação do amido. Contudo, como os microorganismos fermentativos não são totalmente eficientes foi possível verificar pequena redução na digestibilidade aparente do amido das rações. Com relação ao lactato, porém, torna-se difícil estabelecer uma relação direta uma vez que houve aumento em seu consumo com a inclusão de farelo de glúten 21, o que impossibilita a diferenciação precisa entre o lactato de origem alimentar daquele oriundo da atividade fermentativa intestinal.

A oscilação na concentração de ácido acético e ácido propiônico nas fezes dos cães pode ser resultado da competição por substratos. Sabe-se que as bactérias presentes no intestino grosso utilizam, preferencialmente, amido como fonte de energia e que este composto estimula a síntese de propionato, ao passo que a fibra favorece a produção de acetato. Assim, como as dietas com 7% e 14% de farelo de glúten de milho 21 possuem maior teor de amido em relação aquela com 21%, houve maior fermentação deste substrato em prejuízo da utilização da fibra, comportamento este indicado pela diminuição na concentração de ácido acético e aumento no teor de ácido propiônico nas fezes dos animais. Por outro lado, a maior proporção de fibra presente na dieta com 21% do ingrediente em estudo pode ter atuado como um estímulo ao aumento da população de microorganismos que utilizam este tipo de substrato, o que ocasionou aumento na síntese de acetato. Entretanto, como no

presente estudo não foi avaliada a composição da microflora intestinal dos cães, não é possível afirmar de forma precisa a real influência do tipo de substrato sobre a dinâmica populacional de bactérias.

A análise da concentração de ácidos graxos totais (AGT) nas fezes, que equivale ao somatório de ácido acético, propiônico, butírico e láctico, permite considerar que a adição de cerca de 9,77% de farelo de glúten de milho 21 à dieta de cães proporcionou concentração mínima destes produtos considerando os teores de inclusão estudados. Assim, o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o quadrático ( $p=0,0156$ ). As variações no consumo de fibras, ácido láctico e amido dos diferentes tratamentos experimentais, bem como as interações entre estes fatores tornam difícil a interpretação dos achados.

De forma genérica, foi possível observar que a inclusão de farelo de glúten de milho 21 ocasionou reduzida influência sobre a quantificação de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC) nas fezes dos cães, o que corrobora com os achados de GUEVARA et al. (2008) que ao avaliarem a fermentação *in vitro* de fibra de milho derivada da produção de etanol, constataram que esta é pobremente fermentada pela microbiota intestinal. Ao avaliar a proporção entre os AGCC aferidos no presente estudo foi possível observar que a concentração de ácido acético foi maior em relação ao propiônico e este último em relação ao butírico. Este padrão foi verificado na fermentação *in vitro* de outros ingredientes ricos em fibra, como casca de soja e de amendoim (SUNVOLD et al., 1995a). Assim, a relação média acético: propiônico: butírico nas fezes dos cães que consumiram dietas contendo farelo de glúten de milho 21 foi de 6:3:1. Esta proporção foi semelhante à descrita por DAVIDSON e MACDONALD (1998) de 60:25:15 e por GUEVARA et al. (2008) de 5,7:3:1.

A relação acético:propiônico pode ser modificada pelo tipo de fibra. SUNVOLD et al. (1995a) em estudo com fermentação *in vitro* que utilizou como substrato fezes de cães alimentados com polpa cítrica (fibra solúvel padrão) ou celulose (fibra insolúvel padrão) não encontraram diferença significativa na produção de AGCC quando estes foram considerados individualmente. No entanto, quando analisada a proporção ácido acético:propiônico, verificaram que o substrato contendo celulose



proporcionou menor desaparecimento da MO e maior proporção acético:propiónico. Quando avaliada inclusões crescentes de fibra insolúvel, como no presente estudo, esta relação parece ser constante, considerando que se manteve em 2:1.

Existe uma série de fatores que podem influir sobre a produção de AGCC e, conseqüentemente, sobre a proporção entre estes metabólitos. MACFARLANE et al. (1992) demonstraram que o longo tempo de trânsito no intestino grosso pode provocar profundos efeitos na fisiologia e metabolismo bacteriano, levando à quebra de proteína e fermentação dos aminoácidos, contribuindo para aumento dos AGCC no cólon. Considerando que o farelo de glúten de milho 21 tenha, possivelmente, aumentado o trânsito intestinal, é provável que a baixa oscilação na produção de AGCC tenha ocorrido devido ao menor tempo disponível para fermentação, além da característica intrínseca da fibra do milho.

Há que se considerar, entretanto, que ácidos graxos de cadeia curta juntamente com  $\text{Na}^+$  são absorvidos de forma rápida e à uma mesma taxa, na mucosa do cólon de cães (HERSCHEL et al., 1981). Desta forma, aferições destes metabólitos realizadas nas fezes, como na presente pesquisa, podem não refletir de forma fidedigna, em termos quantitativos, a magnitude da atividade fermentativa no intestino grosso. De qualquer forma, o farelo de glúten 21 parece não fornecer substratos capazes de propiciar elevada fermentação. Isto pode ser constatado, também, pela reduzida interferência do ingrediente sobre a qualidade das fezes dos cães, cujo teor de matéria seca se manteve acima de 40% e o escore fecal acima de 3,5, valores estes considerados adequados.

