

NUTRIÇÃO ANIMAL FÁCIL

Autores

Luiz Carlos Machado

Adriano Geraldo

Colaboradores

Cátia Borges

Javer Alves

Leandro Moreira

Maicon Alves Andrino

Matheus de Andrade Sousa

Mauro Ferreira

Vanilda Aparecida Aguiar

Editor

Luiz Carlos Machado

BambuÍ/MG

2011

M149n Machado, Luiz Carlos.
Nutrição animal fácil / Luiz Carlos Machado,
Adriano Geraldo. – Bambuí: [s n], 2011.
96 p. : il.

ISBN 978-85-912388-0-4

1. Nutrição animal I. Geraldo, Adriano II. Título.

CDD 636.084

Os autores



Luiz Carlos Machado nasceu em Belo Horizonte, MG. Atualmente é professor do núcleo de Zootecnia do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Bambuí. Graduado em Zootecnia pela Universidade Federal de Viçosa, fez mestrado e doutorado na Universidade Federal de Minas Gerais, realizando estudos na área de nutrição animal. Leciona disciplinas para os cursos Técnico Agrícola e Superior em Zootecnia. Na pesquisa, trabalha na avaliação de alimentos para animais. É também professor orientador do GENA, grupo de estudos em nutrição animal e atual presidente da Associação Científica Brasileira de Cunicultura. Contato: luiz.machado@ifmg.edu.br



Adriano Geraldo nasceu em Lavras, MG. Atualmente é professor do núcleo de Zootecnia do Instituto Federal de Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Bambuí. Graduado em Zootecnia pela Universidade Federal de Lavras, fez mestrado e doutorado na mesma universidade, realizando estudos na área de nutrição animal. Leciona disciplinas oferecidas ao curso Técnico Agrícola e Superiores em Agronomia e Zootecnia. Na pesquisa, trabalha na avaliação de alimentos e aditivos para animais. Contato: adriano.geraldo@ifmg.edu.br

Prefácio

Com a reformulação da grade curricular do curso técnico em Agricultura e Zootecnia do antigo Cefet Bambuí, hoje IFMG Bambuí, ocorrida em 2008, houve a criação da disciplina de Zootecnia Geral, que aborda de forma simplificada, entre outros assuntos, o processo de nutrição e alimentação dos animais. Deparamo-nos inicialmente com a dificuldade da indicação de livros que abordassem o conteúdo de forma simples e aplicada a nível médio, pois os livros de nutrição animal nacionais foram escritos para atender ao público de nível superior.

Esta obra surgiu, inicialmente, como apostila didática, no ano de 2008, partindo da necessidade de se oferecer material de boa qualidade aos alunos do 1º ano do curso técnico em Agricultura e Zootecnia, apresentando de forma simples, objetiva e aplicada os principais conceitos de nutrição e alimentação dos animais. A partir do contato com os estudantes, nesses anos, percebeu-se que o material oferecia linguagem de fácil compreensão, podendo ser utilizado também por estudantes de nível superior em início de estudo.

Chamamos a atenção para o fato de o assunto ser descrito de forma simples, prática e objetiva e propomos que, para estudos avançados, sejam consultadas outras literaturas. Traz, além de informações, grande quantidade de exercícios de variada complexidade, que poderão ser resolvidos pelos alunos individualmente, em grupo ou ainda com o auxílio do professor.

Agradecemos à Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica e parabenizamos pela brilhante ideia de apoiar a publicação de livros didáticos para as escolas técnicas, através da série “Novos Autores da EPT”. Agradecemos também aos alunos colaboradores, que muito ajudaram para garantir maior objetividade desta obra.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 - Introdução

1.1 - Porque nutrir os animais ?	08
--	----

CAPÍTULO 2 - Os nutrientes e outros grupos de substâncias

2.1 - Carboidratos	09
2.1.1 - Fibra	12
2.2 - Lipídeos (óleos e gorduras)	12
2.3 - Proteínas	14
2.4 - Minerais	16
2.5 - Vitaminas	19
2.6 - Água	20
2.7 - Exercícios de fixação	21
2.8 - Outros exercícios para pesquisa	22

