



**DIGESTIBILIDADE E VALORES
ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS
EXTRUSADOS PARA CÃES**

VIVIAN DE ARO JOSÉ

2009

VIVIAN DE ARO JOSÉ

**DIGESTIBILIDADE E VALORES ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS
EXTRUSADOS PARA CÃES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora

Profa. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL
2009

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca Central da UFLA**

José, Vivian de Aro.

Digestibilidade e valores energéticos de alimentos extrusados
para cães / Vivian de Aro José. – Lavras : UFLA, 2009.

78 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009.

Orientador: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad.

Bibliografia.

1. *Canis familiares*. 2. Energia. 3. Equações de predição. I.
Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.70855

VIVIAN DE ARO JOSÉ

**DIGESTIBILIDADE E VALORES ENERGÉTICOS DE ALIMENTOS
EXTRUSADOS PARA CÃES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Nutrição de Monogástricos, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 02 de julho de 2009

Prof. Marcio Gilberto Zangeronimo

UFLA

Prof. Paulo Borges Rodrigues

UFLA

Profa. Flávia Maria de Oliveira Borges Saad
UFLA
(Orientadora)

LAVRAS
MINAS GERAIS - BRASIL

OFEREÇO

*Aos meus pais maravilhosos, Neusa de Aro José e Acácio Abruhoa José,
por serem pra mim eternos exemplos de caráter, persistência e amor pelo que se
faz. Pela educação sólida e princípios a mim passados, dos quais me orgulho.*

*À minha amiga e irmã querida, Lilian de Aro José,
pela presença companheira e torcida sincera de sempre.*

DEDICO

*A todos aqueles que acreditam ser o estudo, a melhor forma de evoluir e a
prática a única forma de aprender.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas oportunidades de amadurecimento profissional e pessoal que me proporcionou a cada dia de realização deste trabalho.

À minha orientadora, Flávia Borges, pela confiança, liberdade, amizade e ensinamentos técnicos e extra-classe nestes anos de convivência.

À Universidade Federal de Lavras, a qual entre poucas Universidades Brasileiras percebeu a importância do estudo da Nutrição de Cães e Gatos na atualidade, permitindo esta disciplina em nossa grade curricular.

Aos professores Paulo Borges Rodrigues, Marcio Gilberto Zangerônimo e Priscila Vieira e Rosa pela disponibilidade e contribuições feitas, que muito engrandeceram este trabalho.

Aos outros professores do programa de Pós-graduação em Zootecnia, pelo conteúdo, que me permitirá, certamente, atuar de forma mais confiante na rotina profissional.

Aos colegas de trabalho e integrantes do NENAC que, com o tempo, se tornaram mais do que companheiros de atividade.

Aos meus amigos e familiares, que transformaram os dias difíceis em desafios, sempre me estimulando a continuar.

Às empresas Ouro Fino, Reines, Total Alimentos e Nutriara, pelo apoio no financiamento deste projeto.

Aos funcionários do Laboratório de Pesquisa Animal do DZO-UFLA, sempre prestativos no auxílio de realização das análises químicas.

A todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e; desde então, são merecedores da partilha dos méritos recebidos.

Meu sincero agradecimento.

BIOGRAFIA

Vivian de Aro José, filha de Acácio Abrunhosa José e Neusa de Aro José, nasceu em 21 de abril de 1981, em São Paulo, SP.

Em abril de 2002, ingressou na Universidade Federal de Lavras, onde, em março de 2007 obteve o título de Zootecnista.

Em março de 2007 iniciou o curso de Pós-graduação em Zootecnia na mesma universidade, concentrando seus estudos na área de Nutrição de Monogástricos.

No dia 02 de julho de 2009 submeteu-se à defesa de dissertação para obtenção do título de “Mestre”.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	i
LISTA DE FIGURAS	iii
RESUMO.....	iv
ABSTRACT.....	vi
CAPÍTULO 1 Classificação de Alimentos Extrusados para Cães.....	01
Resumo.....	01
Abstract.....	02
1 Introdução	03
2 Referencial teórico.....	04
2.1 Avaliação de alimentos para cães	04
2.2 Metodologias de determinação da digestibilidade	08
2.3 Classificação dos alimentos.....	10
2.4 Necessidades energéticas de cães adultos.....	12
2.5 Teores mínimos de energia metabolizável.....	13
2.6 Determinação da energia metabolizável.....	13
2.6.1 Estimativa por equações de predição.....	15
3 Material e Métodos.....	21
3.1 Local e período experimental.....	21
3.2 Protocolo de digestibilidade.....	21
3.2.1 Recebimento e identificação das amostras.....	21
3.2.2 Preparo dos animais para os testes.....	22
3.2.3 Procedimento experimental.....	23
3.3 Análises bromatológicas.....	26
3.4 Parâmetros avaliados.....	27
3.4.1 Coeficiente de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca.....	27
3.4.2 Coeficiente de Digestibilidade Aparente de outros nutrientes.....	27

3.4.3 Energia Digestível Aparente	27
3.4.4 Energia Metabolizável Aparente.....	28
3.5 Delineamento experimental e análise estatística.....	28
4 Resultados e Discussão.....	29
4.1 Composição bromatológica dos alimentos.....	29
4.2 Digestibilidade.....	31
4.3 Energia Digestível e Metabolizável Aparente.....	37
5 Conclusão.. ..	40
6 Referências Bibliográficas.....	41
CAPÍTULO 2 Equações de Predição para Energia Digestível e Metabolizável de Alimentos Extrusados para Cães.....	47
Resumo.....	47
Abstract.....	48
1 Introdução.....	49
2 Material e Métodos.....	50
2.1 Semelhança entre valores <i>in vivo</i> e estimados por equações.....	52
2.2.1 Equação de predição para energia bruta.....	52
2.2.2 Equação de predição para coeficiente de energia digestível.....	53
2.2.3 Equação de predição para energia digestível.....	53
2.2.4 Equação de predição para energia metabolizável.....	53
3 Resultados e discussão.....	53
3.1 Equações de predição para energia digestível e metabolizável.....	53
3.2 Semelhança entre valores <i>in vivo</i> e estimados por equações.....	68
4 Conclusão	71
5 Referências Bibliográficas.....	72
ANEXOS.....	73

LISTA DE TABELAS

	Pág.
TABELA 1 Níveis de garantia apresentados em rótulo, em matéria natural, dos 35 alimentos extrusados para cães.....	22
TABELA 2 Composição bromatológica, em matéria natural, dos 35 alimentos extrusados para cães.....	30
TABELA 3 Valores mínimos, médios e máximos obtidos para os nutrientes, na matéria natural, nos 35 alimentos extrusados para cães.	31
TABELA 4 Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e da energia bruta (CDAEB) dos 35 alimentos.....	32
TABELA 5 Valores mínimos, médios e máximos de níveis de garantia dos 35 alimentos avaliados.....	33
TABELA 6 Energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS) e matéria natural (EDAMN), em quilocalorias por quilo, dos 35 alimentos para cães	38
TABELA 7 Energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e matéria natural (EMAMN), em quilocalorias por quilo, dos 18 alimentos para cães.....	39
TABELA 8 Valores médios da energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS) e na matéria natural (EMAMS) e composição bromatológica dos 35 alimentos extrusados para cães.....	51
TABELA 9 Regressões gerais da energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS), a partir da composição química dos 35 alimentos avaliados.....	53
TABELA 10 Regressões gerais da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos 18 alimentos avaliados.....	54
TABELA 11 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de fibra bruta inferiores a 4%.....	55
TABELA 12 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de fibra bruta superiores a 4%.....	56
TABELA 13 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição bromatológica dos alimentos com níveis de matéria mineral inferiores a 9%.....	58

TABELA 14	Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de proteína bruta inferiores a 25%.....	59
TABELA 15	Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de proteína bruta superiores a 25%.....	60
TABELA 16	Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrato etéreo em hidrólise ácida inferiores a 9%.....	61
TABELA 17	Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrato etéreo em hidrólise ácida superiores a 9%.....	62
TABELA 18	Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado inferiores a 51%.....	64
TABELA 19	Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado superiores a 51%.....	65
TABELA 20	Equações de predição para energia digestível e metabolizável aparente obtidas pela composição química dos alimentos secos para cães.....	66
TABELA 21	Comparação entre os valores <i>in vivo</i> (bomba calorimétrica) e os estimados pela equação (NRC, 2006) para a energia bruta.	68
TABELA 22	Comparação entre os valores <i>in vivo</i> e os estimados pela equação (NRC, 2006) para o coeficiente de digestibilidade da energia (CDE).....	69
TABELA 23	Resultados da comparação entre os valores <i>in vivo</i> e os estimados pela equação (NRC, 2006) e pela equação estimada no presente estudo para a energia digestível aparente (EDA) para os 35 alimentos para cães.....	69
TABELA 24	Resultados da comparação entre os valores <i>in vivo</i> e os estimados pela equação (NRC, 2006) e pela equação estimada no presente estudo para a energia metabolizável aparente (EMA) para os 18 alimentos para cães.....	70

LISTA DE FIGURAS

		Pág.
FIGURA 1	Animais alojados em baias individuais.....	24
FIGURA 2	Animais alojados em gaiolas metabólicas.....	25
FIGURA 3	Segmentação dos 35 alimentos, em categorias, segundo classificação sugerida pelo mercado (A) e pela ANFAL PET (B).....	33
FIGURA 4	Comparação entre as classificações, pelo mercado (A) e pela ANFAL (B), dentro da categoria “Padrão”.....	34
FIGURA 5	Comparação entre as classificações, pelo mercado (A) e pela ANFAL (B), dentro da categoria “Prêmio”.....	36

RESUMO

JOSÉ, Vivian de Aro. **Digestibilidade e valores energéticos de alimentos extrusados para cães.** 2009. 78 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Foram realizados dois ensaios experimentais na Universidade Federal de Lavras. No experimento 1, foram avaliados 17 alimentos secos comerciais em 24 cães adultos Beagle, peso médio $11,74 \pm 4,72$ kg, alojados em baias individuais para coleta de fezes, com o objetivo de estimar, a partir das análises químicas dos mesmos e dos resultados encontrados nos ensaios biológicos, equações de predição para energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS). No experimento 2, foram avaliados 18 alimentos secos comerciais para cães, utilizando-se os mesmos animais, alojados em gaiolas metabólicas (coleta de fezes e urina), com o objetivo de estimar equações de predição para energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS). Em ambos os ensaios houve seis repetições por tratamento e períodos experimentais de dez dias (cinco para adaptação, seguidos de cinco para coleta). Foram considerados os 35 alimentos para comparar as classificações: 1. empiricamente utilizada pelo mercado pet (ingredientes e tipo de consumidor de cada categoria) e 2. sugerida pela ANFAL PET, pelos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDAMS) e da proteína bruta (CDAPB). Utilizou-se o teste de Scott-Knott, a 5% de significância. Pela classificação aplicada pelo mercado pet, 11,43% e 42,86% enquadravam os alimentos nas categorias “super prêmio” e “prêmio”, respectivamente. Entretanto, pela classificação sugerida pela ANFAL PET, para a mesma sequência de categorias foram apresentados os valores de 60% e 14,28%. Nenhum alimento foi enquadrado na categoria “econômica” pelo mercado pet e 45,71% dos alimentos foram enquadrados como “padrão”, diferentemente da classificação sugerida pela ANFAL PET, a qual considerou que 25,72% dos alimentos avaliados não puderam ser classificados em categoria específica, por não apresentarem exigências para CDAMS e CDAPB menores que 75%. Dessa forma, apesar de a classificação da ANFAL ter definido alguns coeficientes de digestibilidade, o que representa um grande passo para a padronização dos alimentos e organização do setor, essas exigências somente foram estabelecidas para os alimentos “padrão” e “super prêmio”, os quais trabalham com formulação fixa, sem eventuais substitutivos e ingredientes de melhor qualidade. As equações de predição para a EDA e a EMA foram estimadas por regressões lineares simples e múltiplas, utilizando-se o método de eliminação indireta, ou backward, pelo teste F e significância de 5% de probabilidade para cada variável componente do modelo. Somente foram consideradas as equações em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo e com $R^2(>0,5)$. Embora os ensaios

experimentais sejam onerosos e menos práticos, eles ainda são a opção mais confiável, até que se desenvolvam equações menos generalistas e mais próximas dos alimentos avaliados, uma vez que o mercado tem oferecido alimentos com grandes variações qualitativas. As equações com melhor ajuste encontradas para energia digestível e metabolizável para alimentos extrusados para cães, neste trabalho, foram: ED = 5045,66 -134,63 MM +44,3 EEHA -86,03 FB ($R^2 = 0,68$) e EM= 4586,48 – 176,74 MM + 75,45 EEHA ($R^2=0,79$).

Palavras-chave: estimativa, animais de estimação, regressões, energia, nutrientes digestíveis.

*Comitê Orientador: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad – UFLA (Orientadora); Paulo Borges Rodrigues – UFLA e Marcio Gilberto Zangeronimo – UFLA.

ABSTRACT

JOSÉ, Vivian de Aro. **Digestibility and energetic values of extruded foods for dogs**. 2009. 78 p. Dissertation (Master in Animal Science) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.*

Two experimental researches were conducted at the Federal University of Lavras. Exp.1 were evaluated in 17 commercial dry foods in 24 adult Beagle dogs, with medium weight 11.74 ± 4.72 kg, housed in individual boxes for collection of feces, in order to estimate, from the chemical analysis of them and results found in biological tests, the prediction equations for apparent digestible energy (ADE). Exp.2 were evaluated in 18 commercial dry foods for dogs, using the same animals, housed in metabolic cages (collection of feces and urine) in order to estimate prediction equations for metabolizable energy in apparent (AME). In both trials there were six replicates per treatment and experimental periods of ten days (five for adaptation followed by five to collect). Were considered 35 extruded foods to compare the classifications: 1. empirically applied by pet market (ingredients and kind of customer) and 2. suggested by ANFAL, by dry matter apparent digestibility coefficients (DMADC) and crude protein (DMAPC). For the applied classification for the market pet, 11,43% and 42,86% framed the foods "super premium" and "premium" categories, respectively. However, for the suggested classification by ANFAL PET, for the same sequence of categories the values of 60% and 14,28% were presented. No food was framed in the "economic" category by the market pet and 45,71% of the foods were framed as "standard", differently of the classification suggested by ANFAL PET, which considered that 25,72% of the appraised foods could not be classified in specific category, for they present not demands for CDAMS and smaller CDAPB than 75%. In that way, even though the ANFAL classification had been defined some digestibility coefficients, that represents a great step for the foods standardization and sector organization, those demands were only established for the foods "standard" and "super premium", which worked with fixed formulation, without eventual amendments and ingredients of better quality. The prediction equations for the ADE and AME were estimated by simple and multiple linear regressions, using the indirect method of disposal or Backward, by F test and significance of 5% probability for each variable component of the model. Only the equations were in which all independent variables had significance in the model and $R^2 (>0,5)$. Although the experimental tests are expensive and less practical, are still the most reliable option, to develop equations that are less general and more foods close evaluated, since the market has offer foods with big quality variations. The equations with best fit found for digestible energy and metabolizable for

extruded foods for dogs, in this work were: $ADE = 5045,66 - 134,63 \text{ MM EEHA} - 86,03 \text{ FB} + 44,3$ ($R^2 = 0,68$) and $AME = 4586,48 - 176,74 + 75,45 \text{ EEHA MM}$ ($R^2 = 0,79$).

Key-words: predict, pet animals, regressions, energy, digestible nutrients.

*Guidance Committee: Flávia Maria de Oliveira Borges Saad – UFLA (Adviser); Paulo Borges Rodrigues – UFLA e Marcio Gilberto Zangeronimo – UFLA.

CAPÍTULO 1

CLASSIFICAÇÃO DE ALIMENTOS EXTRUSADOS PARA CÃES

RESUMO

Foram realizados dois ensaios experimentais com o objetivo de comparar a classificação empiricamente utilizada pelo mercado *pet*, pelos ingredientes e tipo de consumidor, e a sugerida pela ANFAL PET, pelos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDAMS) e proteína bruta (CDAPB). Foram utilizados 24 cães adultos *Beagle*, de peso médio $11,74 \pm 4,72$ kg. No primeiro ensaio, os cães foram alojados em canis individuais para coleta de fezes e receberam 17 alimentos completos extrusados e; no segundo, foram alojados em gaiolas metabólicas (coleta de fezes e urina) e consumiram 18 alimentos. Em ambos os experimentos, foram utilizadas seis repetições por tratamento e períodos experimentais de dez dias (cinco para adaptação seguidos de cinco para coleta). Pela classificação aplicada pelo mercado *pet*, 11,43% e 42,86% enquadravam os alimentos nas categorias “Super Prêmio” e “Prêmio”, respectivamente. Entretanto, pela classificação sugerida pela ANFAL PET, para a mesma sequência de categorias foram apresentados os valores de 60% e 14,28%. Nenhum alimento foi enquadrado na categoria “Econômica” pelo mercado *pet* e 45,71% dos alimentos foram enquadrados como “Padrão”, diferentemente da classificação sugerida pela ANFAL PET, a qual considerou que 25,72% dos alimentos avaliados não puderam ser classificados em categoria específica, por não apresentarem exigências para CDAMS e CDAPB menores que 75%. Dessa forma, apesar de a classificação da ANFAL ter definido alguns coeficientes de digestibilidade, o que representa um grande passo para a padronização dos alimentos e organização do setor, essas exigências somente foram estabelecidas para os alimentos “Padrão” e “Super Prêmio”, os quais trabalham com formulação fixa, sem eventuais substitutivos e ingredientes de melhor qualidade.

Palavras-chave: animais de estimação, energia, nutrientes digestíveis.

ABSTRACT

Two experimental rehearsals were accomplished empirically with the objective of comparison of classification used by the market pet, for the ingredients and consumer type, and suggested by ANFAL PET, for the digestibility coefficients of dry matter (DMADC) and crude protein (CPADC). 24 adult Beagle dogs were used with medium weight of $11,74 \pm 4,72$ kg. In the first rehearsal, the dogs were housed at individual kennels for collection of feces and there, they received 17 foods complete extruded. In the second rehearsal, they were housed in metabolics cages (collection of feces and urine) where, they had consumed 18 foods. In both experiments, six repetitions were used by treatment and experimental periods of ten days (five for adaptation followed by five for collection). For the applied classification for the market pet, 11,43% and 42,86% framed the foods "Super Premium" and Premium categories, respectively. However, for the suggested classification by ANFAL PET, for the same sequence of categories the values of 60% and 14,28% were presented. No food was framed in the "Economical" category by the market pet and 45,71% of the foods were framed as "Pattern", differently of the classification suggested by ANFAL PET, which considered that 25,72% of the appraised foods could not be classified in specific category, for they present not demands for CDAMS and smaller CDAPB than 75%. In that way, even though the ANFAL classification had been defined some digestibility coefficients, that represents a great step for the foods standardization and sector organization, those demands were only established for the foods "Standard" and "Super Premium", which worked with fixed formulation, without eventual amendments and ingredients of better quality.