Em termos gerais foi possível constatar que o farelo de glúten 21 é um ingrediente rico em fibra, que possui boa disponibilidade no mercado e sua utilização pode ser economicamente viável. Fibras insolúveis como do farelo de glúten de milho 21 exercem importante efeito benéfico sobre a mucosa intestinal pois podem diminuir o tempo de trânsito intestinal e, conseqüentemente, proteger o cólon da exposição prolongada à substâncias citotóxicas que podem ser carcinogênicas. Além disso, o aumento do volume da digesta dilui estas substâncias reduzindo seu potencial efeito (DAVIDSON e MACDONALD, 1998). Outro atrativo na utilização de ingredientes

ricos em fibra é sua capacidade de diluir calorias, o que os torna aplicáveis à alimentos destinados à animais obesos ou que realizam pouca atividade física.

#### **4.3 Comparação da energia metabolizável e dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do farelo de glúten de milho 21 para cães determinados pelos métodos de substituição e de regressão**

A energia metabolizável e os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes do farelo de glúten de milho 21 para cães, determinados pelos métodos de substituição (MATTERSON et al., 1965) e de regressão estão apresentados na Tabela 13.

O método de regressão assume que não há interação entre a digestibilidade dos nutrientes na dieta basal e o alimento avaliado (FAN e SAUER, 1995a). Caso esta interação exista, a digestibilidade dos nutrientes nas dietas com diferentes porcentagens de inclusão do ingrediente (variável dependente) e o nível de contribuição dos nutrientes na dieta basal (variável independente) será curvilíneo e os valores de digestibilidade não poderão ser determinados (FAN e SAUER, 1995a). Desta forma, apesar de haver ajuste dos modelos linear e quadrático ao coeficiente de digestibilidade da FDT e à EM do farelo de glúten 21, apenas as equações lineares foram consideradas e, neste caso, torna-se importante destacar que, embora houvesse prejuízo na avaliação dos coeficientes de determinação das equações, estas foram significativas.

Foi possível verificar que os coeficientes de digestibilidade aparente da PB, EEA e amido determinados por ambas metodologias apresentaram valores próximos. No entanto, a digestibilidade da MS e MO determinadas pelo método de regressão, apresentaram valores consideravelmente inferiores aqueles verificados pela metodologia de substituição. Por outro lado, a digestibilidade da FDT determinada por ambas metodologias originou valores negativos.

**Tabela 13.** Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e energia metabolizável do farelo de glúten de milho 21 para cães, determinados pelos métodos de regressão e por substituição.

Item	Equação	R <sup>2</sup>	P>F	Regressão (extrapolação)	Substituição (MATTERSON et al., 1965)
Digestibilidade da Matéria seca (%)	$y = -0,46803x + 82,61286$	0,9957	<0,0001	35,81	52,73
Digestibilidade da Matéria orgânica (%)	$y = -0,51212x + 90,86437$	0,9990	<0,0001	39,65	52,41
Digestibilidade da Proteína bruta (%)	$y = -0,117175x + 83,64403$	0,9467	0,0012	71,93	68,84
Digestibilidade da Extrato etéreo ácido (%)	$y = -0,09992x + 89,20960$	0,8726	0,0058	79,23	74,38
Digestibilidade da Fibra dietética total (%)	$y = -0,85532x + 62,73464$	0,7875	<0,0001	-22,80%	-36,40
Digestibilidade do Amido (%)	$y = -0,00794x + 99,83967$	0,8084	0,0009	99,05	99,80
Digestibilidade da Energia bruta (%)	$y = -0,44755x + 90,67011$	0,9999	<0,0001	45,92	54,46
Energia metabolizável kcal/kg MS	$y = -17,21820x + 3813,38687$	0,8222	<0,0001	2092	2023

Embora a determinação da digestibilidade da fração fibrosa do farelo de glúten 21 por ambas metodologias experimentais conduzissem a valores de difícil interpretação do ponto de vista matemático, observa-se coerência entre os resultados, o que permite o entendimento fisiológico da dinâmica da fibra deste ingrediente no trato gastrintestinal dos cães. Portanto, foi possível verificar o reduzido aproveitamento desta fração por cães.

É comum a determinação por meio do método de substituição de coeficientes de digestibilidade superiores a 100% ao estudar, em animais herbívoros, alimentos fibrosos que estimulam a digestão da dieta basal, de forma que a mistura da dieta basal com certa porcentagem do alimento-teste apresenta digestibilidade superior em relação à da dieta basal isoladamente (POND et al., 1995). De forma análoga, uma possível explicação para o valor negativo de digestibilidade da FDT determinada pela referida metodologia é a ocorrência de efeito associativo entre o farelo de glúten 21 e a dieta basal. Considerando que a fração fibrosa do ingrediente apresentou digestibilidade extremamente baixa pelos cães, a inclusão de 30% de farelo de glúten 21 na dieta teste prejudicou a digestão da fibra dos restantes 70% referentes à dieta basal. Neste caso, a inclusão de menor porcentagem do ingrediente poderia minimizar a ocorrência de efeitos associativos.