CAPÍTULO 3 - Anatomia digestiva comparada e fisiologia da digestão

3.1 - Introdução	24
3.2 - Sistema digestivo dos ruminantes	25
3.3 - Sistema digestivo dos equinos e coelhos	27
3.4 - Sistema digestivo das aves	29
3.5 - Sistema digestivo dos suínos	30
3.6 - Sistema digestivo de cães e gatos	31
3.7 - Órgãos acessórios	32
3.8 - Enzimas	33
3.9 - Digestão dos carboidratos	34
3.10 - Digestão dos lipídeos	35
3.11 - Digestão das proteínas	35

3.12 - Digestão de fibras	35
3.13 - Absorção dos nutrientes	36
3.14 - Exercícios de fixação	37
3.15 - Outros exercícios para pesquisa	38

CAPÍTULO 4. Metabolismo dos nutrientes

4.1 - Metabolismo de carboidratos	39
4.2 - Metabolismo de lipídeos	40
4.3 - Metabolismo de proteínas	40
4.4 - Metabolismo dos ácidos graxos voláteis	41
4.5 - Relação insulina/glucagon	42
4.6 - Exercícios de fixação	42
4.7 - Outros exercícios para pesquisa	43

CAPÍTULO 5 - Análises bromatológicas, composição dos alimentos e controle de qualidade

5.1 - Análises bromatológicas	44
5.2 - Determinação do NDT	50
5.3 - Base em manteria natural e base em matéria seca.....	50
5.4 - Controle de qualidade na produção de rações	52
5.5 - Exercícios de fixação	52
5.6 - Outros exercícios para pesquisa	53

CAPÍTULO 6 - Digestibilidade dos nutrientes e uso da energia

6.1 - Fatores que afetam a digestibilidade dos nutrientes .	54
6.2 - Digestibilidade da energia	56
6.3 - Utilização da energia	58
6.4 - Exercícios de fixação	58
6.5 - Outros exercícios para pesquisa	59

CAPÍTULO 7 - Necessidades nutricionais

7.1 - Apresentação das necessidades nutricionais	60
7.2 - Fatores que afetam as necessidades nutricionais	62
7.3 - Exemplos de necessidades nutricionais	63
7.4 - Exercícios de fixação	67
7.5 - Outros exercícios para pesquisa	68

CAPÍTULO 8 - Principais alimentos utilizados na alimentação animal

8.1 - Alimentos proteicos	69
8.2 - Alimentos energéticos	72
8.3 - Alimentos volumosos	75
8.4 - Alimentos minerais	77
8.5 - Aminoácidos sintéticos	77
8.6 - Suplementos	79
8.7 - Outros aditivos	80
8.8 - Exercícios de fixação	83
8.9 - Sugestão de trabalho extra extraclasse	83

CAPÍTULO 9 - Cálculo de ração manual e via programação linear

9.1 - Introdução	85
9.2 - Itens necessários para cálculo de ração	85
9.3 - Cálculo de ração manual	87
9.4 - Cálculo de ração via programação linear	90
9.5 - Exercícios de fixação	92
9.6 - Outros exercícios para pesquisa	93

Referências bibliográficas

1 - Introdução

1.1 - Porque nutrir os animais?

A nutrição animal é a ciência que estuda o correto fornecimento dos nutrientes às células dos animais domésticos, e tem como objetivo final transformar recursos alimentares de menor valor nutricional em alimentos para o consumo humano de melhor valor biológico, tais como carne, ovos e leite, entre outros. A nutrição dos animais representa parcela significativa do agronegócio brasileiro, tendo grande importância econômica e social. No ano de 2010, foram produzidos mais de 60 milhões de toneladas de ração, estando o Brasil em posição privilegiada no cenário mundial. Esse setor da economia representa parcela significativa do agronegócio, tendo grande importância social, já que emprega milhões de trabalhadores, diretamente ou indiretamente.

Normalmente, as criações de interesse zootécnico são submetidas à ambientes diferentes do seu habitat natural, nos quais são privados de sua alimentação comum, devendo, assim, receber uma alimentação adequada e de acordo com suas necessidades para crescimento, manutenção e reprodução. Assim, nesta obra objetiva-se explorar os aspectos básicos da nutrição dos animais domésticos de interesse zootécnico, ressaltando os compostos nutrientes, fisiologia digestiva animal, processo de alimentação, composição dos alimentos, necessidades nutricionais, cálculo de ração, entre outros.