Keywords: pet animals, energy, digestible nutrients.

1 INTRODUÇÃO

A digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável são dois dos principais parâmetros que qualificam nutricionalmente os alimentos para cães, visto que o primeiro representa o real aproveitamento pelo organismo do animal, por meio da absorção dos nutrientes e; o segundo, além de estar relacionado à proporção dos nutrientes, está intimamente associado à regulação do consumo.

A adoção de critérios de digestibilidade na avaliação de alimentos pode ser devido ao fato de cães adultos em manutenção não estarem desempenhando uma função orgânica como, por exemplo, ganho de peso, produção de leite e outros.

O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), órgão responsável pela fiscalização dos alimentos para animais de estimação propõe, atualmente, apenas exigências mínimas e máximas quanto aos níveis de garantia de rótulo, o que não necessariamente representa a qualidade nutricional destes produtos. Assim, com o objetivo de padronizar as categorias de alimentos *pet*, a Associação Nacional dos Fabricante de Alimentos para Animais de Estimação (ANFAL PET) vem tentando organizar e fortalecer o setor, sugerindo inúmeros parâmetros nutricionais e de qualidade a serem seguidos pelas indústrias do ramo.

Desse modo, o presente estudo avaliou 35 alimentos extrusados para cães com os objetivos de obter, pelo método de “coleta total”, os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, as energias digestível e metabolizável e comparar as classificações atualmente utilizadas pela indústria *pet*.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Avaliação dos alimentos para cães

Para se obter uma ração de qualidade é necessário avaliar alguns pontos como o balanceamento dos nutrientes, a palatabilidade, a digestibilidade e o conteúdo de energia metabolizável (Carciofi et al., 1998). Entretanto, a avaliação dos níveis de garantia de uma ração não é uma maneira segura de se verificar e assegurar a qualidade de um produto, pois não oferece informações acerca dos níveis de nutrientes digestíveis, ou seja, o que realmente seria utilizado pelos animais (Case et al., 1998).

A digestibilidade representa a fração do alimento consumido, que não é recuperada nas fezes ou quanto do nutriente ingerido foi absorvido pela mucosa intestinal (Andrigueto, 1988). Essa definição compreende a digestibilidade “aparente” e não a “verdadeira”, pois alguns dos nutrientes absorvidos no trato intestinal retornam ao intestino, e as fezes contêm uma variável quantidade de nutrientes de origem não dietética, tais como enzimas; secreções pancreáticas e da vesícula biliar; bactérias; minerais; compostos nitrogenados e lipídeos, provenientes da descamação da mucosa intestinal (Church & Pond, 1988).

De fato, a digestibilidade aparente é uma indicação mais precisa no que se refere à capacidade de fornecimento de nutrientes pela dieta e é mais utilizada, principalmente em cães, devido à sua simples obtenção e ao fato de que não proporciona valores distorcidos, como freqüentemente ocorre quando se trabalha com a digestibilidade verdadeira, principalmente em relação aos níveis de proteína bruta e de extrato etéreo, uma vez que o trato gastrintestinal dos cães apresenta grande eficiência na digestão desses nutrientes (Lôbo Junior, 2001).

O termo coeficiente de digestibilidade aparente é utilizado para estimar o percentual do nutriente absorvido. Os ingredientes podem variar em relação aos valores de digestibilidade; os alimentos protéicos, por exemplo, podem

variar até 30 pontos percentuais nos coeficientes de digestibilidade aparente (Fortes, 2006).

Shields (1993) identificou inúmeros fatores relacionados ao alimento para animais de estimação, que afetam a digestibilidade dos nutrientes. O autor lembra que, embora se compreenda bem a influência da fonte de ingredientes e da concentração absoluta de nutrientes, os efeitos do processamento (na câmara de pré-condicionamento, na extrusora e no secador) do alimento sobre o valor nutritivo da dieta são negligenciados. Além disso, cita que as práticas de manejo alimentar, como uma alimentação prévia e a quantidade de alimento oferecido também podem influenciar os valores de digestibilidade. Os valores de digestibilidade de matéria seca e proteína, por exemplo são usados para assegurar a manutenção da qualidade de ingredientes desenvolvidos por fabricantes de alimentos para animais de estimação nos Estados Unidos e Canadá.

À medida que aumenta a qualidade dos ingredientes utilizados, verifica-se, paralelamente, um aumento da matéria seca e da digestibilidade dos nutrientes do alimento, assim como a produção de fezes sólidas e bem formadas. Alimentos secos de qualidade, pode-se encontrar digestibilidade média de 89, 95 e 88% para proteína, lipídios totais e hidratos de carbono, respectivamente. Em geral, os ingredientes para animais têm uma digestibilidade inferior comparativamente à maioria dos alimentos destinados ao consumo humano (Case et al., 1998).

Em contrapartida, um alimento para cães com presença de níveis elevados de fibra dietética, cinzas, fitatos e proteínas de baixa qualidade, assim como um processamento inadequado ou sujeito a valores excessivamente altos de temperatura afetam negativamente a digestibilidade (Kendall et al., 1982). Proteínas de baixa qualidade, pele, plumas, pêlo e tecido conjuntivo não são bem digeridos no trato gastrointestinal (Case et al., 1998). Ingredientes com excesso

de cinzas de origem animal resultam em alimentos com excesso de cálcio, fósforo e magnésio; ou de sílica, quando de origem vegetal, e, portanto, não são compatíveis com a nutrição ótima do animal (Cavalari et al., 2006).

Pibot (1999) explica que um alimento com baixo coeficiente de digestibilidade possui ingredientes que atravessam o intestino delgado e chegam ao intestino grosso em grandes quantidades, onde são fermentados pelas bactérias do cólon. Uma fermentação bacteriana excessiva ou rápida produz gases, fezes moles e; ocasionalmente, diarreia. Além destes efeitos secundários, um alimento que seja pouco digerível deve ser administrado em maior quantidade, uma vez que o animal absorve uma menor proporção de nutrientes do alimento em questão. À medida que é consumida uma maior quantidade, também aumenta a velocidade de passagem pelo conduto gastrintestinal (Case et al., 1998).

Case et al. (1998) sugerem que um alimento pouco digestível pode favorecer o aparecimento do comportamento de coprofagia e recomenda que os proprietários de animais selecionem alimentos que tenham digestibilidade igual ou superior a 80% da matéria seca e rejeitem qualquer alimento cuja digestibilidade seja inferior a 75%. Pibot (1999) cita que a coprofagia em cães, ou seja, o consumo de fezes próprias ou de outros animais, é observada principalmente quando este recebe rações contendo alta proporção de carboidratos e de baixa digestibilidade, tornando as fezes atrativas, porém existem ainda muitos outros fatores causadores deste hábito.

Shields (1993) também correlaciona fatores inerentes ao animal (tais como raça, idade, sexo, nível de atividade e estado fisiológico) e fatores ambientais (tipo de alojamento, temperatura ambiente e outros) à avaliação da digestibilidade. Entretanto, Buffington et al. (1989) compararam a eficiência digestiva em Beagle de 2 a 17 anos de idade, e os resultados sugerem que ao

menos até dez anos de idade, nenhuma redução na digestibilidade foi notada e apenas por volta dos 15 ou 16 anos de idade houve pequena redução.

Poucas pesquisas existem com relação ao efeito do sexo na digestibilidade. As limitadas informações avaliadas sugerem que a ingestão alimentar e a produção fecal são mais altas e a digestibilidade de nutrientes mais baixa para machos de ambas as espécies comparado às fêmeas, com a sugestão de que as diferenças de sexo são maiores para gatos do que para cães (Shields, 1993). Além disso, de acordo com Borges & Nunes (1998), a integridade do trato digestivo (parasitoses e infecções) também pode alterar a digestibilidade de um determinado alimento.

Pesquisas com cães alojados em gaiolas metabólicas ou em canil indicam que os valores de digestibilidade são similares, independente do sistema de alojamento utilizado. Por outro lado, as condições de ambiente como temperatura do ar, umidade, velocidade do ar, revestimento do piso, tipo de telhado, temperatura de aclimação e seus efeitos interativos também podem ter um efeito sobre os valores de digestibilidade de nutrientes. A temperatura ambiente pode exercer seus efeitos através de mecanismos metabólicos compensatórios para a manutenção da temperatura corporal ou da quantidade absoluta de alimento consumido. Outras condições ambientais e o manejo animal provavelmente podem influenciar nos valores de digestibilidade de nutrientes, embora estes efeitos sejam difíceis de quantificar (Shields, 1993).

Ensaio biológico incluem um período de tempo para adaptar o animal à alteração da dieta e remover do trato gastrointestinal a alimentação anterior (Sibbald & Morse, 1982). Nott et al. (1994) encontraram que um período de quatro dias de adaptação seguido por três dias de coleta foi suficiente para medir a digestibilidade aparente em cães.

No entanto, em gatos este período de coleta não foi considerado suficiente para uma determinação acurada da digestibilidade (Shields, 1993).

Assim, o protocolo da Association of Feed Control Officials recomenda uma fase de adaptação à dieta de cinco dias, seguido por um período de cinco dias de coleta de fezes para assegurar medidas acuradas de digestibilidade tanto para cães como para gatos (Association of American Feed Control Officials – AAFCO, 2005).

2.2 Metodologias de determinação da digestibilidade

Existem dois métodos básicos para a realização de ensaios de digestibilidade in vivo: o Método Convencional de Coleta Total e o Método dos Indicadores ou Substâncias Índice (Andreasi, 1956).

O método de coleta total de fezes é o mais utilizado para determinar a digestibilidade dos nutrientes e a energia metabolizável dos alimentos em várias espécies animais. Por este método, o animal é alimentado com uma dieta de composição conhecida, sendo quantificado todo o consumo alimentar e a produção fecal em um dado período de tempo. Desta forma é realizado um balanço entre o que foi ingerido e o que foi eliminado e a diferença correspondente aos nutrientes efetivamente digeridos e absorvidos. Para a realização destes testes, há a necessidade dos animais serem mantidos em gaiolas individuais apropriadas para a coleta total de fezes, sem que haja a contaminação com urina (Andreasi, 1956; Cherney, 2000; AAFCO, 2005).

O método dos indicadores depende do uso de uma substância referência, denominada indicador e representa uma alternativa, por não exigir que os animais sejam mantidos em gaiolas específicas para os ensaios de metabolismo e por dispensar os dados referentes ao consumo alimentar e quantificação das fezes, tornando o procedimento menos dispendioso em certas condições (Kotb & Luckey, 1972), desde que a substância empregada com esta finalidade apresente taxa de recuperação satisfatória (McCarthy et al., 1977; AAFCO, 2005).

O princípio que rege a utilização dos indicadores fecais baseia-se no fato de que à medida que o alimento transita pelo trato gastrintestinal, a concentração do indicador aumenta progressivamente pela remoção de constituintes dos alimentos digeridos e absorvidos. O aumento na concentração é proporcional à digestibilidade e; portanto, esta última pode ser calculada a partir das concentrações do indicador no alimento e nas fezes (Saliba, 2005).

Indicadores são substâncias indigestíveis, normalmente de fácil determinação, podendo ser administradas com o alimento ou diretamente em algum segmento do aparelho digestório, sendo posteriormente identificados e quantificados nas fezes ou ao final do segmento em estudo. Logo, indicador é o termo utilizado para denominar materiais usados na estimativa qualitativa ou quantitativa de fenômenos fisiológicos ou nutricionais relacionados à digestão (Warner, 1981).

Um indicador é definido também como um composto usado como monitor químico (hidrólise e síntese) e físico (fluxo) de aspectos de digestão e/ou metabólitos (Owens & Hanson, 1992). Possuem grande aplicação nos estudos das taxas de passagem de líquidos e sólidos, consumo voluntário, produção fecal e digestibilidade de alimentos em animais em pastejo ou confinados (Olubajo & Oyenuga, 1970; Aroeira, 1997; Moore & Sollenberger, 1997; Saliba, 1998).

Para uma substância ser classificada como um bom indicador fecal deve apresentar as seguintes propriedades: ser inerte e atóxico; de ocorrência preferencialmente natural no alimento; totalmente indigerível e inabsorvível; não apresentar função fisiológica; permitir seu processamento junto ao alimento e permanecer uniformemente distribuído na digesta; não influenciar ou ser influenciado por secreções intestinais, absorção, motilidade e a população microbiana intestinal e; por último, possuir método específico e sensível de

determinação (Andreasi, 1956; Zeoula et al., 1994; Owens & Hanson, 1992; Huhtanen et al., 1995; Saliba, 1998; Vasconcelos, 2004).

De acordo com a revisão feita por Kotb & Luckey (1972), as substâncias inabsorvíveis se dividem, quanto à sua origem, em dois grupos: os indicadores internos (presentes naturalmente no alimento) e os externos (adicionados à dieta ou fornecidos via oral ou ruminal aos animais). Podem ainda ser classificados como indicadores de fase líquida (ao se movimentarem na mesma velocidade que a fase líquida) e de fase sólida (quando transitam com as partículas sólidas do conteúdo digestivo).

2.3 Classificação dos alimentos

A Instrução Normativa N° 9 define os alimentos completos como aqueles que garantem todos os níveis nutricionais necessários à manutenção diária dos cães saudáveis e estabelece níveis de garantia mínimos e máximos para o rótulo destes alimentos (Brasil, 2003), porém não segmenta claramente os alimentos em “Econômicos”, “Padrão”, “Prêmio” e “Super Prêmio” como faz, empiricamente, o mercado (Carciofi, 2006).

O art. 45 do Decreto N° 76.986 classifica os alimentos destinados à alimentação animal em “dentro do padrão” (10%), “fora do padrão” (15%) e “impróprios para o consumo” (20%), segundo os resultados para mais ou para menos de análises dos níveis de garantia com relação ao anunciado em rótulo (Brasil, 1976).

Segundo Carciofi (2006), o mercado tem se baseado em algumas características nutricionais e de comercialização de alimentos extrusados, tais como: Alimentos Econômicos são aqueles que apresentam formulação variável e utilizam ingredientes de baixo custo, em geral de baixa digestibilidade e palatabilidade. Suas concentrações nutricionais aproximam-se dos limites mínimos ou máximos permitidos, visando minimizar os custos. As fontes

protéicas são mesclas de origem animal e vegetal. Empregam-se farelos vegetais como fontes de carboidratos, os teores de extrato etéreo são reduzidos e os de fibra bruta e matéria mineral são elevados. Alimentos Padrão são os que recebem relativos recursos financeiros para publicidade e venda. Sua formulação é variável, pois os ingredientes empregados são dependentes do preço e disponibilidade no mercado. Praticam-se concentrações nutricionais melhores, com mais proteína e extrato etéreo, menos fibra bruta, mas permanecendo, em geral, elevada matéria mineral. Sua digestibilidade e palatabilidade são melhores do que as dos outros produtos econômicos. Alimentos Prêmio propõem investimentos de marketing com campanhas educativas para os proprietários. Têm foco na digestibilidade e palatabilidade dos produtos, já incluindo apelos de venda com base em ingredientes diferenciados e nutraceuticos. Muitas vezes sua formulação é fixa, sem eventuais substitutivos. O produto visa um melhor atendimento das necessidades nutricionais e, algumas vezes, já se controlam excessos e desbalanços com maior digestibilidade e energia metabolizável. Alimentos Super Prêmio são produtos de alta qualidade, com formulação fixa e ingredientes de elevado valor nutricional. Estes produtos incluem ingredientes especiais com benefícios diferenciados aos animais. Seu processamento é otimizado, com moagem mais fina e adequado cozimento. As concentrações nutricionais empregadas visam a otimização da saúde, com estrito controle de desbalanços e interações. Pressupõem-se que tenham sido testados em animais, com protocolos cientificamente reconhecidos.

Por determinação da Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos para Animais de Estimação – ANFAL PET (2008), essas denominações por categorias poderão ser discriminadas no rótulo desde que comprovados itens obrigatórios como, por exemplo, os valores de digestibilidade dos nutrientes. Para os alimentos “Prêmio” destinados a cães, é exigida digestibilidade igual ou superior a 75% para matéria seca (MS) e proteína bruta (PB), igual ou superior a

80% para extrativo não nitrogenado (ENN) e igual ou superior a 85% para extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA). Para os alimentos “Super Prêmio” é exigida digestibilidade igual ou superior a 80% para MS e PB, igual ou superior a 85% para ENN e igual ou superior a 90% para EEHA. Ainda não foram definidos valores mínimos para digestibilidade dos alimentos “Básico” e “Padrão” para cães.

2.4 Necessidades energéticas de cães adultos

A energia, além de representar o combustível necessário e indispensável para o cumprimento de todas as funções vitais, tem participação ativa na regulação do consumo. Uma maior concentração energética resulta em diminuição de consumo, mantendo a ingestão de energia praticamente constante (Borges & Nunes, 1998). Esse ajuste de consumo resulta-se menos preciso em algumas condições, especialmente em casos extremos de concentração ou diluição ou em condições de estresse calórico (Schang, 1987) e quando se fizer uso adicional de palatilizantes.

A concentração de energia metabolizável (EM) das rações é a base do manejo alimentar, por definir a quantidade de alimento necessária, e um dos principais critérios técnicos de comparação dos produtos, uma vez que estudos já demonstraram produtos econômicos com EM extremamente baixa, o que dificilmente otimizará a manutenção do balanço calórico e nutricional em indivíduos adultos (Carciofi, 2006).

Conforme o Nutrient Requirements of Dogs and Cats – NRC (2006), cães adultos ativos são definidos como aqueles que vivem em ambiente doméstico, com ampla oportunidade e forte estímulo à prática de exercícios, como a presença de um grupo de cães em ambiente rural ou em domicílio com amplo quintal. As necessidades energéticas recomendadas para estes animais são de $130 \text{ kcal} \times (\text{Peso Corporal, em kg})^{0,75}$.