FREITAS et al. (2004) verificaram, em ensaio conduzido com pintos, a importância de se considerar a porcentagem de inclusão de alimentos fibrosos na dieta referência. Para tanto, avaliaram a digestibilidade e os valores energéticos da semente e do farelo de girassol considerando 20% e 40% de substituição. Os resultados mostraram que a inclusão de 40%, tanto da semente como do farelo de girassol, proporcionou redução nos coeficientes de digestibilidade da MS e gordura e na EM destes alimentos em relação à adição de 20%. O alto teor de fibra dos alimentos reduziu a digestibilidade dos nutrientes por aumentar a taxa de passagem e/ou por dificultar o acesso das enzimas digestivas aos nutrientes.

PB, EEA e amido, ou seja, aqueles nutrientes que, possivelmente, não tiveram sua digestibilidade afetada de forma pronunciada pela composição em fibra do farelo de glúten 21, os coeficientes de digestibilidade foram semelhantes quando determinados por substituição e por regressão. Porém, a fibra deste ingrediente

reduziu sobremaneira a digestibilidade da MS, MO e EB, prejudicando a quantificação do aproveitamento destes por cães. De modo análogo, era de se esperar menor valor de EM determinado por regressão, o que não se confirmou.

A escolha de um método adequado para avaliar alimentos para cães deve considerar as particularidades e limitações deste. Assim, a metodologia de regressão é mais onerosa, pois exige maior número de dietas experimentais, no entanto, pode fornecer informações sobre o aproveitamento de ingredientes e estabelecer o teor adequado de utilização destes nas dietas. Uma das desvantagens, é que pressupõe linearidade nas respostas obtidas com a inclusão do ingrediente avaliado, o que nem sempre ocorre, podendo diminuir a confiança nos resultados obtidos ou até mesmo impossibilitar a determinação destes. A principal crítica ao método, entretanto, relaciona-se ao fato da equação ser válida somente para o intervalo de inclusão estudado, sendo que a extrapolação aumenta o erro experimental e pode fornecer resultados que não condizem com a fisiologia do animal.

Por outro lado, o método de substituição pressupõe inexistência de efeitos associativos entre o ingrediente avaliado e a dieta basal, o que, também, nem sempre ocorre, porém, a confiabilidade nos resultados obtidos é maior, considerando que a digestibilidade é determinada e não extrapolada. Permite determinar somente a digestibilidade dos nutrientes e os valores energéticos de alimentos, sem, no entanto, estabelecer o teor adequado de utilização deste em dietas.

Para cães, assim como ocorre em animais de produção, a escolha da metodologia experimental adequada vai depender dos objetivos da pesquisa e, principalmente, da composição do ingrediente a ser estudado. Entretanto, é possível constatar que o método utilizado é de fundamental importância na análise e interpretação dos resultados.

## 5. CONCLUSÕES

A utilização do farelo de glúten de milho 21 deve considerar seu alto teor de fibra, pois em virtude desta característica possui reduzida digestibilidade da MS e MO e, conseqüentemente, baixa EM. Com base na digestibilidade dos nutrientes e na EM das dietas, foi possível verificar que a utilização de 14% deste ingrediente em alimentos secos para cães adultos não reduz de forma pronunciada o aproveitamento do alimento.

Devido à baixa EM e ao excesso de bases negativo do farelo de glúten de milho 21, este pode ser uma alternativa interessante em dietas para cães com necessidades especiais, como animais obesos ou com predisposição à urolitíase por estruvita. Entretanto, mais estudos são necessários para avaliar a adequação do farelo de glúten de milho 21 a estes tipos de alimentos.

O método utilizado no estudo de alimentos para cães é de fundamental importância para análise e interpretação dos resultados, sendo um fator que deve ser considerado.

## 6. IMPLICAÇÕES

A indústria de alimentos para cães e gatos apresentou grande expansão nos últimos anos e se considerar o crescente aumento da população de animais de companhia fica evidente o enorme potencial deste segmento. Para suportar tal crescimento considerando, também, a alta no preço dos grãos é cada vez maior o interesse pelos subprodutos agrícolas, os quais oferecem a possibilidade de estreitar a relação entre indústria e consumidores de baixa renda, sem que haja prejuízo no valor nutricional do alimento. O farelo de glúten de milho 21 mostrou-se uma alternativa viável do ponto de vista nutricional pois apesar de reduzir a digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável da dieta, sua utilização não conduziu a valores considerados fora do padrão.

O presente trabalho buscou avaliar de forma completa a utilização do farelo de glúten de milho 21 em alimentos secos para cães, pois partiu da determinação da digestibilidade de seus nutrientes e de sua energia metabolizável o que contribuirá para a elaboração de um banco de dados que auxiliará o nutricionista assim como ocorre com animais de produção. Evidenciou, também, a importância de se considerar o método de determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável de um alimento.