2 - Os nutrientes e outros grupos de substâncias

Os nutrientes são substâncias necessárias à célula para que ela mantenha sua atividade, cresça e se reproduza. Os nutrientes mais importantes são: carboidratos, proteínas (compostas por aminoácidos), lipídeos (gorduras), minerais, vitaminas e a água. Este último, nem sempre é lembrado embora saibamos que todas as reações químicas realizadas no corpo animal ocorrem em meio aquoso. Os carboidratos, lipídeos e proteínas podem ser quebrados para aproveitamento da energia contida nessas moléculas, sendo a energia essencial para todos os animais. Por fins didáticos, estudaremos também as fibras como parte integrante dos carboidratos embora essa fração alimentícia apresente também ligninas, as quais não classificadas como carboidratos.

Um conceito importante para os iniciantes em nutrição animal é a diferença entre nutrientes e alimentos, sendo esse o motivo de muita confusão. O animal irá ingerir os alimentos que serão quebrados em nutrientes os quais após absorvidos, serão direcionados à célula para utilização.

Para facilitar o estudo, dividiremos os nutrientes em grupos de substâncias:

2.1 - Carboidratos

Muitas vezes chamados de glicídios e açúcares, os carboidratos são substâncias orgânicas constituídas de carbono, hidrogênio e oxigênio e que normalmente são a maior fonte de energia para os animais. Apresentam relação de hidrogênio e oxigênio idêntica à da água, ou seja, dois átomos de hidrogênio para cada oxigênio. Os

carboidratos ganham bastante importância na nutrição animal por serem a forma de fornecimento de energia de mais baixo custo.

São inúmeras as funções dos carboidratos no corpo animal, podendo-se destacar o fornecimento de energia e a participação na estrutura do corpo como, por exemplo, nas membranas celulares. Conforme relatado, a forma mais barata de se fornecer energia aos animais é por meio dos carboidratos. Para animais ruminantes, as plantas forrageiras contêm grandes quantidades de carboidratos que gerarão grande aporte energético para o animal; para animais não ruminantes, alimentos como milho, sorgo e mandioca serão as principais fontes de carboidratos.

Os carboidratos podem ser classificados em vários grupos:

a) Monossacarídeos: São moléculas formadas por apenas uma unidade de açúcar simples, sendo geradores de energia para manutenção energética e crescimento do organismo animal. O monossacarídeo mais importante é a glicose, uma hexose formada por seis átomos de carbono, conforme pode ser visualizado na figura 01. Outros exemplos de monossacarídeos são a frutose e a galactose.

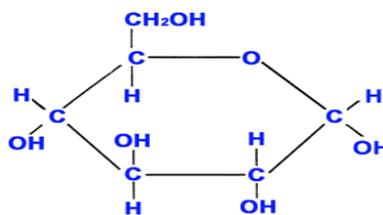


Figura 01 – Fórmula

estrutural da

molécula de glicose

b) Dissacarídeos: São açúcares formados por duas unidades de monossacarídeos. Os mais comuns são:

- Sacarose: açúcar da cana, formada por uma molécula de glicose unida a uma molécula de frutose.

- Lactose: açúcar do leite, formado pela união de uma molécula de glicose e uma de galactose.
- Maltose: Formada por duas moléculas de glicose.

c) Polissacarídeos: São carboidratos formados por várias unidades de monossacarídeos. Os polissacarídeos mais importantes são:

