

APOSTILA

**PRINCÍPIOS DE: AVALIAÇÃO DOS ALIMENTOS;
NECESSIDADES NUTRICIONAIS E DE
ENERGIA; PROCESSAMENTO DE ALIMENTOS
PARA CÃES E GATOS**



**Curso Teórico-Prático sobre Nutrição
de Cães e Gatos**

Prof. Dr. Aulus Cavalieri Carciofi



Colaboração e Revisão

Fabiano Cesar Sá

Iris Mayumi Kawauchi

Juliana Tolo Jeremias

Luciana Domingues de Oliveira

Márcia de Oliveira Sampaio Gomes

Márcio Antonio Brunetto

Mayara Aline Baller

Ricardo de Souza Vasconcellos

Thaila Cristina Putarov

Lista de abreviaturas

CD	Coeficiente de digestibilidade
CDA	Coeficiente de digestibilidade aparente
CDAMS	Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca
CDAN	Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente
CDE	Coeficiente de digestibilidade da energia
CIA	Cinzas insolúveis em ácido
Cr₂O₃	Óxido Crômico = indicador externo
EB	Energia bruta
ECC	Escore de condição corporal
ED	Energia digestível
EE	Extrato etéreo (“gordura”)
EEA	Extrato etéreo em hidrólise ácida (“gordura”)
EEAD	Extrato etéreo ácido digestível
EM	Energia metabolizável
EMA	Energia metabolizável aparente
ENN	Extrativos não nitrogenados = carboidratos
FB	Fibra bruta (“matéria fibrosa”)
FC	Fator de correção
FD	Fibra digestível
FDT	Fibra dietética total
MM	Matéria mineral
MMD	Matéria mineral digestível
MN	Matéria natural
MO	Matéria orgânica
MOD	Matéria orgânica digestível
MS	Matéria seca
MS 105°C	Matéria seca à 105°C ou 2ª MS = secagem total
MS 55°C	Matéria seca à 55°C ou 1ª MS = pré-secagem
MS final	Matéria seca final ou matéria seca total
MSD	Matéria seca digestível
PB	Proteína bruta
PC	Peso corporal
PD	Proteína digestível
PDing	Proteína digestível ingerida
PM	Peso metabólico
RR	Ração referência
RT	Ração teste



I. ESTIMATIVA DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DOS ALIMENTOS E DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE CÃES E GATOS

1. ESTIMATIVA DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DOS ALIMENTOS

A estimativa da energia metabolizável de alimentos industrializados para cães e gatos foi revisada pelo Nutrient Requirements of Dogs and Cats (NRC, 2006). A princípio, para entendermos o significado e origem da energia metabolizável, precisamos compreender que a energia não é um nutriente, não tem massa e dimensão mensurável (Case et al., 2000). Quando as moléculas orgânicas são oxidadas, a energia é produzida como calor e utilizada nos processos metabólicos dos animais. A energia liberada pela oxidação dos alimentos, assim como a oriunda do metabolismo energético como calor produzido, é expressa em caloria ou joule. Uma caloria é definida como a quantidade de calor necessária para elevar um grama de água de 14,5°C a 15,5°C. Um joule equivale a 0,239 cal, ou seja, uma caloria é igual a 4,18 joules (Sakomura e Rostagno, 2007).

A energia química dos alimentos é oriunda, basicamente, de três nutrientes: gorduras, proteínas e carboidratos. A energia é fundamental para a manutenção do metabolismo durante a fase de crescimento, reprodução, lactação, na prática de atividade física e até mesmo para manutenção das atividades vitais do organismo.

A Figura 1 ilustra como os monogástricos aproveitam a energia dos alimentos. Biologicamente, pode-se dividir a energia em: energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL).

A energia bruta (EB), ou calor de combustão, é definida como a energia química total presente no alimento, obtida pela combustão completa deste em bomba calorimétrica. Outra forma de se obter a EB é por meio de um cálculo estimativo, de acordo com os procedimentos descritos no NRC (2006). A equação para predição da EB de alimentos para cães é a mesma utilizada para alimentos destinados aos gatos, como demonstrado adiante.

A energia digestível (ED) representa a energia do alimento que é absorvida após o processo de digestão nos animais. É determinada pela diferença entre a EB do alimento consumido e a EB das fezes. De acordo com o NRC (2006), para estimá-la por meio de fórmulas primeiro é necessário se estimar o coeficiente de digestibilidade da energia (CDE) utilizando equações distintas para cães e gatos e, posteriormente, calcula-se a ED.

A energia metabolizável (EM) representa a diferença entre a EB do alimento e a EB das fezes, urina e dos gases oriundos da digestão. Entretanto, a perda energética na forma de gases é muito baixa e tem sido desprezada nos cálculos da EM para cães e gatos (NRC, 2006).

A energia líquida (EL) é obtida pela diferença entre a EM e a energia perdida como incremento calórico. O incremento calórico, de forma geral, representa toda perda energética que ocorre durante os processos de digestão, absorção e metabolismo dos nutrientes. Em síntese, a EL é a energia que o animal utiliza para manutenção e para atender a demanda de crescimento, lactação, gestação e atividade física.

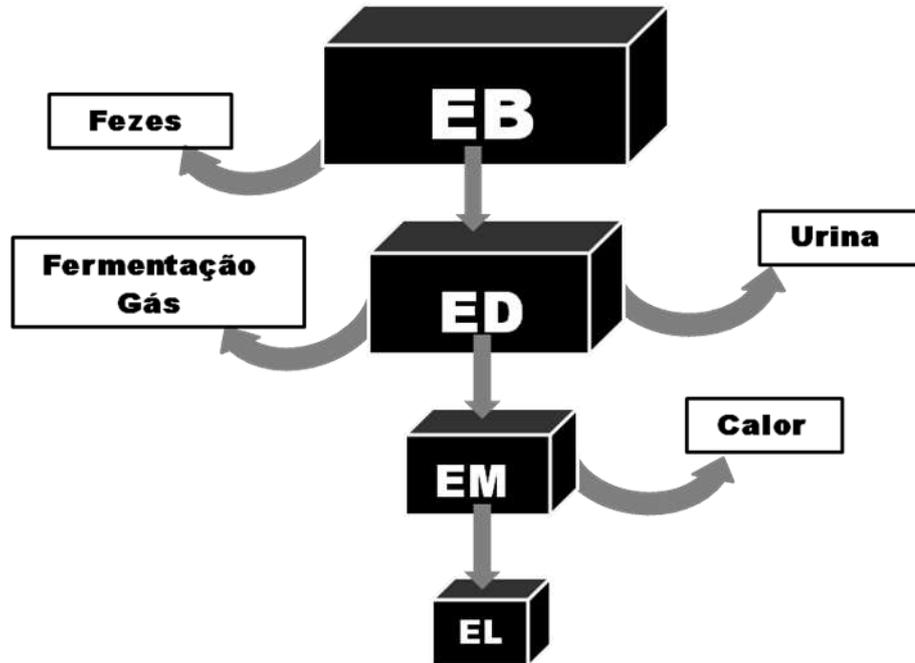


Figura 1. Princípio da biodisponibilidade da energia (Adaptado NRC, 2006).

A EM é a forma adotada para expressar o conteúdo energético de ingredientes e de dietas comerciais para cães e gatos. Dois procedimentos básicos são admitidos para se obter a EM. O primeiro corresponde à sua determinação *in vivo* segundo os protocolos mínimos de teste descritos internacionalmente, como os descritos pela FEDIAF (2017) e outras associações. Estes podem ser conduzidos pelo método de coleta total de fezes, com ou sem coleta de urina, ou pelo método dos indicadores (ou marcadores). Tais protocolos encontram-se descritos no item II desta apostila. Outro procedimento para obtenção da EM é sua estimativa por meio de cálculos, utilizando como base a composição química analisada do alimento.

Em 1902 Atwater propôs estimar a energia de alimentos atribuindo-se valores calóricos de 4 kcal/g de proteína bruta (PB), 9 kcal/g de gordura (EE) e 4 kcal/g de carboidrato (extrativos não nitrogenados, ENN). Contudo, estes valores são aceitáveis quando se consideram dietas de elevada digestibilidade, como substitutos do leite e alimentos líquidos para nutrição enteral. Para a maior parte dos alimentos comerciais para cães e gatos, os quais contêm quantidade relevante de carboidratos fibrosos e lignina, o fator de Atwater pode conduzir a valores superestimados de EM.



Desta forma, foi proposta modificação no fator de Atwater, atribuindo-se 3,5 kcal/g PB, 3,5 kcal/g ENN e 8,5 kcal/g EE. Estas alterações foram realizadas com base na digestibilidade de dietas disponíveis no mercado nos anos 70 e 80. Mais recentemente, no entanto, já se reconhece que os fatores modificados de Atwater são muito imprecisos pois a digestibilidade de um alimento não é fixa, dependendo largamente de sua composição, especialmente de seus teores de fibra (Laflamme, 2001). Assim, o NRC (2006) propôs uma série de equações para estimar a EM, conforme descrito a seguir e que devem ser adotadas na estimativa da EM de alimentos comerciais.

Antes, porém, é importante destacar que as garantias de rótulo são apenas ajustes dos teores máximos e mínimos dos nutrientes presentes no alimento e, portanto, não se recomenda o emprego destas informações para a estimativa do conteúdo energético do alimento industrializado. Deve-se estimar a EM com base nos valores analisados de nutrientes. Outro ponto importante é que existem variações na composição nutricional entre lotes de um mesmo produto, sendo aconselhável o emprego do conteúdo nutricional típico do produto, que pode ser obtido pela média das análises químicas de vários lotes de produção.

A. Estimativa da EM de alimentos industrializados para GATOS

1. Calcule os extrativos não nitrogenados (ENN) do alimento por meio da fórmula:

$$\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{Umidade}^a + \text{PB} + \text{EEA} + \text{FB} + \text{MM})$$

2. Determine a energia bruta (EB) do alimento em bomba calorimétrica ou estime por meio da fórmula^b:

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

3. Determine o coeficiente de digestibilidade da energia (CDE) por meio da fórmula:

$$\text{CDE} = 87,9 - (0,88 \times \text{porcentagem de FB, na matéria seca})^c$$

4. Determine a energia digestível (ED) por meio da fórmula:

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

5. Determine a energia metabolizável (EM) por meio da fórmula:

$$\text{EM (kcal/g)} = \text{ED} - (0,77 \times \text{g PB})$$

^aCaso a composição nutricional do alimento esteja na matéria seca, utilizar a fórmula: $\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{PB} + \text{EEA} + \text{FB} + \text{MM})$.

^bConsiderar a composição em PB, EEA, ENN e FB com base na matéria natural (MN).

^cEquação alternativa quando se considera a composição em fibra dietética total (FDT): $\text{CDE} = 95,6 - (0,89 \times \text{porcentagem da FDT na matéria seca})$.

Onde: PB = proteína bruta; EEA = extrato etéreo em hidrólise ácida; FB = fibra bruta; MM = matéria mineral.



Exemplo:

Considere um alimento com 10% umidade, 32% PB, 15% EEA, 8% MM e 3% FB.

$$\text{ENN} = 100 - (10 + 32 + 15 + 8 + 3) = 32\%$$

$$\text{EB} = (5,7 \times 0,32) + (9,4 \times 0,15) + [4,1 \times (0,32 + 0,03)] = 4,67 \text{ kcal/g}$$

$$\text{CDE} = 87,9 - [0,88 \times (3/90 \times 100)] = 85$$

$$\text{ED} = 4,67 \times (85/100) = 3,97 \text{ kcal/g}$$

$$\text{EM} = 3,97 - (0,77 \times 0,32) = 3,72 \text{ kcal/g ou } 3720 \text{ kcal/kg}$$

B. Estimativa da EM de alimentos industrializados para CÃES

1. Calcule os extrativos não nitrogenados (ENN) do alimento por meio da fórmula:

$$\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{Umidade}^a + \text{PB} + \text{EEA} + \text{FB} + \text{MM})$$

2. Determine a energia bruta (EB) do alimento em bomba calorimétrica ou estime por meio da fórmula^b:

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

3. Determine o coeficiente de digestibilidade da energia (CDE) por meio da fórmula:

$$\text{CDE} = 91,2 - (1,43 \times \text{porcentagem de FB, na matéria seca})^c$$

4. Determine a energia digestível (ED) por meio da fórmula:

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

5. Determine a energia metabolizável (EM) por meio da fórmula:

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

^aCaso a composição nutricional do alimento esteja na matéria seca, utilizar a fórmula: $\text{ENN (\%)} = 100 - (\text{PB} + \text{EEA} + \text{FB} + \text{MM})$.

^bConsiderar a composição em PB, EEA, ENN e FB com base na matéria natural (MN).

^cEquação alternativa quando se considera a composição em fibra dietética total (FDT): $\text{CDE} = 96,6 - (0,95 \times \text{porcentagem da FDT na matéria seca})$.

Onde: PB = proteína bruta; EEA = extrato etéreo em hidrólise ácida; FB = fibra bruta; MM = matéria mineral.



Exemplo:

Considere um alimento com 10% umidade, 24% PB, 12% EEA, 8% MM e 3% FB.

$$ENN = 100 - (10 + 24 + 12 + 8 + 3) = 43\%$$

$$EB = (5,7 \times 0,24) + (9,4 \times 0,12) + [4,1 \times (0,43 + 0,03)] = 4,38 \text{ kcal/g}$$

$$CDE = 91,2 - [1,43 \times (3/90 \times 100)] = 86,43$$

$$ED = 4,38 \times (86,43/100) = 3,78 \text{ kcal/g}$$

$$EM = 3,78 - (1,04 \times 0,24) = 3,53 \text{ kcal/g ou } 3530 \text{ kcal/kg}$$

Obs.: O NRC (2006) não recomenda o uso destas equações para estimar a EM de alimentos com elevada digestibilidade, como substitutos do leite e dietas líquidas para nutrição enteral. Tais equações também podem não ser apropriadas para estimar a EM de alimentos para cães com teor de fibra bruta superior a 8%, com base na matéria seca.

2. ESTIMATIVA DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE CÃES E GATOS

A definição das necessidades energéticas de cães e gatos, com base somente no peso corporal não representa de forma exata a real necessidade destes animais. Assim, do ponto de vista fisiológico, a necessidade energética não está diretamente relacionada somente ao peso corporal (PC), mas ao peso corporal elevado à uma potência (P), que corresponde ao peso metabólico (PC^P). É importante ressaltar que considerações alométricas são particularmente importantes para cães, espécie cujo peso adulto varia de 1 a 90 kg ou mais.

Além disso, sabe-se que as necessidades energéticas variam de acordo com o estado fisiológico, ou seja, são diferentes para animais na fase de crescimento, adultos em manutenção, ou durante a gestação e lactação. Outra característica de fundamental importância na determinação da necessidade energética, principalmente para cães, é a prática de atividades físicas assim como a intensidade e periodicidade com que estas são realizadas.

O NRC (2006) considera o escore de condição corporal (ECC) de gatos adultos na estimativa de suas necessidades energéticas. Este corresponde a seguinte classificação:



ECC	Caracterização
1	Costelas visíveis em gatos de pêlo curto; gordura não palpável; severa retração abdominal; vértebra lombar e asa do íleo evidentes e facilmente palpáveis.
2	Características intermediárias entre o ECC 1 e 3.
3	Costelas facilmente palpáveis, com cobertura mínima de gordura; vértebras lombares evidentes; cintura definida atrás das costelas; cobertura mínima de gordura.
4	Características intermediárias entre o ECC 3 e 5.
5	<i>Ideal</i> : aparência harmônica; linha da cintura uniforme com as costelas, as quais são palpáveis e com cobertura delgada de gordura; mínimo acúmulo de gordura abdominal.
6	Características intermediárias entre o ECC 5 e 7.
7	Costelas dificilmente palpáveis com moderada cobertura de gordura; cintura pouco definida; evidente forma circular do abdômen; acúmulo moderado de gordura abdominal.
8	Características intermediárias entre o ECC 7 e 9.
9	Costelas não palpáveis e sob espessa cobertura de gordura; depósito espesso de gordura na área lombar, face, região cervical e membros; abdômen distendido e sem cintura, evidenciando grande depósito de gordura abdominal.

Baseada em Laflamme et. al.(1997a,b).

A. Estimativa das necessidades energéticas de animais ADULTOS EM MANUTENÇÃO

Estão apresentadas na sequência as necessidades energéticas propostas pelo NRC (2006). No entanto, particularmente para felinos esta são muito elevadas e não correspondem à realidade dos gatos domiciliados e castrados. Desta forma, fatores adicionais são sugeridos:

GATOS

Tipo	kcal EM por dia
Gatos domésticos em adequada condição corporal ou magros ¹	100 kcal x (PC em kg) ^{0,67}
Gatos domésticos obesos ²	130 kcal x (PC em kg) ^{0,40}
Gatos exóticos	55-260 kcal (PC em kg) ^{0,75}
Gatos com baixa necessidade energética (castrados domiciliados) ³	75 kcal x (PC em kg) ^{0,67}

¹ Escore de condição corporal ≤ 5 , em escala de 1 a 9.

² Escore de condição corporal > 5 , em escala de 1 a 9.

³ Necessidade sugerida para a maior parte dos gatos domiciliados (FEDIAF, 2017). Necessidades ainda menores (60-70 kcal x (PC em kg)^{0,67}) podem ser verificadas para fêmeas castradas.



CÃES

Tipo	kcal EM por dia
Cães ativos ou de canil (necessidade média) ¹	130 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Necessidades acima da média	
Cães adultos jovens e ativos	140 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães Dogue Alemão (Great Danes) adultos e ativos	200 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães terriers adultos e ativos	180 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Necessidades abaixo da média	
Cães inativos ²	95 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães idosos ativos ou Newfoundlands	105 kcal x (PC em kg) ^{0,75}

¹Cães 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.

²Cães mantidos em ambiente doméstico com pouca oportunidade ou estímulo à prática de exercício. As necessidades de cães idosos ou obesos podem ser ainda menores.

É importante considerar, para ambas espécies, que os valores resultantes das equações propostas podem sub ou superestimar as necessidades de um indivíduo em particular em mais de 50%, de forma que ajustes são importantes e necessários.

B. Estimativa das necessidades energéticas de animais EM CRESCIMENTO APÓS DESMAME

As necessidades energéticas de animais na fase de crescimento podem ser calculadas considerando-se a relação entre o peso corporal no momento da avaliação e o peso estimado do indivíduo adulto.

GATOS

$$EM \text{ (kcal/dia)} = \text{energia necessária para manutenção} \times 6,7 \times [e^{(-0,189p)} - 0,66]$$

$$EM \text{ (kcal/dia)} = 100 \times (PC \text{ em kg})_a^{0,67} \times 6,7 \times [e^{(-0,189p)} - 0,66]$$

Onde:

$$p = PC_a / PC_m$$

PC_a = peso corporal no momento da avaliação (kg)

PC_m = peso corporal esperado quando adulto (kg)

e = base do logaritmo natural, $\log = 2,718$



Exemplo:

Para um filhote com 0,8 kg, cuja estimativa do peso adulto seja de 5 kg, a necessidade energética diária é de 179 kcal/dia.

$$EM = 100 \times (0,8)^{0,67} \times 6,7 \times [2,718^{(-0,189 \times (0,8/5))} - 0,66]$$

$$EM = 179 \text{ kcal/dia}$$

CÃES

$$EM \text{ (kcal/dia)} = \text{energia necessária para manutenção} \times 3,2 \times [e^{(-0,87p)} - 0,1]^*$$

$$EM \text{ (kcal/dia)} = 130 \times (\text{PC em kg})_a^{0,75} \times 3,2 \times [e^{(-0,87p)} - 0,1]$$

Onde:

$$p = \text{PC}_a / \text{PC}_m$$

PC_a = peso corporal no momento da avaliação (kg)

PC_m = peso corporal esperado quando adulto (kg)

e = base do logaritmo natural, $\log = 2,718$

*Esta equação considera filhotes desmamados. No caso de filhotes recém-nascidos a necessidade corresponde a cerca de 25 kcal para cada 100 g de PC (Kienzle et al., 1985). Além disso, a necessidade energética de manutenção de filhotes inativos, sem oportunidade ou com pouco estímulo à prática de exercícios físicos pode ser reduzida em 10 a 20%, enquanto para filhotes muito ativos, a necessidade pode ser maior.

Exemplo:

Para um filhote de Labrador com 16 semanas de idade, 15 kg, cuja estimativa do peso adulto seja de 30 kg, a necessidade energética diária é de 1735 kcal/dia.

$$EM = 130 \times (15)^{0,75} \times 3,2 \times [2,718^{(-0,87 \times (15/30))} - 0,1]$$

$$EM = 1735 \text{ kcal/dia}$$

C. Estimativa das necessidades energéticas de fêmeas EM GESTAÇÃO

GATOS

O NRC (2006) não apresenta equação específica para estimativa da necessidade energética de gatas na fase de gestação. Estes animais tendem a perder peso durante a lactação, independente do alimento oferecido (Scott, 1968; Loveridge, 1986; Loveridge e Rivers, 1989; Zottmann, 1997; Hendriks e Wamberg, 2000). Desta forma, para uma atividade reprodutiva satisfatória, o aumento no peso corporal durante a fase de gestação deve ser de 40% a 50%, corresponder ao ganho de peso líquido dos tecidos em decorrência do preparo para lactação, acrescido do ganho em tecido fetal, placentar e estruturas associadas.



CÃES

Fêmeas na fase final de gestação, ou seja, de 4 semanas após acasalamento até a parição, podem ter sua necessidade energética calculada considerando-se a necessidade energética para manutenção acrescida da exigência energética para a gestação, atribuindo-se 26 kcal para cada quilograma de peso corporal, como expresso pela equação:

$$EM \text{ (kcal/dia)} = \text{energia necessária para manutenção} + 26 \text{ kcal} \times (\text{PC em kg})$$

$$EM \text{ (kcal/dia)} = 130 \times (\text{PC em kg})^{0,75} + 26 \text{ kcal} \times (\text{PC em kg})$$

Exemplo:

Para uma fêmea gestante com 30 kg, a necessidade energética corresponde a 2446 kcal/dia.

$$EM = 130 \times (30)^{0,75} + 26 \times (30)$$

$$EM = 2446 \text{ kcal/dia}$$

D. Estimativa das necessidades energéticas de fêmeas EM LACTAÇÃO

A estimativa das necessidades energéticas de fêmeas em lactação pode ser obtida considerando-se o número de filhotes que estão sendo amamentados, corrigido pelo estágio da lactação.

GATOS

Nº filhotes	kcal EM/dia
<3	EM (kcal/dia)= energia necessária para manutenção + 18 x (PC em kg) x L EM (kcal/dia)= 100 x (PC em kg) ^{0,67} + 18 x (PC em kg) x L
3-4	EM (kcal/dia)= energia necessária para manutenção + 60 x (PC em kg) x L EM (kcal/dia)= 100 x (PC em kg) ^{0,67} + 60 x (PC em kg) x L
>4	EM (kcal/dia)= energia necessária para manutenção + 70 x (PC em kg) x L EM (kcal/dia)= 100 x (PC em kg) ^{0,67} + 70 x (PC em kg) x L

Onde: L= fator para estágio de lactação (de 1 a 7 semanas): 0,9; 0,9; 1,2; 1,2; 1,1; 1,0; 0,8, respectivamente.



Exemplo:

Para uma gata com 5 kg de peso corporal, amamentando uma ninhada com 5 filhotes, durante o pico de lactação, ou seja, 3^a semana, a necessidade energética é de 714 kcal/dia.

$$EM = 100 \times (5)^{0,67} + 70 \times (5) \times 1,2$$

$$EM = 714 \text{ kcal/dia}$$

CÃES

EM (kcal/dia) = energia necessária para manutenção extrapolada durante a lactação + (PC em kg) x (24n + 12m) x L

$$EM \text{ (kcal/dia)} = 145 \times (\text{PC em kg})^{0,75} + (\text{PC em kg}) \times (24n + 12m) \times L$$

Onde:

n = número de filhotes, considerando n de 1 a 4

m = número de filhotes, considerando m de 5 a 8 (< 5 filhotes, m= 0)

L = fator de correção para estágio de lactação (de 1 a 4 semanas): 0,75; 0,95; 1,1; 1,2, respectivamente.

Exemplo:

Para uma cadela com 27 kg de peso corporal, amamentando uma ninhada com 7 filhotes, durante a 1^a semana de lactação, a necessidade energética é de 4390 kcal/dia.

$$EM = 145 \times (27)^{0,75} + (27) \times (24 \times 4 + 12 \times 3) \times 0,75$$

$$EM = 4390 \text{ kcal/dia}$$

Cálculo da quantidade de alimento (gramas por dia)

A quantidade de alimento a ser fornecido a um indivíduo é calculada considerando-se a EM do alimento (estimada ou determinada *in vivo*) e a necessidade energética estimada para o animal. Este procedimento de cálculo deve ser adotado para a composição das sugestões de uso constantes nos rótulos das rações. A quantidade de alimento é calculada como:

$$\text{Quantidade de alimento (g/dia)} = \frac{\text{necessidade energética do animal (kcal por dia)}}{\text{EM do alimento (kcal por grama)}}$$

Bibliografia Consultada

AAFCO – Association Of American Feed Control Officials. **Official Publications 2004**
Association of American Feed Control Officials, 2004.