Verificou os efeitos da inclusão do ingrediente em alimentos extrusados, considerando a digestibilidade dos nutrientes e energia metabolizável da dieta, além das características das fezes e urina dos animais mediante consumo de alimentos contendo farelo de glúten 21. Isto facilitou a visualização dos efeitos e do aproveitamento por cães de dietas contendo farelo de glúten de milho 21, gerando informações de relevância, principalmente, pelo fato de não terem sido localizados na literatura trabalhos com cães sobre o ingrediente. Entretanto, é importante explorar de forma mais profunda o potencial de utilização do farelo de glúten de milho 21 em alimentos com reduzida densidade energética e aqueles para controle/manutenção do pH da urina. A incidência de distúrbios metabólicos como obesidade e urolitíase têm aumentado nos últimos anos e estes são fatores que

prejudicam a qualidade de vida dos animais e, conseqüentemente, afetam de forma negativa a longevidade destes.



## 7. REFERÊNCIAS

ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: Simpósio Internacional Sobre Exigências Nutricionais de Aves e Suínos, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p.303-318.

ALVES, A.C.N. **Substituição parcial de silagem de milho por farelo de glúten de milho desidratado na ração de vacas holandesas em lactação.** Piracicaba, SP. ESALQ, 2006. 67p. (Dissertação de Mestrado).

ANDERSON, D.L.; HILL, F.W.; RENNER, R. Studies of the metabolizable and productive energy of glucose for the growing chick. **The Journal of Nutrition**, v.65, p.561-574, 1958.

ANDRIGUETO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; SOUZA, G.A.; BONA FILHO, A. **Nutrição Animal.** Paraná: Nobel, v.1, 4.ed., 1981. 395p.

ARGENZIO, R.A. Funções gerais do trato gastrintestinal e seu controle. **Dukes – Fisiologia dos Animais Domésticos.** 12<sup>a</sup>.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. 926p.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ANFALPET). **Setor de Pet Food (alimentos para animais de companhia) deve faturar US\$ 3,22 bilhões em 2008.** Disponível em: [http://anfalpet.org.br/Site/principal.php?id\\_menu=6](http://anfalpet.org.br/Site/principal.php?id_menu=6). Acesso em 08 de abril de 2008.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS (AAFCO). **Official Publication 1997.** Association of American Feed Control Officials, Atlanta, 1997.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS (AAFCO). **Official Publication 2004.** Association of American Feed Control Officials, Oxford, 2004.

ASSOCIATION OF THE OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (AOAC). **Official and tentative methods of analysis.** Arlington, Virginia: AOAC International, 16.ed., 1995.

BACH-KNUDSEN, K.E. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. **Animal Feed Science and Technology**, v.67, p.319-338, 1997.

BANTA, C.A.; CLEMENS, E.T.; KRINSKY, M.M.; SHEFFY, B.E. Sites of organic acid production and patterns of digesta movement in the gastrointestinal tract of dogs. **The Journal of Nutrition**, v.109, p.1592-1600, 1979.

BATH, D., DUNBAR, J., KING, J. Byproducts and unusual feedstuffs. **Feedstuffs**, v.71, n.31, 1999.

BAYLEY, H.S.; SUMMERS, J.D.; SLINGER, S.J. A nutritional evaluation of corn wet-milling by products with growing chicks and turkey poultry, adult roosters and turkeys, rats, and swine. **Cereal Chemistry**, v.48, p.27-33, 1971.

BERNALIER, A.; DORE, J.; DURAND, M. Biochemistry of fermentation. In.: **Colonic Microbiota, Nutrition and Healthy**. GIBSON, G.R.; ROBERFROID, M.B. editors. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999.

BLASI, D.A.; BROUK, M.J.; DOUILLARD, J.S.; MONTGOMERY, S.P. **Corn gluten feed: composition and feeding value for beef and dairy cattle**. Manhattan: Kansas State University, Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service, 2001. 14p. (Bulletin, MF-2488).

BLUNDELL, J.E; BURLEY, V.J. Satiation, satiety, and the action of fiber on food intake. **International Journal of Obesity**, v.11, suppl.1, p.9-25, 1987.

BOWMAN, J.G.P.; PATERSON, J.A. Evaluation of corn gluten feed in high-energy diets for sheep and cattle. **Journal of Animal Science**, v. 66, p.2057-2070, 1988.

BURKHALTER, T.M.; MERCHEN, N.R.; BAUER, L.L.; MURRAY, S.M.; PATIL, A.R.; BRENT, J.L.; FAHEY Jr., G.C. The ratio of insoluble to soluble fiber components in soybean hulls affects ileal and total-tract nutrient digestibilities and fecal characteristics of dogs. **The Journal of Nutrition**, v.131, p.1978-1985, 2001.

BURROWS, C.F.; KRONFELD, D.S.; BANTA, C.A.; MERRITI, A.M. Effects of fiber on digestibility and transit time in dogs. **The Journal of Nutrition**, v. 112, p.1726-1732, 1982.

CARCIOFI, A.C. Emprego de fibras em alimentos para cães e gatos. In.: V Simpósio sobre Nutrição de Animais de Estimação, 2005, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2005. p.95-108.

CARCIOFI, A.C.; BAZZOLI, R.S.; ZANNI, A. KIHARA, L.R.L.; PRADA, F. Influence of water content and the digestibility of pet foods on the water balance of cats. **Brazilian Journal Veterinary Research Animal Science**, v.42, n.6, p.429-434, 2005.