- Amido: Carboidrato de reserva das plantas. Formado por inúmeras moléculas de glicose unidas por ligações alfa, que são ligações facilmente quebradas pelas enzimas produzidas pelos animais. As enzimas produzidas reconhecem a ligação alfa e, assim, proporcionam a quebra pela hidrólise (quebra pela água). A ação das enzimas está descrita no item 3.7. O amido é o principal carboidrato encontrado em tubérculos, como mandioca, batata, etc. O amido também é encontrado em elevadas concentrações em grãos, como no milho, alimento que normalmente representa cerca de 60% das rações para suínos e aves.
- Celulose: Formada por moléculas de glicose, com ligações beta (β), que não são digeridas pelas enzimas produzidas pelos animais. Os animais, principalmente os ruminantes, têm toda uma flora microbiana que auxilia na digestão desses carboidratos complexos. A celulose é importante para sustentação da estrutura vegetal, estando presente na parede celular vegetal.
- Outros polissacarídeos não amiláceos (PNAs): É todo um grupo de polissacarídeos diferentes do amido, sendo os mais importantes:
 - Hemiceluloses: É um grupo de substâncias formadas pela união de moléculas de glicose unidas por ligações beta. Essa fração pode conter substâncias como xilanos, arabanos e beta

glucanos, dentre outros. A parcela solúvel da hemicelulose pode aumentar a viscosidade do bolo alimentar (digesta), dificultando o ataque de enzimas digestivas e absorção de nutrientes. Já a parcela insolúvel atua como uma estrutura física resistente ao ataque enzimático, diminuindo o aproveitamento dos nutrientes.

- Pectinas: Grupo de substâncias de alta solubilidade no sistema digestivo do animal, sendo facilmente aproveitadas. Na estrutura celular vegetal, agem com ação cimentante entre as paredes celulares laterais às células.

2.1.1 - Fibra

O termo fibra se refere aos componentes da parede celular vegetal que não são digeridos pelas enzimas produzidas pelos animais. A parede celular é parte importante da célula vegetal, fornecendo sustentação para a planta.

A fibra é composta basicamente pelos carboidratos anteriormente citados (celulose, hemiceluloses e pectinas), mais as ligninas, que são polímeros fenólicos, não carboidratos. As ligninas são extremamente insolúveis no sistema digestivo dos animais e são importantes para dar sustentação à parede celular das plantas. Quanto mais velha for a planta, maior a concentração de lignina, sendo esse aumento responsável pelo menor aproveitamento de nutrientes dos alimentos com o avançar da idade.

2.2 - Lipídeos (óleos e gorduras)

Os Lipídeos são um grupo de substâncias oleosas de caráter apolar (não se misturam com a água) que são importantes fontes de energia nas dietas dos animais. Um grama de lipídeo pode fornecer 2,25 vezes mais energia que um grama de carboidrato ou proteína. Essas substâncias são também importantes como precursores de

determinados hormônios produzidos pelo organismo animal, além de fazerem parte das membranas celulares.

Além do fornecimento de energia, quando se adiciona uma fonte lipídica na ração em níveis ótimos, pode-se obter alguns benefícios , como:

- fornecimento de ácidos graxos essenciais (linoleico, linolênico, ômega 3 e 6);
- melhoria no paladar (palatabilidade) da ração;
- redução do desgaste de equipamentos;
- favorecimento do processo de peletização;
- melhoria na digestibilidade geral dos nutrientes, pela redução da taxa de passagem em animais não ruminantes;
- possibilidade do adensamento energético, ideal para a formulação de rações de alta energia, como as fornecidas para porcas, cães e gatos.

Denominamos de **valor extra calórico** essa melhoria no valor nutricional da ração, proporcionada pela adição da fonte lipídica. Os níveis ótimos de inclusão de uma fonte lipídica variam conforme a espécie animal. Para suínos e aves, os níveis ótimos estão situados em cerca de 2-3% de inclusão. É sempre interessante fornecer uma fonte lipídica na ração, mesmo que, muitas vezes, isso irá contribuir para seu maior custo.

Os lipídeos são divididos em vários grupos e entre eles o mais importante, no contexto de nutrição animal, são os triglicerídeos, que são formados por uma molécula de glicerol unida a três moléculas de ácidos graxos, que são ácidos carboxílicos (função orgânica).

Os ácidos graxos podem ter tamanhos variados, normalmente com uma cadeia de 16 a 22 carbonos. Dentro dessa cadeia, pode haver ligações duplas entre os carbonos, que são chamadas de

insaturações. Quanto maior o número de insaturações, mais líquido tende a ser o lipídeo. Gorduras pastosas em temperatura ambiente têm baixa quantidade de ácidos graxos insaturados.