Atwater, W.O. Principles of nutrition and nutritive value of food. **Farmer's Bulletin**, n.142, 1902.



- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Regulamento técnico sobre fixação de padrões de identidade e qualidade de alimentos para fins nutricionais especiais ou alimentos com fins nutricionais específicos destinados a cães e gatos. Instrução normativa/sarc nº 9, de 9 de julho de 2003. **Diário Oficial da União**, Brasília, Seção 1, de 14 de julho de 2003.
- CASE, L.P.; CAREY, E.P.; HIRAKAWA, D.A. **Canine and feline nutrition**. 2 ed. A resource for companion animal professionals. St. Louis: Mosby. 2000. 455p
- FEDIAF - The European Pet Food Industry Federation. Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs. The European Pet Food Industry Federation, Bruxelas, 2018.
- Hendriks, W.H.; Wamberg, S. Milk intake of suckling kittens remains relatively constant from one to four weeks of age. **The Journal of Nutrition**, v.130, p.77-82, 2000.
- Laflamme, D.P. Development and validation of a body condition score system for dogs. **Canine Practice**, v.22, n.4, p.10-15, 1997a.
- Laflamme, D.P. Development and validation of a body condition score system for cats: A clinical tool. **Feline Practice**, v.25, n.5-6, p.13-18, 1997b.
- Laflamme, D.P. Determining metabolizable energy content in commercial petfoods. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v.85, p.222-230.
- Loveridge, G.G. Body weight changes and energy intakes of cats during gestation and lactation. **Animal Technology**, v.37, p.7-15, 1986.
- Loveridge, G.G.; Rivers, J.P.W. Body weight changes and energy intakes of cats during pregnancy and lactation. In.: **Nutrition of the Dog and Cat**, Burger, I.H.; Rivers, J.P.W., eds. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1989.
- Kienzle, E.; Meyer, H.; Dammers, C.; Lohrie, H. Milk intake, weight development, feed digestibility as well as energy and nutrient retention in suckling puppies. In.: Investigations on Nutrient Requirements in Breeding Bitches and Suckling Pups, Meyer, H., ed. Volume 16. In.: **Advances in Animal Physiology and Animal Nutrition**. Hamburg, Germany: Paul Parey, 1985.
- Nutrient Requirements of Dogs and Cats. **National Research Council**. The National Academy Press: Washington, D.C. 2006. 398p.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 283 p.
- Scott, P.P. The special features of nutrition of cats, with observations on wild Felidae nutrition in the London Zoo. In.: **Comparative Nutrition of Wild Animals**, Crawford, M.A., ed. New York: Academic Press, 1968.
- Zottmann, B. **Investigations on milk yield and milk composition of the domestic cat (Felis catus)**. Doctoral thesis. Veterinary Faculty, Ludwig-Maximilians-University, Munich, 1997.



3. EXERCÍCIOS

3.1. CÃES

Calcule a EM da ração abaixo especificada e a necessidade energética de cães com diferentes idades, raças e que realizam atividade física em intensidades distintas que consomem esta ração.

Ração

Níveis de garantia	% MN
Umidade (máx)	10,0
Proteína bruta (min)	26,0
Extrato etéreo (min)	16,0
Matéria fibrosa ^a (máx)	3,0
Matéria mineral (máx)	7,0
Cálcio (máx)	1,3
Fósforo (min)	0,6

^aMatéria fibrosa = fibra bruta

Cálculo da EM da ração para cães – USAR DADOS SOBRE MN

$$1) \text{ ENN (\%)} = 100 - (\text{Umidade} + \text{PB} + \text{EE} + \text{FB} + \text{MM})$$

$$2) \text{ EB (kcal/g)} = (5,7 \times \text{g PB}) + (9,4 \times \text{g EE}) + [4,1 \times (\text{g ENN} + \text{g FB})]$$

$$3) \text{ CDE} = 91,2 - (1,43 \times \text{porcentagem de FB, na matéria seca})$$

$$4) \text{ ED (kcal/g)} = \text{EB} \times (\text{CDE}/100)$$

$$5) \text{ EM (kcal/g)} = \text{ED} - (1,04 \times \text{g PB})$$



NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE CÃES (kcal POR DIA)

Cães Dogue Alemão (Great Danes)	200 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães Terriers ativos	180 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães adultos jovens e ativos ¹	140 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães ativos ou de canil	130 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães idosos ativos ou Newfoundlands	105 kcal x (PC em kg) ^{0,75}
Cães inativos domiciliados²	95 kcal x (PC em kg)^{0,75}

¹Cães 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.

² *Trata-se da necessidade energética da maior parte dos cães mantidos em ambiente doméstico, com pouca oportunidade ou estímulo à prática de exercício. As necessidades de cães idosos e animais obesos podem ser ainda menores!!*

EM da ração (kcal/g)						
	Raça	Idade (anos)	Peso (kg)	Nível de atividade física	Necessidade de EM (kcal/dia)	Quantidade de ração (g/dia)
Cão 1	Terrier	1,5	7	Alto		
Cão 2	Pit Bull	1,6	35	Alto		
Cão 3	Beagle	3,5	12,5	moderado		
Cão 4	Labrador	4,0	32	moderado		
Cão 5	Rottweiler	9,0	53	moderado		
Cão 6	Poodle	8,0	2,8	Baixo		

3.2. GATOS

Calcule a EM da ração abaixo especificada e a necessidade energética de gatos com diferentes idades, raças e que realizam atividade física em intensidades distintas que consomem esta ração.

Ração

Níveis de garantia	% MN
Umidade (máx)	10,0
Proteína bruta (min)	35,0
Extrato etéreo (min)	20,0
Matéria fibrosa ^a (máx)	2,5
Matéria mineral (máx)	6,5
Cálcio (máx)	1,4
Fósforo (min)	0,8

^aMatéria fibrosa = fibra bruta



Cálculo da EM da ração para gatos - USAR DADOS SOBRE MN

1) $ENN \% = 100 - (\text{Umidade} + \text{PB} + \text{EE} + \text{FB} + \text{MM})$

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

3) $CDE = 87,9 - (0,88 \times \text{porcentagem de FB, na matéria seca})$

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

5) $EM (\text{kcal/g}) = ED - (0,77 \times \text{g PB})$

NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE GATOS (kcal POR DIA)

Gatos em adequada condição corporal ou magros¹: $100 \text{ kcal} \times (\text{PC em kg})^{0,67}$

Gatos obesos²: $130 \text{ kcal} \times (\text{PC em kg})^{0,40}$

¹Escore de condição corporal de 1 a 5

²Escore de condição corporal de 6 a 9

EM da ração (kcal/g)						
	Raça	Idade (anos)	Peso (kg)	Escore corporal	Necessidade de EM (kcal/dia)	Quantidade de ração (g/dia)
Gato 1	SRD	1,5	5,1	5		
Gato 2	A. Short hair	2,0	6,8	7		
Gato 3	Persa	5,0	4,5	8		
Gato 4	Siamês	6,0	4,2	7		
Gato 5	S. da Birmânia	9,0	3,2	3		
Gato 6	Angorá	8,0	3,1	4		



II. PROTOCOLO MÍNIMO PARA DETERMINAR A ENERGIA METABOLIZÁVEL E COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES DE ALIMENTOS PARA CÃES E GATOS

1. MÉTODO DE COLETA QUANTITATIVA OU COLETA TOTAL

A. Recebimento e identificação da amostra

As informações referentes ao alimento, tais como tipo (seco, úmido, semi-úmido), espécie e fase da vida para a qual é destinado devem ser registrados, juntamente com a marca, fabricante, lote e data de produção do produto. Níveis de garantia de nutrientes e lista de ingredientes também são informações fundamentais e devem estar explícitas no rótulo da ração. Verificar e anotar as condições do produto: cor, odor, aspecto, uniformidade, presença de contaminantes e de finos no fundo da embalagem.

Amostrar cerca de 500g da ração e acondicionar o material devidamente identificado e vedado. Esta amostra será utilizada nas determinações laboratoriais de nutrientes e em conjunto com as análises realizadas nas fezes e urina possibilitarão o cálculo da digestibilidade e energia metabolizável do alimento.

B. Preparo dos animais para o teste

Utilizar um mínimo de 6 animais adultos para o teste (cães ou gatos), devidamente desverminados e vacinados e clinicamente sadios. É aconselhável que os animais sejam uniformes com relação à raça, idade, peso e escore corporal, fêmeas no cio não devem ser empregadas.

Para determinar a EM com coleta de urina, os animais deverão ser mantidos individualmente em gaiolas de metabolismo, em inox, durante todo o período experimental. Caso a urina não seja recolhida e a EM estimada com base em fatores de correção (ver a seguir), os animais poderão ser individualmente mantidos em gaiolas com grade no fundo, de modo que possibilite separar fezes de urina, além de garantir a coleta quantitativa de fezes. Admite-se, também neste caso, o uso de baias desde que estas permitam a coleta de fezes sem que ocorram perdas e contaminações.



C. Procedimento experimental

O protocolo é dividido em duas fases, denominadas de fase de adaptação e de coleta. O período de adaptação deve ser composto por, no mínimo, 5 dias e tem por objetivos adaptar os animais à dieta, à gaiola, ajustar a ingestão de alimento e, quando necessário, verificar a manutenção do peso corporal. A fase de coleta deve corresponder a um mínimo de 120 horas para cães e para gatos recomenda-se duração mínima de 7 dias (168 horas). Durante este período, toda a produção de fezes e, se for o caso, de urina deve ser recolhida, quantificada e armazenada à -15°C . Durante a fase de coleta o consumo de alimento deverá permanecer constante, de forma a evitar variações de excreção, além de ser rigorosamente mensurado e registrado. No entanto, o protocolo mínimo oficialmente preconizado é de 3 dias de adaptação e 4 dias de coleta para cães e 5 dias de adaptação e 5 de coleta para gatos (FEDIAF, 2017). Este período muito curto, especialmente para felinos não é muito apropriado pois gatos podem defecar a dias alternados, comprometendo a qualidade do balanço de massas e gatos pequenos podem produzir poucas fezes, restringindo a amostra disponível para análises laboratoriais.

D. Fase de adaptação

Os animais deverão ser identificados, ter seu peso aferido e registrado em documento que disponibilize todas as informações referentes ao mesmo. O alimento pode ser fornecido uma vez ao dia ou dividido em duas porções, no entanto, deve-se sempre alimentar os animais nos mesmos horários ao longo do ensaio. A quantidade de alimento fornecida a cada animal pode ser aquela necessária para manter o peso corporal ou ser estimada de acordo com as necessidades energéticas de manutenção segundo recomendações do NRC (2006). Deve-se ter o cuidado, entretanto, de aplicar o mesmo fator para calcular a necessidade energética de todos os animais envolvidos. Durante todo o período experimental deve-se disponibilizar água à vontade.

Nos casos de rejeição ao alimento durante a fase de adaptação ou a maior parte dos animais não consumir, no mínimo, 75% da quantidade calculada, o teste deverá ser interrompido. Ingestão inferior, assim como uma ingestão aumentada (caso a quantidade não tenha sido calculada corretamente ou em ingestões *ad libitum*) são alterações que podem comprometer a veracidade dos resultados. O consumo de quantidade abaixo da recomendada pode causar aumento da perda endógena e o excesso de alimento pode diminuir a digestibilidade por sobrecarga alimentar.

E. Fase de coleta

Alimento: o alimento oferecido deverá ser quantificado em balança com precisão de, no mínimo, décimo de grama (0,01g), sendo esta informação registrada em planilha própria. Para ensaios com rações semi-úmidas e úmidas, toda a sobra de alimentos deve ser recolhida quantitativamente e armazenada em freezer (-15°C). Ao final do procedimento estas deverão ser homogeneizadas e ter sua matéria seca determinada. Esta sobra de matéria seca do alimento não consumido deverá ser empregado no cálculo da ingestão do produto.



Fezes: estas devem ser coletadas e pesadas, preferencialmente, à medida que os animais defecarem ou pelo menos 2 vezes ao dia. As fezes de cada animal devem ser armazenadas em saco plástico ou recipiente apropriado, identificado e com fechamento hermético, sendo imediatamente armazenadas em freezer (-15°C). Deve-se compor um *pool* das fezes de cada um dos animais.

Urina: quando realizada coleta de urina, esta deve ser recolhida em recipiente contendo 1mL de ácido sulfúrico (H₂SO₄) 1Eq/L com a finalidade de evitar o crescimento bacteriano e a volatilização de nitrogênio da amostra. O volume total deverá ser mensurado e anotado em planilha própria. Para cães, é possível armazenar uma alíquota de 30% do volume da urina produzida evitando-se assim a manipulação e armazenamento de grande quantidade de recipientes. Recomenda-se o congelamento em recipientes identificados e individuais o quanto antes. Deve-se compor um *pool* da urina de cada um dos animais

F. Preparo das amostras para análise laboratorial

Após o término do ensaio, as fezes de cada animal devem ser descongeladas, devidamente homogeneizadas, distribuídas em bandejas, pesadas (pesar separadamente a bandeja e a amostra) e submetidas a pré-secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C, por um período de 72 horas. Após este período as fezes deverão ser retiradas, pesadas e acondicionadas em sacos plásticos ou recipientes apropriados, hermeticamente fechados e identificados, de forma a não se re-hidratarem.

Alimentos secos não necessitam de pré-secagem em estufa à 55°C. Já alimentos úmidos deverão passar pelo procedimento de pré-secagem, da mesma forma que as fezes. A umidade de alimentos semi-úmidos deve ser determinada pelo método do Tolueno (AOAC, 1996).

Após os procedimentos acima, fezes e alimento devem ser moídos em moinho de facas com peneira de 1mm e, então, analisadas em laboratório, em duplicata, para a determinação da energia bruta e demais nutrientes de interesse, segundo metodologias analíticas aprovadas e recomendadas pela AOAC (1996). A matéria seca final das fezes para o cálculo da digestibilidade poderá ser calculada pela seguinte fórmula:

$$\text{MS final} = \frac{\text{MS } 55^{\circ}\text{C} \times \text{MS } 105^{\circ}\text{C}}{100}$$

Obs: A MS final será utilizada APENAS para se obter a quantidade de matéria seca de fezes excretada. Nos cálculos das análises bromatológicas das fezes, deve-se utilizar o valor da MS 105°C, já que a amostra utilizada para tais análises se encontrava pré-seca à 55°C.



Para secar a urina deve-se descongelar e homogeneizar o *pool* de cada animal, o que equivale à produção de urina durante todo período de coleta. Colocar 30mL de urina em recipiente não muito fundo, pesar separadamente o recipiente e a amostra e, posteriormente, levar a estufa com ventilação forçada à 55°C por um período de 24 horas. Repetir este procedimento por mais duas vezes, completando assim o volume total de 90 mL secos. O resíduo seco da urina estará pronto para análise de matéria seca e energia bruta em bomba calorimétrica.

G. Cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente e da energia metabolizável

Abaixo estão descritos os cálculos para determinação dos coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e da energia metabolizável de alimentos pelo método de coleta total. A composição nutricional do alimento e das fezes devem estar sobre a matéria seca.

1. Coeficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS):

$$\text{CDAMS (\%)} = \frac{[\text{consumo total ração}^a - \text{fezes totais}^b] \times 100}{\text{consumo total ração}^a}$$

2. Coeficiente de digestibilidade aparente do nutriente (CDAN):

$$\text{CDAN (\%)} = \frac{[(\text{nutriente}^c \times \text{consumo total ração}^a) - (\text{nutriente}^d \times \text{fezes totais}^b)] \times 100}{(\text{nutriente}^c \times \text{consumo total ração}^a)}$$

3. Energia metabolizável aparente (EMA):

É importante destacar que a EMA dos alimentos pode ser determinada com ou sem coleta de urina. A coleta de urina visa determinar, em bomba calorimétrica, a energia bruta proveniente da excreção renal de uréia quando a proteína digerida é completamente metabolizada. Quando não houver coleta quantitativa de urina, pode-se estimar a EB desta por meio dos fatores de correção recomendados pela FEDIAF (2017), conforme especificado a seguir:

Fatores de correção (**FC**) para perdas energéticas pela urina:

Cães → 1,25 kcal por grama de proteína digestível ingerida (PDing)

Gatos → 0,86 kcal por g de PDing.



EMA SEM coleta de urina:

$$\text{PDing (g)} = \frac{(\text{consumo total ração}^a \times \text{PBr}^e) - (\text{fezes totais}^b \times \text{PBf}^f)}{100} - \frac{(\text{fezes totais}^b \times \text{PBf}^f)}{100}$$

$$\text{EMA (kcal/g)} = \frac{(\text{consumo total ração}^a \times \text{EBr}^g) - (\text{fezes totais}^b \times \text{EBf}^h) - (\text{FC} \times \text{PDing})}{\text{consumo total ração}^a}$$

^aconsumo total ração equivale a quantidade total de alimento oferecido descontada da quantidade total de alimento recusado durante a fase de coleta. Dados em gramas (g) de MS.

^bfezes totais equivale a quantidade total de fezes excretadas pelo animal durante a fase de coleta. Dados em gramas (g) de MS.

^cnutrienteR equivale a composição percentual (% na matéria seca) de determinado nutriente na ração consumida.

^dnutrienteF equivale a composição percentual (% na matéria seca) de determinado nutriente nas fezes produzidas.

^ePBr equivale a composição percentual (% na matéria seca) de proteína bruta na ração consumida.

^fPBf equivale a composição percentual (% na matéria seca) de proteína bruta nas fezes produzidas.

^gEBr equivale a energia bruta em kcal/g MS de ração consumida.

^hEBf equivale a energia bruta em kcal/g MS de fezes produzidas.

EMA COM coleta de urina:

$$\text{EMA (kcal/g)} = \frac{(\text{consumo total ração}^a \times \text{EBr}^g) - [(\text{fezes totais}^b \times \text{EBf}^h) + (\text{urina total}^i \times \text{EBu}^j)]}{\text{consumo total ração}^a}$$

ⁱurina total equivale ao volume total de urina excretada pelo animal durante a fase de coleta. Dados em mililitros (mL).

^jEBu equivale a energia bruta em kcal/mL de urina produzida.

Para fixar os procedimentos de cálculo considere o exemplo abaixo:

Considerando que um cão tenha sido submetido ao protocolo descrito neste capítulo, obtendo-se os seguintes dados (valores sobre a matéria seca):

- a) Consumo total de matéria seca do alimento: 1200g
- b) Excreção fecal total, em matéria seca: 240g
- c) Teor de proteína bruta na matéria seca da dieta: 24%
- d) Teor de proteína bruta na matéria seca das fezes: 20%



- e) Energia bruta da dieta, na matéria seca: 4,6 kcal/g
- f) Energia bruta da urina: 0,5 kcal/mL
- g) Volume de urina: 400 mL
- h) Energia bruta das fezes, na matéria seca: 3,2 kcal/g
- i) Fator de correção para perda de energia pela urina de cães: 1,25 kcal/g PDing

Determinar o CDAMS, CDAPB e a EMA utilizando o tanto o fator de correção para perda de energia pela urina como a EB eliminada pela urina.

Coefficiente de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS):

$$\text{CDAMS (\%)} = \frac{\mathbf{(a - b)} \times 100}{\mathbf{a}}$$

$$\text{CDAMS (\%)} = \frac{(1200 - 240) \times 100}{1200} = \mathbf{80\%}$$

Coefficiente de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDAPB):

$$\text{CDAPB} = \frac{\mathbf{[(c \times a) - (d \times b)] \times 100}}{\mathbf{(c \times a)}}$$

$$\text{CDAPB} = \frac{[(24 \times 1200) - (20 \times 240)] \times 100}{(24 \times 1200)} = \mathbf{83,3\%}$$

Energia metabolizável aparente (EMA):

Sem coleta de urina:

$$\text{PDing (g)} = \mathbf{[(a \times c)/100] - [(b \times d)/100]}$$

$$\text{PDing} = [(1200 \times 24)/100] - [(240 \times 20)/100] = \mathbf{240 \text{ g}}$$

$$\text{EMA (kcal/g)} = \frac{\mathbf{(a \times e) - (b \times h) - (i \times \text{PDing})}}{\mathbf{a}}$$

$$\text{EMA} = \frac{(1200 \times 4,6) - (240 \times 3,2) - (1,25 \times 240)}{1200} = \mathbf{3,7 \text{ kcal/g}}$$

Com coleta de urina:

$$\text{EMA (kcal/g)} = \frac{\mathbf{(a \times e) - [(b \times h) + (f \times g)]}}{\mathbf{a}}$$

$$\text{EMA} = \frac{(1200 \times 4,6) - [(240 \times 3,2) + (0,5 \times 400)]}{1200} = \mathbf{3,8 \text{ kcal/g}}$$



Bibliografia consultada:

AAFCO – ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Official Publications 2004** Association of American Feed Control Officials, 2004.

AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of analysis**. 16 ed., Gaithersburg, 1996, v.1, chap. 4, p.1-45.

Nutrient Requirements of Dogs and Cats. **National Research Council**. The National Academy Press: Washington, D.C. 2006. 398p.



2. EXERCÍCIOS

A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	A
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	B=(A x %MS)/100
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	C
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	D=(C x %MS)/100
E	Porcentagem do nutriente na <u>MS do alimento</u>	E
F	Nutriente ingerido no período, em gramas	F=(B x E)/100
G	Porcentagem do nutriente na <u>MS das fezes</u>	G
H	Nutriente excretado nas fezes no período, em gramas	H=(D x G)/100
I	Coefficiente de digestibilidade aparente	I=[(F-H)/F] x 100

Onde: MS = matéria seca (100 – umidade); A = valor referente ao consumo acumulado nos 5 dias de coleta; C = valor referente a excreção acumulada nos 5 dias de coleta.

EXERCÍCIO 1

Considere a ingestão acumulada em 7 dias de 308,82g para o gato 1 e 318,03g para o gato 2. Foram coletados 110,17g de fezes e 198 mL de urina do animal 1 e 155,94g de fezes e 238 mL de urina do animal 2 nesse mesmo período.

Calcular os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e a energia metabolizável (EM) da ração para os animais 1 e 2.

	Ração	Animal 1	Animal 2
		Fezes	
MS (%)	94,13	39,96*	31,44*
Composição (sobre a MS)			
MM (%)	6,11	23,98	19,82
MO (%)	93,89	76,02	
PB (%)	41,68	29,31	29,16
EEA (%)	9,53	12,14	8,68
FB (%)	2,33	9,34	7,54
EB (kcal/g)	5,08	4,13	4,00
ENN (%)	40,35	25,23	
		Urina	
Volume (mL)	-	198	238
EB (kcal/mL)	-	0,98	0,85

*MS final = (MS 55°C x MS 105°C)/100

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica [MO = 100- MM (se estiver na MS) ou MO = MS - MM (se estiver na MN)]; PB = proteína bruta; EEA = extrato etéreo ácido; FB = fibra bruta; EB = energia bruta; ENN = extrativos não nitrogenados (ENN = 100 - Umidade - MM - PB - EEA - FB; se os dados estiverem na MS, não precisa descontar a umidade).



Digestibilidade da MS		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	A	308,82	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	B = A x %MS/100	308,82 x 0,9413 = 290,69	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	C	110,17	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	D = C x %MS/100	110,17 x 0,3996 = 44,02	
E	CDA da MS (%)	E = (B - D) x 100 / B	84,86	

Digestibilidade da MO		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	A	308,82	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	B = A x %MS/100	308,82 x 0,9413 = 290,69	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	C	110,17	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	D = C x %MS/100	110,17 x 0,3996 = 44,02	
E	% MO na MS do alimento	E	93,89	
F	MO ingerida, em gramas	F = B x E/100	272,93	
G	% MO na MS das fezes	G	76,02	
H	MO excretada nas fezes, em gramas	H = D x G/100	33,46	
I	CDA da MO (%)	I = (F - H) x 100 / F	87,74	



Digestibilidade da PB		Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	308,82	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	$308,82 \times 0,9413$ = 290,69	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	110,17	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	$110,17 \times 0,3996$ = 44,02	
E	% PB na MS do alimento	41,68	
F	PB ingerida, em gramas	121,16	
G	% PB na MS das fezes	29,31	
H	PB excretada nas fezes, em gramas	12,90	
I	CDA da PB (%)	89,35	

Digestibilidade do EEA		Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	308,82	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	$308,82 \times 0,9413$ = 290,69	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	110,17	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	$110,17 \times 0,3996$ = 44,02	
E	% EEA na MS do alimento	9,53	
F	EEA ingerido, em gramas	27,70	
G	% EEA na MS das fezes	12,14	
H	EEA excretado nas fezes, em gramas	5,34	
I	CDA do EEA (%)	80,72	



Digestibilidade da FB		Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	308,82	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	$308,82 \times 0,9413$ $= 290,69$	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	110,17	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	$110,17 \times 0,3996$ $= 44,02$	
E	% FB na MS do alimento	2,33	
F	FB ingerida, em gramas	6,77	
G	% FB na MS das fezes	9,34	
H	FB excretada nas fezes, em gramas	4,11	
I	CDA da FB (%)	39,29	

Digestibilidade da EB		Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	308,82	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	$308,82 \times 0,9413$ $= 290,69$	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	110,17	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	$110,17 \times 0,3996$ $= 44,02$	
E	kcal EB/g MS do alimento	5,08	
F	EB ingerida, em kcal	1476,71	
G	kcal EB/g MS de fezes	4,13	
H	EB excretada nas fezes, em kcal	181,80	
I	CDA da EB (%)	87,69	



Digestibilidade do ENN		Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	308,82	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	$308,82 \times 0,9413$ $= 290,69$	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	110,17	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	$110,17 \times 0,3996$ $= 44,02$	
E	% ENN na MS do alimento	40,35	
F	ENN ingerido, em gramas	117,29	
G	% ENN na MS das fezes	25,23	
H	ENN excretado nas fezes, em gramas	11,11	
I	CDA do ENN (%)	90,53	

	Energia metabolizável – COM coleta de urina	Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	kcal EB/g MS de alimento	A	5,08	
B	kcal EB/g MS de fezes	B	4,13	
C	kcal EB/mL de urina	C	0,98	
D	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	D	290,69	
E	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	E	44,02	
F	Total de urina coletada no período, em mL	F	198,0	
G	Energia metabolizável (kcal/g MS)	$G = \frac{[(A \times D) - (B \times E) - (C \times F)]}{D}$	3,79	



EXERCÍCIO 2

Considere a ingestão acumulada em 5 dias de 650g para o cão 1 e 680g para o cão 2. Foram coletados 351,29g de fezes do animal 1 e 315,60g de fezes do animal 2 neste mesmo período.