CARCIOFI, A.C.; VASCONCELLOS, R.S.; BORGES, N.C.; MORO, J.V.; PRADA, F.; FRAGA, V.O. Composição nutricional e avaliação de rótulo de rações secas para cães comercializadas em Jaboticabal-SP. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.58, n.3, p.421-426, 2006.

CARCIOFI, A.C. Métodos para estudo das respostas metabólicas de cães e gatos a diferentes alimentos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.235-249, 2007.

CARCIOFI, A.C.; VASCONCELLOS, R.S.; TESHIMA, E.; OLIVEIRA, L.D.; BRUNETTO, M.A.; PRADA, F. Efeito da fonte de fibra na digestibilidade dos nutrientes em rações para cães. (Submetido à Revista Brasileira de Zootecnia).

CASTANON, F.; HAN, Y.; PARSONS, C.M. Protein quality and metabolizable energy of corn gluten feed. **Poultry Science**, v.69, p.1165-1173, 1990a.

CASTANON, F.; LEEPER, R.W.; PARSONS, C.M. Evaluation of corn gluten feed in the diets of laying hens. **Poultry Science**, v.69, p.90-97, 1990b.

CAVALARI, A.P.M.; DONZELE, J.L.; VIANA, J.A.; ABREU, M.L.T.; OLIVEIRA, A.L.S.; FREITAS, L.S.; PEREIRA, A.A.; CARCIOFI, A.C. Determinação do valor nutritivo de alimentos energéticos e protéicos utilizados em rações para cães adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.5, p.1985-1991, 2006.

CERDA, J.J.; ROBBINS, F.L.; BURGIN, C.W.; GERENCSEK, G.A. Unstirred water layers in rabbit intestine: Effects of guar gum. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v.11, p.63-66, 1987.

CHO, C.H. La energia en la nutrición de los peces. In.: **Nutrición en acuicultura II**. Madrid-España: Espinosa de los Monteros, J. e Labarta, U., 1987. p.197-237.

COELHO DA SILVA, J.F.; LEÃO, M.I. **Fundamentos de nutrição dos ruminantes**. Piracicaba: Livrocetes, 1979. 380p.

COLE, J.T.; FAHEY Jr., G.C.; MERCHEN, N.R.; PATIL, A.R.; MURRAY, S.M.; HUSSEIN, H.S.; BRENT Jr., L. Soybean hulls as a dietary fiber source for dogs. **Journal of Animal Science**, v.77, p.917-924, 1999.

CUMMINGS, J.H.; MACFARLANE, G.T. The control and consequences of bacterial fermentation in the human colon: A review. **Journal of Applied Bacteriology**, v.70, p.443-459, 1991.

DAVIDSON, M.H.; MACDONALD, A. Fiber: Forms and Functions. **Nutrition Research**, v.18, n.4, p.617-624, 1998.

DIBARTOLA, S.P. **Fluid therapy in small animal practice**. Philadelphia: W.B. Saunders Company, 1992, 719p.

DROCHNER, W.; MEYER, H. Digestion of organic matter in the large intestine of ruminants, horses, pigs and dogs. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.65, p.18-40, 1991.

EARLE, K.E.; KIENZLE, E.; OPITZ, B.; SMITH, P.M.; MASKELL, I.E. Fiber affects digestibility of organic matter and energy in pet foods. **The Journal of Nutrition**, v. 128, p.2798S-2800S, 1998.

ERWIN, E.S.; MARCO, G.J.; EMERY, E.M. Volatile fatty acid analyses of blood and rumen fluid by gas chromatography. **Journal of Dairy Science**, v.44, p.1768-1771, 1961.

EVVARD, J.M. Corn gluten feed for fattening fall pigs. **Journal of Animal Science**, p.70-74, 1920.

FAHEY Jr., G.C.; 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**, v.68, n.12, p.4221-4228, 1990a.

FAHEY Jr., G.C.; 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**, v.68, n.12, p.4229-4235, 1990b.

FAHEY Jr., G.C.; MERCHEN, N.R.; CORBIN, J.E.; HAMILTON, A.K.; BAUER, L.L.; TITGEMEYER, E.C.; HIRAKAWA, D.A. 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. **Journal of Animal Science**, v.70, p.1169-1174, 1992.

FAN, M.Z.; SAUER, W.C. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in barley and canola meal for pigs with the direct, difference, and regression methods. **Journal of Animal Science**, v.73, p.2364-2374, 1995a.

FAN, M.Z.; SAUER, W.C. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in peas for pigs with the direct, difference and regression methods. **Livestock Production Science**, v.44, p.61-72, 1995b.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K.; NEME, R. Determinação da digestibilidade dos nutrientes e da energia metabolizável da semente e do farelo de girassol para frangos de corte. In.: 41<sup>a</sup> Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2004.

FUNDAÇÃO CARGILL. **Produtos de milho processados por via úmida para uso em rações**. 1.ed. Campinas: Fundação Cargill, 1980. 20p.

FUSE, K.; BAMBIA, T.; HOSODA, S. Effects of pectin on fatty acid and glucose absorption and on thickness of unstirred water layer in rat and human intestine. **Digestive Diseases and Sciences**, v.34, n.7, p.1109-1116, 1989.