Figura 02 – Representação esquemáticas de ácidos graxos saturados (a) e insaturados (b).

Alguns ácidos graxos são essenciais para alguns animais, destacando-se os ácidos linoléico para aves e o ácido araquidônico para gatos. Assim, esses ácidos devem ser fornecidos por meio dos lipídeos da dieta.

As fontes lipídicas (óleos e gorduras) variam muito em sua composição de ácidos graxos. O óleo de soja degomado é uma fonte adequada de ácido linoléico para a maioria dos animais, sendo indicada sua inclusão nas rações em níveis ótimos. Os óleos vegetais são ricos em ácidos graxos insaturados. Já as gorduras de origem animal, principalmente a gordura bovina, são ricas em ácidos graxos saturados.

2.3 - Proteínas

As proteínas são macromoléculas orgânicas compostas de C, H, O, N, S e P, que estão associadas à constituição dos tecidos animais, como, por exemplo, pele, pêlos, chifres, músculos, etc.

Essas macromoléculas são compostas por 23 diferentes aminoácidos. O que diferencia uma proteína de outra é o balanço (quantidade) de cada um dos aminoácidos que a constituem. Podemos comparar os aminoácidos como as letras de uma palavra maior

(proteína), ou tijolos que constituem uma parede, que, em nosso caso é a proteína. Todas as células necessitam desses nutrientes, seja para sua manutenção, seja para crescimento ou reprodução.

Cada aminoácido é composto de um átomo de carbono centralizado (carbono quiral) unido a uma cadeia carbônica, um átomo de hidrogênio, um grupamento amina e um grupamento carboxílico (daí a origem do nome).

Os animais não conseguem produzir os aminoácidos a partir de compostos simples: todos devem ser ingeridos através da alimentação. Um aminoácido pode ser transformado em outro. Existem aminoácidos que são produzidos (transformados) em quantidades suficientes pelo organismo dos animais, sendo esses chamados de aminoácidos **não essenciais**. Também há aminoácidos que o organismo animal não é capaz de produzir ou produz em quantidade insuficiente, são os chamados aminoácidos **essenciais**, devendo ser fornecidos pela dieta.

Os principais aminoácidos essenciais para os animais são a lisina, metionina, treonina, triptofano valina e arginina. A importância e o grau de essencialidade de cada um variam de acordo com a espécie animal.

Atualmente, alguns aminoácidos são facilmente encontrados nas formas sintéticas e são utilizados na fabricação de rações, sendo comumente chamados de: L - LISINA HCl, DL - METIONINA, L-TREONINA, L-TRIPTOFANO, L-ARGININA. Embora alguns tenham o preço mais elevado, a utilização de L - LISINA HCL, DL METIONINA e L TREONINA já é constante na formulação de rações, sendo a sua utilização economicamente viável. Futuramente haverá maior produção dos demais aminoácidos sintéticos, havendo, assim, uma redução no seu custo, possibilitando, conseqüentemente, a sua inclusão nas rações.

2.4 - Minerais

Os minerais são nutrientes extremamente importantes para o organismo animal, pois participam da estrutura, funcionamento celular, manutenção da pressão osmótica, transporte de substâncias, transmissão de impulsos nervosos, catalisadores de reações enzimáticas, entre outras funções. Podem ser divididos em duas grandes categorias: macrominerais e microminerais.

Os macrominerais são necessários ao corpo em grandes quantidades e normalmente estão associados à estruturação e ao equilíbrio osmótico do corpo. Os macrominerais são:

- Cálcio: importante para a correta formação dos ossos, contração muscular, sendo encontrado em alta concentração no leite. A principal fonte de cálcio utilizada na formulação de rações para os animais é o calcário calcítico.
- Fósforo: importante para a formação óssea e transferência da energia gerada no processo de metabolismo. A principal fonte de fósforo utilizada na formulação de rações para animais é o fosfato bicálcico, que também fornece cálcio e disponibiliza todo o fósforo para ser utilizado pelo animal. Outra fonte de fósforo muito utilizada é a farinha de carne e ossos, que também é rica em proteína bruta.
- Sódio/Cloro/Potássio: importantes para manutenção do equilíbrio osmótico entre os fluidos celulares. As principais fontes para os animais são o cloreto de sódio e cloreto de potássio.
- Enxofre: faz parte da estrutura de algumas proteínas, sendo importante para a formação das cartilagens. Os alimentos tradicionais já contêm grande quantidade de enxofre. Caso haja

necessidade para animais ruminantes, poderá ser utilizada, como fonte, a flor de enxofre.