2.5 Teores mínimos de energia metabolizável

Admite-se que os alimentos para animais carnívoros, como cães e gatos, devam ter uma adequada densidade energética, de forma que estes animais consigam, dentro de um intervalo fisiológico, ingerir a energia metabolizável necessária à manutenção de seu metabolismo (ANFAL PET, 2008).

De acordo com os protocolos regulamentados pela Associação Americana dos Fabricantes de Alimentos (AAFCO), a expressão do conteúdo de energia metabolizável no rótulo é voluntária em qualquer alimento comercial para cães, a não ser que ele seja um alimento com restrição calórica, quando a expressão passa a ser obrigatória (AAFCO, 2005).

2.6 Determinação da energia metabolizável

Toda substância contendo carbono e hidrogênio pode ser oxidada fornecendo energia. Esta energia despreendida da queima total dos alimentos é denominada energia bruta (EB) (Nunes, 1998).

A EB do alimento é definida como a energia química total proveniente da combustão completa deste em bomba calorimétrica. O calor da combustão pode ser predito a partir de valores padrões obtidos da análise química dos nutrientes de um alimento. Alimentos comerciais para animais de estimação têm apresentado valores entre 8,7 a 9,5 kcal/g de extrato etéreo e considerando que o calor de combustão aumenta com o aumento do comprimento da cadeia e diminui com o aumento do grau de dessaturação e que nestes alimentos apresentam cadeias relativamente longas e parcialmente dessaturadas, Kienzle (2002) consideram justificável uma energia bruta no limite superior.

Para proteína bruta, uma variação de 5,3-5,8 kcal/g é descrita por Kienzle et al. (1999) em alimentos comerciais para animais de companhia. O calor de combustão de carboidratos, incluindo os polissacarídeos não amiláceos, varia entre 3,3-4,3 kcal/g de matéria orgânica, e a energia bruta de lignina entre

4,1-7,0 kcal/g de matéria orgânica. Como a lignina não é o maior componente nos alimentos para animais de companhia, a contribuição de extrativos não nitrogenados (representado por amido, açúcar e polissacarídeos não amiláceos, que tornam-se solúveis quando cozidos em álcalis e ácidos) e fibra bruta podem ser considerados juntos chegando a uma EB de 4,1 kcal/g de matéria orgânica (Kienzle, 2002).

O valor calórico dos alimentos pode ser determinado utilizando-se um calorímetro de medição direta. Esse processo implica a combustão (oxidação) completa de uma quantidade determinada de alimento em um calorímetro de bomba térmica, permitindo a liberação e medição da energia química do alimento. Esta energia denomina-se energia bruta (EB) do alimento e não pode ser totalmente utilizada pelos animais porque sofre perdas durante a digestão e assimilação. A energia digestível (ED) é aquela disponível para absorção através da mucosa intestinal. A ED aparente pode ser calculada subtraindo-se a energia não digerida, que é excretada pelas fezes, da EB do alimento. Registram-se outras perdas adicionais de energia como resultado da produção de gases combustíveis e da excreção da uréia pela urina. A oxidação completa dos aminoácidos pelo organismo ocasiona a produção de uréia. Devido ao fato da produção de gases em cães ser mínima, somente são consideradas as perdas urinárias. A energia metabolizável (EM) é aquela que finalmente está disponível nos tecidos corporais, uma vez que da EB do alimento foram subtraídas as perdas fecais e urinárias. A EM é o valor mais frequentemente utilizado para expressar o conteúdo energético das dietas comerciais e dos ingredientes dos alimentos para animais (Case et al., 1998).

Para estimar os valores da EM de um ingrediente alimentício ou dieta pode-se utilizar três métodos: a determinação direta em animais, utilizando-se ensaios de alimentação; o cálculo a partir dos níveis analisados de proteínas, carboidratos e lipídeos da dieta e a extrapolação de dados obtidos em outras

espécies. A obtenção de dados nos ensaios de alimentação real com a espécie em questão é o método mais preciso para determinar o valor da EM do alimento. Um certo número de animais em teste ingere uma dieta ou ingrediente alimentício e, durante um período de tempo pré-determinado recolhem-se as fezes e a urina. A determinação do conteúdo energético dos alimentos, fezes e urina permite o cálculo direto da EM. A EM é a unidade preferida para analisar o conteúdo energético de um alimento para animais domésticos porque ao contrário da EB (energia total da dieta) e da ED (energia absorvida pela parede intestinal) e a EM é a energia utilizada pelo animal. A EM representa a digestibilidade e a perda de energia através da urina e dos gases intestinais. Porém, considerando que a produção de gás em cães e gatos consome uma produção insignificante, a análise de EM de alimentos para estes animais inclui apenas as perdas energéticas pela urina. No entanto, a mensuração direta dos valores de EM em cães e gatos pode ser demorada e onerosa, além de requerer um número grande de animais para o teste (Case et al., 1998).

2.6.1 Estimativa por equações de predição

A importância em determinar equações de predição para o valor energético dos alimentos baseia-se na dificuldade no fato de a maioria dos laboratórios não dispor de calorímetro. Além disso, a execução de ensaios biológicos é dispendiosa e demorada. Nesse caso, trabalhar com equações geradas a partir de análises químicas simples poderia auxiliar o nutricionista (Albino, 1980).

A disponibilidade do uso de equações, que é um método indireto para determinar a EM, mediante o uso de parâmetros químicos e físicos dos alimentos para uso prático, pode também ser importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, de tal forma que

permitem corrigir os valores energéticos, de acordo com as variações da composição química das rações (Albino & Silva, 1996).

Os valores de EM podem também ser calculados utilizando-se fórmulas, a partir da análise do conteúdo de carboidratos, proteínas e lipídeos do alimento em questão. As fórmulas empregadas para analisar as dietas de cães incluem constantes que justificam as perdas fecais e urinárias de energia. Nos alimentos para seres humanos, costuma-se utilizar os fatores de Atwater, de 4-9-4 kcal/g, para calcular os valores da EB para carboidratos, lipídeos e proteínas, respectivamente. Estes fatores foram calculados considerando uma digestibilidade de 98% para CHO, 96% para gordura e 90% para proteína.

Ainda que pareça razoável utilizar os fatores de Atwater para determinar o conteúdo de EM dos alimentos para cães, os dados de digestibilidade obtidos nestas duas espécies indicam estes fatores superestimam a EM de inúmeros alimentos para animais pelo fato de a digestibilidade de muitos ingredientes alimentícios de animais domésticos ser muito inferior à digestibilidade da maioria dos alimentos consumidos pelos seres humanos, fazendo com que os fatores de Atwater sejam imprecisos para utilização no cálculo da EM dos alimentos para animais. Conseqüentemente, discrepâncias ocorrem quando a equação é aplicada para alimentos com um teor mais alto de polissacarídeos não amiláceos, tais como legumes, frutas ou cereais com alta fibra. No entanto, podem ser utilizados para substitutos do leite, à base de caseína com uma digestibilidade adequada, e para dietas altamente digestíveis à base de carne, vísceras (exceto ossos e farinha de ossos), frango, peixe, produtos de amido altamente purificados, produtos lácteos, uma vez que nesses alimentos, o ENN é basicamente açúcar ou amido.

A recomendação sugerida pelo NRC (1985) foi de coeficientes de digestibilidade de 80, 90 e 85% e de fatores de 3,5-8,5-3,5 kcal/g para proteínas, lipídeos e carboidratos, respectivamente, nos alimentos preparados para cães,

sendo denominados de fatores modificados de Atwater. Os fatores modificados de Atwater foram na maior parte derivados de alimentos comerciais padrões típicos disponíveis no mercado na década de 1970 e início da década de 1980, mas podem super ou subestimar o conteúdo energético de muitos alimentos atuais secos e semi-úmidos (Laflamme, 2001).

Ainda que estes facilitem uma estimativa mais adequada dos valores da EM dos alimentos para cães do que a calculada mediante os fatores de Atwater, ainda é possível que subestimem os valores da EM dos alimentos de alta qualidade para cães que contenham proteínas muito digestíveis e baixos níveis de fibra não digerível. Ao contrário, o valor da EM dos alimentos que contêm quantidades elevadas de fibra vegetal e/ou carne de pouca qualidade será ligeiramente superestimada por estes fatores (Case et al., 1998).

Kuhlman et al. (1993), sugeriram uma equação de predição para energia metabolizável para cães, utilizando um método interativo, a partir da energia bruta do alimento: $EM \text{ (kcal)} = EB \text{ (kcal/g)} \times 1,209 - 1,911$. Essa equação estimava, indiretamente, a digestibilidade, principalmente pela gordura e; em menor proporção, pela proteína, porque estes nutrientes têm maior calor de combustão do que os carboidratos e as fibras usados em alimentos para esses animais.

Logo depois, Kienzle (1998), trabalhando com cães, desenvolveram um método para estimar EM também a partir da análise de EB, pela bomba calorimétrica, porém incluiu dados do conteúdo de fibra dietética, na matéria seca para predição de digestibilidade aparente da energia. Estes autores concluíram que em alimentos para cães justifica-se predizer a equação de EM, relacionando a EM experimental e a EM calculada. Esses autores ainda sugeriram diferentes equações para estimar a digestibilidade da energia em função da fibra para dietas com alto e baixo conteúdo de ENN. Houve maior diferença de digestibilidade da fibra na matéria seca na equação de alimentos

para cães do que nos alimentos para gatos, provavelmente pela maior variação do conteúdo de ENN nos alimentos de cães. Por esse motivo, procurou-se estimar equações de EM inspiradas principalmente nas análises de fibra bruta.

O método foi validado e sugerido pelo NRC (2006) em uma sequência de passos: 1) Energia Bruta do alimento em bomba calorimétrica, estimada pela fórmula: $(EB, \text{kcal/kg}) = (5,7 \times \text{g PB}) + (9,4 \times \text{g EE}) + [4,1 \times (\text{g ENN} + \text{g FB})]$; 2) Coeficiente de digestibilidade da energia (CDE, %) = $91,2 - (1,43 \times \text{porcentagem de FB, na matéria seca})$; 3) Energia digestível (ED, em kcal/kg) = $EB \times \text{CDE}/100$ e 4) Energia Metabolizável (EM, kcal /kg) = $ED - (1,04 \times \text{g PB})$.

Para prever a energia metabolizável com cada uma dessas equações de regressão, a energia bruta (determinada ou calculada) é multiplicada pelo coeficiente de digestão para calcular a energia digestível. A subtração das perdas urinárias é feita da energia digestível usando a porcentagem média de digestibilidade da proteína de 83,5% em cães e uma perda média de energia da urina por grama de proteína bruta digestível é de 1,25 kcal para cães (NRC, 2006).

Não há equação de predição universal que se ajuste a todos os alimentos comerciais de cães, uma vez que a digestibilidade de seus macronutrientes apresentam variações de menos de 70 a mais de 90%. Dessa forma, uma importante questão a ser considerada antes de utilizar qualquer equação é validá-la para o alimento em questão (NRC, 2006).

A variação na digestibilidade não é menor dentro de uma mesma categoria de alimentos (seco, úmido ou semi-úmido), dessa forma o uso de equações diferenciadas para cada categoria não resolve o problema. Algumas equações têm utilizado a concentração de energia bruta ou fibra (bruta ou dietética total) para prever a digestibilidade da energia (Kendall et al., 1985; Kulhuman et al., 1993; Kienzle, 1998).

Segundo Rodrigues (2001), apesar do grande esforço feito em buscar equações de predição, nem toda tentativa de se relacionar composição química e energia tem tido sucesso e muitas equações aparentemente boas, às vezes não respondem satisfatoriamente quando testadas com dados independentes, o que pode ser devido à variabilidade das técnicas analíticas utilizadas.

O uso do conteúdo de fibra bruta em equações para a predição da digestibilidade da energia abrange uma grande variedade de alimentos preparados para cães. No entanto, os alimentos para cães com um conteúdo de fibra acima de 8% na matéria seca e com uma alta porcentagem de polissacarídeos não amiláceos em sua fração de fibra bruta são sistematicamente subestimados. Porém, para todas as outras dietas, a equação de predição para EM baseada na fibra produzem poucos outliers (NRC, 2006).

Até o momento, algumas fontes de erro, tais como as diferenças acima mencionadas na digestibilidade aparente da fibra ou grandes diferenças no processamento dos alimentos, dificilmente podem ser eliminadas completamente em qualquer equação baseada nas análises químicas. Outro ponto, é que a fibra tem um impacto mais baixo na digestibilidade da gordura do que na dos extrativos não nitrogenados (NRC, 2006).

Os carboidratos também podem ser classificados em fibras e amidos, conforme sua suscetibilidade à digestão pelos animais e tipo de ligação química (Soest, 1994). As fibras apresentam ligação beta unindo seus açúcares, só acessíveis às enzimas bacterianas e fúngicas.

A análise química das fibras vem sendo objeto de constantes estudos e aperfeiçoamento (Laflamme, 1997). A análise de fibra bruta é a mais comumente utilizada no rótulo de alimentos para animais de estimação; conseqüentemente há muito mais dados disponíveis com fibra bruta e digestibilidade de energia do que com outras análises de fibra (Kienzle, 1998). Essa pesquisadora mostrou que é possível prever a digestibilidade da energia

em função da fibra com outros métodos, uma vez que a maior porcentagem da celulose é determinada.

Brunetto et al. (2008) concluíram que a equação sugerida pelo NRC (2006) serviria para alimentos comerciais para animais de estimação, produzidos no Brasil, com teores menores que 50% (na MS), porém sugerem que se use outra equação no caso de alimentos com teores de ENN iguais a 50% (na MS). A equação sugerida por estes autores para alimentos com teores menores que 50% (na MS) apresentaram alto coeficiente de correlação ($R^2=0,85$).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local e período experimental

Os ensaios experimentais foram conduzidos no Centro de Estudos de Nutrição de Animais de Companhia (CENAC), no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), em Lavras, Sul de Minas Gerais, região Sudeste Brasileira. Localizada a 21° 14' 43" S de latitude e 44° 59' 59" O de longitude (Aondefica, 2009), a uma altitude média de 912 m, cuja temperatura média anual é de 19,4° C e a precipitação média anual representa 1.529,7 mm (Bussolanet, 2009), no período de fevereiro a novembro de 2008.

3.2 Protocolo de digestibilidade

3.2.1 Recebimento e identificação das amostras

Nestes ensaios de digestibilidade foram avaliados 35 alimentos comerciais extrusados para cães, classificados como completos e secos (Brasil, 2003), todos embalados em sacos plásticos transparentes, identificados por números. Propositalmente, foram utilizados produtos de grande variedade qualitativa nutricional, e seus níveis de garantia de rótulo estão relacionados na TABELA 1.

De cada um dos alimentos experimentais foram separados 500 g para a realização das análises químicas e posterior comparação dos níveis de garantia de rótulo com a real composição bromatológica, obtida em laboratório.

TABELA 1 Níveis de garantia apresentados em rótulo, em matéria natural, dos 35 alimentos extrusados para cães.

Níveis de Garantia Rótulo ¹ (Matéria Natural)							
Alimentos	U (%)	PB (%)	EEHA (%)	MF (%)	MM (%)	Ca (%)	P (%)
1	10,0	26,0	12,0	3,0	7,0	1,6	1,0
2	10,0	30,0	14,0	3,0	7,0	1,6	1,0
3	10,0	28,0	14,0	3,0	7,5	1,3	0,9
4	10,0	32,0	15,0	3,0	7,5	1,5	0,9
5	10,0	24,0	12,0	3,0	8,5	2,2	0,8
6	12,0	28,0	16,0	2,0	6,0	1,3	0,9
7	12,0	28,0	13,0	1,6	6,0	1,5	1,1
8	12,0	26,0	12,0	2,0	6,5	1,6	1,0
9	12,0	26,0	12,0	1,8	7,0	1,6	1,4
10	12,0	25,0	13,0	2,0	8,0	2,2	1,3
11	12,0	24,0	8,0	2,6	8,0	1,9	1,4
12	12,0	23,0	12,0	1,9	7,0	1,7	1,2
13	12,0	22,0	11,0	1,3	11,0	2,6	1,6
14	12,0	30,0	15,0	1,6	6,7	1,5	1,3
15	12,0	26,0	17,0	1,9	6,0	1,1	0,9
16	12,0	30,0	16,0	1,8	6,0	1,2	0,8
17	12,0	28,0	21,0	1,9	6,6	1,2	1,2
18	10,0	18,0	7,0	5,4	10,0	2,5	0,81
19	10,0	18,0	7,0	5,4	10,0	2,5	0,81
20	10,0	18,0	7,0	5,4	10,0	2,5	0,81
21	10,0	25,0	9,0	4,0	8,5	2,0	1,0
22	10,0	21,0	6,0	4,0	11,0	2,4	1,2
23	10,0	22,0	7,0	4,0	10,0	2,4	1,2
24	10,0	25,0	15,0	3,0	7,0	1,1	0,85
25	13,0	23,0	11,0	3,0	7,0	2,0	0,9
26	12,0	21,0	10,0	4,0	9,0	2,2	1,0
27	12,0	21,0	10,0	4,0	9,0	2,2	1,0
28	12,0	18,0	7,0	4,5	11,0	2,4	1,0
29	12,0	18,0	7,0	4,5	9,0	1,8	1,0
30	12,0	26,0	9,0	3,9	11,0	2,0	0,9
31	12,0	30,0	7,0	5,0	11,0	2,0	0,9
32	12,0	28,0	7,0	5,0	11,0	2,0	0,9
33	12,0	18,0	5,0	6,5	12,0	2,4	0,6
34	12,0	21,0	8,4	5,1	11,0	2,4	0,7
35	12,0	22,0	7,0	5,0	11,0	2,0	0,9

¹U = umidade (máx.); PB = proteína bruta (mín.), EEHA = extrato etéreo em hidrólise ácida (mín.), MF = matéria fibrosa (máx.), MM = matéria mineral (máx.), Ca = cálcio (máx.) e P = fósforo (mín.).

3.2.2 Preparo dos animais para os testes

O canil contava com 24 cães adultos da raça *Beagle*, com idade média de um ano e meio e peso médio de $11,74 \pm 4,72$ kg, os quais, anteriormente ao início de cada experimento, foram submetidos ao exame clínico, desverminação e vacinação.