Calcular os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) dos nutrientes e a energia metabolizável (EM) da ração para os animais 1 e 2.

Composição	Ração	Ração (sobre MS)	Fezes		
			Animal 1 (sobre MS)	Animal 2 (sobre MS)	Animal 2 (sobre MS)
MS 55°C (%)	-	-	37,64	-	42,93
MS 105°C (%)	92,02	-	93,52	-	92,48
MS final*	92,02	-	35,20	-	-
MM (%)	13,11	14,25	29,04	31,05	32,82
MO (%)		94,43		75,88	
PB (%)	24,06		27,88		26,93
EEA (%)	6,25		3,77		3,45
FB (%)	2,89		11,23		13,96
EB (kcal/g)	3,81		2,45		2,36
ENN (%)					

*MS final = $\frac{MS\ 55^{\circ}C \times MS\ 105^{\circ}C}{100}$ → Utilizada APENAS para calcular a quantidade de

100

MS de fezes excretada

MS = matéria seca; MM = matéria mineral; MO = matéria orgânica [MO = 100- MM (se estiver na MS) ou MO = MS - MM (se estiver na MN)]; PB = proteína bruta; EEA = extrato etéreo ácido; FB = fibra bruta; EB = energia bruta; ENN = extrativos não nitrogenados (ENN = 100 - Umidade - MM - PB - EEA - FB; se os dados estiverem na MS, não precisa descontar a umidade).

Digestibilidade da MS		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	A	650	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	B = A x %MS/100	650 x 0,9202 = 598,13	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	C	351,29	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	D = C x %MS/100	351,29 x 0,3520 = 123,65	
E	CDA da MS (%)	E = $\frac{(B - D) \times 100}{B}$	79,34	



Digestibilidade da MO		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	Ingestão total de alimento no período, em gramas	A	650	
B	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	B = A x %MS/100	650 x 0,9202 = 598,13	
C	Total de fezes coletadas no período, em gramas	C	351,29	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	D = C x %MS/100	351,29 x 0,3520 = 123,65	
E	% MO na MS do alimento	E	94,43	
F	MO ingerida, em gramas	F = B x E/100	564,81	
G	% MO na MS das fezes	G	75,88	
H	MO excretada nas fezes, em gramas	H = D x G/100	93,83	
I	CDA da MO (%)	I = $\frac{(F - H)}{F} \times 100$	83,39	

Seguindo o mesmo modelo de cálculo exposto acima para coeficiente de digestibilidade aparente (CDA) da matéria orgânica (MO), calcule os CDA para os outros nutrientes.

	Animal 1	Animal 2
CDA da PB	76,43	
CDA do EEA	87,73	
CDA da FB	20,93	
CDA da EB	86,92	
CDA dos ENN	89,36	



Energia metabolizável - SEM coleta de urina		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	kcal EB/g MS de alimento	A	4,14	
B	kcal EB/g MS de fezes	B	2,62	
C	Ingestão total de MS de alimento no período, em gramas	C	598,13	
D	Total de MS de fezes coletadas no período, em gramas	D	123,65	
E	% PB na MS do alimento	E	26,15	
F	% PB na MS das fezes	F	29,81	
G	Fator de correção*	G	1,25	
H	Ingestão total de PB no período, em gramas	H = C x E/100	156,41	
I	Excreção total de PB nas fezes no período, em gramas	I = D x F/100	36,86	
J	PD ingerida no período, em gramas	J = H - I	119,55	
K	Energia metabolizável (kcal/g)	K = [(A x C) - (B x D) - (FC x J)] / C	3,35	

*Fator de correção = 1,25 kcal EB/g PDing para cães; 0,86 kcal EB/g PDing para gatos



3. MÉTODO DO INDICADOR OU SUBSTÂNCIA ÍNDICE

O método do indicador é uma alternativa à coleta total quando se torna difícil ou inconveniente mensurar-se a ingestão ou coletar-se totalmente as fezes (Carciofi et al., 2007).

O indicador deve ser totalmente indigerível e inabsorvido no trato gastrointestinal, não ter função fisiológica, poder ser processado com o alimento, misturar-se facilmente com o alimento, permanecer homogêneo distribuído na digesta, possuir um método específico, sensível e prático de determinação laboratorial e preferencialmente ocorrer naturalmente no alimento.

Há dois tipos de indicadores, os internos e externos. Indicadores internos estão presentes no próprio alimento, a exemplo das Cinzas Insolúveis em Ácido (CIA), que demonstrou ser uma boa opção e uma alternativa viável como indicador para gatos (Vasconcellos et. al. 2007). Indicador externo é aquele que é adicionado ao alimento teste, o mais comumente utilizado é o Óxido Crômico (OC). O cromo solúvel e o hexavalente são altamente mutagênicos. Porém, o cromo presente no OC (trivalente) é muito pouco reativo ao DNA, e pobremente absorvido pelas membranas celulares (Ferreira, 2002). No entanto, este também não dispensa cuidados na sua manipulação.

Para mensurar a viabilidade do indicador determina-se sua Taxa de Recuperação (TR). Independente do indicador, interno ou externo, espera-se uma recuperação nas fezes próxima a 100%. Esta é calculada como:

$$\text{TR}\% = \frac{\text{indicador ingerido (g)}}{\text{indicador excretado (g)}} \times 100$$

A.Recebimento e identificação da amostra

Os dados referentes ao alimento, tais como tipo de produto, espécie e fase da vida para a qual é destinado devem ser anotados, juntamente com a marca, fabricante, lote e data de fabricação. Anotar níveis de garantia de nutrientes e a lista de ingredientes presentes no rótulo da ração. Verificar e anotar as condições do produto: cor, odor, aspecto, uniformidade, presença de contaminantes e presença de finos no fundo do saco. Amostrando cerca de 500g da ração e acondicionar o material devidamente identificado e vedado.

B.Preparo o alimento para o teste com uso de óxido crômico

A seguir são apresentados três procedimentos distintos, cabendo ao responsável pelas análises escolher a melhor opção para o emprego do Óxido Crômico.



O procedimento descrito abaixo é utilizado nos casos em que a ração empregada para a determinação da digestibilidade já se apresente extrusada.

1. Calcular a quantidade de ração necessária para realizar o ensaio.
2. Moer a ração em moinho com peneira de 2,5 milímetros ou maior. Peneiras menores não devem ser utilizadas quando produtos comerciais forem empregados no teste, pois uma moagem mais fina do produto em teste pode involuntariamente elevar sua digestibilidade levando a um resultado incorreto.
3. Pesquisar exatamente a quantidade de ração conseguida após a moagem e calcular a quantidade de Óxido Crômico a ser adicionada.
4. O Óxido Crômico deverá ser de boa qualidade e livre de cromo solúvel.
5. Sugere-se adição de 0,25% a 0,35% de óxido crômico.
6. É fundamental utilizar luvas para manipular o óxido crômico.
7. Pesquisar o óxido crômico necessário para adição na ração e guardar uma amostra de 2 gramas para uso nas análises laboratoriais.
8. Separar parte da ração moída em um recipiente (cerca de 5 kg) e peneirar sobre ela o óxido crômico, em peneira fina, de forma a desfazer todos os grumos.
9. À medida que o cromo é peneirado sobre a ração, misture-o à mesma freqüentemente, evitando que os grumos se formem novamente.
10. Colocar a ração farelada e o conteúdo do recipiente (ração pré-misturada ao óxido crômico) no misturador e efetuar a mistura final do óxido crômico à ração. Os misturadores indicados para efetuar uma mistura homogênea são os em forma de “Y” ou “V”.
11. Após a mistura total do óxido crômico com a ração teste, retirar 500g de ração e armazenar em saco plástico apropriado devidamente identificado. Esta amostra será empregada para as determinações laboratoriais para o cálculo da digestibilidade e energia metabolizável.

O procedimento descrito abaixo poderá ser seguido quando o óxido crômico for adicionado ao produto antes da extrusão

1. O Óxido Crômico em pó deverá ser acrescentado durante a pré-mistura dos ingredientes e deverá ser homogeneizado e posteriormente extrusado juntamente com o produto.

C.Preparo dos animais para o teste

Utilizar um mínimo de 6 animais adultos para o teste (cães ou gatos). Estes deverão ser considerados clinicamente sadios, estarem devidamente desverminados e vacinados. É aconselhável que estes sejam uniformes com relação à raça, idade peso e escore corporal, fêmeas no cio devem ser evitadas.



Para a determinação da Energia Metabolizável pelo método dos indicadores, não é necessário que os animais sejam mantidos em gaiolas metabólicas, desde que fiquem alojados em recintos individuais que propiciem a coleta de fezes não contaminadas com urina ou sujeira.

D.Procedimento experimental

O protocolo é dividido em duas fases, adaptação e coleta, semelhante ao protocolo pelo método de coleta total, descrito no capítulo anterior.

O período de adaptação é composto por um tempo mínimo de 5 dias para cães e gatos, tendo por objetivo adaptar os animais à dieta, regularizar a taxa de excreção fecal do indicador, ajustar a ingestão de alimento e, quando necessário, verificar a manutenção do peso corporal. A fase de coleta deve constar de um mínimo de 5 dias, ou 120 horas, para cães e de 7 dias para gatos (168 horas). Não é necessário colher todo o material fecal nem quantificar o consumo alimentar. No entanto, é necessário que o consumo alimentar seja adequado e constante durante esta fase.

E.Fase de adaptação

Pesar os animais que participarão do ensaio e anotar o peso em local apropriado, junto com os dados e nomes dos mesmos. A quantidade de alimento fornecida a cada animal pode ser baseada na quantidade necessária para manter o peso corporal ou estimada conforme as necessidades energéticas de manutenção recomendados pelo NRC (2006). A quantidade diária de alimento pode ser fornecida uma vez ao dia ou dividida em duas refeições. Deve-se sempre alimentar os animais nos mesmos horários ao longo do ensaio. Água deve ser disponível à vontade durante todo o período experimental. Se durante o período de adaptação o alimento for rejeitado pelos animais ou a maior parte dos animais não consumir 75% da quantidade calculada, o teste deverá ser interrompido.

O alimento moído (farelado) misturado ao cromo deverá ser fornecido aos animais umedecido em água, de forma a adquirir consistência pastosa, o que visa aumentar sua palatabilidade e favorecer o consumo. Gatos recusam ingerir alimento desta forma. Para estes animais é preferível a utilização da coleta total ou a mistura do óxido crômico ao alimento antes da extrusão.

F.Fase de coleta

Fezes: durante o período de coleta não é necessário quantificar o consumo alimentar e a produção fecal, pois no cálculo será apenas considerada a relação entre as concentrações de OC no alimento e nas fezes de cada animal. Uma porção representativa das fezes deve ser colhida, preferencialmente 2 vezes ao dia, armazenada em recipiente apropriado e identificado, compondo-se um *pool* das fezes de cada animal. Assim que recolhidas, deverão ser imediatamente armazenadas em freezer (-15°C).



G.Preparo das amostras para análise laboratorial

Após o término do ensaio, as fezes de cada animal devem ser descongeladas, devidamente homogeneizadas, distribuídas em bandejas e pesadas (pesar separadamente a bandeja e a amostra) para a pré-secagem em estufa de ventilação forçada à temperatura de 55°C, por um período de 72 horas. O peso do material antes da pré-secagem deverá ser anotado para o cálculo da primeira matéria seca. Após 72 horas em estufa, as fezes deverão ser retiradas e pesadas imediatamente. Acondicionar as fezes secas em sacos plásticos ou recipientes apropriados, hermeticamente fechados e identificados, de forma a não se re-hidratarem.

Moer as fezes e ração em moinho de facas com peneira de 1mm. Rações secas não necessitam pré-secagem em estufa à 55°C. Alimentos úmidos deverão passar pelo procedimento de pré-secagem, da mesma forma que as fezes. A umidade de alimentos semi-úmidos deve ser determinada pelo método do Tolueno (AOAC, 1996)

As amostras devidamente moídas deverão ser analisadas no laboratório em duplicata para a determinação da energia bruta e demais nutrientes de interesse, segundo metodologias analíticas aprovadas e descritas pela AOAC (1996). A matéria seca final das fezes para o cálculo da digestibilidade poderá ser calculada pela fórmula abaixo:

$$\text{MS Final} = \frac{\text{MS } 55^{\circ}\text{C} \times \text{MS } 105^{\circ}\text{C}}{100}$$

O óxido crômico contido no alimento e nas fezes pode ser quantificado por duas metodologias: colorimetria ou espectrofotometria de absorção atômica. De acordo com AAFCO (2004), a espectrofotometria de absorção atômica é a mais indicada por permitir maior repetibilidade. Recomenda-se realizá-la conforme foi descrita por Silva e Queiroz (2006). Para análise colorimétrica sugere-se o método de FENTON e FENTON (1979). Carciofi e colaboradores (2007) demonstraram que as duas técnicas são eficientes para uso em cães e apresentam elevada correlação entre si ($r=0,99$; $P<0,01$).

H.Cálculos dos coeficientes de digestibilidade e da Energia Metabolizável Aparente

Abaixo estão descritos os cálculos para a determinação dos coeficientes de digestibilidade e energia metabolizável dos alimentos pelo método dos indicadores. Os resultados de análises devem todos ser expressos sobre a matéria seca.



Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS):

$$\text{CDAMS (\%)} = 100 - [100 \times \frac{(\% \text{ ind. ração})}{\% \text{ ind. fezes}}]$$

1. Coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes (CDAN)

$$\text{CDAN} = 100 - [100 \times \frac{(\% \text{ ind. ração})}{\% \text{ ind. fezes}} \times \frac{(\% \text{ nutriente fezes})}{\% \text{ nutriente ração}}]$$

2. Calculo da Energia Metabolizável Aparente (EMA), sem coleta de urina.

Fatores de correção para perdas energética através da urina:

Cães → 1,25 kcal por grama de proteína digestível ingerida (PDing)

Gatos → 0,86 kcal/g PDing.

Para a determinação da EMA é preciso se quantificar a porcentagem de PB do alimento teste e das fezes dos animais, a fim de se determinar a Proteína Digestível (PD).

Calculo da EMA

$$\text{EMA (kcal/g)} = \text{ED}^a - [(\text{PD}^b / 100) \times \text{FC}]$$

$$^a \text{ED} = [1 - \frac{(\% \text{ Ind. ração})}{\% \text{ ind. fezes}}] \times \frac{\text{EB fezes}}{\text{EB ração}} \times \text{EB ração}$$

$$^b \text{PD} = [1 - \frac{(\% \text{ ind. ração})}{\% \text{ ind. fezes}}] \times \frac{(\% \text{ PB fezes})}{\% \text{ PB ração}} \times \% \text{ PB ração}$$

Supondo-se que um cão foi submetido ao protocolo acima utilizando o indicador externo OC e tenham-se obtidos os seguintes dados:

- Óxido crômico na ração (a): 0,35%
- Óxido crômico nas fezes (b): 3,15%
- Proteína bruta da ração (c): 24%
- Proteína bruta das fezes (d): 20%
- Energia bruta da ração (e): 4,2 kcal/g
- Energia bruta das fezes (f): 3,2 kcal/g



- Fator de correção para perda energética pela urina de cães (g): 1,25 kcal/g de PDing

$$1. \text{ CDAMS (\%)} = 100 - \left[\frac{100 \times (a)}{b} \right]$$

$$\text{CDAMS (\%)} = 100 - \left[\frac{100 \times (0,35)}{3,15} \right] = \mathbf{88,89 \%}$$

$$2. \text{ CDAPB (\%)} = 100 - \left[\frac{100 \times (a)}{b} \times \frac{(d)}{c} \right]$$

$$\text{CDAPB (\%)}^c = 100 - \left[\frac{100 \times (0,35)}{3,15} \times \frac{(20)}{24} \right] = \mathbf{90,74 \%}$$

^c Para os demais nutrientes, o cálculo é o mesmo, devendo-se substituir a concentração de PB pelo teor de nutriente de interesse.

$$3. \text{ ED} = \left[1 - \frac{(a)}{b} \times \frac{(f)}{e} \right] \times e$$

$$\text{ED} = \left[1 - \frac{(0,35)}{3,15} \times \frac{(3,2)}{4,2} \right] \times 4,2 = \mathbf{3,84 \text{ kcal/g}}$$

$$4. \text{ PD} = \left[1 - \frac{(a)}{b} \times \frac{(d)}{e} \right] \times e$$

$$\text{PD} = \left[1 - \frac{(0,35)}{3,15} \times \frac{(20)}{24} \right] \times 24 = \mathbf{21,78 \%}$$

$$5. \text{ EMA} = \text{ED} - \left[\frac{\text{PD}}{100} \times g \right]$$

$$\text{EMA} = 3,84 - \left[\frac{(21,78)}{100} \times 1,25 \right] = \mathbf{3,57 \text{ kcal/grama de alimento.}}$$

Bibliografia Consultada:

- AAFCO – ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Official Publications 2004** Association of American Feed Control Officials, 2004.
- AOAC – Association of Official Analytical Chemists. **Official Methods of analysis**. 16 ed., Gaithersburg, v.1, cap. 4, p.1-45, 1996.
- CARCIOFI, A.; C.; VASCONCELLOS, R.; S.; OLIVEIRA L.; D.; et. al. Chromic oxide as a digestibility marker for dogs-A comparison of methods analysis. **Animal Feed Science and Technology**, v. 134, p.273-282, 2007.
- FENTON, T.W.; FENTON, M. – An improved procedure for the determination of chromic oxide in feed and feces. **Canadian Journal of Animal Science**, Ottawa, v. 1, n. 59, p. 631-634, 1979.
- FERREIRA, A.D.Q. O impacto do crômio nos sistemas biológicos. *Quim. Nova*, v.25, p.572-578, 2002.



NRC – Nutrient Requirements of Dogs and Cats. **National Research Council**. The National Academy Press: Washington, D.C. 2006. 398p.

SILVA, D.; J.; QUEIROZ A.; C.; Determinação do Cromo (Óxido Crômico-Cr₂O₃) em fezes. In: Análise de Alimentos- Métodos Químicos e Biológicos. Ed. Universidade Federal de Viçosa (UFV): UFV; 3 ed. p.218-224, 2006.

VASCONCELLOS, R. S.; CARCIOFI A.C; OLIVEIRA L.; D.; PRADA F.; PEREIRA G.;T.; Utilização de indicadores para estimar a digestibilidade aparente em gatos. **Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.**, v.59, n.2, p.466-472, 2007.



4. EXERCÍCIOS - MÉTODO DO INDICADOR

EXERCÍCIO 1

Complete o quadro abaixo e determine as digestibilidades dos nutrientes e a energia metabolizável para os cães 1 e 2 abaixo:

Análise (sobre a MS)	Ração	Animal 1	Animal 2
MS (%)	93,11	36,2	43,1
MM (%)	5,02	10,2	10,9
MO (%)	94,98	89,80	
PB (%)	24,0	12,10	15,40
EEA (%)	12,28	7,89	6,23
FB (%)	3,0	7,5	8,2
EB (kcal/g)	4,35	2,65	2,42
ENN (%)	55,70	62,31	
% Cr ₂ O ₃	0,25	0,92	0,89

Digestibilidade da MS		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	% de Cr ₂ O ₃ no alimento, na MS	A	0,25	
B	% de Cr ₂ O ₃ nas fezes, na MS	B	0,92	
C	CDAMS (%)	C=100-(100x(A/B))	72,83	

Digestibilidade da MO		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	% de Cr ₂ O ₃ no alimento, na MS	A	0,25	
B	% de Cr ₂ O ₃ nas fezes, na MS	B	0,92	
C	MO no alimento (%)	C	94,98	
D	MO nas fezes (%)	D	89,90	
E	CDAMO (%)	E=100-(100x(A/B)x(D/C))	74,31	

Digestibilidade da PB		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	% de Cr ₂ O ₃ no alimento, na MS	A	0,25	
B	% de Cr ₂ O ₃ nas fezes, na MS	B	0,92	
C	PB no alimento (%)	C	24,0	
D	PB nas fezes (%)	D	12,10	
E	CDAPB (%)	E=100-(100x(A/B)x(D/C))	86,30	



Digestibilidade do EEA		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	% de Cr ₂ O ₃ no alimento, na MS	A	0,25	
B	% de Cr ₂ O ₃ nas fezes, na MS	B	0,92	
C	EEA no alimento (%)	C	12,28	
D	EEA nas fezes (%)	D	7,89	
E	CDAEEA (%)	E=100-(100x(A/B)x(D/C))	82,54	

Digestibilidade da EB		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	% de Cr ₂ O ₃ no alimento, na MS	A	0,25	
B	% de Cr ₂ O ₃ nas fezes, na MS	B	0,92	
C	EB no alimento (%)	C	4,35	
D	EB nas fezes (%)	D	2,65	
E	CDAEB (%)	E=100-(100x(A/B)x(D/C))	83,45	

Digestibilidade dos ENN		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	% de Cr ₂ O ₃ no alimento, na MS	A	0,25	
B	% de Cr ₂ O ₃ nas fezes, na MS	B	0,92	
C	ENN no alimento (%)	C	55,70	
D	ENN nas fezes (%)	D	62,31	
E	CDAENN (%)	E=100-(100x(A/B)x(D/C))	69,60	

Energia metabolizável		Fórmula	Animal 1	Animal 2
A	EB do alimento (kcal/g)	A	4,35	
B	EB das fezes (kcal/g)	B	2,65	
C	% de Cr ₂ O ₃ no alimento	C	0,25	
D	% de Cr ₂ O ₃ nas fezes	D	0,92	
E	% PB no alimento	E	24,0	
F	% PB nas fezes	F	12,10	
G	Fator de correção*	G	1,25	
H	Energia digestível (kcal/g)	H=[1-(C/D)*(B/A)]*A	3,63	
I	% Proteína Digestível	I=[1-(C/D)*(E/F)]*F	20,71	
J	Energia metabolizável (kcal/g)	J=[H-(I/100*G)]	3,37	

FC= fator de correção (1,25 kcal/g para cães; 0,86 kcal/g para gatos)



III. DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE E ENERGIA METABOLIZÁVEL DE UM INGREDIENTE - MÉTODO DE SUBSTITUIÇÃO

(MATTERSON et al., 1965)

É possível se determinar os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes e a EM de INGREDIENTES e não de dietas como demonstrado no último capítulo. A determinação da digestibilidade dos nutrientes de uma matéria prima é o primeiro aspecto a ser considerado quando se deseja avaliar seu potencial de utilização (Cho, 1987). Estudos demonstram que ingredientes com composições químicas semelhantes podem apresentar diferentes coeficientes de digestibilidade, sendo tais informações de fundamental importância na formulação de rações.

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

O método de substituição é largamente utilizado para avaliar ingredientes para animais de produção e também pode ser adotado em estudos com cães e gatos. Para tanto, utiliza-se a equação proposta por Matterson et al. (1965) abaixo descrita. A ração referência (RR) deve ser balanceada para a espécie e, em geral, para compor a ração teste (RT) substitui-se 30% da RR pelo ingrediente em teste, desde que este teor de inclusão não seja prejudicial (por exemplo, no caso de fontes de gordura e fibras).