GEVAERT, D.M.; KLOOSTER, A.T.V.; WILDE, R.O.; KAPPERT, H.J. Effect of macromineral composition of diets on blood acid-base equilibrium and urinary acidity in dogs. **The Journal of Nutrition**, v.121, p.93S-94S, 1991.

GUEVARA, M.A.; BAUER, L.L.; ABBAS, C.A.; BEERY, K.E.; HOLZGRAEFE, D.P.; CECAVA, M.J.; FAHEY JR., G.C. Chemical composition, in vitro fermentation characteristics, and in vivo digestibility responses by dogs to select corn fibers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.56, p.1619-1626, 2008.

HARJU, E.; HEIKKILA, J.; LARMI, T.K.I. Effect of guar gum on gastric emptying after gastric resection. **Journal of Parenteral and Enteral Nutrition**, v.8, p.18-20, 1983.

HASSID, W.Z. 1970. Biosynthesis of sugars and polysaccharides. p.301-373. In: **The Carbohydrates. Chemistry and Biochemistry**, W. Pigman and D. Horton, eds. New York: Academic Press.

HERSCHEL, D.A.; ARGENZIO, R.A.; SOUTHWORTH, M.; STEVENS, C.E. Absorption of volatile fatty acid and H<sub>2</sub>O by the colon of the dog. **American Journal of Veterinary Research**, v.42, p.1118-1124, 1981.

HOLM, J.I.; BJORCK, A.; DREWS, N.G. ASP. A rapid method for the analysis of starch. **Starch/Stärke**, v.38, p.224-226, 1986.

HOLT, S.; HEADING, R.C.; CARTER, D.C.; PRESCOTT, L.F.; TOTHILL, P. Effect of gel fiber on gastric emptying and absorption of glucose and paracetamol. **Lancet**, v.i, p.636-639, 1979.

HONEYMAN, M.S. **Corn gluten feed as a principal feed ingredient for gestating swine: Effects on long term reproductive performance and energy, lysine and tryptophan utilization.** Iowa, ISU, 1989. 120p. (Tese de Doutorado).

HONEYMAN, M.S.; ZIMMERMAN, D.R. Long-term effects of corn gluten feed on the reproductive performance and weight of gestating sows. **Journal of Animal Science**, v.68, p.1329-1336, 1990.

ICC – International Association for Cereal Science and Technology. **Standard Methods.** Determination of starch content by calcium chloride dissolution. n.122/1, 1995, Vienna.

JEWELL, D.E.; TOLL, P.W.; NOVOTNY, B.J. Satiety reduces adiposity in dogs. **Veterinary Therapeutics**, v.1, n.1, p.17-23, 2000.

JORGENSEN, H.; SAUER, W.C.; THACKER, P.A. Amino acid availabilities in soybean meal, sunflower meal, fish meal and meat bone meal fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.58, n.4, p.926-934, 1984.

KARKALAS, J.J. An improved enzymatic methods for determination of native and modified starch. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.36, p.1019-1027, 1985.

KEARNS, R.J.; HAYEK, M.G.; SUNVOLD, G.D. Microbial changes in aged dogs. In.: Recent Advances in Canine and Feline Nutritional Research. **Iams Nutrition Symposium Proceedings**, Reinhart, G.A. e Carey, D.P., v.II, p.337-351, eds. Wilmington, Ohio: Orange Frazer Press, 1998.

KENDALL, P.T.; HOLME, D.W. Studies on the digestibility of soya bean products, cereals, cereal and plant by-products in diets of dogs. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.33, n.9-10, p.813-822, 1982.

KENT, N.L. **Technology of cereals: An introduction for students of food science and agriculture**. 3.ed. Great Britain, Pergamon Press, 1983. 221p.

KIENZLE, E.; WILMS-EILERS, S. Struvite diet in cats: Effect of ammonium chloride and carbonates on acid base balance of cats. **The Journal of Nutrition**, v. 124, p.2652S-2659S, 1994.

KIENZLE, E.; BIOURGE, V.; SCHÖNMEIER, A. Prediction of energy digestibility in complete dry foods for dogs and cats by total dietary fiber. **The Journal of Nutrition**, v.136, p.2041S-2044S, 2006.

KRITCHEVSKY, D. Dietary fiber. **Annual Review of Nutrition**, v.8, p.301-328, 1988.

LAFLAMME, D.P. Understanding and managing obesity in dogs and cats. **Veterinary Clinics Small Animal Practice**, v.36, p.1283-1295, 2006.

LE GOFF, G.; MILGEN, J.V.; NOBLET, J. Influence of dietary fibre on digestive utilization and rate of passage in growing pigs, finishing pigs and adult sows. **Animal Science**, v.74, p.503-515, 2002.

LEESON, S.;SUMMERS, J.D. **Nutrition of the Chicken**. 4<sup>a</sup>ed., Guelph, Ontário: Canadá, 2001. 591p.

LEWIS, L.D.; MAGERKURTH, J.H.; ROUDEBUSH, P.; MORRIS Jr., M.L.; MITCHELL, E.E.; TEETER, S.M. Stool characteristics, gastrointestinal transit time and nutrient digestibility in dogs fed different fiber sources. **The Journal of Nutrition**, v.124, p.2716S-2718S, 1994.