Cada alimento foi avaliado em seis cães. Assim foi possível realizar testes de digestibilidade em quatro alimentos simultaneamente, por período.

3.2.3 Procedimento experimental

Os 35 testes foram realizados em períodos experimentais de dez dias cada, cinco dias para adaptação ao alimento fornecido, seguidos por mais cinco para coleta dos dados experimentais.

Para os 17 alimentos (1 a 17) foi feita somente coleta total de fezes e os animais foram alojados em baias individuais com 1,2 m de largura por 4,0 m de comprimento, sendo 2,0 m de área coberta e 2,0 m de solário (FIGURA 1), em um galpão de 8,0 m de largura por 14,5m de comprimento e pé direito de 3,8m e coberto com telhas de cerâmica. O alimento foi fornecido em vasilhas de alumínio, afixadas em comedouros giratórios, presentes em cada uma das baias. A água esteve disponível em bebedouros do tipo *nipple*, afixados nas paredes a uma distância de 0,5 m do solo.



FIGURA 1 Animais alojados em baias individuais

Para os 18 alimentos restantes (18 ao 35) foi possível fazer a coleta de urina, além da coleta de fezes. Para isso, os animais foram alocados em gaiolas metabólicas com 0,85 m de largura por 0,7 m de profundidade e 0,7 m de altura (FIGURA 2), suspensas a 1,2 m do solo por estruturas de ferro e ficam dentro das próprias baias individuais. O alimento e a água foram fornecidos em vasilhas de alumínio, afixadas em suportes fixos, presentes em cada uma das baias.

Ambos os casos respeitaram o protocolo mínimo para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente e energia metabolizável aparente em alimentos processados para cães, pelos Métodos de Coleta Total, estipulado pelo Guia Nutricional da ANFAL PET (2008).

Os cães receberam água *ad libitum* e alimento suficiente para atender às necessidades energéticas diárias de manutenção ($NEM = 130 \text{ kcal} \times PC^{0,75}$) para cães adultos, de acordo com o peso corporal (PC) de cada animal, em quilos, conforme NRC (2006).



FIGURA 2 Animais alojados em gaiolas metabólicas

A coleta das fezes foi realizada diariamente, em dois turnos (8h e 17 h), anteriormente ao fornecimento do alimento e à limpeza do local (ambos somente no primeiro turno) e pela tarde. A fezes coletadas nas baias individuais foram recolhidas diretamente do piso (cimentado e liso) e nas grades e bandejas das gaiolas metabólicas, acondicionadas em sacos plásticos, previamente identificados para serem pesadas e armazenadas em freezer (-15° C).

Logo após o descongelamento das amostras fecais, foi feito um *pool* reunindo todos os dias de coleta de cada animal, homogeneizadas, levadas à pré-secagem em estufa de ventilação forçada (65° C, por 72 horas), pesagem e; posteriormente, levadas à moagem em moinho de facas, tipo Thomas Willey, com peneira de 1,0 mm e armazenadas em potes plásticos.

Para os ensaios em que houve coleta de urina, esta foi realizada diariamente, nos mesmos dois turnos, após a coleta de fezes. A urina foi coletada em baldes plásticos, acoplados às gaiolas metabólicas. Nas bandejas das gaiolas existem orifícios, cobertos por redes, permitindo que as fezes e pêlos fiquem retidos nas bandejas. Aos baldes foram adicionados 1,0 ml de HCl para evitar a volatilização do nitrogênio. A urina, após ser coletada foi acondicionada em

garrafas plásticas identificadas (animal e tratamento) e armazenadas em freezer (-15° C), para posterior medição do volume e separação de amostras para análises. Os alimentos secos foram levados diretamente à moagem e armazenados até o momento das análises químicas.

3.3 Análises bromatológicas

Todas as análises químicas foram realizadas no Laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA, em duplicata, para obtenção dos valores médios.

A Matéria pré-seca das fezes foi determinada em estufa a 65° C, e a matéria seca dos alimentos e das fezes em estufa ventilada a 105° C (Association of Official Analytical Chemists – AOAC, 1990).

A fibra bruta (FB) dos alimentos foi determinada pelo método sugerido por Soest et al. (1991); o nitrogênio total da urina e proteína bruta (PB) dos alimentos e das fezes, pelo método Kjeldahl e a matéria mineral (MM) dos alimentos e das fezes, em mufla (AOAC, 1990).

A energia bruta dos alimentos, das fezes e da urina foi determinada utilizando bomba calorímetra adiabática PARR, segundo Harris (1970).

O extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA) foi determinado nos alimentos, segundo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal – CBAA (2005).

O extrativo não nitrogenado (ENN) dos alimentos, não é declarado nos rótulos por não ser obtido pelo método *in vivo* e sim estimado por cálculos, pela diferença da soma dos outros nutrientes (MM, PB, umidade, FB e EEHA) em relação ao total: $ENN (\%) = 100 - (\%U + \%MM + \%PB + \%EEHA + \%FB)$.

3.4 Parâmetros avaliados

Considerando os 35 alimentos extrusados para cães, foram avaliados os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e da energia bruta (CDAEB), em porcentagem (%), assim como foram avaliadas a energia digestível aparente, na matéria seca (EDAMS) e natural (EDAMN), em quilocalorias por quilo (kcal/kg), segundo Guia Nutricional Pet (ANFAL PET, 2008).

3.4.1 Coeficiente de Digestibilidade Aparente da Matéria Seca (CDAMS)

$$\text{CDAMS (\%)} = \frac{(\text{qtd. alimento consumido} - \text{qtd. alimento excretado}) \times 100}{\text{qtd. alimento consumido}}$$

3.4.2 Coeficiente de Digestibilidade Aparente (CDA) dos outros Nutrientes

Os CDAPB e CDAEB foram calculados da mesma forma:

$$\text{CDAPB (\%)} = \frac{[(\text{PBA} \times \text{AC}) - (\text{PF} \times \text{AE})] \times 100}{(\text{PBA} \times \text{AC})}$$

Sendo: PBA= Proteína Bruta do Alimento, PBF= Proteína Bruta nas Fezes, AC = qtd. Alimento Consumido, AE= qtd. Alimento Excretado.

3.4.3 Energia Digestível Aparente (EDA)

$$\text{EDA (Kcal/Kg)} = \frac{(\text{CDAEB} \times \text{EBA})}{100}$$

Sendo: EDA= energia digestível, CDAEB = coeficiente de digestibilidade da energia bruta, EBA= energia bruta do alimento

Somente foi considerada a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e na matéria natural (EMAMN), em quilocalorias por quilo (Kcal/Kg), dos 18 (18 a 35) alimentos extrusados para cães, em que foi possível a coleta de urina.

3.4.4 Energia Metabolizável Aparente (EMA)

$$\text{EMA (kcal/kg)} = \frac{(\text{EBA} \times \text{consumo}) - (\text{EBF} \times \text{excreção}) - ((\text{EBU} \times \text{ml urina coletado}))}{\text{consumo diário (g) MS}}$$

Sendo: EBA = energia bruta do alimento, consumo e excreção = medidos em gramas na matéria seca, EBU = energia bruta da urina

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

A energia digestível aparente dos 35 alimentos, assim como a energia metabolizável aparente dos 18 alimentos avaliados foram distribuídos em delineamento em blocos casualizados, com seis repetições por tratamento.

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), pelo Teste de Scott-Knott, ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Composição bromatológica dos alimentos

A composição bromatológica dos alimentos, com os valores de umidade (U), proteína bruta (PB), extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA), fibra bruta (FB) ou matéria fibrosa (MF), matéria mineral (MM), extrativo não nitrogenado (ENN), matéria orgânica (MO) e energia bruta (EB) está descrita na TABELA 2.

Considerando a variação permitida de 20% (Brasil, 1976) entre o anunciado em rótulo e o analisado, todos os alimentos avaliados se enquadraram no percentual permitido.

Os valores de ENN, MO e EB não foram avaliados, por não serem obrigatoriamente mencionados em rótulo, segundo Brasil (2003).

Os valores mínimos, médios e máximos relacionados à composição bromatológica avaliados nos 35 alimentos extrusados para cães encontram-se na TABELA 3, na matéria natural, pois é dessa maneira que são descritos nos rótulos.

TABELA 2 Composição bromatológica, em matéria natural, dos 35 alimentos extrusados para cães.

Composição bromatológica ¹ (Matéria Natural)								
Alimentos	U (%)	PB (%)	EEHA (%)	FB (%)	MM (%)	ENN (%)	MO (%)	EB (kcal/kg)
1	8,00	26,00	11,79	3,76	8,41	42,04	83,59	4882
2	6,46	29,92	13,40	3,31	7,58	39,33	85,96	4649
3	6,68	27,99	13,76	3,9	6,98	40,69	86,34	4625
4	6,13	30,83	14,47	3,39	7,37	37,81	86,50	4479
5	7,32	24,22	11,52	2,77	9,05	45,12	83,63	4359
6	5,72	26,28	12,72	2,22	6,61	46,45	87,67	4921
7	6,05	26,66	12,79	1,24	9,19	44,07	84,76	4659
8	6,87	24,18	12,30	2,15	7,43	47,07	85,7	4515
9	6,71	27,6	11,60	1,83	9,15	43,11	84,14	4475
10	6,79	22,94	13,76	1,85	8,03	46,63	85,18	4480
11	7,29	22,10	8,83	2,32	8,87	50,59	83,84	4242
12	6,50	21,51	12,08	1,43	8,13	50,35	85,37	4497
13	7,78	19,85	10,90	2,00	11,95	47,52	80,27	4128
14	6,29	27,19	13,86	0,95	7,57	44,14	86,14	4716
15	6,88	24,45	15,34	2,22	6,29	44,82	86,83	4708
16	6,54	27,59	16,22	1,77	6,66	41,22	86,8	4807
17	6,31	26,53	19,52	1,95	7,00	38,69	86,69	4965
18	8,36	17,87	6,78	5,50	11,78	49,71	79,86	4084
19	7,3	18,93	6,82	5,27	9,43	52,25	83,27	4150
20	8,08	17,82	6,91	5,33	12,05	49,81	79,87	4095
21	6,78	24,51	8,77	4,21	7,54	48,19	85,68	4531
22	8,02	20,30	5,55	4,15	7,18	54,80	84,8	4528
23	8,72	20,46	6,48	4,29	7,37	52,68	83,91	4434
24	7,54	26,91	10,84	2,88	5,11	46,72	87,35	4819
25	11,35	22,52	9,72	2,3	8,72	45,39	79,93	4508
26	4,64	23,54	6,85	3,77	8,72	52,48	86,64	4393
27	8,63	22,73	8,88	3,92	9,01	46,83	82,36	4298
28	8,65	20,05	6,39	4,72	9,00	51,19	82,35	4104
29	10,04	19,04	6,46	4,52	7,71	52,23	82,25	4496
30	8,39	20,54	5,57	2,76	10,61	52,13	81,00	4476
31	7,28	22,9	10,17	3,05	10,55	46,05	82,17	4750
32	7,39	25,05	10,31	2,79	10,42	44,04	82,19	4536
33	8,31	32,16	8,66	3,31	8,38	39,18	83,31	4246
34	7,14	30,06	7,04	2,46	6,49	46,81	86,37	4404
35	8,39	29,62	6,79	3,17	9,02	43,01	82,59	4465

¹ U = umidade; PB = proteína bruta, EEHA = extrato etéreo em hidrólise ácida, FB = fibra bruta, MM = matéria mineral, MO = matéria orgânica, ENN = extrativo não nitrogenado, EB = energia bruta.

TABELA 3 Valores mínimos, médios e máximos obtidos para os nutrientes, na matéria natural, nos 35 alimentos extrusados para cães.

Composição bromatológica	Mínimo	Médio	Máximo
Umidade (%)	4,64	7,41	11,35
Proteína Bruta (%)	17,82	24,31	32,16
Extrato Etéreo Hidrólise Ácida (%)	5,55	8,69	19,52
Fibra Bruta (%)	0,95	3,07	5,50
Matéria Mineral (%)	5,11	8,44	12,05
Extrato Não Nitrogenado (%)	37,81	50,37	54,08
Matéria Orgânica (%)	79,86	84,15	87,67
Energia Bruta (kcal/kg)	4084	4497	4965

4.2 Digestibilidade

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e da energia bruta (CDAEB) dos 35 alimentos extrusados para cães estão representados, em porcentagem (%), na TABELA 4.

Os valores médios encontrados para os CDAMS, CDAPB e CDAEB dos 35 alimentos extrusados para cães, independente da categoria foram $78 \pm 7\%$; $81 \pm 7\%$ e $84 \pm 6\%$, respectivamente. Os alimentos classificados como “Padrão” apresentaram CDAMS médio de $77 \pm 8\%$; CDAPB médio de $78 \pm 9\%$ e CDAEB médio de $77 \pm 8\%$. Os alimentos classificados como “Prêmio” apresentaram CDAMS médio de $79 \pm 6\%$; CDAPB médio de $82 \pm 5\%$ e CDAEB médio de $84 \pm 6\%$. Os alimentos classificados como “Super Prêmio” apresentaram CDAMS médio de $84 \pm 2\%$; CDAPB médio de $87 \pm 1\%$ e CDAEB médio de $89 \pm 1\%$. Pode-se observar, portanto, que os valores respeitam a teoria que os alimentos “Padrão” possuem menor qualidade de ingredientes e conseqüentemente, menor digestibilidade que os alimentos “Prêmio” e “Super Prêmio”.

TABELA 4 Coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e da energia bruta (CDAEB) dos 35 alimentos.

Categorias (mercado)	Alimentos	CDAMS (%)	CDAPB (%)	CDAEB (%)
Prêmio	1	73,66	77,35	83,90
Prêmio	2	79,33	82,42	84,32
Prêmio	3	82,93	86,43	87,07
Prêmio	4	78,66	83,62	84,66
Prêmio	5	88,03	83,45	92,37
Super Prêmio	6	82,77	86,10	87,75
Prêmio	7	83,29	86,42	87,49
Prêmio	8	81,65	84,09	86,31
Prêmio	9	83,11	84,71	86,59
Padrão	10	81,82	83,97	86,50
Padrão	11	82,32	84,52	86,47
Prêmio	12	83,30	85,67	87,57
Padrão	13	81,11	84,59	87,44
Padrão	14	83,32	86,73	88,57
Super Prêmio	15	86,51	87,46	91,35
Super Prêmio	16	84,37	86,70	89,35
Super Prêmio	17	83,66	86,20	89,06
Padrão	18	60,85	61,51	67,92
Padrão	19	63,83	63,24	69,22
Padrão	20	67,19	67,69	74,33
Padrão	21	82,32	86,18	86,88
Padrão	22	75,11	76,49	81,09
Padrão	23	73,19	75,10	79,14
Padrão	24	83,83	82,74	87,53
Padrão	25	84,89	87,48	89,07
Padrão	26	83,24	85,48	87,54
Padrão	27	81,71	82,27	86,63
Padrão	28	69,53	73,93	73,50
Padrão	29	72,16	71,15	77,36
Prêmio	30	63,64	69,92	67,88
Prêmio	31	66,61	71,34	75,07
Prêmio	32	78,80	83,78	84,84
Prêmio	33	81,60	87,69	86,50
Prêmio	34	83,51	84,64	88,20
Prêmio	35	79,16	80,80	85,22
Erro-padrão		1,37	1,63	1,26
Média geral		78,46	80,91	83,85

Os valores mínimos, médios e máximos dos coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta e energia bruta, referente aos 35 alimentos, estão descritos na TABELA 5.

TABELA 5 Valores mínimos, médios e máximos de níveis de garantia dos 35 alimentos avaliados.

Níveis	CDAMS (%)	CDAPB (%)	CDAEB (%)
Mínimos	60,85	61,51	67,88
Médios	78,46	80,91	83,85
Máximos	88,03	87,69	92,37

¹CDAMS= coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca; CDAPB= coeficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta e CDAEB= coeficiente de digestibilidade aparente da energia bruta.

Os 35 alimentos extrusados avaliados são atualmente, auto-classificados, informalmente, pela indústria *pet* dentro de categorias: “Padrão” ou *Standard* (alimentos 10, 11, 13, 14, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28 e 29), “Prêmio” ou *Premium* (alimentos 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12, 30, 31, 32, 33, 34 e 35) e “Super Prêmio” ou *Super Premium* (alimentos 6, 15, 16 e 17).

A FIGURA 3 ilustra como seriam classificados os 35 alimentos avaliados, empiricamente segundo o mercado *pet* (ilustração A) e; baseados nos coeficientes de digestibilidade da matéria seca e da proteína bruta, indicados no Guia Nutricional da ANFAL PET (2008) (ilustração B).

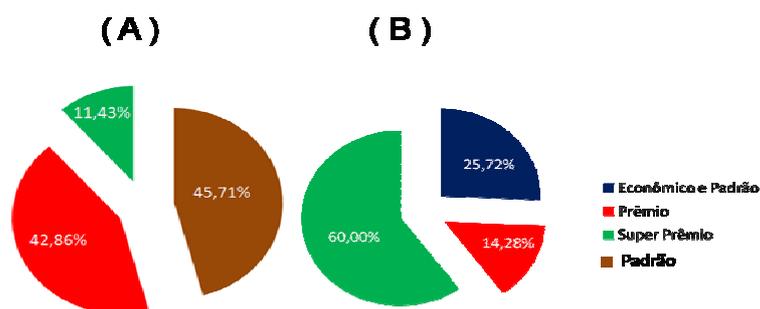


FIGURA 3 Segmentação dos 35 alimentos, em categorias, segundo classificação sugerida pelo mercado (A) e pela ANFAL PET (B).

Conforme a classificação empírica do mercado pet (ilustração A), nenhum dos alimentos avaliados foi enquadrado na categoria Econômica e 45,71% dos alimentos foram classificados como “Padrão”; o que foi diferentemente apresentado pela ilustração B. Uma vez que o Guia Nutricional elaborado pela ANFAL PET (2008) não estipula coeficientes de digestibilidade para as categorias “Econômica” e “Padrão”, nove (1, 18, 19, 20, 23, 28, 29, 30 e 31) dos 35, ou seja 25,72% dos alimentos avaliados não puderam ser classificados em categoria específica, por apresentarem CDAMS e CDAPB menores que 75%. Dessa forma, apenas 25,72% dos 45,71% continuariam na mesma categoria (Padrão) ou “desceriam” para a categoria “Econômica”.