A digestibilidade do ingrediente é calculada pela diferença entre a digestibilidade da RT e da RR. Portanto, deve-se determinar a digestibilidade dos nutrientes e a EM da RR e da RT pelo método de coleta total ou do indicador. Com base nestas informações, calcula-se a digestibilidade dos nutrientes e a EM do ingrediente utilizando a seguinte equação:

$$\text{CDI} = \text{CD (RR)}^* + \frac{\text{CD (RT)} - \text{CD (RR)}^*}{\% \text{subst.} / 100}$$

*Considerar a média das repetições dos CD (RR)

Onde:

CDI = coeficiente de digestibilidade aparente do ingrediente

CD (RR) = coeficiente de digestibilidade aparente da ração referência

CD (RT) = coeficiente de digestibilidade aparente da ração teste



% subst. = percentual de substituição da ração referência pelo ingrediente teste, ajustado para a matéria seca. Pode ser expresso pela relação entre g MS ingrediente teste/g MS ração

O produto entre os coeficientes de digestibilidade aparente e a concentração dos respectivos nutrientes de um ingrediente fornece seus nutrientes digestíveis.

Bibliografia consultada:

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

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

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

Matterson, L.D.; Potter, L.M.; Stutuz, N.W.; Singsen, E.P. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. p.3-11.

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



1. EXERCÍCIO

Calcule a digestibilidade, a energia metabolizável e os nutrientes digestíveis do ingrediente teste para os cães 1 e 2 utilizando o método de substituição, por meio da equação proposta por Matterson et al. (1965). Considere MS do ingrediente de 89,43% e MS da RR (ração referência) de 93,43%.

	RR (média 6 animais)	RT cão 1	RT cão 2
CDAMS	81,84	83,90	84,60
CDAMO	86,66	81,40	83,40
CDAPB	83,30	81,30	82,20
CDAEEA	88,10	86,21	87,30
CDAENN	91,20	81,90	82,90
CDAEB	82,42	83,60	83,70
EM (kcal/kg MS)	3689,69	3790	3870

Cálculo do % de substituição			
A	% Substituição do ingrediente na MN	A	30,00
B	% Substituição do ingrediente na MS	B = (A*89,43)/100	26,83
C	% Inclusão da RR na MN	C	70,00
D	% Inclusão da RR na MS	D = (C*93,43)/100	65,40
E	% MS do ingrediente + % MS RR	E = B+D	92,23
F	% Substituição (g MS ingrediente/g MS ração)	F = (B/E)*100	29,09

Ingrediente	Fórmula	Cão 1	Cão 2
CDAMS (RT)	A	83,90	
CDAMS (RR)	B	81,84	
% Subst.	C	29,09	
CDMS (%)	D= B +[(A-B)/(C/100)]	88,92	



Ingrediente	Fórmula	Cão 1	Cão 2
CDMO (RT)	A	81,40	
CDMO (RR)	B	86,66	
% Subst	C	29,09	
CDMO (%)	D= B +[(A-B)/(C/100)]	68,58	

Ingrediente	Fórmula	Cão 1	Cão 2
CDPB (RT)	A	81,30	
CDPB (RR)	B	83,30	
% Subst	C	29,09	
CDPB (%)	D= B +[(A-B)/(C/100)]	76,42	

Ingrediente	Fórmula	Cão 1	Cão 2
CDEEA (RT)	A	86,21	
CDEEA (RR)	B	88,10	
% Subst	C	29,09	
CDEEA (%)	D= B +[(A-B)/(C/100)]	81,60	

Ingrediente	Fórmula	Cão 1	Cão 2
CDENN (RT)	A	81,90	
CDENN (RR)	B	91,20	
% Subst	C	29,09	
CDENN (%)	D= B +[(A-B)/(C/100)]	59,23	

Ingrediente	Fórmula	Cão 1	Cão 2
CDEB (RT)	A	83,60	
CDEB (RR)	B	82,42	
% Subst	C	29,09	
CDEB (%)	D= B +[(A-B)/(C/100)]	86,48	



Ingrediente	Fórmula	Cão 1	Cão 2
EM(RT)	A	3790,00	
EM(RR)	B	3689,69	
% Subst	C	29,09	
EMI	D= B +[(A-B)/(C/100)]	4034,52	

EMI= energia metabolizável do ingrediente

Ingrediente	Análises (sobre MS)	Nutr. Digest	Animal 1	Animal 2
MS (%)	89,43	MSD (%)	$(89,43 \times 88,92)/100=$ 79,52	
MO (%)	80,03	MOD (%)	$(80,03 \times 68,58)/100=$ 54,88	
PB (%)	64,32	PD (%)	$(64,32 \times 76,42)/100=$ 49,15	
EEA (%)	14,56	EEAD (%)	$(14,56 \times 81,60)/100=$ 11,88	
ENN (%)	12,05	ENND (%)	$(12,05 \times 59,23)/100=$ 7,14	
EB (kcal/kg)	4517	ED (kcal/kg)	$(4517 \times 86,48)/100=$ 3906,30	



IV. PROTOCOLO MÍNIMO PARA A DETERMINAÇÃO DO EFEITO DA DIETA NO pH URINÁRIO DE CÃES E GATOS

INTRODUÇÃO

Um importante método de se averiguar a qualidade e balanceamento dos macroelementos dos alimentos é pela aferição do pH urinário desencadeado pela dieta. A capacidade do organismo em acidificar ou não a urina deve-se ao metabolismo e catabolismo dos aminoácidos sulfurados e dos minerais fósforo, cálcio, magnésio, sódio, potássio e cloro presentes na dieta, refletindo-se no controle da excreção de amônio e bicarbonato pelos rins. O pH urinário é um dos fatores que influenciam a precipitação e a formação de inúmeros tipos de cristais, conseqüentemente podendo prevenir ou predispor ao desenvolvimento de urolitíases (Jeremias, et al. 2013). Veja o quadro abaixo:

Urólitos	pH urinário para formação dos cristais
<i>Estruvita</i>	Em geral pH alcalino (estéreis pode associar-se pH>6,5)
<i>Apatita de Cálcio</i>	Em geral pH alcalino (estéreis pode associar-se pH>6,5)
<i>Urato de Amônio</i>	pH ácido à neutro
<i>Cistina</i>	pH ácido
<i>Oxalato de Cálcio</i>	Em geral pH ácido a neutro

Fonte: Small Animal Nutrition 4 ed., página: 816

O pH urinário varia durante o dia devido a influência do alimento, horário de alimentação, velocidade de ingestão de alimento, o método de alimentação e a quantidade consumida. Sendo assim, é difícil a interpretação com apenas um único valor, especialmente se o tempo de ingestão e o alimento são desconhecidos. Isto torna necessária a coleta total de urina de 24h, cujo resultado de pH reflete mais adequadamente o efeito da dieta no equilíbrio ácido-básico do animal.

O limite fisiológico para o pH urinário de cães e gatos está entre 8,5 e 5,5 pH. Para a maioria dos gatos com idade inferior a sete anos, o pH urinário diário ideal deve estar na faixa entre 6,2 e 6,4 pH. Geralmente, gatos com idade superior à 10 anos são mais predispostos a formarem urólitos de oxalato de cálcio, bem como animais das raças Birmânia, Persa e Himalaia, devendo o pH urinário destes animais permanecer na faixa entre 6,4 e 6,6 pH (ALLEN e KRUGER, 2002). Cabe ao formulador de rações para gatos desenvolver dietas que mantenham o pH urinário dos animais dentro de uma faixa adequada de variação. Para isto este deve estar apto a formular adequadamente os macroelementos da dieta, se utilização de acidificantes e ter acesso a testes periódicos *in vivo* dos valores de pH urinário dos animais.



A. Recebimento e identificação da amostra

Os dados referentes à dieta, tais como tipo de alimento e fase da vida para a qual é destinado devem ser anotados, juntamente com a marca, fabricante, lote e data de fabricação. Anotar níveis de garantia de nutrientes e a lista de ingredientes presentes no rótulo. Verificar e anotar as condições do produto: cor, odor, aspecto, uniformidade, presença de contaminantes e presença de finos no fundo do saco. Amostrar cerca de 500g da ração e acondicionar o material devidamente identificado e vedado.

B. Preparo dos animais para o teste

Empregar um mínimo de 6 animais (cães/gatos) adultos para o teste. Antes do teste animais deverão ser submetidos ao exame clínico e amostras de sangue e urina deverão ser colhidas para a realização do hemograma e urinálise. Todos os animais empregados no teste deverão estar devidamente desverminados e vacinados. É imprescindível que a avaliação físico-química e do sedimento urinário de cada animal (urinálise) constate, antes do início do teste, perfeita saúde do trato urinário. Dosagens séricas de uréia e creatinina são recomendadas para avaliação da função renal.

Pesar os animais que participarão do ensaio e anotar o peso em local apropriado, junto com os dados e nome dos mesmos. A quantidade de alimento fornecida a cada animal pode ser baseada na quantidade necessária para manter o peso corporal ou estimada segundo as necessidades energéticas de manutenção, utilizando-se para isto os procedimentos recomendados pelo NRC (2006). Se durante o período de adaptação o alimento for rejeitado pelos animais ou a maior parte dos animais não consumir 75% da quantidade calculada, o teste deverá ser interrompido. O alimento deverá permanecer disponível durante as 24 horas do dia. Durante o ensaio é importante que a quantidade de alimento fornecida aos animais permaneça constante. Água deverá estar disponível durante toda o experimento.

A qualidade das fezes deve ser avaliada por meio de escore fecal, atribuindo-se notas de 0 a 5, sendo 0 = fezes líquidas e 5 fezes bem formadas, duras e secas, considerando normal valores entre 3 e 4. A ocorrência de vômito ou diarreia inviabiliza a avaliação da dieta no animal pois nestes processos a perda de eletrólitos é intensa e alterações no equilíbrio ácido-básico e hidro-eletrolítico se refletem em alterações urinárias importantes.

Os animais deverão permanecer alojados em gaiolas metabólicas individuais em inox ou outro ambiente/material que não interfira com o pH da urina, e que permita a coleta total e quantitativa segura de urina sem contaminação com fezes ou alimento.



C. Protocolo experimental

O estudo divide-se em duas fases, adaptação e colheita. O período de adaptação tem duração mínima de sete dias. Este período é importante para a estabilização do consumo alimentar e para a perfeita adaptação ao alimento. O período de colheita tem duração mínima de 72 horas. Nesta fase, após sua higienização normal, os ambientes deverão ser lavados ao menos uma vez ao dia e a superfície/utensílio que terá contato direto com a urina lavado com água destilada e seca com papel toalha. A urina excretada pelos animais deverá ser colhida em recipiente apropriado, identificado, devidamente limpo, enxaguado com água destilada e seco. Estes recipientes deverão receber 100mg de Timol, conservante que impede o crescimento de microrganismos e com isto mantém por várias horas estável o pH da urina dos animais. O emprego de timol tornar mais confiável o teste, pois quando a urina é eliminada bactérias iniciam crescimento na amostra o que resulta em elevação do pH da urina pela conversão de ureia e amônia. São aceitos outros métodos de conservação da urina, desde que não haja interferência no pH. A urina deve ser recolhida no mínimo quatro vezes ao dia, ou sempre que eliminada. Este procedimento minimiza a deterioração da amostra e alterações no pH da mesma resultantes do crescimento de microrganismos.

Imediatamente após seu recolhimento a urina deve ser resfriada entre 4 e 8°C em geladeira. A produção urinária individual de cada intervalo de 24 horas deverá ser homogeneizada e ter seu volume quantificado e pH e densidade determinados. Não deve-se utilizar fitas reagentes para estimativa do pH, deve-se empregar pHmetros digitais de boa procedência. A determinação da densidade é realizada em refratômetro. Este procedimento é repetido nos dias seguintes de experimento, tendo-se ao final no mínimo três valores de volume, pH e densidade de cada um dos animais empregados ensaio.

D. Cálculo do pH

O pH final das 72h (mínimo) de colheita de urina será obtido pela média aritmética \pm desvio padrão do valor obtido para cada animal e, conseqüentemente, para o grupo, conforme descrito abaixo:

Exemplo de cálculo:

	dia 1	dia 2	dia 3	Média
animal 1	6,3	6,8	5,8	6,30
animal 2	6,2	6,2	6,6	6,33
animal 3	5,6	7	7,2	6,60
animal 4	5,8	6	6,2	6,00
animal 5	5,8	6,7	6,3	6,27
animal 6	6,3	6,2	6,1	6,20
pH médio				6,28
desvio padrão				0,20



Bibliografia consultada

CASE, L.P.; CAREY, E.P.; HIRAKAWA, D.A. **Canine and feline nutrition**. 2 ed. A resource for companion animal professionals. St. Louis: Mosby. 2000. 455p

ALLEN T.A.; KRUGER J.M. Feline Lower Urinary Tract Disease. In. Small Animal Nutrition 4 ed. Topeka Kansas: Mark Morris Institute, p. 689-723, 2002.

JEREMIAS, J.T.; NOGUEIRA, S.P.; BRUNETTO, M.A.; PEREIRA, G.T.; LOUREIRO, B.A.; FERREIRA, C.S.; GOMES, M.O.S.; CARCIOFI, A.C. Predictive formulas for food base excess and urine pH estimations of cats. *Animal Feed Science and Technology*. v.182, p 82-92, 2013.



V. PROTOCOLO MÍNIMO PARA A DETERMINAÇÃO DA APETIBILIDADE (PALATABILIDADE)

O que é palatabilidade/apetibilidade?

É o termo utilizado para a verificação dos aspectos sensoriais envolvidos na ingestão do alimento: paladar; odor, textura, formato, tamanho, sensação de mastigação e deglutição.

São realizados basicamente dois testes para verificação da palatabilidade:

Aceitabilidade: este método é empregado no intuito de simular as condições de ingestão na casa dos proprietários, quando o cão ou o gato ingere apenas um único alimento por vez. Para este teste, oferece-se um único alimento por vez ao animal e se determina se os animais apresentam consumo voluntário suficiente para manter o peso corporal.

Preferência: o objetivo deste teste é confrontar dois alimentos para verificar qual deles será preferido pelos cães ou gatos. Este método pode ser empregado para comparar duas rações presentes no mercado, mudanças de formulação industrial de uma mesma ração ou diferentes palatabilizantes em uma mesma fórmula. Desta forma são oferecidos dois alimentos simultaneamente e se mensura qual o mais consumido, que é classificado como o mais palatável.

Abaixo será descrito o protocolo mínimo para o teste de preferência e em seguida serão comentadas particularidades do teste de aceitabilidade em relação ao de preferência.

A. Animais:

Deve-se utilizar no teste, preferencialmente, animais com sensibilidade para detectar diferenças, ou seja, que sejam capazes de discriminar diferentes alimentos, por mais que as diferenças entre estes alimentos sejam mínimas, como por exemplo, diferentes inclusões de um mesmo ingrediente ou diferentes dosagens de palatabilizante. Portanto, para isto, deve-se evitar empregar para estes testes animais glutões, com distúrbios comportamentais como lateralidade no canil/gatil, animais velhos, hiperativos, entre outros. Alguns animais ingerem indiscriminadamente alimentos com uma ampla faixa de palatabilidade, enquanto outros são fixados a certos alimentos, rejeitando outros. Uma terceira situação são os animais que apresentam tendência a ingerir alimento em local específico. Animais nestas três situações devem ser evitados.



B. Número de animais e observações:

Não existe um protocolo restrito e específico para este tipo de teste, porém, recomenda-se um grande número de observações para minimizar os efeitos das diferenças entre as preferências e comportamentos alimentares de cada animal. Recomenda-se 40 observações no teste, embora se possa utilizar muito mais em testes de maior poder discriminatório. Para isto pode-se utilizar, por exemplo, 40 animais e 1 dia de teste, ou 20 animais e 2 dias de teste.

C. Protocolo:

Dois alimentos são oferecidos simultaneamente em excesso à capacidade de consumo dos animais, para evitar que o animal tenha que comer os dois alimentos para se sentir saciado, o que irá mascarar os resultados da avaliação. Após um intervalo pré-determinado de tempo (geralmente 20-30 minutos), as sobras são recolhidas, pesadas e o consumo anotado. Em cada alimentação sucessiva, a posição dos comedouros é alterada para se evitar erros de observação (preferência por local). As observações deverão ser em número par devido à posição dos comedouros. O teste pode ser dividido em dois períodos: adaptação e desafio.

Durante o período de adaptação uma única ração é fornecida dividida em dois comedouros colocados simultaneamente em locais determinados da baia/gaiola. Se o animal consumir toda a ração, no dia seguinte será aumentada a quantidade para assegurar um consumo *ad libitum*. A ração do período de adaptação deve ser diferente das em estudo, de forma a evitar-se efeito residual. Este período objetiva minimizar a interferência de comportamentos de neofobia (aversão pelo novo) e neofilia (desejo pelo novo) permitindo melhor avaliação do efeito primário de apetibilidade.

A partir do consumo individual verificado no período de adaptação, durante o período de desafio quantidades pré-determinadas dos alimentos em teste são oferecidas uma ou duas vezes ao dia, por um período determinado de tempo. As quantidades oferecidas e recusadas de cada uma são pesadas, de preferência em balança digital com precisão de 0,01, calculando-se o consumo de alimento por animal. Pode-se observar, também, a primeira ração a ser consumida (first bite ou primeira mordida).

D. Análise dos resultados:

Um completo delineamento estatístico para contornar erros, como diferenças de consumo relativas ao tamanho do animal, conteúdo de água e energia do alimento, distrações ambientais e preferência pela posição do comedouro deve ser planejado e implementado. De maneira geral, os estudos avaliam a Razão de Ingestão. Na análise dos resultados não se deve comparar o consumo em grama por animal, ou somar-se o consumo de todos eles, pois como os animais têm peso e ingestão diferentes, isto leva à distorção dos resultados. Deve-se considerar, então, o consumo percentual das rações em estudo, ou Razão de Ingestão (RI).



$$RI = \frac{\text{ingestão alimento A}}{(\text{ingestão alimento A} + \text{ingestão alimento B})}$$

O somatório dos valores de razão de ingestão será sempre igual a um (1,00), pois pela equação acima, a RI para o alimento A (RI-A) será sempre um número complementar a RI para o alimento B (RI-B). Desta forma, estes dados podem ser comparados quanto às suas médias por análise estatística verificando-se a existência ou não de diferenças de RI entre os alimentos. O seguinte modelo estatístico pode ser adotado:

$$Y_{ijk} = u + F_i + D_j + (FD)_{ij} + BX_{ijk} + E_{ijk}$$

Onde : Y_{ijk} = ingestão diária

u = média paramétrica

F = efeito do alimento i ($i=2$)

D = efeito do dia j ($j = 2$)

(FD) = interação entre o alimento i e o dia j

B = slope of model covariate

$X(ijk)$ = peso do cão/gato (model covariate)

$E(ijk)$ = erro do modelo

Uma maneira prática de se avaliar os resultados é simplesmente verificar qual foi o alimento mais consumido e considerar que, para um número pequeno de animais (entre 20-40), o alimento que apresentar $RI \geq 0,60$ é preferido. Quando o número de animais é superior a 40, considera-se estas diferenças a partir de uma $RI \geq 0,55$. Pode-se expressar os resultados somente em valores numéricos para verificar qual deles os animais preferem. A avaliação dos resultados vai depender do tipo de comparação feita, que por sua vez irá depender dos objetivos do teste, composição das dietas teste, ingrediente ou dosagem testados, entre outros.

Para o teste de aceitabilidade também são comparados dois alimentos, porém, os mesmos são oferecidos em períodos diferentes, ou seja, num primeiro momento os animais recebem o alimento A e num segundo momento (refeição), estes animais recebem o alimento B. Para evitar o efeito do momento de alimentação, metade dos animais recebe o alimento A e metade o alimento B no primeiro momento e no segundo momento esta situação se inverte. O objetivo deste teste é deixar somente 1 alimento disponível por vez e verificar se o animal come a ração em quantidade suficiente, simulando a situação na casa do proprietário, quando somente um alimento é fornecido por vez.



E. Aspectos sensoriais envolvidos na apetibilidade:

Cheiro: sentido extremamente desenvolvido e discriminatório.

Gosto: doce, salgado, azedo, ácido e umami. Além disso, cães e gatos respondem a aminoácidos específicos (apesar destes serem muito levemente ácidos ou azedos), ácidos graxos e ácidos nucleicos. Cães respondem a alguns mono e dissacárides, enquanto gatos não sentem o sabor doce. Gatos gostam de alimentos acidificados.

Textura e sensação bucal: Tamanho (cães por vezes preferem extrusados maiores), forma, relação superfície:volume, grau de moagem dos ingredientes, viscosidade de alimentos úmidos. Estas características, por vezes, determinam grande preferência por determinada forma/textura de uma mesma formula de produto.

Visão: sem estudos comprobatórios e muito provavelmente muito mais importante para o proprietário que para o animal.

F. Fatores que afetam a preferência pelo alimento:

Teor de umidade: existe correlação direta entre umidade e preferência para cães, e relação inversa entre umidade e preferência para gatos. Não se deve comparar para cães ou gatos alimentos com teores de umidade diferente: cães preferirão os mais úmidos, e gatos os mais secos. Diferenças de apenas 1% na umidade já serão suficientes para mascarar os resultados podendo induzir ao erro!

Conteúdo de nutrientes e seleção de ingredientes: teor de proteína e gordura, proteína animal x vegetal, tipo de proteína animal.

Cozimento e temperatura do alimento: em geral preferem alimentos cozidos e levemente aquecidos.

Palatabilizantes.

Efeito da experiência alimentar prévia.

Bibliografia Consultada

FELINE ANEMIAS -A Diagnostic Challenge. Disponível em:

<http://www.vin.com/proceedings/Proceedings.plx?CID=WSAVA2002&PID=2599>. Acessado em 02 de Abril de 2003.

GAULT, G.; BERNY, P.; LORGUE, G. Plants which are toxic for pets. *Recueil de Medecine Veterinaire de l'Ecole d'Alfort* 171(2-3): 171-176, 1995.

HORTON, G.M.J.; BLETHEN, D.B.; PRASAD, B.M. The effect of garlic (*Allium sativum*) on feed palatability of horses and feed consumption, selected performance and blood parameters in sheep and swine. *Canadian Journal Of Animal Science* 71(2): 607-610 1991.

TOXICITY OF MEDICINAL HERBS. Disponível em:

http://www.walthamusa.com/walthamosu/marsden_2/body.html. Acessado em: 02 de Abril de 2003.

WEISER, M.G. In: Ettinger, S.J. e E.C. Feldman (eds) *Textbook of Veterinary Internal Medicine*. W.B. Saunders Company, Philadelphia, vol.2, 1995.



YAMATO, O.; YOSHIHARA, T.; ICHIHARA, A.; MAEDE, Y. Novel Heinz body hemolysis factors in onion (*Allium cepa*). *Bioscience Biotechnology and Biochemistry* 58(1): 221-222, 1994.

YAMATO, O.; MAEDE, Y. Susceptibility to onion-induced hemolysis in dogs with hereditary high erythrocyte reduced glutathione and potassium concentrations. *American Journal Of Veterinary Research* 53(1): 134-137, 1992.



1. EXERCÍCIO

Para um teste de palatabilidade onde se pretendeu confrontar a ração A com a ração B, foram utilizados 30 cães, machos ou fêmeas castrados, com idade entre 1,5 a 5 anos. Os animais foram alojados permanentemente em canis individuais e foram alimentados 2 vezes ao dia. Todos os cães receberam, em vasilhas idênticas, uma quantidade tal de cada uma das rações em teste que fosse suficiente para suprir as necessidades do animal e ainda haver sobras. O teste teve duração de três dias e a posição dos comedouros foi invertida a cada refeição. A quantidade oferecida de cada ração e as sobras foram anotadas para todos os animais durante os 3 dias de experimento.

Animal	Consumo dia 1		Consumo dia 2		Consumo dia 3	
	Ração A (g)	Ração B (g)	Ração A (g)	Ração B (g)	Ração A (g)	Ração B (g)
1	235	246	256	242	230	263
2	123	150	102	246	56	301
3	0	369	0	385	0	369
4	32	452	45	432	42	436
5	90	485	250	310	256	242

Calcular a Razão de ingestão (RI) para cada um dos alimentos, individualizados por dia e também a razão de ingestão média dos 3 dias de teste para os alimentos A e B. Utilize apenas os dados dos 5 cães presentes na tabela.

Cães	1° Dia		2° Dia		3° Dia		Médias	
	RI A	RI B						
1								
2								
3								
4								
5								
Média								



**VII. Tabelas: NEESECIDADES NUTRICIONAIS DE CÃES E GATOS,
ADAPATADO DE *NUTRIENTS REQUERIMENTS OF DOGS AND CATS,*
2006.**

Fonte: Nutrient Requirements of Dogs and Cats. National Research Council.
The National Academy Press. Washington, D.C. 2006. Pp. 354-370.



TABELA 1. Necessidades de nutrientes para cães adultos em manutenção.