LICHTENTHALER, F.W. Towards improving the utility of ketoses as organic raw materials. **Carbohydrate Research**, v.313, p.69-89, 1998.

LOPES FILHO, J.F.; BURIK, P.; TUMBLESON, M.E.; ECKHOFF, S.R. The intermittent milling and dynamic steeping (IMDS) process for corn starch recovery. **Cereal Chemistry**, v.74, n.5, p.633-638, 1997.

LOPES FILHO J.F. Avaliação da maceração dinâmica do milho após um curto período de hidratação e subsequente quebra do pericarpo do grão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.19, n.3, 1999.

MACFARLANE, G.T.; GIBSON, G.R.; CUMMINGS, J.H. Comparison of fermentation reactions in different regions of the human colon. **Journal of Applied Bacteriology**, v.72, p.57-64, 1992.

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

MATTE, J.J.; ROBERT, S.; GIRARD, C.L.; FARMER, C.; MARTINEAU, G.P. Effect of bulky diets base don wheat bran or oat hulls on reproductive of sows during their first two parities. **Journal of Animal Science**, v.72, p.1754-1760, 1994.

MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTUZ, N.W.; SINGSEN, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. p.3-11.

MEYER, H.; SCHUNEMANN, C. Rationsgestaltung und praecaecale bzw. postileale Verdaulichkeit der organischen Substanz. In.: **Beitrage zur Verdauungsphysiologie des Hundes**, Meyer, H., ed. Hamburg and Berlin: Verlag Paul Parey, p.14-23, 1989.

MEYER, D.; TUNGLAND, B. Non-digestible oligosaccharides and polysaccharides: Their physiological effects and health implications. In.: **Advanced Dietary Fibre Technology**, McCleary, B.V. e Prosky, L., eds. Oxford, UK: Blackwell Science Ltd, p.455-470, 2001.

MIDDELBOS, I.S.; FASTINGER, N.D.; FAHEY Jr., G.C. Evaluation of fermentable oligosaccharides in diets fed to dogs in comparison to fiber standards. **Journal of Animal Science**, v.85, p.3033-3044, 2007.

MUIR, H.E.; MURRAY, S.M.; FAHEY JR., G.C.; MERCHEN, N.R.; REINHART, G.A. Nutrient digestion by ileal cannulated dogs as affected by dietary fibers with various fermentation characteristics. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1641-1648, 1996.

NANTEL, G. Carbohydrates in human nutrition. **Food Nutrition**, v.24, p.6-10, 1999.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC), 2006. **Nutrient requirements of dogs and cats**. National Academy Press, Washington, DC, USA.

OWINGS, W.J.; SELL, J.L.; FERKET, P.; HASIAK, R.J. Growth performance and carcass composition of turkey hens fed corn gluten feed. **Poultry Science**, v.67, p.585–589, 1988.

PEZZATO, L.E.; MIRANDA, E.C.; BARROS, M.M.; PINTO, L.G.Q.; FURUYA, W.M.; PEZZATO, A.C. Digestibilidade aparente de ingredientes pela Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*), **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1595-1604, 2002.

POND, W.G.; CHURCH, D.C.; POND, K.R. **Basic animal nutrition and feeding**. 4. ed. New York: John Wiley, 1995. 615p.

PROSKY, L.; ASP, N.G.; FURDA, I.; DEVRIES, J.W.; SCWEIZER, T.F.; HARLAND, B.F. Determination of insoluble and soluble dietary fiber in foods and food products: Collaborative study. **Journal AOAC**, v.75, p.360-367, 1992.

PRYCE, J.D. A modification of the Barker-Summerson Method for the determination of lactic acid. **Analist**, v.94, p.1121-1151, 1969.

ROBERTSON, W.G.; JONES, J.S.; HEATON, M.A.; STEVENSON, A.E.; MARKWELL, P.J. Predicting the crystallization potential of urine from cats and dogs with respect to calcium oxalate and magnesium ammonium phosphate (Struvite). **The Journal of Nutrition**, v.132, 1637S-1641S, 2002.

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; BARBOZA, W.A.; SANTANA, R.T. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1767-1778, 2001.

ROSSNER, S. Dietary fiber in the prevention and treatment of obesity. In.: **Dietary Fiber – A Component of Food Nutritional Function in Health and Disease**, Schweizer, T.F., Edwards, C.A., eds. Berlin: Springer-Verlag, p.265-277, 1992.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; FERREIRA, A.S.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos. Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 2.ed. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186p.

SÁ-FORTES, C.M.L. **Valor nutricional de ingredientes energéticos e protéicos para cães**. Jaboticabal, SP. FCAV, 2005. 74p. (Tese de Doutorado).

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.

SAS INSTITUTE. **SAS onlinedoc 9.13**. Cary, 2004.



SANTOS, F.A.P.; PEREIRA, E.M.; PEDROSO, A.M.; Suplementação energética de bovinos de corte em confinamento. In.: Simpósio sobre bovinocultura de corte, 5, 2004, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: FEALQ, 2004. p.261-297.