Ainda avaliando a ilustração A da Figura 3, 11,43% dos alimentos seriam classificados com “Super Prêmio”, número muito inferior ao apresentado pela ilustração B (60%), se fossem consideradas a matéria seca e proteína digeridas. Essa categoria engloba os alimentos (3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 21, 24, 25, 26, 27, 33 e 34) com CDAMS e CDAPB iguais ou superiores a 80%.

Em contrapartida, a ilustração A mostra que 42,86% dos alimentos seriam classificados como “Prêmio”, contra 14,28% ilustrados em B pelos alimentos (2, 4, 22, 32 e 35), com CDAMS e CDAPB iguais ou superiores a 75%. Parece que com o estabelecimento de níveis de digestibilidade, muitos alimentos empiricamente classificados pelo mercado, “subiram” de categoria, ou seja, passaram a ser classificados como “Super Prêmio”, segundo os CDAMS e CDAPB exigidos pela ANFAL PET (2008). Porém, vale ressaltar que, dentro destas mesmas categorias, existem exigências quanto ao CDAEEHA e CDAENN, os quais não foram considerados neste estudo, porém o CDAMS é o parâmetro de melhor referência por apresentar valores menores e ter os outros nutrientes baseados no seu comportamento.

Ainda existe ampla heterogeneidade quanto à qualidade nutricional dos alimentos, principalmente em relação aos valores digestíveis e energéticos, mesmo dentro da mesma categoria pelas diferentes marcas no mercado. Assim, por mais que a classificação da ANFAL PET tenha definido alguns coeficientes de digestibilidade, o que representou um grande passo para a padronização dos alimentos e organização do setor, essas exigências somente foram estabelecidas para os alimentos “Padrão” e “Super Prêmio”, os quais trabalham com formulação fixa, sem eventuais substitutivos e ingredientes de melhor qualidade, porém provavelmente terá como próximo passo o estabelecimento de níveis de coeficientes de digestibilidade dentro destas categorias também.

A FIGURA 4 representa uma comparação entre a segmentação dentro da categoria “Padrão”, pela classificação mercadológica e a sugerida pela ANFAL PET (2008).

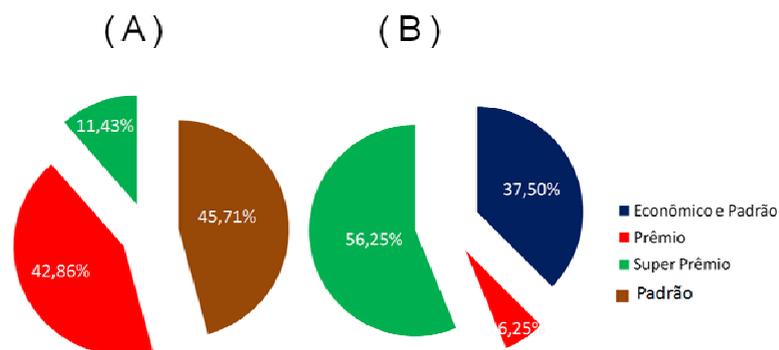


FIGURA 4 Comparação entre as classificações, pelo mercado (A) e pela ANFAL (B), dentro da categoria “Padrão”.

Dos 45,71% representados pelos 16 alimentos apontados como “Padrão” pelo mercado (ilustração A), seis (18, 19, 20, 23, 28 e 29), ou seja, 37,5% apresentavam CDAMS e CDAPB menores que 75% e não puderam ser classificados especificamente na ilustração B, mas possivelmente seriam enquadrados como produtos “Econômicos” ou “Padrão”; 6,25% representados

pelo alimento 22 (CDAMS e CDAPB igual ou superior a 75%), deixariam de ser considerado como “Padrão” e “subiria” para a categoria “Prêmio” e os 56,25% restantes, representados pelos alimentos (10, 11, 13, 14, 21, 24, 25, 26 e 27), deixariam de ser considerados “Padrão” e “subiriam” duas categorias, sendo assim classificados como “Super Prêmio”.

A FIGURA 5 representa uma comparação entre a segmentação dentro da categoria “Prêmio”, pela classificação mercadológica e a sugerida pela ANFAL PET (2008).

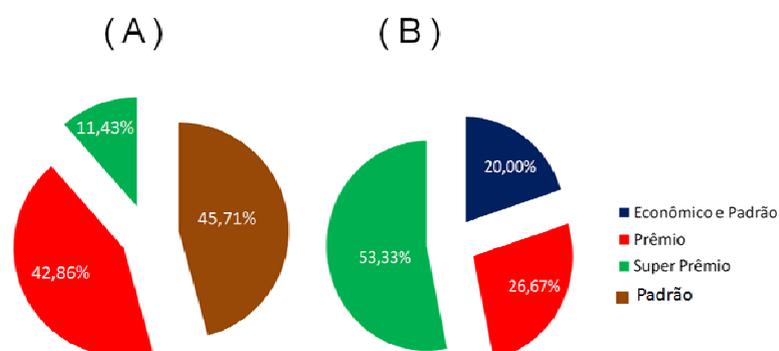


FIGURA 5 Comparação entre as classificações, pelo mercado (A) e pela ANFAL (B), dentro da categoria “Prêmio”.

Dos 42,86% representados pelos 15 alimentos apontados como “Prêmio” pelo mercado (ilustração A), três (1, 30 e 31), ou seja, 20% não puderam ser classificados especificamente na ilustração B, mas possivelmente deixariam de ser enquadrados como “Prêmio” e passariam a ser classificados como “Econômicos” ou “Padrão”; 26,67%, representados pelos alimentos (2, 4, 32 e 35) continuariam sendo considerados “Prêmio” e os 53,33% restantes representam que os alimentos 3, 5, 7, 8, 9, 12, 33 e 34 deixariam de ser considerados como “Prêmio” e passariam a ser classificados como “Super Prêmio”.

A categoria “Super Prêmio” não foi expressa na forma de gráfico, pois 100% das suas classificações, empiricamente estabelecidas pelo mercado, coincidiram com as sugeridas pela ANFAL PET (2008), porém pôde-se notar que esta acabou englobando uma considerável parcela, anteriormente ocupada não só pela categoria “Prêmio”, mas também pela “Padrão”, o que indica que os valores estabelecidos para os coeficientes de digestibilidade para os nutrientes, mesmo que só verificados os valores de matéria seca e proteína bruta, estão subestimados e precisam ser revistos para que a categoria “Super Prêmio” não seja desvalorizada em relação às demais.

Além disso, é possível que, futuramente, sejam estabelecidos coeficientes de digestibilidade não só dentro das categorias, mas também para diferentes fases fisiológicas dentro de uma mesma categoria, uma vez que alimentos para cães filhotes, por exemplo, pela diferenciação de ingredientes e níveis nutricionais exigidos podem apresentar diferenças na digestibilidade em relação a alimentos para cães adultos ou senis.

4.3 Energia Digestível e Metabolizável Aparente

Os valores Energia Digestível Aparente (EDA) dos 35 alimentos extrusados para cães estão representados, em porcentagem (%), na TABELA 6, assim como seus erros-padrão, médias gerais e coeficientes de variação (CV).

Os alimentos classificados como “Prêmio” apresentaram EDAMS de 4.181 ± 159 kcal/kg e EDAMN de 3.878 ± 159 kcal/kg. Os alimentos classificados como “Super Prêmio” apresentaram EDAMS de 4.631 ± 62 kcal/kg e EDAMN de 4.334 ± 59 kcal/kg.

TABELA 6 Energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS) e matéria natural (EDAMN), em quilocalorias por quilo, dos 35 alimentos para cães.

Categorias (mercado)	Alimentos	EDAMS (kcal/kg)	EDAMN (kcal/kg)
Prêmio	1	4452,44	4096,25
Prêmio	2	4283,65	3988,41
Prêmio	3	4240,79	3957,51
Prêmio	4	4070,26	3820,75
Prêmio	5	4344,55	4026,53
Super Prêmio	6	4588,53	4318,28
Prêmio	7	4342,36	4076,22
Prêmio	8	4175,41	3896,74
Prêmio	9	4154,65	3874,73
Padrão	10	4165,29	3875,26
Padrão	11	3956,37	3667,95
Prêmio	12	4210,29	3938,13
Padrão	13	3906,84	3609,75
Padrão	14	4455,44	4177,05
Super Prêmio	15	4613,87	4300,80
Super Prêmio	16	4598,77	4295,34
Super Prêmio	17	4723,75	4421,83
Padrão	18	3026,99	2773,93
Padrão	19	3098,93	2872,71
Padrão	20	3311,25	3043,70
Padrão	21	4222,72	3936,42
Padrão	22	3991,8	3671,65
Padrão	23	3844,35	3509,13
Padrão	24	4562,35	4218,35
Padrão	25	4529,5	4015,40
Padrão	26	4032,96	3845,83
Padrão	27	4075,11	3723,43
Padrão	28	3226,29	3016,39
Padrão	29	3866,07	3477,92
Prêmio	30	3826,32	3505,30
Prêmio	31	4029,65	3736,29
Prêmio	32	4182,57	3873,48
Prêmio	33	4018,36	3684,43
Prêmio	34	4201,66	3901,67
Prêmio	35	4211,48	3858,13
Erro-padrão		62,18	55,42
Média geral		4108,1	3800,16

Os valores de Energia Metabolizável Aparente (EMA) dos 18 (18 a 35) alimentos extrusados para cães estão representados, em porcentagem (%), na TABELA 7, assim como seus erros-padrão, médias gerais e coeficientes de variação (CV).

TABELA 7 Energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e matéria natural (EMAMN), em quilocalorias por quilo, dos 18 alimentos para cães.

Categorias (mercado)	Alimentos	EMAMS (kcal/kg)	EMAMN (kcal/kg)
Padrão	18	2794,30	2560,70
Padrão	19	2915,35	2702,53
Padrão	20	3062,57	2815,12
Padrão	21	3921,16	3655,30
Padrão	22	3730,20	3431,04
Padrão	23	3591,64	3278,45
Padrão	24	4239,64	3919,97
Padrão	25	4205,86	3728,50
Padrão	26	3759,95	3585,49
Padrão	27	3790,52	3463,40
Padrão	28	2984,33	2790,14
Padrão	29	3631,92	3267,27
Prêmio	30	2678,01	2453,32
Prêmio	31	3034,60	2813,67
Prêmio	32	3502,11	3243,30
Prêmio	33	3635,76	3333,63
Prêmio	34	3845,35	3570,79
Prêmio	35	3868,38	3543,82
	Erro-padrão	71,47	62,94
	Média geral	3510,65	3230,91

Os valores médios encontrados para as EMAMS e EMAMN dos 18 alimentos extrusados para cães, independente da categoria foram 3.511 ± 476 kcal/kg e 3.231 ± 441 kcal/kg.

Os alimentos classificados como “Padrão” apresentaram EMAMS de 3.552 ± 497 kcal/kg e EMAMN de 3.266 ± 448 kcal/kg. Os alimentos

classificados como “Prêmio” apresentaram EMAMS de 3.427 ± 476 kcal/kg e EMAMN de 3.160 ± 441 kcal/kg.

Pôde-se observar, portanto, que os valores de EDAMN e EDAMS, ascenderam gradualmente, conforme as categorias “Padrão”, “Prêmio” e “Super Prêmio”, respectivamente. Entretanto, o mesmo não ocorreu para os valores de EMAMN e EMAMS, os quais, contraditoriamente, foram maiores para os alimentos “Padrão”, em relação aos alimentos “Prêmio”.

5 CONCLUSÃO

A definição de coeficientes de digestibilidade para os nutrientes pela ANFAL PET (2008) representou passo significativo para o controle da padronização dos alimentos produzidos pelo setor, porém deve ser estendido não somente às categorias “Prêmio” e “Super Prêmio”, mas também às categorias “Econômica” e “Padrão”, principalmente por estas não apresentarem formulação fixa, serem compostas por ingredientes de custo mais baixo e representarem a maior fatia de mercado.

Além disso, os valores destes coeficientes devem ser revisados para que a categoria “Super Prêmio” não seja desvalorizada em relação às demais.

6 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L.T.F. **Determinação de valores de energia metabolizável e triptofano de alguns alimentos para aves em diferentes idades.** 1980. 55 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALBINO, L.F.T.; SILVA, M.A. Valores nutritivos para aves e suínos determinados no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 1996, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa: UFV, 1996. p. 303-318.

ANDREASI, F. **Estudos de métodos indiretos (óxido crômico e lignina) para a determinação da digestibilidade aparente no cão e métodos de avaliação da energia alimentar.** 1956. 78 p. Tese (Livre docência em Nutrição Animal) – Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade de São Paulo, São Paulo.

ANDRIGUETO, J.M. **Nutrição animal: as bases e os fundamentos.** 4. ed. São Paulo: Nobel, 1988. v. 1, 395 p.

AONDEFICA. Site **de informações sobre as cidades e vilas brasileiras.** Disponível em: <http://www.aondefica.com/brasil_r_mg.asp?q=576>. Visualizado em janeiro de 2009.

AROEIRA, L.J.M. Estimativas de consumo de gramíneas tropicais. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE DIGESTIBILIDADE EM RUMINANTES, 1., 1997, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, 1997. p. 127-163.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE ALIMENTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO. **Guia nutricional de cães e gatos.** São Paulo, 2008. 81 p.

ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Official Publication 2005.** Oxford, 2005. 1176 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Officials method of analysis.** 15. ed. Virginia, 1990. 1298 p.

BORGES, F.M.O.; NUNES, I.J. **Nutrição e manejo alimentar de cães na saúde e na doença.** Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1998. 103 p. (Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG, 23).

BRASIL. Decreto n.º 76.986, de 06 de janeiro de 1976. Dispõe sobre a inspeção e a fiscalização obrigatórias dos produtos destinados à alimentação animal. **Diário Oficial da União**, São Paulo, p. 499, 01 jan. 1976, Seção 1.

BRASIL. Instrução Normativa N.º 9, de 09 de julho de 2003. Regulamento técnico sobre a fixação de padrões de identidade e qualidade de alimentos completos e de alimentos especiais destinados a cães e gatos. **Diário Oficial da União**, São Paulo, p. 7, 14 jul. 2003, Seção 1.

BRUNETTO, M.A.; TESHIMA, E.; GOMES, M.O.S.; PALUMBO, G.R.; CARCIOFI, A.C.; KIENZLE, E. Equações de predição da energia metabolizável de rações comerciais para cães com diferentes níveis de extrativos não-nitrogenados fabricadas no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras, Minas Gerais. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008. p. 1-3.

BUFFINGTON, C.A.; BRANAM, J.E.; DUNN, G.C. Lack of effect of age on digestibility of protein, fat and dry matter in beagle dogs. In: BURGER, H.; RIVERS, J.P.W. (Ed.). **Nutrition of the dog and cat**. New York: Cambridge University, 1989. p. 1-21.

BUSSOLANET. **Site de informações geográficas**. Disponível em: <<http://www.bussolanet.com.br/cidades/geografia.asp?id=23>>. Visualizado em janeiro de 2009.

CARCIOFI, A.C. Classificação e avaliação de alimentos comerciais para cães e gatos. In: SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO E ALIMENTAÇÃO DE CÃES E GATOS – PADRÕES NUTRICIONAIS E DE QUALIDADE, 3., 2006, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA-FAEPE, 2006. p. 133-148.

CARCIOFI, A.C. Ingredientes energéticos e protéicos para cães e gatos. In: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO ANIMAL, 2., 2006, São Paulo. **Anais...** São Paulo: CLANA, 2006, p. 133-151.

CARCIOFI, A.C.; PRADA, F.; MORI, C.S. Uso de indicadores internos na avaliação da digestibilidade aparente de alimentos para gatos – comparação de métodos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 28, n. 2, p. 299-302, 1998.

CASE, L.P.; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A. **Nutrição canina e felina**: manual para profissionais. Espanha: Harcourt Brace, 1998. 410 p.

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

CHERNEY, D.J.R. Characterization of forages by chemical analysis. In: GIVENS, D.J.; OWENS, E.; OMED, H.M. (Ed.). **Forage evaluation in ruminant nutrition**. Oxon: CABI, 2000. p. 281-300.

CHURCH, D.C.; POND, W.G. **Basic animal nutrition and feeding**. 3. ed. New York: John Wiley, 1988. 192 p.

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. **Sindirações/ Associação Nacional dos Fabricantes de Alimentos**. São Paulo, 2005. 383 p.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

FORTES, C.M.L.S. **Composição química, digestibilidade e energia metabolizável de ingredientes amiláceos e protéicos para cães**. 2006. 88 p. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

HARRIS, L.E. **Os métodos químicos e biológicos empregados na análise de alimentos**. Gainesville, Flórida, USA: Universidade da Flórida, 1970. v. 1.

HUHTANEN, P.; JAAKKOLA, S.; KUKKONEN, U. Ruminant plant cell wall digestibility estimated from digestion and passage kinetics utilizing mathematical models. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 49, n. 1/2, p. 159-173, 1995.

KENDALL, P.T.; BURGER, I.H.; SMITH, P.M. Methods of estimation of the metabolizable energy content of cat foods. **Feline Practice**, Santa Barbara, v. 15, n. 2, p. 38-44, 1985.

KENDALL, P.T.; HOLME, D.W.; SMITH, P.M. Methods of prediction of the digestible energy content of dog foods from gross energy value proximate analysis and digestive nutrient content. **Journal of the Science Food and Agriculture**, New Jersey, v. 33, n. 9, p. 823-831, 1982.