Nutrientes	Teores Recomendados	Limite Maximo seguro
	Quantidade por kg de matéria seca (dieta com 4kcal/g) ^a	
Proteína (g)	100	
Aminoácidos		
Arginina (g) ^b	3,5	
Histidina (g)	1,9	
Isoleucina (g)	3,8	
Metionina (g)	3,3	
Metionina + Cistina (g)	6,5	
Leucina (g)	6,8	
Lisina (g)	3,5	
Fenilalanina (g)	4,5	
Fenilalanina + Tirosina (g) ^c	7,4	
Treonina (g)	4,3	
Triptofano (g)	1,4	
Valina (g)	4,9	
Gorduras Totais (g)	55	330
Ácidos Graxos		
Ác. Linoléico (g)	11	65
Alfa-Linolênico (g) ^d	0,44	
Ác. Aracdônico (g)	0,44	
EPA + DHA (g) ^e	---	11
Minerais		
Cálcio (g)	4,0	
Fósforo (g)	3,0	
Magnésio (mg)	600	
Sódio (mg)	800	>15g
Potássio (g)	4,0	
Cloreto (mg)	1200	23,5g
Ferro (mg) ^f	30	
Cobre (mg) ^f	6	
Zinco (mg)	60	
Manganês (mg)	4,8	
Selênio (µg)	350	
Iodo (µg)	880	>4mg
Vitaminas		
Vit. A (Retinol) (µg) ^g	1515	64000
Colecalciferol (µg) ^h	13,80	80
Vit. E (Alfa-tocoferol) (mg) ⁱ	30	
Vit. K (Menadiona) (mg) ^j	1,63	
Tiamina (mg)	2,25	
Riboflavina (mg)	5,25	
Piridoxina (mg)	1,5	
Niacina (mg)	17,0	
Ác. Pantotênico (mg)	15	
Cobalamina (µg)	35	
Ác.Fólico(µg)	270	
Biotina (µg) ⁱ	---	
Colina (mg)	1700	

a)Os valores para quantidade por quilograma de matéria seca (Quant./kg MS) calculada de acordo com uma dieta cuja densidade energética é de 4.000 kcal/kg EM. Se a densidade energética da dieta não for 4.000 kcal/kg EM, depois do calculo para cada Quant./kg MS, multiplica o valor para o nutriente tabelado na coluna Quant./kg MS pela densidade energética do *pet food* desejado. (em kcal EM/kg) e divide-o por 4.000.

b)0,01 g de Arginina deve ser acréscimo para cada grama de proteína bruta acima de 100 g, para Teor Recomendado (TR) de Arginina.

c)A quantidade de Tirosina para maximizar a necessidade aos cães filhotes de pêlos pretos pode ser aproximadamente 1,5-2,0 vezes esta quantidade.

d)A necessidade de Ácido Alfa Linolênico varia dependendo da quantidade Ácido Linoléico contido na dieta. A proporção de Ácido Linoléico com Ácido Alfa Linolênico deverá estar entre 2,6 e 26. Note que 0,44 g/kg MS valor mostrado é o mínimo TR de Ácido Alfa Linolênico com 11 gramas de ácido linoléico por kg de MS, assim resulta numa proporção de aproximadamente 25.

e)50-60% da quantidade total deve ser Ácido Eicosanóico (EPA) 40-50% deve ser de Ácido Docosahexaenoico (DHA)

f)Algumas formas de óxido de Ferro e Cobre não deverão ser empregados devido a baixa biodisponibilidade.



- g) Para a vitamina A, as exigências são expressas com ER (equivalente de retinol). Um ER equivale 1 microgramas de all-trans retinol, e uma unidade internacional (UI) de vitamina A representa 0,3 microgramas de ER.
- h) 1 micrograma de Colicalciferol = 40 UI vitamina D₃
- i) Altas concentrações de vitamina E são recomendadas para dietas com elevada quantidade de Ácidos Graxos Poliinsaturados. Uma UI de vitamina E=1mg all-rac-alfa-acetado de tocoferol.
- j) Cães tem uma necessidade metabólica, mas uma necessidade dietética não tem sido observada quando dietas naturais são fornecidas vitamina K adequada é provavelmente sintetizada pela microbiota intestinal. A vitamina K permitida é expressa em termos comerciais como precursor de menadiona que requiere alcalinização para ativação da vitamina.
- l) Em dietas normais não contem ovo cru, Biotina adequada é provavelmente proveniente da microbiota intestinal. Dietas contendo antibióticos podem necessitar de suplementação.



TABELA 2. Necessidades de nutrientes para cães em crescimento após desmame

Nutrientes	Teores Recomendados		Limite máximo seguro
	4-14 semanas de idade	>14 semanas de idade	
	Quantidade por kg de matéria seca (dieta com 4kcal/g) ^a		
Proteína (g)	225	175	
Aminoácidos			
Arginina (g) ^b	7,9	6,6	
Histidina (g)	3,9	2,5	
Isoleucina (g)	6,5	5,0	
Metionina (g)	3,5	2,6	
Metionina + Cistina (g)	7,0	5,3	
Leucina (g)	12,9	8,2	
Lisina (g)	8,8	7,0	>20
Fenilalanina (g)	6,5	5,0	
Fenilalanina + Tirosina (g) ^c	13,0	10,0	
Treonina (g)	8,1	6,3	
Triptofano (g)	2,3	1,8	
Valina (g)	6,8	5,6	
	<i>A partir de 4 semana</i>		
Gorduras Totais (g)	85		330
Ácidos Graxos			
Ác. Linoléico (g)	13		65
Alfa-Linolênico (g) ^d	0,8		
Ác. Aracdônico (g)	0,3		
EPA + DHA (g) ^e	0,5		11
Minerais			
Cálcio (g) ^f	12		18
Fósforo (g)	10		
Magnésio (mg)	400		
Sódio (mg)	2.200		
Potássio (g)	4,4		
Cloreto (mg)	2.900		
Ferro (mg) ^g	88,		
Cobre (mg) ^g	11		
Zinco (mg)	100		
Manganês (mg)	5,6		
Selênio (µg)	350		
Iodo (µg)	880		
Vitaminas			
Vit. A (Retinol) (µg) ^h	1.515		15.000
Colecalciferol (µg) ⁱ	13,8		80
Vit. E (Alfa-tocoferol) (mg) ^j	30		
Vit. K (Menadiona) (mg) ^l	1,64		
Tiamina (mg)	1,38		
Riboflavina (mg)	5,25		
Piridoxina (mg)	1,5		
Niacina (mg)	17,0		
Ác. Pantotênico (mg)	15,0		
Cobalamina (µg)	35		
Ác.Fólico(µg)	270		
Biotina (µg) ^m	---		
Colina (mg)	1.700		

a)Os valores para quantidade por quilograma de matéria seca (Quant./kg MS) calculada de acordo com uma dieta cuja densidade energética é de 4.000 kcal/kg EM. Se a densidade energética da dieta não for 4.000 kcal/kg EM, depois do calculo para cada Quant./kg MS, multiplica o valor para o nutriente tabelado na coluna Quant./kg MS pela densidade energética do *pet food* desejado. (em kcal EM/kg) e divida-o por 4.000.

b)Para filhotes com idade entre 4 a 14 semanas de vida, 0,01 g de Arginina deve ser acrescido para cada grama de proteína bruta acima de 225 g, para Teor Recomendado (TR) de Arginina. Para filhotes com idade acima de 14 semanas de vida 001 g de arginina deverá ser acrescentada a cada grama de proteína bruta acima de 175 gramas. para PR de Arginina .

c)A quantidade de Tirosina para maximizar a exigência aos cães filhotes de pêlos pretos pode ser aproximadamente 1,5-2,0 vezes esta quantidade.

d)A necessidade de Ácido Alfa Linolênico varia dependendo da quantidade Ácido Linoléico contido na dieta. A proporção de ácido linoléico com Ácido Alfa Linolênico deverá ser entre 2,6 e 16. Note que 0,8g/kg MS valor



mostrado é o mínimo TR de ácido alfa linolênico com 13 gramas de ácido linoléico por kg de MS, assim resulta numa proporção de aproximadamente 16.

e) O Ácido Eicosanóico (EPA), não deve exceder em 60% do total da quantidade.

f) O TR para a necessidade de Cálcio para filhotes de raças grandes (peso corpóreo na maturidade acima de 25 kg) acima de 14 semanas de vida não deverá ser menor do que 0,54 gramas de cálcio/kg peso corpóreo.

g) Algumas formas de óxido de Ferro e Cobre não deverão ser empregados devido a baixa biodisponibilidade.

h) Para a vitamina A, as necessidades são expressas com ER (equivalente de retinol). Um ER equivale 1 microgramas de all-trans retinol, e uma unidade internacional (UI) de vitamina A representa 0,3 microgramas de ER.

i) 1 micrograma de Colicalciferol = 40 UI vitamina D₃

j) Altas concentrações de vitamina E são recomendadas para dietas com elevada quantidade de Ácidos Graxos Poliinsaturados. Uma UI de vitamina E = 1mg all-rac-alfa-acetado de tocoferol.

l) Cães tem uma necessidade metabólica, mas uma necessidade dietética não tem sido observada quando dietas naturais são fornecidas vitamina K adequada é provavelmente sintetizada pela microbiota intestinal. A vitamina K permitida é expressa em termos comerciais como precursor de menadiona que requer alcalinização para ativação da vitamina.

m) Em dietas normais não contem ovo cru, Biotina adequada é provavelmente proveniente da microbiota intestinal. Dietas contendo antibióticos podem necessitar de suplementação.



TABELA 3. Necessidades de nutrientes para cadelas em final da gestação e na lactação^a

Nutrientes	Teor Recomendado	Limite Máximo Seguro
	Quantidade por kg de matéria seca (dieta com 4kcal/g) ^b	
Proteína (g)	200	
Aminoácidos		
Arginina (g) ^c	10,0	
Histidina (g)	4,4	
Isoleucina (g)	7,1	
Metionina (g)	3,1	
Metionina +Cistina (g)	6,2	
Leucina (g)	20,0	
Lisina (g)	9,0	
Fenilalanina (g)	8,3	
Fenilalanina+ Tirosina (g) ^d	12,3	
Treonina (g)	10,4	
Triptofano (g)	1,2	
Valina (g)	13,0	
Gorduras Totais (g)	85	330
Ácidos Graxos		
Ác. Linoléico (g)	13	65
Alfa-Linolênico (g) ^e	0,8	
EPA + DHA (g) ^f	0,5	11
Minerais		
Cálcio (g)	8,0	
Fósforo (g)	5,0	
Magnésio (mg)	600	
Sódio (mg)	2000	
Potássio (g)	3,6	
Cloreto (mg)	3000	
Ferro (mg) ^g	70	
Cobre (mg) ^g	12,4	
Zinco (mg)	96	
Manganês (mg)	7,2	
Selênio (µg)	350	
Iodo (µg)	880	
Vitaminas		
Vit. A (Retinol) (µg) ^h	1.515	15.000
Colecalciferol (µg) ⁱ	13,8	80
Vit. E (Alfa-tocoferol) (mg) ^j	30	
Vit. K (Menadiona) (mg) ^l	1,6	
Tiamina (mg)	2,25	
Riboflavina (mg)	5,3	
Piridoxina (mg)	1,5	
Niacina (mg)	17	
Ác. Pantotênico (mg)	15	
Cobalamina (µg)	35	
Ác.Fólico(µg)	270	
Biotina (µg) ^m	---	
Colina (mg)	1.700	

a) Poucos dados foram encontrados para as concentrações de exigência mínima para cadelas em gestação. O valor para lactação relativo para kg/MS pode ser retirado como satisfatoriamente para a gestação.

b) Os valores para quantidade por quilograma de matéria seca (Quant./kg MS) calculada de acordo com uma dieta cuja densidade energética é de 4.000 kcal/kg EM. Se a densidade energética da dieta não for 4.000 kcal/kg EM, depois do cálculo para cada Quant./kg MS, multiplica o valor para o nutriente tabelado na coluna Quant./kg MS pela densidade energética do *pet food* desejado. (em kcal EM/kg) e divide-o por 4.000.

c) 0,01 g de Arginina deve ser acréscimo para cada grama de proteína bruta acima de 200 g, para Teor Recomendado (TR) de Arginina.

d) A quantidade de Tirosina para maximizar de pêlos pretos pode ser aproximadamente 1,5-2,0 vezes esta quantidade.

e) A necessidade para Ácido Alfa Linolênico varia dependendo da quantidade Ácido Linoleico contido na dieta. A proporção de ácido linoléico com Ácido Alfa Linolênico deverá estar entre 2,6 e 16. Note que 0,8 g/kg MS valor mostrado é o mínimo TR de Ácido Alfa Linolênico com 13 gramas de Ácido Linoléico por kg de MS, assim resulta numa proporção de aproximadamente 16.

f) 50-60% da quantidade total deve ser Ácido Eicosanóico (EPA) 40-50% deve ser de Ácido Docosahexaenoico (DHA)

g) Algumas formas de óxido de Ferro e Cobre não deverão ser empregados devido a baixa biodisponibilidade.



h) Para a vitamina A, as exigências são expressas com ER (equivalente de retinol). Um ER equivale 1 micrograma de all-trans retinol, e uma unidade internacional (UI) de vitamina A representa 0,3 microgramas de ER.

i) 1 micrograma de Colicalciferol = 40 UI vitamina D₃

j) Altas concentrações de vitamina E são recomendadas para dietas com elevada quantidade de Ácidos Graxos Poliinsaturados. Uma UI de vitamina E = 1mg all-rac-alfa-acetado de tocoferol.

l) Cães têm uma necessidade metabólica, mas uma necessidade dietética não tem sido observado quando dietas naturais são fornecidas vitamina K adequada é provavelmente sintetizada pela microbiota intestinal. A vitamina K permitida é expressa em termos comerciais como precursor de menadiona que requer alcalinização para ativação da vitamina.

m) Em dietas normais não contem ovo cru, Biotina adequada é provavelmente proveniente da microbiota intestinal. Dietas contendo antibióticos podem necessitar de suplementação.



TABELA 4: Necessidades de nutrientes para gatos adultos em manutenção.

Nutrientes	Teor Recomendado	Limite Máximo Seguro
	Quantidade por kg de matéria seca (dieta com 4kcal/g) ^a	
Proteína (g)	200	
Aminoácidos		
Arginina (g) ^b	7,7	
Histidina (g)	2,6	
Isoleucina (g)	4,3	
Metionina (g) ^c	1,7	
Metionina & Cistina (g)	3,4	
Leucina (g)	10,2	
Lisina (g)	3,4	
Fenilalanina (g)	4,0	
Fenilalanina & Tirosina (g) ^d	15,3	
Treonina (g)	5,2	
Triptofano (g)	1,3	
Valina (g)	5,1	
Taurina (g) ^e	0,40	
Gorduras Totais (g)	90	330
Ácidos Graxos		
Ác. Linoléico (g)	5,5	55
Ác. Aracádônico (g)	0,06	2
EPA + DHA (g) ^f	0,1	
Minerais		
Cálcio (g)	2,9	
Fósforo (g)	2,6	
Magnésio (mg)	400	
Sódio (mg)	680	>15g
Potássio (g)	5,2	
Cloreto (mg)	960	
Ferro (mg) ^g	80	
Cobre (mg) ^g	5,0	
Zinco (mg)	74	
Manganês (mg)	4,8	>600
Selênio (µg)	300	
Iodo (µg)	1.400	
Vitaminas		
Vit. A (Retinol) (µg) ^h	1.000	100.000
Colecalciferol (µg) ⁱ	7	750
Vit. E (Alfa-tocoferol) (mg) ^j	38	
Vit. K (Menadiona) (mg) ^l	1,0	
Tiamina (mg)	5,6	
Riboflavina (mg)	4,0	
Piridoxina (mg)	2,50	
Niacina (mg)	40	
Ác. Pantotênico (mg)	5,75	
Cobalamina (µg)	22,5	
Ác.Fólico(µg)	750	
Biotina (µg) ^m	75	
Colina (mg)	2.550	

a)Os valores para quantidade por quilograma de matéria seca (Quant./kg MS) calculada de acordo com uma dieta cuja densidade energética é de 4.000 kcal/kg EM. Se a densidade energética da dieta não for 4.000 kcal/kg EM, depois do cálculo para cada Quant./kg MS, multiplica o valor para o nutriente tabelado na coluna Quant./kg MS pela densidade energética do *pet food* desejado. (em kcal EM/kg) e divide-o por 4.000.

b)0,02 g de Arginina deve ser acrescido para cada grama de proteína bruta acima de 200 g, para Teor Recomendado (TR) de Arginina.

c)A Metionina presumida ser a metade da soma do exigido para Metionina+ Cistina combinada.

d)Para maximizar o pêlo preto, uma quantidade equivalente ou superior de Tirosina para que a Fenilalanina é exigida.

e)O TR de Taurina para dietas purificadas de alta digestibilidades é 0,4 g/kg dieta, ao invés do permitido para dietas secas expandidas e enlatadas que são 1,0 e 1,7 g/kg, respectivamente.

f)Inclui DHA apenas, nenhuma informação é avaliada sobre EPA. É aconselhável que EPA quando incluído não ultrapassar 20% do total da porção EPA+DHA.

g)Algumas fontes de Ferro e Cobre não devem ser empregada devido a baixa biodisponibilidade.



h) Uma UI vitamina A é equivalente a 0,3 microgramas de all-trans- retinol ou 1 micrograma de retinol=3,333 UI de vitamina A.

i) 1 microgramas de Colicalciferol = 40 UI Vitamina D³

j) Altas concentrações de vitamina E são recomendadas para dietas com elevada quantidade de Ácidos Graxos Poliinsaturados. Uma UI de vitamina E=1mg all-rac-alfa-acetado de tocoferol.

l) Gatos tem uma necessidade metabólica, mas uma necessidade dietética não tem sido observada quando dietas naturais são fornecidas (com exceção com dietas a base de peixe). Na maioria das condições a vitamina K adequada é provavelmente sintetizada pela microbiota intestinal. A vitamina K permitida é expressa em termos comerciais como precursor de menadiona que requer alcalinização para ativação da vitamina.

m) Em dietas normais não contem ovo cru, Biotina adequada é provavelmente proveniente da microbiota intestinal. Dietas contendo antibióticos podem necessitar de suplementação.



TABELA 5. Necessidades de nutrientes para gatos em crescimento após desmame

Nutrientes	Teor Recomendado	Limite Máximo Seguro
	Quantidade por kg de matéria seca (dieta com 4kcal/g) ^a	
Proteína (g)	225	
Aminoácidos		
Arginina (g) ^b	9,6	35
Histidina (g)	3,3	>22
Isoleucina (g)	5,4	>87
Metionina (g)	4,4	13
Metionina + Cistina (g)	8,8	
Leucina (g)	12,8	>87
Lisina (g)	8,5	>58
Fenilalanina (g)	5,0	>29
Fenilalanina + Tirosina (g) ^c	19,1	68
Treonina (g)	6,5	>51
Triptofano (g)	1,6	17
Valina (g)	6,4	>87
Ác. Glutâmico (g)		75
Taurina (g) ^d	0,40	>8,9
Gorduras Totais (g)	90	>330
Ácidos Graxos		
Ác. Linoléico (g)	5,5	55
Alfa-Linolênico (g)	0,2	
Ác. Aracádônico (g)	0,2	
EPA + DHA (g) ^e	0,1	
Minerais		
Cálcio (g)	8,0	
Fósforo (g)	7,2	
Magnésio (mg)	400	
Sódio (mg)	1.400	>10g
Potássio (g)	4,0	
Cloreto (mg)	900	
Ferro (mg) ^f	80	
Cobre (mg) ^f	8,4	
Zinco (mg)	75	
Manganês (mg)	4,8	
Selênio (µg)	300	
Iodo (µg)	1.800	
Vitaminas		
Vit. A (Retinol) (µg) ^g	1.000	80.000
Colecalciferol (µg) ^h	5,6	750
Vit. E (Alfa-tocoferol) (mg) ⁱ	38	
Vit. K (Menadiona) (mg) ^j	1,0	
Tiamina (mg)	5,5	
Riboflavina (mg)	4,0	
Piridoxina (mg)	2,50	
Niacina (mg)	40	
Ác. Pantotênico (mg)	5,70	
Cobalamina (µg)	22,5	
Ác.Fólico(µg)	750	
Biotina (µg) ^l	75	
Colina (mg)	2.550	

a)Os valores para quantidade por quilograma de matéria seca (Quant./kg MS) calculada de acordo com uma dieta cuja densidade energética é de 4.000 kcal/kg EM. Se a densidade energética da dieta não for 4.000 kcal/kg EM, depois do cálculo para cada Quant./kg MS, multiplica o valor para o nutriente tabelado na coluna Quant./kg MS pela densidade energética do *pet food* desejado. (em kcal EM/kg) e divida-o por 4.000.

b)0,02 g de Arginina deve ser adicionada para cada grama de proteína bruta acima de 225 g, para Teor Recomendado (TR) de Arginina.

c)Para maximizar o pêlo preto, uma quantidade equivalente ou superior de Tirosina para que a Fenilalanina é necessária.

d)O TR de Taurina para dietas purificadas de alta digestibilidades é 0,53 g/kg dieta, ao invés do permitido para dietas secas expandidas e enlatadas que são 1,0 e 1,7 g/kg, respectivamente.

e)É aconselhável que Ácido EPA não exceda 60% do total da porção de EPA + DHA.

f)Algumas fontes de Ferro e Cobre não devem ser empregada devido a baixa biodisponibilidade.



- g) Uma UI vitamina A é equivalente a 0,3 microgramas de all-trans- retinol ou 1 micrograma de retinol=3,333 UI de vitamina A.
- h) 1 microgramas de Colicalciferol = 40 UI Vitamina D³
- i) Altas concentrações de vitamina E são recomendadas para dietas com elevada quantidade de Ácidos Graxos Poliinsaturados. Uma UI de vitamina E=1mg all-rac-alfa-acetado de tocoferol.
- j) Gatos têm uma necessidade metabólica, mas uma exigência dietética não tem sido observada quando dietas naturais são fornecidas (com exceção com dietas a base de peixe). Na maioria das condições a vitamina K adequada é provavelmente sintetizada pela microbiota intestinal. A vitamina K permitida é expressa em termos comerciais como precursor de menadiona que requer alcalinização para ativação da vitamina.
- l) Em dietas normais não contem ovo cru, Biotina adequada é provavelmente proveniente da microbiota intestinal. Dietas contendo antibióticos podem necessitar de suplementação.



TABELAS 6. Necessidade de nutrientes para gatas em gestação e lactação ^a.

Nutrientes	Teor Permitido		Limite Máximo Seguro
	Gatas adultas em gestação	Gatas adultas em lactação	
	Quantidade por kg de matéria seca (dieta com 4kcal/g) ^b		
Proteína (g)	213	300	
Aminoácidos			
Arginina (g) ^c	15	15	
Histidina (g)	4,3	7,1	
Isoleucina (g)	7,7	12	
Metionina (g)	5,0	6,0	
Metionina + Cistina (g)	9,0	10,4	
Leucina (g)	18	20	
Lisina (g)	11	14	
Fenilalanina + Tirosina (g) ^d	19,1	19,1	
Treonina (g)	8,9	10,8	
Triptofano (g)	1,9	1,9	
Valina (g)	10	12	
Taurina (g) ^e	0,53	0,53	
	Gestação e Lactação		
Gorduras Totais (g)	90		330
Ácidos Graxos			
Ác. Linoléico (g)	5,5		55
Alfa-Linolênico (g)	0,2		
Ác. Aracádônico (g)	0,2		
EPA + DHA (g) ^f	0,1		
Minerais			
Cálcio (g)	10,8		
Fósforo (g)	7,6		
Magnésio (mg)	500		
Sódio (mg)	2.680		
Potássio (g)	5,2		
Cloreto (mg)	4.000		
Ferro (mg) ^g	80		
Cobre (mg) ^g	8,8		
Zinco (mg)	60		
Manganês (mg)	7,2		
Selênio (µg)	300		
Iodo (µg)	1.800		
Vitaminas			
Vit. A (Retinol) (µg) ^h	2.000		100.000
Colecalciferol (µg) ⁱ	7,0		750
Vit. E (Alfa-tocoferol) (mg) ^j	31		
Vit. K (Menadiona) (mg) ^l	1,0		
Tiamina (mg)	6,3		
Riboflavina (mg)	4,0		
Piridoxina (mg)	2,50		
Niacina (mg)	40		
Ác. Pantotênico (mg)	5,75		
Cobalamina (µg)	22,5		
Ác.Fólico(µg)	750		
Biotina (µg) ^m	75		
Colina (mg)	2.500		

a) Com exceção dos aminoácidos, poucos dados podem ser encontrados para a concentração de exigência mínima para a gestação de gatas. Para outros nutrientes, os valores para lactação relativa para kg/MS podem ser utilizados como satisfatório para gestação e lactação em gatas.

b) Os valores para quantidade por quilograma de matéria seca (Quant./kg MS) calculada de acordo com uma dieta cuja densidade energética é de 4.000 kcal/kg EM. Se a densidade energética da dieta não for 4.000 kcal/kg EM, depois do cálculo para cada Quant./kg MS, multiplica o valor para o nutriente tabelado na coluna Quant./kg MS pela densidade energética do *pet food* desejado. (em kcal EM/kg) e divide-o por 4.000.

c) 0,02 g de Arginina deve ser acrescido para cada grama de proteína bruta acima de 213 g, para Teor Recomendado (TR) de Arginina.

d) Para maximizar o pêlo preto, uma quantidade equivalente ou superior de Tirosina para que a Fenilalanina é exigida.

e) O TR de Taurina para dietas purificadas de alta digestibilidades é 0,53 g/kg dieta, ao invés do permitido para dietas secas expandidas e enlatadas que são 1,0 e 1,7 g/kg, respectivamente.