SHIELDS, R.G. Digestibility and metabolizable energy measurement in dogs and cats. In.: Proceedings Petfood Forum'93. **Proceedings...**Morris, M.T., III ed: Watt Publishing Co., p.21-35, 1993.

SIBBALD, I.R.; PRICE. Variation in the metabolizable energy values of diets and dietary components fed to adult roosters. **Poultry Science**, v.54, p.448-456, 1975.

SIBBALD, I.R.; SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, v.59, p.1275-1279, 1963.

SILVIO, J.; HARMON, D.L.; GROSS, K.L.; MCLEOD, K.R. Influence of fiber fermentability on nutrient digestion in the dog. **Nutrition**, v.16, p.289-295, 2000.

SOUZA, O.E.; SANTOS, E.I. Aproveitamento de resíduos e subprodutos agropecuários pelos ruminantes. 2004. Disponível em: <http://www.cpatc.embrapa.br/index.php?idpagina=artigos&artigo=914>. Acesso em 08 de abril de 2008.

STEIFF, E.L.; BAUER, J.E. Nutritional adequacy of diets formulated for companion animals. **Journal of the American Veterinary Medical Association Schaumburg**, v.219, n.5, p.601-604, 2001.

STEVENS, C.E.; HUME, I.D. **Comparative Physiology of the Vertebrate Digestive System**. 2nd edition. New York: Cambridge University Press, 1995.

SUNVOLD, G.D.; FAHEY JR., G.C.; 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**, v.73, p.1110-1122, 1995a.

SUNVOLD, G.D.; FAHEY Jr., G.C.; MERCHEN, N.R.; TITGEMEYER, E.C.; BOURQUIN, L.D.; BAUER, 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**, v.73, p.1099-1109, 1995b.

SWANSON, K.S.; GRIESHOP, C.M.; FLICKINGER, E.A.; BAUER, L.L.; CHOW, J. WOLF, B.W.; GARLEB, K.A.; FAHEY JR., G.C. Fructooligosaccharides and *Lactobacillus acidophilus* modify gut microbial populations, total tract nutrient digestibilities and fecal protein catabolite concentrations in healthy adult dogs. **The Journal of Nutrition**, v.132, p.3721-3731, 2002.

TESHIMA, E.; BAZOLLI, R.S.; BRUNETTO, M.A.; VASCONCELLOS, R.S.; OLIVEIRA, L.D.; CARCIOFI, A.C. Qualidade e digestibilidade de alimentos comerciais de diferentes segmentos de mercado para cães adultos. In.: 44<sup>a</sup>. Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007, Jaboticabal. **Anais...Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2007.**

TORSODOTTIR, I.; ALPSTEN, M.; HOLTM, G.; SANDBERG, A.; TOLLI, J. A small dose of soluble alginate-fiber affects post prandial glycemia and gastric emptying in humans with diabetes. **The Journal of Nutrition**, v.121, p.795-799, 1991.

TRINDADE NETO, M.A. **Farelo de glúten de milho (FGM) para suínos em crescimento e terminação (Digestibilidade e desempenho)**. Lavras, MG. UFLA, 1992. 56p.

TROWELL, H. Crude fiber, dietary fiber and atherosclerosis. **Atherosclerosis**, v.16, p.138-140, 1972.

TROWELL, H.; SOUTHGATE, D.A.T.; WOLEVER, T.M.S.; LEEDS, A.R.; GUSSELL, M.A.; JENKINS, D.J.A. Dietary fiber redefined. **Lancet** i:967, 1976.

WILFART, A.; MONTAGNE, L.; SIMMINS, H.; NOBLET, J.; MILGEN, J.V. Digesta transit in different segments of the gastrointestinal tract of pigs as affected by insoluble fibre supplied by wheat bran. **British Journal of Nutrition**, v.98, p.54-62, 2007.

YAMKA, R.M.; JAMIKORN, U.; TRUE, A.D.; HARMON, D.L. Evaluation of soyabean meal as a protein source in canine foods. **Animal Feed Science and Technology**, v.109, p.121-132, 2003.

YAMKA, R.M.; KITTS, S.E.; TRUE, A.D.; HARMON, D.L. Evaluation of maize gluten meal as a protein source in canine foods. **Animal Feed Science and Technology**, v.116, p.239-248, 2004.

YAMKA, R.M.; FRIESEN, K.G.; SCHAKENRAAD, H. The prediction of urine pH using dietary cations and anions in cats fed dry and wet foods. **International Journal of Applied Research Veterinary Medicine**, v.4, n.1, 2006.

YEN, J.T.; BAKER, D.H.; HARMON, B.G.; JENSEN, A.H. Corn gluten feed in swine diets and effect of pelleting on tryptophan availability to pigs and rats. **Journal of Animal Science**, v.33, n.5, p.987-991, 1971.

YEN, J.T.; BROOKS, J.D.; JENSEN, A.H. Metabolizable energy value of corn gluten feed. **Journal of Animal Science**, v.39, n.2, p.335-337, 1974.

ZENTEK, J.; MEYER, H.; BEHNSEN, K. Einfluss der futterzusammensetzung auf den harn-pH beim hund (Influence of food composition on the urine pH in the dog. **Kleintierpraxis**, v.40, n.1, p.9-18, 1995.