- KIENZLE, E. An improved method for the estimation of energy in pet foods. **Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 128, p. 2806S-2808S, 1998.
- KIENZLE, E. Further developments in the prediction of metabolizable energy (ME) in pet food. **Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 132, p. 1796S-1798S, 2002.
- KIENZLE, E.; OPTIZ, B.; SCHRAG, I. Energy evaluation of dog and cat food. **Uebersichten zur Tierernaehrung**, Hannover, v. 27, p. 191-220, 1999.
- KOTB, A.R.; LUCKEY, T.D. Markers in nutrition. **Nutrition Abstracts and Reviews**, Wallingford, v. 42, p. 813-845, 1972.
- KUHLMAN, G.; LAFLAMME, D.P.; BALLAM, J.M. A simple method for estimating the metabolizable energy content of dry cat foods. **Feline Practice**, Santa Barbara, v. 21, p. 16-20, 1993.
- LAFLAMME, D.P. Determining metabolizable energy content in commercial petfoods. **Journal Animal Physiology Nutrition**, Illinois, v. 85, p. 222-230, 2001.
- LAFLAMME, D.P. Development and validation of a body condition score system for dogs. **Canine Practice**, Santa Barbara, v. 22, n. 4, p. 10-15, 1997.
- LÔBO JUNIOR, M.F.; REZENDE, A.S.C.; SALIBA, E.O.S.; SAMPAIO, I.B.M. Coeficientes de digestibilidade aparente pelos métodos de indicadores e coleta total de fezes em cães. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 53, n. 6, p. 691-694, 2001.
- MCCARTHY, J.F.; BOWLAND, J.P.; AHERNE, F.X. Influence of method upon the determination of apparent digestibility in the pig. **Canadian Journal Animal Science**, Canada, v. 57, p. 131-134, 1977.
- MOORE, J.E.; SOLLENBERGER, L.E. Techniques to predict pasture intake. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE PRODUÇÃO ANIMAL EM PASTEJO, 1., 1997, Viçosa. **Anais...** Viçosa: UFV, 1997. p. 81-96.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academy, 1985. 192 p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats**. Washington: National Academy, 2006. 398 p.

NOTT, H.M.R.; RIGBY, S.I.; JOHNSON, J.V.; BAILEY, S.J.; BURGER, I.H. Design of digestibility trials for dogs and cats. **Journal of Nutrition**, Canada, v. 124, p. 2582S-83S, supplementum 12, 1994.

NUNES, I.J. **Nutrição animal básica**. Belo Horizonte: FEP-MVZ, 1998. 388 p.

OLUBAJO, F.O.; OYENUGA, V.A. Digestibility of tropical pasture using the indicator technique. **Journal Agricultural Science**, Cambridge, v. 75, n. 1, p. 175-181, 1970.

OWENS, F.N.; HANSON, C.F. External and internal markers for appraising site and extent of digestion in ruminants. **Journal Dairy of Science**, Philadelphia, v. 75, n. 9, p. 2605-2617, 1992.

PIBOT, P. Coprofagia. **Informativo Técnico: Centro de Pesquisa e Técnicas em Práticas de Pequenos Animais**, Belo Horizonte, v. 19, n. 1, p. 6-8, 2004.

RODRIGUES, P.B. Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 30, n. 6, p. 1767, 2001.

SALIBA, E.O.S. **Caracterização química e microscópica das ligninas dos resíduos agrícolas de milho e de soja expostos à degradação ruminal e seu efeito sobre a digestibilidade dos carboidratos estruturais**. 1998. 236 f. Tese (Doutorado em Ciência Animal) – Escola de Veterinária da UFMG, Belo Horizonte.

SALIBA, E.O.S. Mini curso sobre o uso de indicadores. In: TELECONFERÊNCIA SOBRE INDICADORES EM NUTRIÇÃO ANIMAL, 1., 2005, Belo Horizonte. **Anais...** Belo Horizonte: EV–UFMG, 2005. p. 23-26.

SCHANG, M.J. Valor nutritivo de ingredientes y raciones para aves: energia disponible. **Revista Argentina de Produccion Animal**, Buenos Aires, v. 6, n. 7, p. 599-608, 1987.

SHIELDS, R.G. Digestibility and metabolizable energy measurement in dogs and cats. In: PETFOOD FORUM, 1., 1993, New York. **Anais...** New York: Watt Publishing, 1993. p. 21-35.

SIBBALD, I.R.; MORSE, P.M. Effects of the nitrogen correction and feed intake on true metabolizable energy values. **Poultry Science**, Mississippi, v. 62, n. 2, p. 138-142, 1982.

SOEST, P.J. van. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell University, 1994. 476 p.

SOEST, P.J. van; ROBERTSON, J.B.; LEWIS, B.A. Symposium: carbohydrate methodology, metabolism, and nutritional implications in dairy cattle. **Journal Dairy Science**, Champaign, v. 74, n. 10, p. 3583-3597, 1991.

VASCONCELLOS, R.S. **Utilização de indicadores nos ensaios de digestibilidade aparente em gatos domésticos**. 2004. 69 p. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

WARNER, A.C.I. Rate of passage of digesta through the gut of mammals and birds. **Nutrition Abstracts & Reviews**, Wallingford, v. 51, p. 789-820, 1981.

ZEOULA, L.M.; BRANCO, A.F.; SALINA, L.J. Avaliação de indicadores em estudo de digestibilidade de alimentos para ruminantes. **Revista Unimar**, Maringá, v. 22, n. 3, p. 165-174, 1994.

CAPÍTULO 2

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO PARA ENERGIA DIGESTÍVEL E METABOLIZÁVEL DE ALIMENTOS SECOS PARA CÃES

RESUMO

Foram realizados dois experimentos na Universidade Federal de Lavras. No exp.1 foram avaliados 35 alimentos secos comerciais em 24 cães adultos Beagle, peso médio $11,74 \pm 4,72$ kg, alojados em baias individuais para coleta de fezes, com o objetivo de estimar, a partir das análises químicas dos mesmos e dos resultados encontrados nos ensaios biológicos, equações de predição para energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS). No exp.2 foram avaliados 18 alimentos secos comerciais para cães, usando os mesmos animais, alojados em gaiolas metabólicas (coleta de fezes e urina) com objetivo de estimar equações de predição para energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS). Em ambos os ensaios houve seis repetições por tratamento e períodos experimentais de dez dias (cinco para adaptação seguidos de cinco para coleta). As equações de predição para a EDA e a EMA foram estimadas por regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou Backward, pelo teste F e significância de 5% de probabilidade para cada variável componente do modelo. Somente foram consideradas as equações em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo e com $R^2(>0,5)$. Embora os ensaios experimentais sejam onerosos e menos práticos, ainda são a opção mais confiável, até que se desenvolvam equações menos generalistas e mais próximas dos alimentos avaliados, uma vez que o mercado tem oferecido alimentos com grandes variações qualitativas. As equações com melhor ajuste encontradas para energia digestível e metabolizável para alimentos extrusados para cães, neste trabalho, foram: $EDA = 5045,66 - 134,63 \text{ MM} + 44,3 \text{ EEHA} - 86,03 \text{ FB}$ ($R^2 = 0,68$) e $EMA = 4586,48 - 176,74 \text{ MM} + 75,45 \text{ EEHA}$ ($R^2=0,79$).

Palavras-chave: estimativa, animais de estimação, regressões.

ABSTRACT

Two experiments were conducted at the Federal University of Lavras. Exp.1 were evaluated in 35 commercial dry foods in 24 adult Beagle dogs, mean weight $11,74 \pm 4,72$ kg, housed in individual boxes for collection of feces, in order to estimate, from the chemical analysis of them and results found in biological tests, the prediction equations for apparent digestible energy in dry matter (ADE). Exp.2 were evaluated in 18 commercial dry foods for dogs, using the same animals, housed in metabolic cages (collection of feces and urine) in order to estimate prediction equations for metabolizable energy in apparent dry matter (AME). In both trials there were six replicates per treatment and experimental periods of ten days (five for adaptation followed by five to collect). The prediction equations for the ADE and MPE were estimated by simple and multiple linear regressions, using the indirect method of disposal or Backward, by F test and significance of 5% probability for each variable component of the model. Only the equations were in which all independent variables had significance in the model and $R^2 (> 0,5)$. Although the experimental tests are expensive and less practical, are still the most reliable option, to develop equations that are less general and more foods close evaluated, since the market had offer foods with big quality variations. The equations with best fit found for digestible energy and metabolizable for extruded foods for dogs, in this work were: $ADE = 5045,66 -134,63 MM +44,3 EEHA -86,03 FB$ ($R^2 = 0,68$) and $AME = 4586,48 -76,74 MM +75,45 EEHA$ ($R^2 = 0,79$).

Key-words: predict, pet animals, regreitions.

1 INTRODUÇÃO

Apesar de o método tradicional de “coleta total” ser ainda o mais empregado na determinação dos valores energéticos dos alimentos, apresenta inconvenientes como a mensuração exata das quantidades de alimento oferecido e das fezes eliminadas, além de exigir uma estrutura adequada (canil, gaiolas metabólicas, animais, pessoal treinado, laboratório e outros), a qual para muitas empresas é inviável, principalmente, pelo custo elevado destas condições. Entretanto, as equações de predição representam uma forma indireta de determinação do valor energético dos alimentos, por meio de cálculos, a partir das análises de composição química destes alimentos.

O uso de equações se torna útil às indústrias de rações, não somente para determinar o valor energético dos alimentos, mas também para realizar os ajustes necessários de acordo com a variação da composição, principalmente em relação à proteína, gordura e fibra dos ingredientes, obtidos mediante análises laboratoriais de rotina. O National Research Council – NRC (2006) apresenta equações de predição para energia digestível e metabolizável, porém, declara não existir um equação universal que atenda a todos os alimentos comerciais existentes para cães e gatos. Brunetto et al. (2008) concluíram que alimentos comerciais brasileiros, podem ser melhor avaliados caso sejam considerados teores maiores que 50% de extrativo não nitrogenado, na matéria seca.

Desse modo, o presente estudo teve como objetivo estimar equações de predição para a energia digestível aparente e metabolizável aparente, a partir dos resultados encontrados nos ensaios biológicos e análises bromatológicas de 35 e 18 alimentos secos comerciais, respectivamente

2 MATERIAL E MÉTODOS

A partir da composição bromatológica e dos resultados *in vivo* (TABELA 8) obtidos nos 35 alimentos completos extrusados para cães, foi desenvolvida uma equação de predição geral para a EDAMS, assim como a partir da composição bromatológica e dos resultados *in vivo* (TABELA 8) obtidos nos 18 alimentos completos extrusados para cães foi desenvolvida uma equação de predição geral para a EMAMS.

Além disso, a partir da composição bromatológica e dos resultados *in vivo* obtidos nos 18 alimentos completos extrusados para cães foram estabelecidos agrupamentos específicos para cada um dos nutrientes (fibra bruta, proteína bruta, extrato etéreo em hidrólise ácida, matéria mineral e extrativo não nitrogenado) de acordo com os valores médios encontrados, em base de matéria seca com objetivo de obter equações de predição para a EMAMS desdobradas da seguinte forma: em níveis de FB (inferiores e superiores a 4%), em níveis de MM (inferiores e superiores a 9%), em níveis de PB (inferiores e superiores a 25%), em níveis de EEHA (inferiores e superiores a 9%) e em níveis de ENN (inferiores e superiores a 51%).

As equações de predição para a EDA e a EMA dos alimentos foram estimadas por meio de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando o Método de Eliminação Indireta ou Backward, pelo pacote de Sistema para Análises Estatísticas (SAEG), versão 5.0 (Universidade Federal de Viçosa – UFV, 1992).

O método fornece a contribuição de cada variável dentro da análise de regressão múltipla, mostra a equação que melhor representa a variável dependente estudada e, através da significância, exclui a variável que menos está contribuindo na determinação do valor energético, até que se obtenha uma equação com apenas uma variável.

TABELA 8 Valores médios da energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS) e na matéria natural (EMAMS) e composição bromatológica dos 35 alimentos extrusados para cães.

Alimentos	Valores <i>in vivo</i>		Composição bromatológica (Matéria Seca)				
	EDAMS (kcal/kg)	EMAMS (kcal/kg)	PB (%)	EEHA (%)	FB (%)	MM (%)	ENN (%)
1	4452	--	28,26	12,82	4,09	9,14	45,7
2	4291	--	31,99	14,33	3,54	8,1	42,05
3	4272	--	29,99	14,74	4,18	7,48	43,6
4	4019	--	32,84	15,41	3,61	7,85	40,28
5	4314	--	26,13	12,43	2,99	9,76	48,68
6	4589	--	27,87	13,49	2,35	7,01	49,27
7	4342	--	28,38	13,61	1,32	9,78	46,91
8	4175	--	25,96	13,21	2,31	7,98	50,54
9	4155	--	29,59	12,43	1,96	9,81	46,21
10	4165	--	24,61	14,76	1,98	8,61	50,03
11	3956	--	23,84	9,52	2,5	9,57	54,57
12	4210	--	23,01	12,92	1,53	8,7	53,85
13	3907	--	21,52	11,82	2,17	12,96	51,53
14	4455	--	29,02	14,79	1,01	8,08	47,1
15	4614	--	26,26	16,47	2,38	6,75	48,13
16	4599	--	29,52	17,36	1,89	7,13	44,1
17	4724	--	28,32	20,83	2,08	7,47	41,3
18	3027	2896	19,5	7,4	6	12,85	54,24
19	3099	2955	20,42	7,36	5,69	10,17	56,36
20	3311	3165	19,39	7,52	5,8	13,11	54,19
21	4132	3953	26,29	9,41	4,52	8,09	51,69
22	3992	3798	22,07	6,03	4,51	7,81	59,58
23	3844	3594	22,41	7,1	4,7	8,07	57,71
24	4562	4260	29,1	11,72	3,11	5,53	50,53
25	4530	4276	25,4	10,96	2,59	9,84	51,2
26	4033	3822	24,69	7,18	3,95	9,14	55,03
27	4075	3865	24,88	9,72	4,29	9,86	51,25
28	3302	3126	21,95	7	5,17	9,85	56,04
29	3866	3690	21,16	7,18	5,02	8,57	58,06
30	2868	2678	22,42	6,08	3,01	11,58	56,9
31	3202	2790	24,7	10,97	3,29	11,38	49,67
32	3837	3464	27,05	11,13	3,01	11,25	47,55
33	4040	3573	35,07	9,44	3,61	9,14	42,73
34	4173	3951	32,37	7,58	2,65	6,99	50,41
35	3771	3514	32,33	7,41	3,46	9,85	46,95

As variáveis independentes consideradas foram a matéria mineral (MM), a proteína bruta (PB), a fibra bruta (FB), o extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA) e o extrativo não nitrogenado (ENN). As variáveis dependentes consideradas foram a Energia Digestível Aparente na Matéria Seca (EDAMS) e a Energia Metabolizável Aparente na Matéria Seca (EMAMS).

Para obter equações de maior precisão, foram adotados o teste de F e significância de 5% de probabilidade para cada variável componente do modelo. Somente foram consideradas as equações em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo e com coeficiente de determinação maior que 0,50.

2.1 Semelhança entre valores *in vivo* e estimados por equações

Foram comparados, pelo Teste T do pacote estatístico SISVAR (Ferreira, 2000), os valores médios obtidos para EB, em análises em bomba calorimétrica, e os valores encontrados pela equação sugerida pelo NRC (2006). Os valores médios encontrados para o CDE também foram comparados aos valores estimados pela equação sugerida pelo NRC (2006). Da mesma forma, os valores obtidos para EDA foram comparados aos valores estimados pela equação encontrada no presente estudo e à sugerida pelo NRC (2006).

2.2 Metodologia de cálculos

As equações sugeridas pelo NRC (2006) e utilizadas para comparação foram:

2.2.1 Equação de predição para energia bruta (EB)

$$EB \text{ (kcal/kg)} = (5,7 \times \text{g PB}) + (9,4 \times \text{g EE}) + [4,1 \times (\text{g ENN} + \text{g FB})]$$

2.2.2 Equação de predição para coeficiente de energia digestível (CDE)

$$\text{CDE (\%)} = 91,2 - (1,43 \times \% \text{FB, na MS})$$

2.2.3 Equação de predição para energia digestível (ED)

$$\text{ED (kcal/kg)} = \text{EB} \times \text{CDE}/100$$

2.2.4 Equação de predição para energia metabolizável (EM)

$$\text{EM (kcal/kg)} = \text{ED} - (1,04 \times \text{g PB}).$$

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Equações de predição para energia digestível e metabolizável

A análise de correlação entre a energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN) dos 35 alimentos extrusados para cães avaliados, assim como as regressões gerais ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 9.

TABELA 9 Regressões gerais da energia digestível aparente na matéria seca (EDAMS), a partir da composição química dos 35 alimentos avaliados.

Constante	MM ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	FB ¹ (%)	ENN ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
4560,84	-136,69	63,71	---	---	---	0,65
5045,66	-134,63	44,3	-86,03	---	---	0,68
Correlações	-0,68994	0,67244	-0,57607	-0,51793	0,53906	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

As variáveis que apresentaram maior correlação com a energia digestível aparente na matéria seca foram a matéria mineral (MM) e o extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA). A MM apresentou correlação negativa (-0,68994), ou seja, o aumento no teor desta variável pode diminuir o valor

energético e o EEHA apresentou correlação positiva (0,67244), indicando que seu acréscimo, pode acarretar em leve aumento na energia do alimento.

A adição da fibra bruta colaborou para um melhor ajuste do modelo e a equação de predição, em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,0001$) pelo Teste F, para a energia digestível aparente na matéria seca foi $EDAMS = 5045,66 - 134,63 MM + 44,30 EEHA - 86,03 FB$ ($R^2 = 0,68$).

Alguns pesquisadores têm utilizado a FB para estimar equações para energia metabolizável de alimentos para animais de companhia, os quais têm em média 3 a 4% de FB em sua composição. Para cães, a fibra dietética representa uma diluição energética e diminuição da digestibilidade de todos os outros nutrientes, porém tem exerce função especial na manutenção e motilidade gastrointestinal e na formação do bolo fecal.

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN) dos 18 alimentos extrusados para cães avaliados, assim como as regressões gerais ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 10.

TABELA 10 Regressões gerais da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos 18 alimentos avaliados.

Constante	MM ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	FB ¹ (%)	ENN ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
5302,49	-185,3	---	---	---	---	0,50
4586,48	-176,74	75,45	---	---	---	0,57
Correlações	-0,7078	0,35125	-0,36476	-0,18373	0,42706	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta e o extrato etéreo em hidrólise ácida apresentaram baixa correlação positiva com a energia metabolizável aparente na matéria seca (0,42706 e 0,35125). A fibra bruta e extrativo não nitrogenado apresentaram

baixa correlação negativa (-0,36476 e -0,18373) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, porém a matéria mineral apresentou alta correlação negativa (-0,7078), quando utilizados os valores obtidos na avaliação dos 18 alimentos extrusados para cães.

A equação de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,0001$) pelo teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foi $EMAMS = 4586,48 - 176,74 MM + 75,45 EEHA$, a qual apresentou médio coeficiente de determinação (0,57). O modelo excluiu as variáveis PB, FB e ENN, que não foram significativas ($P > 0,05$) diante dos valores apresentados pelos 18 alimentos extrusados para cães.