- f) É aconselhável que EPA não exceda em 60% do total da porção EPA+DHA.
- g) Algumas fontes de Ferro e Cobre não devem ser empregadas devido à baixa biodisponibilidade.
- h) Uma UI de vitamina A é equivalente a 0,3 microgramas de all-trans-retinol ou 1 micrograma de retinol = 3,333 UI de vitamina A.
- i) 1 micrograma de Colicalciferol = 40 UI Vitamina D³
- j) Altas concentrações de Vitamina E são recomendadas para dietas com elevada quantidade de Ácidos Graxos Poliinsaturados. Uma UI de vitamina E = 1mg all-rac-alfa-acetato de tocoferol.
- l) Gatos têm uma necessidade metabólica, mas uma necessidade dietética não tem sido observada quando dietas naturais são fornecidas (com exceção de dietas à base de peixe). Na maioria das condições a vitamina K adequada é provavelmente sintetizada pela microbiota intestinal. A vitamina K permitida é expressa em termos comerciais como precursor de menadiona que requer alcalinização para ativação da vitamina.
- m) Em dietas normais não contêm ovo cru, Biotina adequada é provavelmente proveniente da microbiota intestinal. Dietas contendo antibióticos podem necessitar de suplementação.



IX. PROCESSAMENTO DE RAÇÕES EXTRUSADAS PARA CÃES E GATOS

Fabiano Cesar Sá¹

Aulus Cavalieri Carciofi

1. Mercado Brasileiro

No mercado *Pet Food*, as perspectivas têm sido animadoras. Segundo a Associação Brasileira da Indústria de Produtos para Animais de Estimação (Abinpet), o Brasil possui 101,1 milhões de pets, sendo 35,7 milhões de cães e 19,8 milhões de gatos, o segundo maior do mundo em população de cães e gatos e o quarto maior do mundo em população total de animais de companhia. Hoje o Brasil representa aproximadamente 8% do mercado mundial na área *pet food* com faturamento expressivo em relação ao mercado *pet* mundial. Do total de faturamento no Brasil, 69% refere-se às rações, 16% serviços, 7% equipamentos e acessórios e 8% medicamentos veterinários. O crescimento verificado nos últimos anos se deve ao aumento no número de consumidores e seus respectivos animais de estimação, pois há maior massa populacional movida pelo crescimento de famílias com poucos filhos, pessoas com pouco tempo e ritmo de trabalho intenso e informações mais diretas de como alimentar seus animais. Isso tem impulsionado maneira mais cômoda e segura de oferecer a estes animais de estimação alimento industrializado e de fácil acesso. Neste contexto, o sistema de produção de alimentos por cozimento a baixa umidade (extrusão) conquistou seu lugar, devido a sua grande versatilidade, elevada eficiência termodinâmica, baixo custo de operação e baixa exigência de espaço por tonelada métrica de produção. Além disso, agrega ao produto final características específicas desejáveis, como aumento de digestibilidade, maior estabilidade e vida de prateleira, descontaminação microbiológica, crocância, dureza, resistência, sabor e odores agradáveis.



Para assegurar qualidade no produto final, há necessidade de cuidados na produção destes alimentos extrusados. Estes se estendem desde a compra, seleção e recepção das matérias primas, até sua adequada pesagem, moagem, mistura, extrusão, secagem, recobrimento, ensaque e expedição. O cuidado em todo o processo é necessário para que o alimento chegue ao consumidor final com todas as características físico-químicas e biológicas desejáveis preservadas.

2. Fabricas de alimentos para cães e gatos

As fabricas devem seguir procedimentos criteriosos e adequadamente estruturados para que se obtenha controle rigoroso de qualidade. A matéria prima, ao chegar à indústria, deve ser analisada antes de ser descarregada, para se assegurar o atendimento de todos os padrões de qualidade necessários a cada ingrediente. Estes procedimentos devem ser estudados e escritos por profissional capacitado. A armazenagem da matéria prima é outro ponto de importância, que auxilia na correta ordem de utilização, minimização de estoques com aprisionamento de capital, controle de validade, manutenção da qualidade e características organolépticas iniciais, dentre outros. A estrutura da armazenagem deve incluir acesso fácil, limpeza adequada, proteção da matéria prima, controle de pragas, dentre outros, merecendo cuidados por parte de profissional habilitado. O processamento da matéria prima deve ser conduzido por equipamentos de boa qualidade e devidamente revisados para o bom funcionamento, realizado por funcionários treinados e conscientes dos requisitos para correto uso, manutenção e limpeza dos mesmos. Esses incluem, por exemplo, conjunto de silos, moinhos, peneiras, sistemas de transporte e elevação, balanças, misturadores, gerador de vapor, extrusor, secador, sistema de recobrimento, resfriador e ensacadeiras, necessários à correta transformação das matérias-primas no produto final estabelecido pelo nutricionista.



3. Cuidados no recebimento e armazenamento dos ingredientes

Na recepção os ingredientes devem ser adequadamente conferidos, verificando-se seu aspecto físico, coloração, odor, impurezas, presença de insetos e fungos. São coletadas amostras de toda matéria prima, que será analisada no laboratório de controle de qualidade da empresa. As análises realizadas variam de acordo com o produto/ingrediente recebido. Apenas como exemplo, farinhas de origem animal são analisadas para teores de peróxido, acidez titulável, umidade e atividade de água. Óleos podem ser analisados para umidade, peróxido, acidez e residual de antioxidantes. Matérias primas de origem vegetal são analisadas para umidade, micotoxinas (de acordo com levantamento e histórico de contaminação de cada matéria-prima em particular), insetos e materiais estranhos. Amostras devem também ser enviadas para laboratórios externos para condução de análise bromatológica e verificar-se se os teores nutricionais são condizentes com o ingrediente e critérios estabelecidos pela empresa. Suplemento tecnológico que permite controle rápido e preciso de matérias primas é o Near Infrared Reflectance System (NIRS), instrumento que pode medir através do espectro infravermelho próximo, em alguns minutos, a umidade, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, dentre outros das matérias primas e mesmo produtos acabados. Produtos à granel são recebidos em moegas e posteriormente enviados para silos específicos. O transporte da moega para os silos é feito por elevadores, esteiras e roscas transportadoras. Os micro ingredientes que farão parte da formulação são recebidos em embalagem apropriada e armazenados em local seco e arejado. A armazenagem constitui parte importante do processo produtivo, apresentando custo que não deve ser desconsiderado. Os cuidados durante este período variam com o tipo de produto armazenado, estendendo-se à estrutura física do armazém e equipamentos de armazenagem. É importante a empresa ter adequado planejamento desta etapa, contando com técnicos e funcionários devidamente capacitados para esta função, que estudem as matérias primas utilizadas, seus requisitos de armazenagem, perigos associados a riscos físicos e biológicos, etc., dentro da estrutura dos programas de boas práticas de fabricação.



4. Alguns pontos do processamento por extrusão de alimentos para cães e gatos

4.1. Mistura

Os macroingredientes, como farinhas de origem animal, cereais, farelos proteicos de origem vegetal, fontes de fibra e macroelementos, bom como os microingredientes, como conservantes, premix vitamínico-mineral, aminoácidos, entre outros são pesados e transportados automaticamente, ou em empresas pequenas manualmente até o misturador. Os sistemas de transporte e pesagem não serão aqui abordados, mas são fundamentais para que a receita, ou composição nutricional do produto seja alcançada. A aferição de balanças é um ponto crítico de controle dentro das boas fábricas de fabricação. Estes ingredientes são, em seguida, depositados no misturador por roscas transportadoras, elevadores de canecas, transporte pneumático, dentre outros. A sequência de depósito no misturador deve seguir do ingrediente com maior inclusão, que entra primeiro, para o de menor inclusão, depositado por último. Ingredientes com partículas grandes, como grãos de cereais e ingredientes peletizados necessitam de pré-moagem para poderem ser convenientemente misturados aos demais. Esta é realizada em moinho de martelos com peneiras com crivos entre 2,5 e 3,5mm, facilitando a homogeneização da mistura e a eficiência da moagem definitiva. A adoção de pré-mistura dos microingredientes e ingredientes com granulometria muito pequena (fina) em um misturador menor, para então o conjunto ser adicionado no misturador principal pode ser também adotada, a depender dos equipamentos e condições de operação disponíveis na empresa. Existem vários modelos de misturador, como de fita, de pás, verticais e horizontais. Foge ao escopo deste texto discussão pormenorizada dos mesmos, mas os mais empregados são os horizontais de fita, que pode ser única ou dupla e, mais recentemente, os horizontais de pás. Os ingredientes ficam em agitação no misturador por período de tempo pré-estabelecido pelo fabricante do equipamento, sendo encaminhados novamente por roscas transportadoras e elevadores para o silo de armazenagem do moinho, que irá reduzir as



partículas do alimento ao tamanho final desejado para ser posteriormente extrusado.

O tempo de mistura pré-estabelecido pelo fabricante do equipamento pode ser averiguado ou modificado. Todo misturador deve operar em seu tempo ótimo de mistura, para se atingir propósitos como: mistura mais homogênea possível dos ingredientes; eficiência do equipamento, menor tempo de operação, redução de gastos com mão de obra e energia elétrica. Existem várias maneiras de se determinar o tempo ótimo de mistura, mas todos os métodos se baseiam em analisar diferentes amostras coletadas do misturador ao mesmo tempo e analisá-las para um determinado nutriente ou componente. O método proposto por **Herrman e Behnke** (1994) é conveniente, de baixo custo e fácil utilização, tem como componente de análise o NaCl (sal comum):

Materiais necessários:

- I) 40 copos de isopor com capacidade para 300 a 500 mL;
- II) 40 tiras para identificação do teor de cloro nas amostras. Sugere-se o produto **Quantab**[®] (Triators for chloride, Hach compan, Loveland, CO, USA);
- III) Sal comum moído fino. Esse será adicionado na quantidade de 0,5% do total da mistura;
- IV) Um calador para amostragem da mistura;
- V) Proveta de 200 ml;
- VI) Balança eletrônica com sensibilidade de 0,01g;
- VII) 10 litros de água quente ($\pm 90^{\circ}\text{C}$);
- VIII) Um cronômetro ou um relógio que marcam segundos.

Procedimento:

Uma vez de posse de todos os materiais necessários, devem-se seguir as seguintes etapas:

- 1) Utilizar uma fórmula de ração completa e balanceada, representativa do que é produzido na empresa;
- 2) Após pesados todos os ingredientes, estes devem ser colocados no misturador na sequência do de maior para o de menor quantidade. O ultimo



ingrediente a ser adicionado ao misturador deve ser aquele que contém o marcador. No caso do NaCl, este deve ser adicionado na razão de 0,5% do total da mistura;

3) Carregados todos os ingredientes o misturador é acionado. Com o auxílio do relógio, o misturador é interrompido em momentos preestabelecidos, procedendo-se amostragem do produto em seu interior à cada parada. Os tempos para coleta de amostra são variáveis, como sugestão pode-se colher após 2, 4, 6 e 8 minutos de funcionamento do misturador. Pode-se intercalar com tempos ímpares também, o ideal é que sejam no mínimo 4 tempos de avaliação da mistura.

4) Nos momentos estabelecidos para amostragem desliga-se o misturador. Este é aberto e são colhidas 10 amostras de produto de seu interior, cada uma composta por 100g de ração. As amostras devem ser colhidas com auxílio de calador, de modo que esta represente toda a extensão, ou altura da camada de ração. Os 10 pontos de amostragem são dispostos da seguinte maneira: 4 do lado esquerdo, 4 do lado direito, 2 no centro do equipamento. Dentro do possível fazer as coletas em pontos geométricos equidistantes.

5) Lembrar da segurança da operação! Acessar o interior do misturador é perigoso, se o equipamento é acionado há risco de acidentes sérios!

6) Identificar corretamente a amostra, com dados do tempo de coleta (minutos) e local de amostragem no interior do misturador. Ao final se terá 10 amostras por tempo de avaliação, se forem 4 tempos serão $4 \times 10 = 40$ amostras.

7) Completado o procedimento de amostragem nos tempos predeterminados, iniciam-se as dosagens de cloro. Para isto 100 g de cada amostra são pesadas em balança com precisão de 0,01g. Estas são depositadas nos copos de isopor que recebem, então, 200mL (medidos com precisão em proveta) de água quente ($\pm 90^\circ\text{C}$). Agita-se até formar mistura homogênea.

8) Adiciona-se a cada solução uma tira reagente **Quantab**[®], tomando cuidado para que a água não toque na banda amarela perto do topo da tira. Procedese a leitura da concentração de cloro de acordo com as instruções do fabricante.

9) De posse dos resultados das análises de cloro, deve-se calcular o coeficiente de variação para cada tempo de amostragem. A fórmula para cálculo é a seguinte:



$$CV (\%) = \frac{100 * s}{m}, \text{ onde:}$$

CV = coeficiente de variação; m = média aritmética; s = desvio padrão

[O coeficiente de variação mede a variação percentual entre diferentes valores com relação à média aritmética. Dessa forma, pode-se comparar diferentes grupos de amostras medidos em diferentes tempos].

10) Com os valores dos coeficientes de variação de cada tempo de amostragem se analisa em que momento a variabilidade foi baixa, indicando mistura homogênea de ingredientes. Na Tabela 1 encontra-se um exemplo.

Tabela 1. Dados fornecidos pela leitura das tiras indicadoras de Cl nos quatro diferentes tempos de amostragem.

Pontos de amostragem	Tempos			
	2	4	6	8
	minutos	minutos	minutos	minutos
	Concentração de cloro (mg/dL)			
1 (lado direito 1)	0,41	0,64	0,51	0,51
2 (lado direito 2)	0,48	0,52	0,44	0,52
3 (lado direito 3)	0,36	0,56	0,51	0,51
4 (lado direito 4)	0,36	0,44	0,44	0,44
5 (centro 1)	0,41	0,52	0,51	0,51
6 (centro 2)	0,44	0,52	0,44	0,44
7 (lado esquerdo 1)	0,48	0,52	0,44	0,44
8 (lado esquerdo 2)	0,51	0,44	0,48	0,48
9 (lado esquerdo 3)	0,52	0,52	0,51	0,51
10 (lado esquerdo 4)	0,44	0,48	0,51	0,51
Média	0,44	0,52	0,48	0,49
Desvio padrão	0,06	0,06	0,03	0,03
CV%	12,9%	11,2%	7,3%	6,9%

Pela Tabela 1 pode-se verificar que a faixa ideal de trabalho para esse misturador está entre seis e oito minutos, devendo-se utilizar o menor tempo, ou seja, seis minutos, porque trará maior economia de energia elétrica e rapidez na operação.

Para a qualidade nutricional, homogeneidade e consistência do alimento, quanto menor o coeficiente de variação melhor. No entanto, uma classificação prática sugerida para o coeficiente de variação seria: 5% - excelente; 10% - satisfatório; entre 10 e 15% - aumentar o tempo de mistura



em 25 ou 30%; entre 15 e 20% - aumentar tempo de mistura em 50%; acima de 20% - consulte o fabricante.

Para se determinar o tempo de mistura é suficiente que se realize apenas um ensaio como o descrito. Entretanto, se houver alterações no equipamento, inclusive desgaste de peças e troca do motor, recomenda-se que a avaliação seja repetida para maior segurança.

4.2. Moagem

Moagem é o nome dado ao processo de redução do tamanho das partículas de um ingrediente. Esta tem como objetivos principais melhorar a capacidade de mistura, a disponibilidade nutricional de seus nutrientes e o processamento posterior, seja de peletização ou extrusão. Praticamente todos os ingredientes passaram ou irão passar por algum processo de redução do tamanho de partículas. Grãos, rochas minerais, farinhas proteicas de origem animal ou vegetal, fontes de fibra, etc., devem ter tamanho geométrico adequado para que possam ser transportados entre os diversos equipamentos de fabricação, sejam adequadamente homogeneizados, adquirindo concentração uniforme em toda a massa no misturador, e possam ser extrusados com eficiência, no caso das rações para cães e gatos. Outras razões importantes para a redução do tamanho de partículas são: aumentar a área superficial; facilitar a manipulação e estoque de ingredientes; diminuir perdas de produto.

O equipamento mundialmente mais utilizado para esta finalidade é o moinho de martelos (COWELL et al., 2000), com predominância absoluta dentro da Indústria de rações para pets e animais de produção. Outro sistema de moagem também bastante empregado são os moinhos de rolo, mas estes não serão detalhados no presente documento. Resumidamente, o moinho de martelos consiste de um rotor formado por vários discos montados em um eixo, apoiado sobre mancais e rolamentos. Estes discos são interligados por pinos, que por sua vez suportam os martelos. O rotor é circundado lateralmente por placas de colisão (ou placas de impacto) e telas perfuradas (peneiras). Diferentes modelos de moinhos de martelo têm diferentes proporções circulares entre placas de impacto e área de peneira, com áreas de peneira representado de 50% a 100% da área que circunda os martelos. O



processo se inicia com a entrada da mistura na câmara do rotor (ou câmara de moagem) onde acontece o primeiro contato com os martelos. Ao receber o impacto, a mistura é lançada contra as placas de impacto (ou contra as telas) e essa sequencia continua até que as partículas estejam reduzidas a um tamanho que permita a sua passagem através dos crivos da tela. As peneiras fazem a seleção das partículas que estão pequenas o suficiente para serem retiradas da câmara de moagem e as que ainda estão grandes, necessitando serem quebradas a partículas menores. Desta forma, a seleção do diâmetro dos crivos da peneira é realizada com vistas à obtenção de determinado tamanho geométrico médio dos ingredientes (OWENS e HEIMANN, 1994; FRAILHA, 2005).

Nos moinho de martelos configurados para moagem fina existem sistemas de exaustão, que retiram o ar da câmara de moagem criando pressão negativa em seu interior. Esta é fundamental ao fluxo de materiais no interior do moinho, criando condições para que as partículas finas, menores que os crivos da peneira saiam e possam ser substituídas por novo ingrediente a ser moído. Isto evita redução desnecessária do tamanho das partículas, aumenta a produtividade do moinho e reduz o desgaste dos martelos e custos de produção. Os pontos principais para a eficiência de moagem são o custo do processo, medido pelo gasto de energia elétrica por tonelada moída, e a homogeneidade do produto moído, que deve apresentar baixa dispersão de tamanhos, ou baixo desvio padrão geométrico médio. Os principais fatores que influenciam a eficiência de moagem e tamanho geométrico médio final das partículas são: desenho construtivo do moinho; tipo e características da matéria-prima; velocidade periférica dos martelos; características e disposição dos martelos; características e disposição da área de impacto; características, disposição e área aberta de peneira; ventilação, ou troca de ar no interior da câmara de moagem.

A relação entre a área útil da peneira e a potência do motor é importante (POZZA et al., 2005). Para exemplificar essa relação, utilizando-se moinho com motor de 100 cv de potência e peneira com furos de 1,6mm, se tivermos área de peneira de 1000 pol² e 30% de área perfurada, isso proporciona relação de 300pol² de área perfurada para 100 cv. Em uma segunda situação, pode-se ter peneira com 2000 pol² e com os mesmos 30% de área perfurada, obtendo-se relação de 600 pol² de área perfurada para 100



cv. A segunda situação resulta em aumento na capacidade de saída do ingrediente da câmara de moagem, aumentando significativamente a produção (ALLES, 2003). A velocidade periférica e a configuração dos martelos do moinho são outro fator importante (LARA, 2010): quanto maior a velocidade periférica, maior o impacto com o ingrediente, portanto menor o tamanho das partículas. No entanto, velocidades muito altas geram maior velocidade periférica do material, resultando em maior tempo de permanência das partículas dentro da câmara de moagem, o que pode diminuir a eficiência do equipamento. Sugere-se velocidade de martelos de 90 m/s. A configuração dos martelos e sua proximidade das telas têm ainda influência na limpeza e abertura dos orifícios da tela, importante para a saída do material e produtividade do equipamento (OWENS e HEIMANN, 1994). O alimentador do moinho tem também papel crucial na produtividade. Ele deve proporcionar a entrada constante e uniforme dos ingredientes na câmara do moinho e também a correta distribuição dos ingredientes em toda a área da peneira (ALLES, 2003).

A moagem na empresa de rações é responsável por parte expressiva da energia elétrica consumida. Estima-se que 3% de toda a energia consumida no mundo seja gasta para a redução do tamanho de partículas de materiais, incluindo minérios e insumos para as indústrias química, farmacêutica e alimentícia (TAVARES, 2001). Estudos têm encontrado grande variação no consumo de energia para moagem, Pozza et al. (2005) mensuraram o consumo de energia gasta em 10 granjas de suínos e observaram valores entre 6 e 20 kWh/t de ração, exemplificando a necessidade de se aperfeiçoar a moagem de forma a racionalizar o uso de energia elétrica.

A definição do tamanho geométrico desejado para o produto é também importante, Healy et al. (1994) verificaram que a energia elétrica gasta para a moagem do grão de milho a 900 micras foi de 5,3 kWh/t, com uma produção de 1,76t/h. No mesmo equipamento de moagem, a redução do tamanho da partículas de milho para 300 micras resultou no consumo 24,5 kWh/t e na produção de apenas 0,65 t/h. Assim, uma moagem fina eleva o custo de processo não somente em função do gasto direto de energia elétrica, como também pela grande redução de produtividade horária do equipamento. Por fim, deve-se considerar que as matérias primas possuem propriedades de plasticidade, solidez e umidade que definem seu comportamento de moagem,



aumento da umidade e teor de gordura reduzem em muito a eficiência do processo. Assim, a produtividade, eficiência, configuração e características construtivas do moinho devem ser planejadas em função da matéria prima que será processada (LARA, 2010).

Avaliação do diâmetro geométrico médio (DGM):

A redução de partículas deve ser avaliada pela determinação do DGM e seu respectivo desvio, denominado desvio padrão geométrico médio (DPG) (ZANOTTO e BELLAYER, 1996). Empresas costumam usar uma única peneira com abertura maior, como 0,8mm (800 micras) ou 1,0mm (1.000 micras) e verificar se há ou não retenção de partículas que estejam acima desta granulometria. Esta avaliação, no entanto, somente indica se há furos nas peneiras do moinho, por onde partículas maiores estejam escapando. Ela não diz nada a respeito do DGM dos ingredientes, que deve ser avaliado de modo consistente. Descrição completa do processamento e materiais necessários pode ser encontrada em publicação da EMBRAPA (ZANOTTO e BELLAYER, 1996, http://www.cnpsa.embrapa.br/sgc/sgc_publicacoes/cot215.pdf).

Alteração necessária ao procedimento diz respeito ao tamanho dos crivos das peneiras a serem utilizadas quando se trata de rações para cães e gatos. Em função dos requisitos de DGM para que a extrusão ocorra de modo eficiente e que cães e gatos possam digerir adequadamente o alimento, trabalha-se com partículas com DGM no intervalo de **250 a 350 micras**. Quando as partículas são maiores de 400 micras o alimento adquire aspecto mais grosseiro e o cozimento do amido durante a extrusão pode ser prejudicado. Além disso, o emprego de maior número de peneiras no teste dará melhor informação da distribuição das partículas, sugere-se o emprego de 9 peneiras e não 7 como proposto. Como sugestão, estas poderiam ter as seguintes aberturas, em micras (micrometros): 1.200; 900; 600; 400; 300; 200; 100; 50; fundo. Outras combinações de peneiras podem ser selecionadas, orientadas para a distribuição de partículas que se deseja avaliar. Os resultados obtidos são integrados em uma equação matemática que converte as gramas de material retidos em cada um das peneiras no tamanho geométrico médio das partículas e sua distribuição.



Procedimento de Laboratório Análise de Granulometria

O seguinte procedimento se destina à determinação da distribuição de tamanho das partículas de matéria-prima.

Equipamentos

1. Jogo de peneiras.
2. Agitador Tipo Rotap, ou similar (Foto 1)
3. Balança (Precisão $\pm 0,1g$).

Peneira ABNT n°	Abertura Nominal da Peneira
	mm
18	1,00
20	0,840
25	0,710
40	0,420
50	0,297
60	0,250
fundo	0,37

Método

1. Pesar 100 g de amostra.
2. Situar a amostra na peneira superior do jogo.
3. Agitar por pelo menos 10 minutos (mais tempo pode ser necessário se houver % de gordura na amostra acima de 7% e também o uso de esferas de vidro e escovas).
4. Pesar e anotar o peso do material retido em cada peneira (Tabela 1).
5. Calcular o diâmetro geométrico médio das partículas bem como o desvio padrão geométrico seguindo as equações enunciadas na referência padrão (ver abaixo) ou utilizando um software específico da EMBRAPA (Granucalc™).

Quadro 1. Jogo de peneiras recomendadas.



Foto 1. Agitador tipo ROTAP, ou similar.



Tabela 2. Modelo de tabela para registro de dados para cálculo do diâmetro geométrico médio de um produtos

Análise Granulométrica			
Peneira ABNT nº	Abertura (mm)	Peso Peneira (g)	Peso Peneira (g) + amostra (g)
20	840		
25	710		
30	600		
35	500		
40	420		
45	350		
50	297		
60	250		
70	210		
80	177		
120	125		
170	88		
270	53		
Prato	37		

Bibliografia

ASAE Standards, 1996. Standard ASAE S319.2. Method of determining and expressing fineness of feed material by sieving.

ZANOTTO D.L; BELLAVER C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso de rações de suínos e aves. Concórdia: EMBRAPA / CNPSA, 1996.



4.3. Extrusão

A extrusão é processamento diferenciado, que consiste no cozimento e posterior formatação dos produtos, melhorando as características das matérias primas e a qualidade final do alimento. Na extrusão os materiais umedecidos, amiláceos e protéicos são cozidos, expandidos e agrupados por calor, pressão e cisalhamento mecânico em um curto espaço de tempo (HUACK, 1994). É processo de cozimento baseado em alta pressão (20 a 60atm), umidade controlada (20 a 30%) e temperatura elevada (125°C a 150°C), proporcionando sanitização microbiológica, inativação de fatores antinutricionais termolábeis, gelatinização do amido, formatação e texturização do alimento, com ganhos expressivos em digestibilidade, vida de prateleira e palatabilidade. Sua ampla utilização se deve à sua versatilidade, eficiência termodinâmica, baixo custo de operação e baixo espaço requerido por unidade métrica de produção. Na cadeia de pet food a extrusão possibilita a utilização com eficiência de coprodutos oriundos de indústrias produtoras de alimentos para seres humanos, como frigoríficos, esmagadoras de grãos, indústria de farinhas, entre outras, criando cadeia harmônica de transformar, melhorar e utilizar eficientemente o que antes era visto como produtos sem fim específico ou até mesmo como problemas ambientais.

Foge ao escopo deste texto se aprofundar em extrusão, extrusoras e sua operação. Recomenda-se como leitura básica os seguintes livros:

RIAZ, M.N. *Extruders and Expanders in Pet Food, Aquatic and Livestock Feeds*. Agrimedia, Clenze, 2007.

MOSCICKI, L. *Extrusion-Cooking Techniques. Applications, Theory and Sustainability*. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. Weinheim, Germany. 2011

O sistema de extrusão consiste, fundamentalmente, de alimentador, condicionador, extrusora, matriz e sistema de corte. Cada componente é desenvolvido para desempenhar função específica no processo de cozimento, texturização e formatação do produto (RESCHSTEINER, 2005). O alimentador proporciona a entrada, em fluxo contínuo e controlado, da mistura seca dos ingredientes para o condicionador e, conseqüentemente, para o canhão da



extrusora (HAUCK, 1994). No condicionador são adicionados à mistura de ingredientes vapor e água. Ingredientes líquidos podem também ser adicionados por este equipamento, como emulsões cárneas, óleos, corantes, ácidos e outros aditivos líquidos. Essa mistura é então homogeneizada por sistema de barras cilíndricas com pás dispostas radialmente, transformando-a em massa homogênea, hidratada e aquecida. A função primordial do condicionador é promover hidratação homogênea e elevar a temperatura da massa. A maior parte da energia de transformação dos ingredientes no processamento de pet food é adicionada no condicionador, na forma de energia térmica pela injeção de vapor direto. Isto demonstra a importância deste equipamento que deve ter desenho construtivo adequado, ter suas pás corretamente configuradas e ser operado de modo conveniente. Adequado condicionamento aumenta a estabilidade e a produtividade da extrusora, favorecendo sobremaneira a qualidade do produto final. Adicionalmente, o correto condicionamento reduz o desgaste mecânico das roscas e camisa da extrusora e da matriz de formatação do produto (RIAZ, 2003). Como a energia térmica é mais barata que a mecânica (elétrica), condicionamento eficiente tende a reduzir o custo da operação de extrusão. A umidade ideal de saída da massa do condicionador é variável, dependente da formulação do alimento em processamento. Como regra geral, formulações com bastante amido necessitam de menor hidratação que as ricas em proteína ou fibra. Umidades entre 15 a 35% podem ser necessárias. A temperatura medida no final do condicionador é ponto crítico de controle de processo, refletindo a extensão da transferência de energia térmica. Alimentos ricos em amido, fáceis de processar e expandir, necessitam de menores temperaturas de condicionamento do que alimentos ricos em proteína ou fibra. Temperaturas entre 70°C a 99°C podem ser utilizadas.

Na operação do condicionador a entrada de ração seca (depositada pela rosca de alimentação), de vapor e de água são ajustadas para os objetivos propostos. O controle e regularidade da entrada de ração, água e vapor são críticos para temperatura e hidratação uniformes e constantes. Outro ponto importante do equipamento e sua operação é o tempo de residência da massa no condicionador. Preconiza-se retenção aproximada de ao menos 3 minutos, necessários para que água e vapor penetrem nas partículas em processamento hidratando e aquecendo o interior dos grânulos. Há métodos para se ajustar e



conhecer o tempo de residência do alimento no condicionador. Este depende basicamente: da relação entre o volume útil do condicionador e a produtividade horária do extrusor; do ângulo e velocidade de rotação das pás do condicionador. O volume útil é fixo e depende do desenho construtivo do equipamento, mas o ângulo das pás e sua velocidade de rotação podem ser ajustados. Neste sentido, condicionadores com inversor de frequência e rotação variável são vantajosos.

Distribuição do Tempo de Residência no condicionador

A distribuição do tempo de residência (DTR) da massa no condicionador pode ser estabelecida pelo teste de “resposta a um estímulo pulsado”. Neste, após a estabilização do sistema, quantidade definida de marcador (traçador) é instantaneamente introduzida no cilindro do condicionador e em intervalos de tempos pré-definidos coleta-se amostras na saída do mesmo. Em cada amostra determina-se a concentração do marcador construindo-se curva de concentração em função do tempo (Santos e Canevarolo, 1999 - com adaptações da Kansas State University, Manhattan, KS, USA).

Materiais necessários:

- I) Esferas de plástico com diâmetro de ± 3 mm, na quantidade de 100 g por ensaio;
- II) Balança com sensibilidade de 0,01g;
- III) Peneira (pequena o suficiente para permitir a passagem da ração e reter as esferas plásticas);
- IV) Cronômetro;
- V) Baldes ou sacos plásticos de tamanho suficiente para acondicionar 30 segundos de produção de ração.

Procedimento:

- 1) Estabelecer a configuração de pás, taxa de alimentação de produto e velocidade do eixo do condicionador pretendidas. O teste é feito somente com ração, não se adiciona água nem vapor;
- 2) Iniciar o eixo das pás e a alimentação do condicionador, ajustando-as para as condições estabelecidas de processamento;



- 3) Aguardar o enchimento completo do condicionador e que o fluxo de saída do material esteja constante (no mínimo 10 min);
- 4) Medir o fluxo da massa, ou produtividade na saída do condicionador;
- 5) Adicionar 100 g de esferas plásticas na entrada do condicionador, de uma só vez e iniciar o registro de tempo e a coleta de ração na saída do condicionador;
- 6) Coletar em intervalos de 30 segundos, quantitativamente, a ração que sai do condicionador. Esta é armazenada nos baldes ou sacos plásticos, previamente identificados com o intervalo de tempo de coleta. A coleta de ração deve se estender até que todo o marcador (bolinhas plásticas) tenha sido recolhido. Este tempo depende da configuração do condicionador, mas geralmente 10 minutos são suficientes.
- 7) O teste será melhor se ao menos 3 configurações, ou velocidades de rotação das pás do condicionador forem testadas. Desta forma, repetir os itens 1 a 6 para cada configuração estabelecida;
- 8) Pesar em balança de precisão adequada a ração mais as esferas plásticas. Peneirar a ração em seguida, separando-se bolinhas plásticas. Pesar as bolinhas plásticas. Este procedimento é realizado para cada um dos intervalos de 30 segundos de coleta de ração, previamente estabelecidos. Exemplo de ficha de coleta de dados esta na Tabela 3.

Tabela 3: Exemplo de ficha para coleta de dados durante a determinação da Distribuição do Tempo de Residência

Amostra	Intervalo de tempo (segundos)	Configuração 1		Configuração 2	
		Ração + esferas (M+m) (g)	Peso esferas (m) (g)	Ração + esferas (M+m) (g)	Peso esferas (m) (g)
1	0-30				
2	30-60				
3	60-90				
4	90-120				
5					
..					
..					
19	540-570				
20	570-600				



Procedimentos de cálculo

Com os dados obtidos, a DTR pode ser calculada pelas seguintes equações:

Curva da distribuição do tempo de residência, E(t) vs. t

$$E(t) = \frac{C_t}{\sum_0^{\infty} C_t}$$

Curva de distribuição acumulativa, F(t) vs. t

$$F(t) = \frac{\sum_0^t C_t}{\sum_0^{\infty} C_t}$$

Tempo de residência médio

$$\bar{t} = \frac{\sum_0^{\infty} t C_t}{\sum_0^{\infty} C_t}$$

Onde, C_t é a concentração de marcador dentro do intervalo de tempo.

Para melhor compreensão dos cálculos, estes estão demonstrados na Tabela 4, a seguir:

- i)** tempo médio da observação, sem segundos: tempo final + tempo inicial / 2
- ii)** peso da ração mais esferas referente aos 30 segundos de coleta;
- iii)** peso das esferas, após separação na peneira da ração e do traçador;
- iv)** peso do farelo, sem as esferas: peso da ração mais esferas (ii) – peso das esferas (iii);
- v)** concentração de esferas no farelo: peso das esferas (iii) / peso do farelo (iv);
- vi)** concentração de esferas no período é a multiplicação do período médio (s) pela concentração de esferas: período (i) x concentração de esferas (v);



Tabela 4. Exemplo do cálculo da Distribuição do Tempo de Residência, Tempo de Residência Médio e Grau de Enchimento do condicionador.

I	ii	iii	iv	v	Vi	Vii	viii	ix
Período (s)	farelo + esferas (g)	esferas (g)	Farelo Sozinho (g)	Concentração de esferas no farelo	Concentração de esferas do período	Σ esferas no período anterior	Curva distribuição do tempo residência	Curva de distribuição cumulativa
15	1670,0	0,0	1670,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
45	1720,0	0,0	1720,0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
75	1680,0	0,9	1679,2	0,001	0,038	0,001	0,009	0,000
105	1620,0	3,8	1616,2	0,002	0,248	0,003	0,040	0,000
135	1690,0	11,6	1678,4	0,007	0,934	0,010	0,117	0,001
165	1650,0	14,3	1635,7	0,009	1,440	0,019	0,148	0,001
195	1650,0	14,1	1635,9	0,009	1,676	0,027	0,146	0,002
225	1630,0	10,2	1619,8	0,006	1,415	0,033	0,107	0,002
255	1620,0	10,4	1609,6	0,006	1,646	0,040	0,110	0,003
285	1620,0	12,0	1608,0	0,007	2,120	0,047	0,126	0,003
315	1757,0	2,9	1754,1	0,002	0,523	0,049	0,028	0,003
345	1757,0	2,9	1754,1	0,002	0,572	0,051	0,028	0,004
375	1757,0	2,9	1754,1	0,002	0,622	0,052	0,028	0,004
405	1757,0	2,9	1754,1	0,002	0,672	0,054	0,028	0,004
435	1757,0	2,9	1754,1	0,002	0,722	0,056	0,028	0,004
465	1757,0	2,9	1754,1	0,002	0,771	0,057	0,028	0,004
495	1757,0	2,9	1754,1	0,002	0,821	0,059	0,028	0,004
Soma		97,5	28.751	0,0598	14,221			
Tempo residência médio (s) [x]						241,4		
Grau de enchimento (kg) [xi]						13.609		

vii) somatório de esferas no período: concentração de esferas do período (vi) + somatório de esferas do período anterior (vii do período anterior);

viii) Curva da distribuição do tempo de residência = concentração de esferas no farelo (v) / somatório da concentração de esferas (soma da coluna v);

ix) Curva de distribuição acumulativa: somatório de esferas no período (vii) / soma da concentração de esferas nos períodos (soma da coluna vi);

x) Tempo de residência médio (segundos): soma da concentração de esferas nos períodos (soma da coluna vi) / somatório da concentração de esferas no último período observado (última célula da coluna vii)

xi) Grau de enchimento do condicionador (kg): [peso total do farelo no período sem esferas

No exemplo da Tabela 3, as curvas de distribuição cumulativa e distribuição do tempo de residência encontram-se ilustradas na Figura 1.

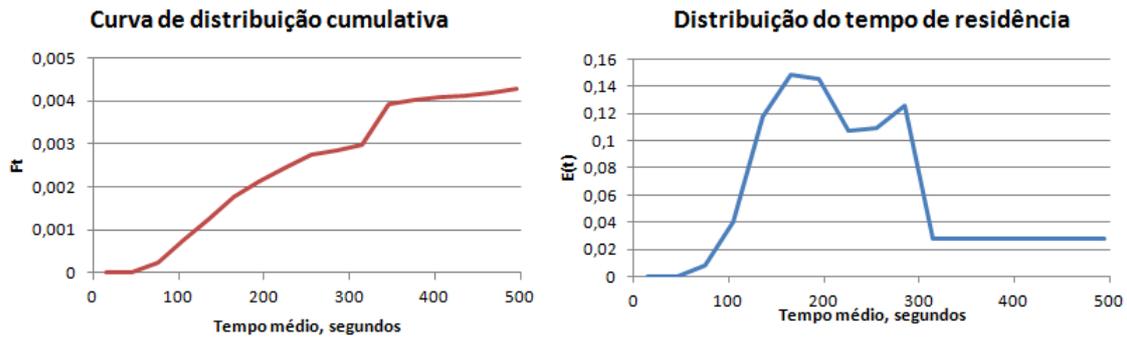


Figura 1: Curva de distribuição cumulativa e curva de distribuição do tempo de residência dos dados dispostos na Tabela 3.

Após sair do condicionador, a massa entra na extrusora. Esta consiste em um tubo com um ou dois eixos em seu interior, munidos de sistema de rosca sem fim. O conjunto recebe o nome de canhão extrusor. Esse sistema de rosca irá transportar a massa para frente, comprimindo-a contra as paredes laterais e o final do equipamento, gerando atrito, cisalhamento, pressão e calor, energias que irão transformar a matéria prima. O processo é determinado pelas seguintes variáveis: quantidade de ração que entra no sistema, umidade da ração à entrada, composição química da massa (amido, proteína, fibra e gordura), configuração da camisa que reveste o tubo, configuração da rosca do extrusor (elementos de restrição, geometria das circunvoluções, etc), velocidade de rotação da rosca, área de saída na matriz ao final do equipamento. A energia total transferida neste processo é denominada energia mecânica (CHUANG e YEH, 2004; DING et al., 2004). É possível também se injetar vapor, água, emulsões cárneas, óleos e outros líquidos diretamente no canhão da extrusora (ABECASSIS et al., 1994). A injeção de vapor diretamente no canhão da extrusora auxilia a elevação de temperatura e redução da fricção da massa, colaborando para aumento da produção, redução do desgaste mecânico das peças, maior cozimento e obtenção de extrusados mais expandidos e leves.

A matriz da extrusora é a ultima parte do sistema de extrusão, possuindo duas funções: proporcionar restrição para a saída do produto, gerando assim a compressão necessária para a aplicação da energia mecânica; dar o formato final do extrusado, por meio do formato do orifício da matriz e da velocidade de corte das facas (COWELL, 2000). O conjunto de facas se



encontra fixado à matriz e acoplado a um carrinho lhe dá sustentabilidade e rotação, através de um motor elétrico. Para cortar o alimento no tamanho desejado, o motor que movimenta as facas tem rotação variável, controlada pelo operador.

A transformação das matérias primas no sistema de extrusão ocorrerá na medida em que energia seja aplicada à massa em processamento. Como dissemos, quantitativamente a energia térmica transferida no condicionador é maior, mas a energia mecânica é fundamental à gelatinização, texturização e formatação do produto. Para que esta seja suficientemente aplicada tanto variáveis de processo, como umidade e temperatura da massa à entrada, taxa de alimentação e velocidade de rotação da rosca extrusora, como variáveis pré-determinadas, incluindo configuração da rosca e da camisa do extrusor e a área aberta da matriz são fundamentais. Este é aspecto de elevada tecnologia, diferenciado os sistemas modernos de extrusão. A restrição da área aberta da matriz (ou área de vazão) deve ser programada em função da receita e objetivos do alimento em processamento. Esta é também bastante variável entre os diversos modelos de fabricação. Alimentos com pouco amido e elevada gordura, proteína ou fibra requerem maior restrição de saída, ou menor área de vazão. Alimentos ricos em amido são mais facilmente extrusados, podendo ser processados com maior área de vazão. Um intervalo entre 100 e 500 mm²/ton/hora pode ser utilizado. O cálculo da área de vazão inclui duas etapas:

1- Determinação da área aberta da matriz (mm²)

Para orifícios redondos, a área é calculada como π vezes o raio ao quadrado.

$$\text{Área aberta} = \pi * r^2$$

Para orifícios com desenhos, esta informação deve ser fornecida pelo fabricante da matriz.

2- Área de vazão (mm²/ton/h)

Dividir a área aberta da matriz pela produção horária da extrusora.

$$\text{Área de vazão} = \frac{\text{mm}^2 * 1000}{\text{kg/h}}$$



A transferência de energia mecânica ao produto pode ser medida definindo-se o consumo de energia elétrica do motor, em função da produtividade horária da extrusora:

3- Cálculo da energia mecânica específica

a) Calcular o consumo de energia elétrica (kW-h)

$$\sqrt{\text{Fase elétrica do sistema}} \times \text{corrente de alimentação} \times (\text{amperagem de trabalho} - \text{amperagem em vazio}) \times \text{cos}\phi \text{ do motor} / 1000$$

Ex $\text{cos}\phi$: motor de 50A tem rendimento máximo com 95,3% do seu uso.

Quando a amperagem for $\leq 47,65\text{A}$ o $\text{cos}\phi$ é 0,76, quando for $> 47,65\text{A}$ é 0,86.

b) Calcular a energia mecânica específica (EME) transferida para a massa (kW-h/ton)

Multiplicar o consumo de energia elétrica por 1000 e dividir pela produtividade da extrusora.

$$\text{EME} = \frac{(\text{kW-h}) \times 1000}{\text{kg/h}}$$

Exemplo:

Motor trifásico, 220V, amperagem de trabalho de 46 A (*durante processamento*), amperagem em vazio de 30A (*com extrusora vazia, sem produto*), $\text{cos}\phi$ 0,76, produtividade de 150kg/h

$$\text{EME} = ((\sqrt{3} \times 220 \times (46 - 30) \times 0,76) / 1000) * 1000 / 150$$

$$\text{EME} = 31 \text{ kW-h/ton}$$

A distribuição do tempo de residência (DTR) da massa no canhão extrusor é outro parâmetro crítico de processamento, importante para que os objetivos de transformações das matérias primas sejam alcançados e para que o padrão de fluxo do material seja melhor compreendido. O DTR é definido como a distribuição provável do tempo que um material sólido ou fluido permanece dentro de uma unidade operacional, em um sistema com fluxo contínuo. Este é influenciado por vários fatores relativos à geometria do equipamento, como área interna útil, conformação de roscas e camisa do extrusor, presença de elemento de interrupção de fluxo como shear locks (“trancas de cisalhamento”) e fatores variáveis de produção como velocidade de rotação da rosca extrusora e taxa de alimentação do equipamento, dentre



outros. Estas características podem favorecer ou dificultar o fluxo do material dentro do canhão extrusor, determinando o volume de material retido e com isto o tempo de retenção. Para a determinação do DTR da massa no canhão extrusor utilizaremos o mesmo princípio utilizado para o pré-condicionador, o teste de “resposta a um estímulo pulsado”

Materiais necessários:

- I) Marcador – Dióxido de titânio (TiO₂) ou outro corante validado;
- II) Sacos plásticos para coleta de amostras de material da saída de extrusora;
- III) Cronômetro;

Procedimento:

- 1) Pesar 20 gramas de dióxido de titânio em um recipiente que facilite a introdução do mesmo na entrada da extrusora, ou quantidade pré-estabelecida de corante validado;
- 2) Certifique-se que o processo de extrusão atingiu a estabilidade
- 3) Meça a produtiva do sistema e a utilize como parâmetro;
- 4) Após confirmada a estabilidade do processo o marcador será adicionado na entrada da extrusora. Simultaneamente a introdução do marcador no canhão extrusor, o observador deverá iniciar coleta de produto na saída da extrusora em intervalos de 10 segundos, portanto inicia-se a coleta no tempo 0 e finaliza-se com 10 segundos. Outra amostra será tomada imediatamente, no intervalo de 10 a 20 segundos e, assim, sucessivamente até completar 300 segundos (ou então até completo desaparecimento da cor do marcador);
- 5) Mensure a produtividade novamente para que a estabilidade do processo possa ser confirmada;
- 6) Em um local onde a luminosidade seja adequada, organize as amostras por tempo de coleta e atribua notas de 0 a 10 para a intensidade da coloração, sendo 0 para amostras não coradas (cor natural da massa de ração) e 10 para as amostras intensamente coradas (máxima coloração atingida pelo corante);
- 7) Use a tabela a seguir para fazer as anotações das notas e calcule o tempo de residencia;

OBS: É necessário utilizar dois ou mais observadores para atribuição das notas, e que as mesmas sejam atribuídas de forma independente entre os observadores. Certifique-se que a escala de intensidade de cor seja a mesma



para todos os observadores. Modelo de ficha de coleta de dados é apresentado na Tabela 5.

Tabela 5: Exemplo de ficha para coleta de dados durante a determinação da Distribuição do Tempo de Residência do canhão extrusor

Amostra	Intervalo de tempo (segundos)	Configuração 1 RPM =	Configuração 2 RPM =
		Intensidade de coloração (escala de 0 a 10)	Intensidade de coloração (escala de 0 a 10)
1	0-10		
2	10-20		
3	20-30		
4	30-40		
5	40-50		
6	50-60		

Procedimentos de cálculo

Com os dados obtidos, a DTR pode ser calculada pelas seguintes equações:

Curva da distribuição do tempo de residência, E(t) vs. t

$$E(t) = \frac{C_t}{\sum_0^{\infty} C_t}$$

Curva de distribuição acumulativa, F(t) vs. t

$$F(t) = \frac{\sum_0^t C_t}{\sum_0^{\infty} C_t}$$

Tempo de residência médio

$$\bar{t} = \frac{\sum_0^{\infty} tC_t}{\sum_0^{\infty} C_t}$$

Onde, C_t é a concentração de marcador dentro do intervalo de tempo.



Na tabela 6 é apresentado exemplo real de mensuração do tempo de residência no canhão extrusor.

Tabela 6. Exemplo real de mensuração do tempo de residência

Tempo (s)	NOTA 1	NOTA 2	NOTA 3	NOTA 4	Média	Tempo médio, $t(s)$	Concentração corante média, C_t	$tC_t (s)$	ΣC_t	$E(t)$	$F(t)$	
0-10	4	3	3	3	3,25	5	3,25	16	3	0,157	0,157	
10 to 20	8	9	8	9	8,50	15	8,50	127,50	11,75	0,410	0,566	
20-30	4	6	6	5	5,25	25	5,25	131,25	17,00	0,253	0,819	
30-40	2	4	3	2	2,75	35	2,75	96,25	19,75	0,133	0,952	
40-50	1	1	1	1	1,00	45	1,00	45,00	20,75	0,048	1,000	
50-60	0	0	0	0								
TOTAL							20,75	416,25				

Tempo média de residência (s)	20,06
-------------------------------	--------------

4.4. Secagem

Adição de água é fundamental para o cozimento e plasticização no processo de extrusão. Água fluidifica a massa, aumenta o fluxo e produtividade da extrusora e, sob aquecimento e pressão promove a gelatinização do amido. O material seco moído tem umidade entre 6% e 12% quando entra no condicionador, a depender de sua composição de ingredientes. Ao sair do condicionador e entrar na extrusora a massa pode ter umidade variando de 17% a 35%. Na saída da extrusora, alcançando pressão atmosférica ocorre rápida vaporização e perda da umidade interna dos extrusados, reduzindo a umidade da massa em 2 a 6% (esta perda é bastante variável em função da formula e condições de processamento). Desta forma, ao sair da extrusora os extrusados tem umidade variável, usualmente entre 17% e 27%. Esta umidade, necessária ao processamento, tem agora que ser retirada do produto para que este atinja estabilidade física e microbiológica. Estabilidade física para que adquira dureza necessária ao manuseio, já que quando úmidos os extrusados são facilmente deformáveis. Estabilidade microbiológica para que não tenham água livre suficiente para proporcionar crescimento de microrganismos, alcançado estabilidade e vida de prateleira de 12 a 16 meses.



Para isto os extrusados são transportados do extrusor para o secador, geralmente por transporte pneumático de pressão negativa ou positiva. No secador o produto é distribuído sobre conjunto de esteiras ou plataformas que transportam o alimento através de câmaras aquecidas com calor seco, gerado em sistema de contra corrente por queimadores ou radiadores e ventiladores. Existem inúmeros sistemas de secagem, verticais, horizontais, aquecidos a gás e a vapor. Foge aos objetivos aqui propostos aprofundamento sobre os mesmos. De forma geral as temperaturas internas no secador podem variar de 90 a 140°C, dependendo das características do equipamento e produto em secagem, com tempo de residência do produto em seu interior variando de 15 a 45 minutos ou mais. Independentemente do modelo do secador e se este tem operação manual ou automatizada, os parâmetros críticos da operação são, resumidamente: regularidade e distribuição da camada de produto em seu interior; fluxo, renovação e temperatura do ar; tempo de residência.