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de fibra bruta inferiores a 4% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 11.

TABELA 11 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de fibra bruta inferiores a 4%.

Constante	MM ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	FB ¹ (%)	ENN ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
5578,77	-211,11	---	---	---	---	0,53
4953,13	-201,99	58,89	---	---	---	0,58
Correlações	-0,73065	0,31582	-0,19179	-0,1438	0,35058	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta e o extrato etéreo em hidrólise ácida apresentaram baixa correlação positiva (0,35058 e 0,31582) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, para os alimentos com níveis de fibra inferiores a 4%. A fibra bruta e o extrativo não nitrogenado apresentaram correlações baixas e negativas (-0,19179 e -0,1438). A matéria mineral apresentou alta correlação

negativa (-0,73065) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do mesmo grupo.

Dentro do grupo dos alimentos com níveis de fibra bruta inferiores a 4%, a equação de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,0001$) pelo teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foi $EMAMS = 4953,13 - 201,99 MM + 58,89 EEHA$, a qual apresentou médio coeficiente de determinação (0,58). O modelo novamente excluiu as variáveis PB, FB e ENN, por não serem significativas ($P > 0,05$).

As fontes de fibra moderadamente fermentável (em contraposição com as fibras muito ou não fermentáveis) que fornecem níveis adequados de ácidos graxos de cadeia curta no intestino grosso e que dão volume, são as fontes fibrosas mais apropriadas para cães, pois contribuem para a saúde do intestino grosso (Case et al., 1998).

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de fibra bruta superiores a 4% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 12.

TABELA 12 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de fibra bruta superiores a 4%.

Constante	MM ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	FB ¹ (%)	ENN ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
6543,52	---	---	-609,44	---	---	0,71
Correlações	-0,67941	0,35667	-0,84452	-0,08307	0,73263	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta (PB) apresentou alta correlação positiva (0,73263) e o extrato etéreo em hidrólise ácida (EEHA) apresentou baixa correlação positiva (0,35667) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do

grupo da fibra (níveis superiores a 4%), porém nenhuma delas apresentou significância ($P > 0,05$). A fibra bruta (FB) apresentou alta correlação negativa (-0,84452) e significância ($P < 0,0002$), porém a matéria mineral (MM) apresentou mediana correlação negativa (-0,67941) e extrativo não nitrogenado (ENN) apresentou baixa correlação negativa (-0,08307) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do mesmo grupo. A MM e o ENN não foram significativos ($P > 0,05$).

Dentro do grupo dos alimentos com níveis de fibra bruta superiores a 4%, a equação de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,0001$) pelo Teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foi $EMAMS = 6543,52 - 609,44 FB$, a qual apesar de o modelo ter excluído quase todas as variáveis (PB, EEHA, FB e ENN) por não serem significativas, apresentou alto coeficiente de determinação (0,71), o que fortalece a idéia de que a determinação de níveis de nutrientes pode favorecer a obtenção de regressões mais próximas dos alimentos avaliados.

Algumas equações têm utilizado a fibra (fibra bruta, mais comumente utilizada) para predizer a digestibilidade da energia (Kendall et al., 1985; Kulhuman et al., 1993; Kienzle, 1998; Shoenzmeier, 2003). O uso do conteúdo de fibra bruta em equações para a predição da digestibilidade da energia abrange uma grande variedade de alimentos preparados para cães. No entanto, alimentos com um conteúdo de fibra acima de 8% na matéria seca e com uma alta porcentagem de polissacarídeos não amiláceos em sua fração de fibra bruta têm sua energia sistematicamente subestimada (NRC, 2006).

Outra explicação simples para a alta digestibilidade da fibra bruta pode ser que certas proteínas do tecido conectivo podem analiticamente aparecer como fibra bruta. Em geral, essas proteínas têm uma digestibilidade aparente mais alta que a de outros compostos determinados como fibra bruta. Além disso,

eles normalmente não afetam a digestibilidade de outros nutrientes na mesma extensão que os polissacarídeos não amiláceos como a lignina (NRC, 2006).

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de matéria mineral inferiores a 9% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 13.

TABELA 13 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição bromatológica dos alimentos com níveis de matéria mineral inferiores a 9%.

Constante	MM ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	FB ¹ (%)	ENN ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
5278,28	-186,96	---	---	---	---	0,59
Correlações	-0,7689	0,7493	-0,6423	-0,7091	0,64876	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta apresentou média correlação positiva (0,64876) e o extrato etéreo em hidrólise ácida apresentou alta correlação positiva (0,7493) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo dos alimentos com níveis de matéria mineral inferiores a 9%. A fibra bruta apresentou média correlação negativa (-0,6423) e a matéria mineral e o extrativo não nitrogenado (ENN) apresentaram altas correlações negativas (-0,7689 e -0,7091) com a energia metabolizável aparente na matéria seca dentro do mesmo grupo.

Ainda considerando este grupo, a equação de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,0001$) pelo teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foi $EMAMS = 5278,28 - 186,96 MM$, a qual o modelo excluiu quase todas as variáveis (PB, EEHA, FB e ENN) por não serem significativas ($P < 0,05$) e novamente manteve somente a MM e apresentou médio coeficiente de determinação (0,59).

Considerando os alimentos com níveis de matéria mineral superiores a 9%, a proteína bruta e o extrato etéreo em hidrólise ácida apresentaram baixa correlação positiva (0,41997 e 0,41444) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo de alimentos com níveis de matéria mineral superiores a 9%. A fibra bruta e o extrativo não nitrogenado apresentaram baixa correlação negativa (-0,36554 e -0,35706), a matéria mineral apresentou média correlação negativa (-0,56234) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do mesmo grupo e; novamente, somente a MM foi significativa ($P < 0,0001$).

As regressões estimadas para a equação EMAMS, dentro deste mesmo grupo, a partir destas variáveis independentes apresentaram valores para o coeficiente de determinação inferiores a 0,50 e foram desconsideradas. Apesar de a matéria mineral ter sido uma variável importante na determinação de quase todas as regressões, este grupo específico não contribuiu para um melhor ajuste pelo modelo.

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de proteína bruta inferiores a 25% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 14.

TABELA 14 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de proteína bruta inferiores a 25%.

Constante	MM ¹ (%)	FB ¹ (%)	PB ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	ENN ¹ (%)	R ²
7818,72	-236,89	118,66	---	---	-477,81	0,53
5196,74	-153,36	280,7	-153,36	---	---	0,57
1989,42	-326,09	146,77	---	-290,81	-211,9	0,59
1296,31	-114,18	358,67	211,9	-78,9	---	0,59
Correlações	-0,67884	0,01795	0,3221	-0,08353	0,23874	---

¹MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta, a fibra bruta e o extrativo não nitrogenado apresentaram baixa correlação positiva (0,32210; 0,01795 e 0,23874) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo de alimentos com níveis de proteína bruta inferiores a 25%. O extrato etéreo em hidrólise ácida apresentou baixa correlação negativa (-0,08353) e a matéria mineral apresentou média correlação negativa (-0,67884) com a energia metabolizável aparente na matéria seca dentro do mesmo grupo.

Considerando o grupo de proteína bruta, com níveis inferiores a 25%, as equações de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,0001$) pelo teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foram $EMAMS = 1296,31 - 14,18 MM + 358,67 FB + 211,9PB - 78,90 EEHA$ e $EMAMS = 1989,42 - 326,09 MM + 146,77 FB - 211,9ENN - 290,81 EEHA$. Para essas regressões, o modelo manteve quase todas as variáveis, porém apresentaram médio coeficiente de determinação (0,59). Deve-se destacar ainda a curiosa substituição da proteína bruta pelo extrativo não nitrogenado de uma por outra equação, em valores iguais, porém de sinais diferentes.

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de proteína bruta superiores a 25% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 15.

TABELA 15 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de proteína bruta superiores a 25%.

Constante	MM ¹ (%)	PB ¹ (%)	FB ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	ENN ¹ (%)	R ²
3752,7	-302,76	110,46	---	---	---	0,79
6286,7	-312	---	---	---	---	0,70
Correlações	-0,83991	0,36573	0,13051	0,15351	0,28729	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta apresentou baixa correlação positiva (0,36573), o extrato etéreo em hidrólise ácida, a fibra bruta e o extrativo não nitrogenado apresentaram baixa correlação positiva (0,15351; 0,13051 e 0,28729) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo dos alimentos com níveis de proteína bruta superiores a 25%. A matéria mineral apresentou alta correlação negativa (-0,83991) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do mesmo grupo.

Ainda considerando este grupo, a equação de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,0001$) pelo teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foi a $EMAMS = 3552,70 - 302,76 MM + 110,46 PB$, a qual apresentou alto coeficiente de determinação ($R^2 = 0,79$).

As proteínas podem servir como fonte energética para cães, principalmente para carnívoros restritos como gatos, porém não é a fonte mais viável, uma vez que cerca de 30% da energia metabolizável das proteínas são perdidos como incremento calórico, enquanto que para extrativo não nitrogenado isto fica em torno de 6% e para lipídeos, em torno de 3%.

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de extrato etéreo em hidrólise ácida inferiores a 9% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 16.

TABELA 16 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrato etéreo em hidrólise ácida inferiores a 9%.

Constante	MM ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	FB ¹ (%)	PB ¹ (%)	ENN ¹ (%)	R ²
5103,25	-175,41	---	---	---	---	0,57
3794,79	-181,17	192,9	---	---	---	0,62
Correlações	-0,75395	0,1329	-0,34817	0,48699	-0,11132	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta e o extrato etéreo em hidrólise ácida apresentaram baixa correlação positiva (0,48699 e 0,13290) dentro do grupo dos alimentos com níveis de extrato etéreo inferiores a 9%. A FB e o ENN apresentaram baixa correlação negativa (-0,34817 e -0,11132). A matéria mineral apresentou alta correlação negativa (-0,75395) dentro do mesmo grupo.

Considerando o grupo do extrato etéreo em hidrólise ácida, com níveis inferiores a 9%, a equação de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,005$) pelo teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foi a $EMAMS = 3794,79 - 181,17 MM + 192,90 EEHA$, na qual o modelo excluiu as variáveis (PB, FB, EEHA, MM e ENN) por não serem significativas ($P < 0,05$) e apresentou médio coeficiente de determinação (0,62).

Além de fornecer energia, melhorar a absorção de vitaminas e aumentar a palatabilidade do alimentos, os óleos e gorduras aumentam a eficiência de utilização da energia consumida devido ao menor incremento calórico do metabolismo de lipídeos.

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de extrato etéreo em hidrólise ácida superiores a 9% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 17.

TABELA 17 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrato etéreo em hidrólise ácida superiores a 9%.

Constante	MM ¹ (%)	ENN ¹ (%)	FB ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
9474,72	-206,99	-365,95	-241,69	---	---	0,50
9775,8	-215,83	-995,98	-802,09	-585,24	---	0,72
19735,6	-315,43	---	-901,68	-684,84	-99,6	0,72
Correlações	-0,65764	0,34912	-0,2379	0,03636	0,05383	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta, o extrato etéreo em hidrólise ácida e o extrativo não nitrogenado apresentaram baixa correlação positiva (0,05383; 0,03636 e 0,34912) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo dos alimentos com níveis de extrato etéreo superiores a 9%. A fibra bruta e a matéria mineral apresentaram baixa e média correlação negativa (-0,23790 e -0,65764), respectivamente com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do mesmo grupo.

As equações de predição em que todas as variáveis apresentaram alta significância ($P < 0,005$) pelo Teste F, para a energia metabolizável aparente na matéria seca foram $EMAMS = 19735,56 - 315,43 MM - 901,68 FB - 684,84 EEHA$ e $EMAMS = 9755,80 - 215,83MM - 995,98ENN - 802,09FB - 585,24 EEHA$, as quais apresentaram alto R^2 (0,72).

O extrato etéreo representa os lipídeos, que são os nutrientes que fornecem a forma mais concentrada de energia. A digestibilidade aparente das gorduras presentes nos alimentos de alta qualidade para animais de companhia costuma ser superior a 90%. Devido à sua digestibilidade e seu conteúdo energético superior, o aumento dos níveis de lipídeos na dieta de um animal incrementa notavelmente a densidade energética (Case et al., 1998).

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado inferiores a 51% ($P < 0,05$) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 18.

TABELA 18 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado inferiores a 51%.

Constante	MM ¹ (%)	ENN ¹ (%)	FB ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
5307,8	-173,13	---	---	---	---	0,57
4330,34	-181,37	211,5	---	---	---	0,59
6108,61	-201,57	---	---	---	-19,39	0,59
6684,87	-190,22	---	95,45	---	-31,28	0,61
3738,94	-157,73	35,82	-97,3	---	---	0,61
Correlações	-0,75752	-0,08581	-0,50337	0,32731	0,41562	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta apresentou baixa correlação positiva (0,41562) e significância (P<0,05). O extrato etéreo em hidrólise ácida apresentou baixa correlação positiva (0,32731), mas não foi significativa (P<0,05) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo dos alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado inferiores a 51%. A fibra bruta e o extrativo não nitrogenado apresentaram baixa correlação negativa (-0,50337 e -0,08581). A matéria mineral apresentou alta correlação positiva (-0,75752) e significância (P<0,0001) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do mesmo grupo.

As equações de predição, para a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo dos alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado inferiores a 51%, em que todas as variáveis apresentaram significância (P<0,005) pelo Teste F foram EMAMS= 3738,94 -157,73MM +35,82ENN - 97,30FB e EMAMS= 6684,87 -190,22 MM -31,28 PB -95,45 FB, as quais apresentaram médio coeficiente de determinação (0,61).

A análise de correlação entre a energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS) e as variáveis independentes (PB, EEHA, FB, MM e ENN), assim como as regressões considerando os alimentos com níveis de

extrativo não nitrogenado superiores a 51% (P<0,05) obtidas para esta mesma variável estão descritas na TABELA 19.

TABELA 19 Regressões da energia metabolizável aparente na matéria seca (EMAMS), a partir da composição química dos alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado superiores a 51%.

Constante	MM ¹ (%)	ENN ¹ (%)	FB ¹ (%)	EEHA ¹ (%)	PB ¹ (%)	R ²
-338,57	---	75,52	---	53,26	---	0,54
1346,16	-69,07	63,8	---	---	---	0,59
1152,78	-73,07	56,82	---	58,80	---	0,66
-6087,99	---	131,32	---	131,41	76,7	0,68
Correlações	-0,58509	0,69625	-0,23306	0,36879	-0,42866	---

¹ MM= Matéria Mineral; EEHA= Extrato Etéreo em Hidrólise Ácida; FB= Fibra Bruta; ENN= Extrativo Não Nitrogenado; PB= Proteína Bruta.

A proteína bruta e o extrato etéreo em hidrólise ácida apresentaram baixa correlação positiva (0,41562 e 0,32731) dentro do grupo de alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado superiores a 51%. A fibra bruta e o extrativo não nitrogenado apresentaram baixa correlação negativa (-0,50337 e -0,08581). A matéria mineral apresentou alta correlação positiva (-0,75752) com a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do mesmo grupo.

As equações de predição, para a energia metabolizável aparente na matéria seca, dentro do grupo de alimentos com níveis de extrativo não nitrogenado superiores a 51%, em que todas as variáveis apresentaram significância (P<0,005) pelo Teste F foram EMAMS= 1607,29 + 54,74 ENN – 75,53 MM + 54,02 EEHA – 87,24 FB e EMAMS= -6087,99 + 131,32ENN + 131,41EEHA + 76,70PB. O modelo excluiu as variáveis não significativas (P<0,05) e apresentaram médio coeficiente de determinação (0,66 e 0,69, respectivamente).

A TABELA 20 resume todas as equações encontradas neste trabalho para a energia digestível e metabolizável aparente, a partir das análises de

alimentos secos para cães, respectivamente, para estabelecer um comparativo e analisá-las de forma geral.

TABELA 20 Equações de predição para energia digestível e metabolizável aparente obtidas pela composição química dos alimentos secos para cães.

Equações de predição para energia	R2
EMA (EEHA>9%)= 9474,72 -206,99 MM -241,69 FB -365,95 ENN	0,50
EMA geral = 5302,49 -185,3 MM	0,50
EMA (FB<4%)= 5578,77 -211,11MM	0,53
EMA (PB<25%)= 7818,72 -236,89 MM +118,66 FB -477,81ENN	0,53
EMA (ENN>51%)= -338,57 +75,52 ENN + 53,26 EEHA	0,54
EMA (ENN<51%)= 5307,8 -173,13MM	0,57
EMA (EEHA<9%)= 5103,25 -175,41 MM	0,57
EMA (PB<25%)= 5196,74 -153,36 MM +280,7 FB -153,36 PB	0,57
EMA geral = 4586,48 -176,74 MM -75,45 EEHA	0,57
EMA (FB<4%)= 4953,13 -201,99 MM +58,89 EEHA	0,58
EMA (ENN<51%)= 4330,34 -181,37 MM +211,5 PB	0,59
EMA (ENN>51%)= 1346,16 +63,8 ENN -69,07 MM	0,59
EMA (ENN<51%)= 6108,61 -201,57 MM -19,39 PB	0,59
EMA (MM<9%)= 5278,28 -186,96 MM	0,59
EMA (PB<25%)= 1296,31 -114,18 MM +358,67 FB +211,9 PB -78,9 FB	0,59
EMA (PB<25%)= 1989,42 -326,09 MM -211,90 ENN + 146,77 FB -290,81 EEHA	0,59
EMA (ENN<51%)= 3738,94 -157,73 MM +35,82 ENN -97,3 FB	0,61
EMA (ENN<51%)= 6684,87 -190,22 MM -31,28 PB - 95,45 FB	0,61
EMA (EEHA<9%)= 3794,79 -181,17 MM +192,90 EEHA	0,62
EDA geral = 4560,84 -136,69 MM +63,71 EEHA	0,65
EMA (ENN>51%)= 1152,78 +56,82 ENN - 73,07 MM +58,80 EEHA	0,66
EDA geral = 5045,66 -134,63 MM +44,3 EEHA -86,03 FB	0,68
EMA (ENN>51%)= -6087,99 +131,32 ENN +131,41 EEHA +76,70 PB	0,69
EMA (PB>25%)= 6286,7 -312 MM	0,70
EMA (FB>4%)= 6543,52 -609,44 FB	0,71
EMA (EEHA>9%)= 19735,60 -315,43 MM -901,68 FB -684,84 EEHA -99,6 PB	0,72
EMA (EEHA>9%)= 9775,80 -215,83 MM -995,98 ENN -802,09 FB -585,24 EEHA	0,72
EMA (PB>25%)= 3752,70 -302,76 MM +110,46 PB	0,79

De uma forma geral, a variável que mais contribuiu para a estimativa das regressões para energia foi a MM, sendo excluída em apenas duas entre as 28 equações encontradas. Isso pode ser explicado por sua baixa variabilidade e erro analítico de determinação.