A remoção da umidade é operação cara e também um ponto crítico de controle. Ela influencia a dureza, durabilidade, produção de finos, gasto de energia com produção, segurança e estabilidade microbiológica do produtos, estando especialmente ligada à palatabilidade do produto. Remover mais água do que o necessário pode: aumentar a fragilidade dos extrusados, aumentar a produção de finos, comprometer a palatabilidade. Ela também resulta na venda de menos produto (perdendo água, reduz-se a massa de produção do sistema) e na elevação desnecessária de gastos com energia no processamento. Remover menos água do que o necessário pode resultar em produto com elevada atividade de água, esta água livre dará suporte ao metabolismo de microrganismos que irão se multiplicar, deteriorando o alimento. A umidade final ideal na secagem depende da formulação, se o produto é para cães ou gatos, da presença de ingredientes que sequestram água, da relação entre umidade e atividade de água do produto e se será ou não adicionado palatilizante líquido após a secagem. Em função de todas estas características, esta pode variar de 4% a 10%.

4.5. Aplicação de líquidos e pós

Existem diversas maneiras de se aplicar líquidos (óleos, gorduras, hidrolisados cárneos, ácidos, etc.) e pós (palatilizantes em pó, nutraceuticos



termolábeis) sobre os kibbles secos. A aplicação em forma de torre ou em misturadores horizontais é processo de baixo custo, mas limitada em relação à quantidade de líquidos e pós que pode ser adicionada e à precisão de aplicação, que pode ser baixa. Esse sistema possui um reservatório acoplado, com bomba de infusão que termina em bico aplicador sobre pressão. Este forma camada fina de aspersão que deve atingir toda superfície do extrusado. Acoplado encontra-se também sistema de aplicação de pós. Nesta etapa precaução com limpeza frequente dos bicos pulverizadores e da linha confere maior segurança sanitária e qualidade de recobrimento. É crítico que a quantidade aplicada de líquidos, pós e de produto seco que passa no sistema sejam constantes, de modo que correto balanço de massas seja alcançado e a quantidade de produto aplicada por recobrimento seja precisa o suficiente. Infelizmente, isto nem sempre é alcançado de modo satisfatório no dia a dia das empresas.

Mais recentemente tem-se preconizado aplicação por sistema de bateladas, que pode ser feita por sistema à vácuo ou atmosférico. O sistema é composto de dois reservatórios, um recebe produto continuamente até que some quantidade determinada de ração, que é pesada com precisão. Neste momento este primeiro reservatório se fecha e a ração passa a ser deposita no segundo reservatório. Os líquidos e pós desejados, previamente pesados automaticamente também com precisão passam a ser aspergidos na ração em agitação no reservatório fechado, até que os extrusados absorvam todo o líquido e recebam o pó necessário. Apesar de mais oneroso, este sistema tende a ser mais preciso na aplicação da quantidade desejada de matéria prima por recobrimento, que também tende a ser distribuída de modo mais uniforme nos extrusados. Em nossa experiência prática é comum se encontrar rações que na análise química apresentam menos, ou mais extrato etéreo do que o declarado. Isto sugere que a aplicação em sistemas contínuos é sujeita a muitos erros. Considerando-se o elevado custo de óleos, gorduras e palatabilizantes líquidos e em pó, matérias primas adicionadas por recobrimento, estudo financeiro, de riscos e de segurança alimentar provavelmente indicará que os sistemas de batelada são vantajosos.



4.6. Resfriamento

Finalizado o recobrimento o produto ainda encontra-se quente. Para ser acondicionado nas embalagens este deve apresentar temperatura similar a ambiente. A depender das características do produto, uma diferença para mais de até 4 a 5°C pode ser adequada, mas isto deve ser estudado. Torna-se necessária etapa de resfriamento, para isto o alimento é transportado para o resfriador, que promove sucção de ar frio ambiente que passa pelos extrusados fazendo que estes esfriem à temperatura desejada.

4.7. Ensaque

O produto final é por fim encasado em embalagens apropriadas, que devem ser elaboradas considerando a composição química e especificações do tempo de prateleira do alimento. Embalagem adequada, segundo Radtke (2010), contribui para proteção do produto acabado contra impacto, umidade, oxidação, luz e migração de gordura. Na Tabela 7 exemplifica-se alguns tipos de materiais que são apropriados para o ensaque de alimentos para cães e gatos.



Tabela 7. Comparação entre as principais estruturas e propriedades das embalagens utilizadas no acondicionamento de alimentos secos e semi-úmidos para animais de estimação.

¹ Estrutura dos polímeros	Espessura (µm)	Resistência Mecânica	Barreira umidade	Barreira Oxigênio	Barreira luz	Barreira gordura	Custo
PELBD/PEAD + PELBD/PEBD	150	ótimo	ótimo	ruim	ruim	ruim	baixo
PELBD/PEBD + PET	150	bom	ótimo	bom	ruim	ótimo	alto
PELBD/PEBD + BOPP	150	bom	ótimo	bom	ruim	ótimo	médio
PELBD/PA/ PELBD + PELBD/PEBD	150	ótimo	ótimo	ótimo	bom	ótimo	elevado
PELBD/PEBD + PET MET PET TRANSP.	180	ruim	ótimo	ótimo	ótimo	ótimo	elevado
PELBD/PEBD + PET MET + BOPP TRANSP.	180	ruim	ótimo	ótimo	ótimo	ótimo	elevado

¹Sigla da estrutura dos polímeros: PELBD: Polietileno linear de baixa densidade; PEBD: Polietileno de baixa densidade; PEAD: Polietileno de alta densidade; PP: Polipropileno; PA: Poliamida (Nylon); PET: Polyester; PET MET: Polyester Metalizado; BOPP TRANSP: Polipropileno biorientado transparente; BOPP: Polipropileno biorientado.



Apêndice: LEITURA RECOMENDADA SOBRE NUTRIÇÃO DE CÃES E GATOS

Sugestão de ordem de importância

- 1) FASCETTI, A. J.; DELANEY, S. J. **Applied Veterinary Clinical Nutrition**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012. ed. 1. P.269-287.
- 2) Nutrient Requirements of Dogs and Cats. **National Research Council**. The National Academy Press: Washington, D.C. 2006. 398p.
- 3) CASE, L. P.; DARISTOTLE, L.; HAYEK, M. G.; RAASCH, M. F. **Canine and feline nutrition**. 3 ed. A resource for companion animal professionals. St. Louis: Elsevier. 2010. 576p.
- 4) HAND, M. S.; THATCHER, C. D.; REMILLARD, R. L.; ROUDEBUSH, P.; NOVOTNY, B. J. **Small Animal Clinical Nutrition**. 5th edition. Marceline: Walsworth. 2010. 1192p.
- 5) PIBOT, P.; BIOURGE, V.; ELLIOT, D. **Encyclopedia of canine clinical nutrition**. Aniwa SAS, Paris. 2006. 486p.
- 6) BIOURGE, V.; ELLIOT, D.; PIBOT, P. **Encyclopedia of feline clinical nutrition**. Aniwa SAS, Paris. 2008. 486p.
- 7) FEDIAF - The European Pet Food Industry Federation. **Nutritional guidelines for complete and complementary pet food for cats and dogs**. The European Pet Food Industry Federation, 2018.
- 8) AAFCO – ASSOCIATION OF AMERICAN FEED CONTROL OFFICIALS. **Official Publications 2010** Association of American Feed Control Officials, 2010. 451p.

Leitura complementar

- 9) McDOWELL, L. R. **Vitamins in animal and human nutrition**. Iowa: Academic Press, 2000. 486p
- 10) POND, W.G.; CHURCH, D.C; POND, K.R.; SCHOKNECHT, P.A. **Basic animal nutrition and feeding**. 5ed. Wiley. 2004.
- 11) UNDERWOOD, E.J.; SUTTLE, N.F. **The mineral nutrition of livestock**. 3ed. CABI International, 1999. 524p.



Refêrencias Bibliográficas

- Abecassis, J. et al. Influence of extrusion conditions on extrusion speed, temperature and pressure in the extruder and on pasta quality. **Cereal Chemistry**, v. 71, n. 3, p. 247-253, 1994.
- Alles, G. Particle reduction technology. In: KVAMME, J. L.; PHILLIPS, T. D. **Petfood technology**. Illinois: Mt. Morris, 2003, p. 327-335.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO (ABINPET). **Mercado Pet Brasil**. São Paulo: ANFALPET, 2012.
- Bazolli, R. S. ; Vasconcellos, R. S. ; Brunetto, M. A. et al. Influence of particles size of corn, sorghum, and rice in extruded dog foods on diet digestibility and postprandial glucose response. In: 11th Congress of the European Society of Veterinary and Comparative Nutrition, 2007, Leipzig. **Proceedings of the 11th ESVCN Congress**. Leipzig : Merkur Druck, 2007. p. 55-55.
- Bellaver, C.; Nones, K. A Importância da granulometria, da mistura e da peletização da ração avícola. In: SIMPÓSIO GOIANO DE AVICULTURA, 4, 2000, Goiânia. **Anais...**, 2000, p. 59-78.
- Case, L.P. et al. In:___ **Canine and feline nutrition**: a resource for companion animal professionals. St. Louis: Mosby-Year Book, 2000, p. 17-94.
- Chuang, G. C.; YEH, A. Effect of screw profile residence time distribution and starch gelatinization of rice flour during single screw extrusion cooking. **Journal of Food Engineering**, v. 63, p. 21-31, 2004.
- Cowell, C. S. et al. Making commercial pet food. In: HAND, M. et al. **Small animal clinical nutrition**, 4ed Kansas: Mark Morris Institute, 2000, p. 127-146.
- Dahlke, F. et al. Tamanho da partícula do milho e forma física da ração e seus efeitos sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 3, n. 3, p. 2001.
- Ding, Q. et al. The effect of extrusion conditions on the physicochemical properties and sensory characteristics of rice-based expanded snacks. **Journal of Food Engineering**, v. 86, p. 283-289, 2004.
- Frailha, M. Benefício do investimento energético na redução do tamanho de partículas na alimentação animal. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 9, Bauru, **Anais...**, 2005.
- Hauck, B. Extrusion cooking system In: McELLINEY, R. R. **Feed manufacturing technology IV**. Arlington:VA, p. 131-140,1994.
- Healy, B.J. et al. Optimum particle size of corn and hard and soft sorghum for nursery pigs. **Journal of Animal Science**, v. 72, p. 2227-2236, 1994.
- Herrman, Tim and Keith Behnke .Testing mixer performance. Department of Grain Science and Industry. Kansas State University. October 1994. <http://www.oznet.ksu.edu/library/grsci2/MF1172.PDF>. Acessado em 18 setembro 2014.
- Jouglin, M. et al. Apparent digestibility of starch in dog and contribution to the study of digestibility "in vitro" by enzymatic method. **Recueil de Médecine Vétérinaire**. v. 168, n.5, p. 355-361, 1992.
- Kienzle, E. Carbohydrate metabolism of the cats 2. Digestion of starch. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 69, p. 102-114, 1993.
- Lara, Marco Antonio Mayer. Processo de produção de ração: moagem, mistura e peletização. Ergonomix. 2010. Disponível em: <http://www.ergonomix.com>. Acessado em: 12 agosto 2014.
- Muir, J.G. ; O'Dea, K. Measurement of resistant starch: factors affecting the amount of starch escaping digestion in vitro. **American Journal of Clinical Nutrition**, v.56, p.123-127, 1992.
- Owens, J. M.; Heimann, M. Material processing cost center In: McELLINEY, R. R. **Feed Manufacturing Technology IV**. Arlington:VA, p. 81-92, 1994.



- Owsley, W.F. et al. Effect of sorghum particle size on digestibility of nutrients at the terminal ileum and over the total digestive tract of growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, v. 52, n. 3, p. 557-566, 1981.
- Pond, W. G.; Church, D. C.; Pond, K. R. Carbohydrates. In: _____ **Basic animal nutrition and feeding**. 4. ed. New York: John Wiley, 1995, p.74-96.
- Pozza, P.C et al. Avaliação da moagem e granulometria do milho e consumo de energia no processamento em moinhos de martelos. **Ciência Rural**, v. 35, n. 1, pp. 235-238, 2005.
- Radtke, F. Embalado pelo crescimento. **Pet Food Brasil**, Ano 2, Ed.11, Nov-Dez, 2010. Disponível em: http://www.nutricao.vet.br/pdfs/revista_pet_food_brasil_dez_2010.pdf. Acessado em: 21 agosto 2014.
- Reschsteiner, M. S. **Produção, digestibilidade e amido resistente em biscoitos extrusados a partir da farinha e fécula de batata doce e mandioca**. 2005. 92f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2005.
- Riaz, M. N. Extrusion basics. In: Kvamme, J. L.; Phillips, T. D. **Petfood technology**. Illinois Mt Morris, 2003, p. 347-360.
- Soares, C. M. et al. Diferentes graus de moagem dos ingredientes em dietas peletizadas para a tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus* L.) em fase de crescimento. desempenho e digestibilidade aparente. **Zootecnia Tropical**, v. 21, n. 3 , p. 275-288, 2003.
- SPEARS, J.K.; FAHEY, Jr. G.C. Resistant starch as related to companion animal nutrition. **Journal AOAC Int** 87:787-791, 2004.
- Svihus, B et al. Effects of starch granule structure, associated components and processing on nutritive value of cereal starch. **Animal Feed Science and Technology**, v.122, p.303-320, 2005.
- Takakura, F.S. **Avaliação de fontes de amido para alimentos extrusados para cães**. 2003. 106 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Veterinária). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2003.
- Tavares, L.M. Um método para o cálculo da eficiência energética de moinhos industriais. **Revista Matéria. Periódico científico virtual da área de materiais**. 2001. Disponível em :<www.materia.coppe.ufrj.br>. Acesso em 29 de janeiro de 2013.
- Twomey, L.N. et al. The replacement value of sorghum and maize with or without supplemental enzymes for rice in extruded dog food. **Animal Feed Science and Technology**, v. 18, p. 61-69, 2003.
- Wolter, R., et al. Fecal and ileal digestibility in the dog of diets rich in wheat or tapioca starch. **Recueil de Médecine Vétérinaire**. v. 174. n. 5-6, p. 45-55, 1998.
- Zanotto, D. L., C. Belaver. 1996. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. **Comunicado Técnico EMBRAPA – Suíno e Aves**. CT 215. 1-5.



RESPOSTAS DOS EXERCÍCIOS

I. ESTIMATIVA DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DOS ALIMENTOS E DAS NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE CÃES E GATOS

PÁG. 13 - CÁLCULO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DE RAÇÃO PARA CÃES

1. $ENN = 100 - (10 + 26 + 16 + 3 + 7)$

$ENN = 38\%$

2. $EB = (5,7 \times 0,26) + (9,4 \times 0,16) + [4,1 \times (0,38 + 0,03)]$

$EB = 1,482 + 1,504 + [4,1 \times 0,41]$

$EB = 4,67 \text{ kcal/g}$

3. $MS = 100 - \text{umidade} = 90\%$

$FB \text{ na MS} = (3 \times 100)/90$

$FB \text{ na MS} = 3,33\%$

$CDE = 91,2 - (1,43 \times 3,33)$

$CDE = 91,2 - (4,76)$

$CDE = 86,44$

4. $ED = 4,67 \times (86,44/100)$

$ED = 4,04 \text{ kcal/g}$

5. $EM = 4,04 - (1,04 \times 0,26)$

$EM = 4,04 - 0,27$

$EM = 3,77 \text{ kcal/g}$

PÁG. 14 - NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE CÃES

	Necessidade de EM (kcal/dia)	Quantidade de ração (g/dia)
Cão 1	$180 \times 70,75 = 774,6$	$775/3,77 = 206$
Cão 2	$130 \times 350,75 = 1870,7$	$1871/3,77 = 496$
Cão 3	$105 \times 12,50,75 = 698$	$698/3,77 = 185$
Cão 4	$105 \times 320,75 = 1412,7$	$1413/3,77 = 375$
Cão 5	$95 \times 530,75 = 1866$	$1866/3,77 = 495$
Cão 6	$95 \times 2,80,75 = 205,6$	$206/3,77 = 55$



PÁG. 15 - CÁLCULO DA ENERGIA METABOLIZÁVEL DE RAÇÃO PARA GATOS

1. $ENN = 100 - (10 + 35 + 20 + 2,5 + 6,5)$

$ENN = 26\%$

2. $EB = (5,7 \times 0,35) + (9,4 \times 0,20) + [4,1 (0,26 + 0,025)]$

$EB = 1,99 + 1,88 + [4,1 \times 0,285]$

$EB = 5,04 \text{ kcal/g}$

3. $MS = 100 - \text{umidade} = 90\%$

$FB \text{ na MS} = (2,5 \times 100)/90$

$FB \text{ na MS} = 2,78\%$

$CDE = 87,9 - (0,88 \times 2,78)$

$CDE = 87,9 - 2,45$

$CDE = 85,45$

4. $ED = 5,04 \times (85,45/100)$

$ED = 4,31 \text{ kcal/g}$

5. $EM = 4,31 - (0,77 \times 0,35)$

$EM = 4,31 - 0,27$

$EM = 4,04 \text{ kcal/g}$

PÁG. 16 - NECESSIDADES ENERGÉTICAS DE GATOS

	Necessidade de EM (kcal/dia)	Quantidade de ração (g/dia)
Gato 1	$100 \times 5,1^{0,67} = 298$	$298/4,04 = 73,7$
Gato 2	$130 \times 6,8^{0,40} = 280$	$280/4,04 = 69,3$
Gato 3	$130 \times 4,5^{0,40} = 237$	$237/4,04 = 58,7$
Gato 4	$130 \times 4,2^{0,40} = 231$	$231/4,04 = 57,1$
Gato 5	$100 \times 3,2^{0,67} = 218$	$218/4,04 = 54,0$
Gato 6	$100 \times 3,1^{0,67} = 213$	$213/4,04 = 52,8$



II. PROTOCOLO MÍNIMO PARA DETERMINAR ENERGIA METABOLIZÁVEL E COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DOS NUTRIENTES DE ALIMENTOS PARA CÃES E GATOS

1. MÉTODO DE COLETA QUANTITATIVA OU COLETA TOTAL

PÁG. 23 - EXECÍCIO 1

Animal 2:

MO = 80,18%

ENN = 34,80%

Digestibilidade da MS

A	318,03
B	$318,03 \times 0,9413 = 299,36$
C	155,94
D	$155,94 \times 0,3144 = 49,03$
E	83,62

F	124,77
G	29,16
H	14,30
I	88,54

Digestibilidade da MO

A	318,03
B	$318,03 \times 0,9413 = 299,36$
C	155,94
D	$155,94 \times 0,3144 = 49,03$
E	93,89
F	281,07
G	80,18
H	39,31
I	86,01

Digestibilidade do EEA

A	318,03
B	$318,03 \times 0,9413 = 299,36$
C	155,94
D	$155,94 \times 0,3144 = 49,03$
E	9,53
F	28,53
G	8,68
H	4,26
I	85,07

Digestibilidade da PB

A	318,03
B	$318,03 \times 0,9413 = 299,36$
C	155,94
D	$155,94 \times 0,3144 = 49,03$
E	41,68

Digestibilidade da FB

A	318,03
B	$318,03 \times 0,9413 = 299,36$
C	155,94
D	$155,94 \times 0,3144 = 49,03$
E	2,33
F	6,98
G	7,54



H	3,70
I	46,99

Digestibilidade da EB

A	318,03
B	318,03 x 0,9413 = 299,36
C	155,94
D	155,94 x 0,3144 = 49,03
E	5,08
F	1520,75
G	4,0
H	196,12
I	87,10

Digestibilidade do ENN

A	318,03
---	---------------

B	318,03 x 0,9413 = 299,36
C	155,94
D	155,94 x 0,3144 = 49,03
E	40,35
F	120,79
G	34,80
H	17,06
I	85,88

**Energia metabolizável – COM
coleta de urina**

A	5,08
B	4,0
C	0,85
D	299,36
E	49,03
F	238,0
G	3,75

PÁG. 27 - EXECÍCIO 2

Composição	Ração	Ração (sobre MS)	Animal 1	Animal 1 (sobre MS)	Animal 2	Animal 2 (sobre MS)	Fezes	
MS 55°C (%)	-	-	37,64	-	42,93	-		
MS 105°C (%)	92,02	-	93,52	-	92,48	-		
MS final*	92,02	-	35,20	-	39,70	-		
MM (%)	13,11	14,25	29,04	31,05	32,82	35,49		
MO (%)	86,89	94,43	70,96	75,88	67,18	72,64		
PB (%)	24,06	26,15	27,88	29,81	26,93	29,12		
EEA (%)	6,25	6,79	3,77	4,03	3,45	3,73		
FB (%)	2,89	3,14	11,23	12,01	13,96	15,10		
EB (kcal/g)	3,81	4,14	2,45	2,62	2,36	2,55		
ENN (%)	53,69	58,35	28,08	30,03	22,84	24,70		



Animal 2:

Digestibilidade da MS

A	680
B	$680 \times 0,9202 = 625,74$
C	315,60
D	$315,60 \times 0,3970 = 125,29$
E	79,98

	Animal 2
CDA da PB	77,70
CDA do EEA	89,00
CDA da FB	3,71
CDA da EB	87,67
CDA dos ENN	91,52

Digestibilidade da MO

A	680
B	$680 \times 0,9202 = 625,74$
C	315,60
D	$315,60 \times 0,3970 = 125,29$
E	94,43
F	590,89
G	72,64
H	91,01
I	84,60

**Energia metabolizável - SEM
coleta de urina**

A	4,14
B	2,55
C	625,74
D	125,29
E	26,15
F	29,12
G	1,25
H	163,63
I	36,48
J	127,15
K	3,38

3. MÉTODO DO INDICADOR OU SUBSTÂNCIA ÍNDICE

PÁG. 37 - EXERCÍCIO 1

Animal 2:

MO = **89,10%**

ENN = **59,27%**



Digestibilidade da MS

A	0,25
B	0,89
C	71,91

Digestibilidade da EB

A	0,25
B	0,89
C	4,35
D	2,42
E	84,37

Digestibilidade da MO

A	0,25
B	0,89
C	94,98
D	89,10
E	73,65

Digestibilidade dos ENN

A	0,25
B	0,89
C	55,70
D	59,27
E	70,11

Digestibilidade da PB

A	0,25
B	0,89
C	24,0
D	15,40
E	81,98

Energia metabolizável

A	4,35
B	2,42
C	0,25
D	0,89
E	24,0
F	15,40
G	1,25
H	3,67
I	19,67
J	3,42

Digestibilidade do EEA

A	0,25
B	0,89
C	12,28
D	6,23
E	85,75



III. DETERMINAÇÃO DA DIGESTIBILIDADE E ENERGIA METABOLIZÁVEL DE UM INGREDIENTE - MÉTODO DE SUBSTITUIÇÃO

(MATTERSON et al.,1965)

PÁG. 42.

Ingrediente	Cão 2
CDAMS (RT)	84,60
CDAMS (RR)	81,84
% Subst.	29,09
CDMS (%)	91,33
Ingrediente	Cão 2
CDMO (RT)	83,40
CDMO (RR)	86,66
% Subst	29,09
CDMO (%)	75,45
Ingrediente	Cão 2
CDPB (RT)	82,20
CDPB (RR)	83,30
% Subst	29,09
CDPB (%)	79,52

Ingrediente	Cão 2
CDEEA (RT)	87,30
CDEEA (RR)	88,10
% Subst	29,09
CDEEA (%)	85,35
Ingrediente	Cão 2
CDENN (RT)	82,90
CDENN (RR)	91,20
% Subst	29,09
CDENN (%)	62,67

Ingrediente	Cão 2
CDEB (RT)	83,70
CDEB (RR)	82,42
% Subst	29,09
CDEB (%)	86,82

Ingrediente	Cão 2
EM(RT)	3870,00
EM(RR)	3689,69
% Subst	29,09
EMI	4309,52

Ingrediente	Cão 2
MSD (%)	81,68
MOD (%)	60,38
PD (%)	51,15
EEAD (%)	12,43
ENND (%)	7,55
ED (kcal/kg)	3921,66



V. PROTOCOLO MÍNIMO PARA A DETERMINAÇÃO DA APETIBILIDADE (PALATABILIDADE)

PÁG. 52

CÃO	1ºDIA		2ºDIA		3ºDIA		MÉDIA	
	RIA	RIB	RIA	RIB	RIA	RIB	RIA	RIB
1	48,86	51,14	51,41	48,59	46,65	53,35	48,97	51,03
2	45,05	54,95	29,31	70,69	15,69	84,31	30,02	69,98
3	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00	0,00	100,00
4	6,61	93,39	9,43	90,57	8,79	91,21	8,28	91,72
5	15,65	84,35	44,64	55,36	51,41	48,59	37,23	62,77
MÉDIA	23,24	76,76	26,96	73,04	24,51	75,49		