A MM foi desconsiderada das regressões anteriormente desenvolvidas para estimar a energia metabolizável para cães, as quais têm atentado basicamente para a PB, o ENN e o EEHA e até mesmo da mais recentemente sugerida pelo NRC (2006) para equação para predição da energia metabolizável, que apenas acrescenta a FB a estas variáveis já mencionadas. No entanto, a MM interfere negativamente na digestibilidade e dilui a energia, podendo ser uma variável de grande valia para estimativa de equações para valores energéticos destes alimentos.

Nem sempre as equações com R^2 mais alto foram as mais completas, ou seja, com maior número possível de variáveis, como foi o caso da equação de melhor ajuste neste trabalho ($R^2=0,79$), que considerou apenas a MM e a PB. Porém a segunda melhor equação ($R^2=0,72$) considerou quatro variáveis (MM, FB, EEHA, ENN ou PB) e está mais próxima das equações que vem sendo sugeridas, inclusive pelo NRC (2006).

Para alguns grupos na estimativa de equações de predição para a EM, o modelo apresentou mais de uma opção de regressão, mantendo o R^2 . No caso do grupo de ENN (>51%) e no grupo EEHA (>9%), o modelo apenas substitui uma variável por outra (ENN por PB), porém, no primeiro caso, elimina as variáveis na mesma ordem, o que não acontece no segundo. Ambas variáveis foram mencionadas em apenas cinco das 15 regressões sugeridas, dentro dos grupos de: PB (<25%), PB (>25%), EEHA (>9%), ENN (<51%) e ENN (>51%).

O EEHA foi mencionado em nove das 15 equações sugeridas e muito provavelmente esta relação pode ser explicada por se tratar de um nutriente

energético, assim como o ENN, porém este último talvez não tenha sido muito utilizado por sua alta variabilidade e acúmulo de erros analíticos.

A FB também se destacou, sendo mencionada em oito das 15 equações, inclusive foi tida como única variável em uma das regressões com maior R^2 (0,71), dentro do próprio grupo de FB (>4%) e; assim como a MM, interfere negativamente na digestibilidade e dilui a energia destes alimentos. Esta variável vem sendo considerada por Kienzle (1998) de uma forma geral, porém a determinação destes níveis pode ser ainda mais precisa para a estimativa de equações mais próximas dos alimentos comercializados atualmente no Brasil.

6.2 Semelhança entre valores *in vivo* e estimados por equações

A TABELA 21 apresenta a comparação entre os valores médios obtidos em bomba calorimétrica, em quilocalorias por quilo, os quais foram superestimados ($P < 0,05$) em relação aos valores estimados pela equação sugerida pelo NRC (2006) para a energia bruta.

TABELA 21 Comparação entre os valores *in vivo* (bomba calorimétrica) e os estimados pela equação (NRC, 2006) para a energia bruta.

Valores para energia bruta (kcal/kg)	
Métodos	Médias
NRC (2006)	4104,83 b
Bomba Calorimétrica	4497,92 a
Média geral	4301,37
CV (%)	3,77

Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si ($P < 0,05$) pelo Teste T.

A TABELA 22 apresenta a comparação entre os valores médios obtidos para os coeficientes de digestibilidade da energia (CDE), em porcentagem, e os valores estimados pela equação sugerida pelo NRC (2006).

TABELA 22 Comparação entre os valores *in vivo* e os estimados pela equação (NRC, 2006) para o coeficiente de digestibilidade da energia (CDE).

Valores para coeficientes de digestibilidade de energia (%)	
Métodos	Médias
CDE <i>in vivo</i>	84,11 b
NRC (2006)	86,45 a
Média geral	85,28
CV (%)	4,09

Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si (P<0,05) pelo Teste T.

A TABELA 23 apresenta a comparação entre os valores médios obtidos para a energia digestível aparente na matéria natural (EDAMN), em quilocalorias por quilo, e os valores estimados pela equação sugerida pelo NRC (2006) e pelo presente estudo para os 35 alimentos completos extrusados para cães.

TABELA 23 Resultados da comparação entre os valores *in vivo* e os estimados pela equação (NRC, 2006) e pela equação estimada no presente estudo para a energia digestível aparente (EDA) para os 35 alimentos para cães.

Valores para energia metabolizável aparente (kcal/kg)				
Métodos	Médias ¹	Média geral	Erro padrão	CV (%)
EDA <i>in vivo</i>	3729,31 a			
EDA presente estudo ²	3732,14 a	3730,73	26,99	4,28
EDA <i>in vivo</i>	3729,31 a			
EDA NRC (2006) ³	3552,23 b	3640,77	32,61	5,3

¹ Médias seguidas de letras distintas, na mesma coluna, diferem entre si (p<0,05) pelo Teste de Scott-knott; ² ED= 5045,66 - 134,63 MM + 44,3EE - 86,03 FB; ³ ED= EBx CDE/100.

Como era esperado, a equação encontrada pelo presente estudo obteve resultados semelhantes (P<0,05) aos valores obtidos nos ensaios biológicos para EDA, uma vez que a equação se baseou na composição destes alimentos. No entanto, os valores estimados por meio da equação sugerida pelo NRC (2006), apresentaram-se superestimados em relação aos valores obtidos nos ensaios

biológicos para EDA. Isso não significa necessariamente que a equação encontrada no presente estudo é superior a equação sugerida pelo NRC (2006) para todos os casos, inclusive porque o coeficiente de determinação encontrado $R^2 = 0,68$ é médio. É preciso, portanto, que a equação encontrada no presente estudo seja testada em muitos outros alimentos e validade para que se tenha maior confiança.

A TABELA 24 apresenta a comparação entre os valores obtidos para a energia metabolizável aparente na matéria natural (EMAMN), em quilocalorias por quilo, e os valores estimados pela equação sugerida pelo NRC (2006) e pelo presente estudo para os 18 alimentos completos extrusados para cães.

TABELA 24 Resultados da comparação entre os valores *in vivo* e os estimados pela equação (NRC, 2006) e pela equação estimada no presente estudo para a energia metabolizável aparente (EMA) para os 18 alimentos para cães.

Valores para energia metabolizável aparente (kcal/kg)				
Métodos	Médias ¹	Média geral	Erro padrão	CV (%)
EMA <i>in vivo</i>	3520,55 b			
EMA NRC ²	3773,67 a	3722,29	98,1	11,18
EMA <i>in vivo</i>	3520,55 a			
EMA geral presente estudo ³	3316,61 b	3418,58	51,81	6,43
EMA <i>in vivo</i>	3520,55 a			
EMA específica presente estudo ⁴	3333,28 a	3426,92	96,9	12

¹Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de Scott-Knott, ² EM=ED-(1,04xgPB); ³ EM=4586,48-176,74MM+75,45EE; ⁴ EM=3752,70-302,76MM+110,46PB.

A equação geral encontrada pelo presente estudo (PE) foi EM=4586,48-176,74MM+75,45EE ($R^2=0,57$) e apresentou valores subestimados em relação aos valores obtidos nos ensaios. A equação encontrada pelo presente estudo para os alimentos com proteína acima de 25% foi EMA= 4586,48 – 176,74 MM + 75,45 EEHA ($R^2=0,79$), a qual obteve resultados semelhantes ($P < 0,05$) aos valores obtidos nos ensaios biológicos para EMA. Em contrapartida, os valores estimados por meio da equação sugerida pelo NRC (2006), apresentaram-se

superestimados em relação aos valores obtidos nos ensaios biológicos para EMA.

Partindo do princípio que os valores encontrados para EB, CDE e ED pelas equações sugeridas pelo NRC (2006) foram superestimados, e a EM é obtido por uma sequência de passos a partir destes valores, justifica-se que a EM também apresente valores superestimados. Pode-se pressupor também que as equações sugeridas pelo NRC (2006) não atendam de forma ideal aos valores indicados pelos produtos comercializados no mercado brasileiro pela diferença de ingredientes e dietas, uma vez que esta fonte geralmente trabalha com dietas purificadas, as quais possuem nutrientes muito mais disponíveis ao organismo de animais de estimação.

4 CONCLUSÕES

Embora os ensaios experimentais sejam onerosos e menos práticos, ainda são a opção mais confiável, até que se desenvolvam equações menos generalistas e mais próximas dos alimentos avaliados, uma vez que o mercado tem apresentado alimentos com grande variação qualitativa.

As equações com melhor ajuste encontradas para energia digestível e metabolizável para alimentos extrusados para cães, neste trabalho, foram: $ED = 5045,66 - 134,63 MM + 44,3 EEHA - 86,03 FB$ ($R^2 = 0,68$) e $EM = 4586,48 - 176,74 MM + 75,45 EEHA$ ($R^2=0,79$).

5 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRUNETTO, M.A.; TESHIMA, E.; GOMES, M.O.S.; PALUMBO, G.R.; CARCIOFI, A.C.; KIENZLE, E. Equações de predição da energia metabolizável de rações comerciais para cães com diferentes níveis de extrativos não-nitrogenados fabricadas no Brasil. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 45., 2008, Lavras, MG. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2008. p.1-3.

CASE, L.P.; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A. **Nutrição canina e felina:** manual para profissionais. Espanha: Harcourt Brace, 1998. 410 p.

FERREIRA, D.F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p. 255-258.

KENDALL, P.T.; BURGER, I.H.; SMITH, P.M. Methods of estimation of the metabolizable energy content of cat foods. **Feline Practice**, Santa Barbara, v. 15, n. 2, p. 38-44, 1985.

KIENZLE, E. An improved method for the estimation of energy in pet foods. **Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 128, p. 2806S-2808S, 1998.

KUHLMAN, G.; LAFLAMME, D.P.; BALLAM, J.M. A simple method for estimating the metabolizable energy content of dry cat foods. **Feline Practice**, Santa Barbara, v. 21, p. 16-20, 1993.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of dogs and cats.** Washington, DC: National Academy, 2006. 398 p.

SHOENZMEIER, A. **A contribution to the development of predictive equations for metabolizable energy in complete dog and cat food.** 2003. 87 p. Thesis (Doctoral in Veterinary Medicine) – Ludwig-Maximilians University of Munich, Munich.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas:** versão 5.0. Viçosa: UFV, 1992. 59 p. Manual do usuário.

ANEXOS

	Pág.
TABELA 1A	Análise de variância da energia digestível aparente dos 35 alimentos..... 74
TABELA 2A	Análise de variância da energia metabolizável aparente dos 18 alimentos..... 74
TABELA 3A	Análise de variância da regressão geral para energia digestível (ED) considerando os 35 alimentos..... 74
TABELA 4A	Análise de variância da regressão geral para energia metabolizável (EM) considerando os 18 alimentos..... 74
TABELA 5A	Valores de energia bruta (EB) obtidos e estimados por equação, em base de matéria natural, para os 35 alimentos..... 75
TABELA 6A	Coeficientes de energia digestível (CDE) obtidos e estimados pelo NRC (2006), em base de matéria natural para os 35 alimentos..... 76
TABELA 7A	Energia digestível aparente (EDA) obtida e a estimada pelas equações sugeridas pelo NRC (2006) e pelo presente estudo, para os 35 alimentos avaliados..... 77
TABELA 8A	Energia metabolizável aparente (EMA) obtida e a estimada pelas equações sugeridas pelo NRC (2006) e pelo presente estudo para os 18 alimentos avaliados..... 78

TABELA 1A Análise de variância da energia digestível aparente dos 35 alimentos.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Tratamentos	34
Repetições	5
Erro	170
Total corrigido	209

TABELA 2A Análise de variância da energia metabolizável aparente dos 18 alimentos.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade
Tratamentos	17
Repetições	5
Erro	62
Total corrigido	84

TABELA 3A Análise de variância da regressão geral para energia digestível (ED) considerando os 35 alimentos.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade				
	X1	X1+X2	X1+X2+X3	X1+X2+X3+X4	X1+X2+X3+X4+X5
Tratamentos	34	34	34	34	34
Regressão	1	2	3	4	5
Erro	172	170	169	166	164
Total	207	206	205	204	203

TABELA 4A Análise de variância da regressão geral para energia metabolizável (EM) considerando os 18 alimentos.

Fontes de Variação	Graus de Liberdade			
	X1	X1+X2	X1+X2+X3	X1+X2+X3+X4
Tratamentos	17	17	17	17
Regressão	1	2	3	4
Erro	85	84	83	82
Total	106	105	104	103

TABELA 5A Valores de energia bruta (EB) obtidos e estimados por equação, em base de matéria natural, para os 35 alimentos.

Relação entre as valores de energia bruta (Kcal/Kg, Matéria Natural)		
Alimentos	EB (Bomba calorimétrica)	EB (NRC, 2006)
1	4882,44	4166,08
2	4648,94	4465,95
3	4624,94	4461,66
4	4478,54	4571,02
5	4358,74	4148,52
6	4921,42	4467,89
7	4658,98	4346,48
8	4514,94	4290,16
9	4475,12	4249,13
10	4479,67	4329,27
11	4242,41	3810,6
12	4497,35	4235,52
13	4127,77	3892,09
14	4716,42	4459,68
15	4708,15	4501,26
16	4806,65	4609,38
17	4964,63	4779,38
18	4084,39	3605,66
19	4150,18	3801,19
20	4095,04	3621,66
21	4531,42	4110,72
22	4528,18	3792,96
23	4434,38	3785,04
24	4819,02	4300,21
25	4507,85	3740,16
26	4393,24	4110,59
27	4298,04	3887,93
28	4104,36	3711,71
29	4496,2	3648,86
30	4476,06	3629,76
31	4750,05	3997,67
32	4536,04	4036,36
33	4246,16	4076,53
34	4404,35	4123,29
35	4465,07	3904,57

TABELA 6A Coeficientes de energia digestível (CDE) obtidos e estimados pelo NRC (2006), em matéria natural, para os 35 alimentos.

Comparação entre os Coeficientes de Energia Digestível (Matéria Natural)		
Alimentos	CDE (%) - <i>in vivo</i>	CDE (%) – NRC (2006)
1	83,91	85,35
2	84,32	86,14
3	87,08	85,22
4	84,67	86,04
5	92,37	86,92
6	87,75	87,84
7	87,49	89,31
8	86,31	87,9
9	86,59	88,4
10	86,5	88,35
11	86,47	87,63
12	87,57	89,01
13	87,45	88,1
14	88,57	89,76
15	91,35	87,8
16	89,36	88,5
17	89,06	88,23
18	67,92	82,62
19	69,22	83,06
20	74,33	82,91
21	86,88	84,74
22	81,09	84,75
23	79,14	84,48
24	87,54	86,75
25	89,07	87,48
26	87,54	85,55
27	86,63	85,07
28	73,5	83,81
29	77,36	84,01
30	73,39	86,9
31	78,66	86,5
32	85,38	86,9
33	85,91	86,04
34	88,42	87,41
35	86,41	86,25

TABELA 7A Energia digestível aparente (EDA) obtida e estimada pelas equações sugeridas pelo NRC (2006) e pelo presente estudo, para os 35 alimentos avaliados.

Alimentos	EDAMN <i>in vivo</i>	EDAMN NRC (2006)	EDAMN Presente estudo
1	4095,84	3555,75	3708,71
2	4013,8	3846,97	4008,59
3	3986,63	3802,23	4042,63
4	3772,64	3932,91	4093,59
5	3998,22	3605,89	3730,45
6	4326,51	3924,59	4240,09
7	4079,31	3881,84	3963,13
8	3888,18	3771,05	4058,41
9	3876,2	3756,23	3831,39
10	3882,2	3824,91	4073,3
11	3667,61	3339,23	3674,94
12	3936,35	3770,04	4034,63
13	3603,04	3428,93	3354,78
14	4174,78	4003,01	4241,46
15	4296,56	3952,11	4341,05
16	4298,23	4079,3	4385,33
17	4425,92	4216,85	4481,94
18	2773,94	2979	2865,86
19	2872,77	3157,27	3256,56
20	3043,47	3002,72	2863,15
21	3851,85	3483,42	3714,36
22	3671,84	3214,53	3562,69
23	3508,8	3197,6	3531,97
24	4218,03	3730,43	4209,52
25	4015,85	3271,89	3531,47
26	3845,87	3516,61	3617,38
27	3723,33	3307,46	3453,54
28	3016,38	3110,78	3274,79
29	3477,85	3065,41	3398,76
30	2627,37	3154,26	3203,64
31	2968,89	3457,98	3445,94
32	3553,45	3507,6	3486,93
33	3704,28	3507,45	3596,78
34	3875,05	3604,17	3911,64
35	3454,61	3367,69	3435,52

TABELA 8A Energia metabolizável aparente (EMA) obtida e a estimada pelas equações sugeridas pelo NRC (2006) e pelo presente estudo para os 18 alimentos avaliados.

Valores obtidos para a energia metabolizável em matéria natural (kcal/kg)				
Alimentos	<i>in vivo</i>	NRC (2006) ¹	Equação geral presente estudo ²	Equação específica presente estudo ³
18	2896	4056,74	2763,89	1979,52
19	2955	3979,38	3183,68	2770,51
20	3165	3946,07	2737,49	1905,35
21	3953	3737,38	3650,08	3894,05
22	3798	3969,41	3436,59	3514,76
23	3594	4303,42	3443,83	3451,63
24	4260	4066,41	4161,82	4787,65
25	4276	3865,82	3349,8	3191,57
26	3822	3857,17	3396,86	3540,58
27	3865	3862,96	3347,84	3230,47
28	3126	3643,48	3177,1	2962,1
29	3690	3921,48	3338,61	3168,01
30	2678	3582,24	2868,79	2573,57
31	2790	4164,9	3235,19	2863,3
32	3464	4273,47	3262,41	3116,29
33	3573	4279,82	3446,44	4371,75
34	3951	4405,64	3687,1	4743,49
35	3514	2716,74	3210,56	3933,39

¹EM=ED-(1,04xgPB); ² EM=4586,48-176,74MM+75,45EE; ³ EM=3752,70-302,76MM+110,46PB