- Magnésio: importante para a formação óssea. A principal fonte para as rações animais é o sulfato de magnésio.

Os microminerais são exigidos em pequenas quantidades pelo animal, normalmente em mg/kg (ou ppm) ou em µg/kg (ou ppb). Na fabricação das rações animais, os microminerais são normalmente adicionados sob a forma de pré-mistura mineral (premix mineral), que é uma mistura de fontes microminerais que contêm níveis adequados dos principais microminerais para cada espécie animal. A quantidade de premix a ser adicionada na ração é indicada pelo fabricante e está descrita na embalagem do produto. Normalmente são utilizados níveis de 0,1; 0,2 ou 0,5% da ração. As fontes microminerais também podem ser parte integrante de um sal mineral. Se adicionados corretamente, dificilmente será observada carência de microminerais nos animais. Os microminerais mais importantes são:

- Ferro: faz parte da hemoglobina presente no sangue (60 a 70% do total de ferro no organismo), sendo essencial para o transporte de oxigênio. A principal fonte na alimentação animal é o sulfato ferroso (O ferro ⁺² tem alta solubilidade).
- Selênio: protege a célula, tendo função antioxidante. A principal fonte inorgânica é o selenito de sódio. Atualmente encontra-se no mercado fontes orgânicas de selênio que são mais biodisponíveis para utilização pelo animal.
- Cobre: importante para o metabolismo celular. A principal fonte utilizada é o sulfato de cobre.
- Manganês: necessário para o desenvolvimento ósseo, além de agir como ativador de algumas enzimas. A principal fonte é o sulfato de manganês.

- Iodo: importante para formação de hormônios reguladores do metabolismo. As principais fontes são o iodeto de potássio e iodato de potássio
- Zinco: muito importante no metabolismo celular, processo de multiplicação celular e como cofator na formação da casca do ovo. A principal fonte é o sulfato de zinco.

É muito comum, para planejamento, calcular a quantidade de premix a ser gasta em determinado período de tempo. Suponhamos que uma granja de aves poedeiras tenha 10.000 animais. Considerando um consumo de 110 g por animal (0,11 kg), pergunta-se: quantos dias irá durar um saco de 25 kg de premix mineral, que seja incluído em 0,1% na ração?

A resolução é simples, bastando usar regra de três, sendo esse conceito de extrema importância para o técnico. Inicialmente poderá ser calculada a quantidade de ração gasta por dia na granja: se uma galinha consome 0,11 kg/dia, quantos quilos 10.000 galinhas vão consumir em um dia? Fazendo a regra de três, encontra-se 1100 kg de ração por dia. Quantos quilos de premix serão necessários para fazer essa quantidade de ração?

Se em 100 kg de ração coloca-se 0,1 kg de premix (0,1%), quantos quilos adicionarei em 1100 kg de ração? Fazendo a regra de três, encontra-se 1,1 kg de premix por dia. Logo, deveremos verificar quantos dias irá durar o saco de 25 kg de premix, assim: Se em 1 dia consome-se 1,1 kg, em quantos dias serão consumidos 25 kg? Fazendo a regra de três, encontra-se 22,7 dias.

2.5 - Vitaminas

As vitaminas são compostos orgânicos necessários às células em baixíssimas quantidades, normalmente necessárias para que

algumas reações ocorram. Pode-se dividir as vitaminas em dois grandes grupos: as lipossolúveis e as hidrossolúveis.

As vitaminas lipossolúveis são:

- Vitamina A: presente em vários processos metabólicos dos organismos, entre os quais a reprodução, visão e ação protetora na pele e mucosa.
- Vitamina D: necessária para o eficiente metabolismo de cálcio e fósforo. A maior parte dos animais produz a substância precursora da vitamina D, sendo essa convertida a partir da luz.
- Vitamina E: possui ação antioxidante, protegendo a célula contra as ações dos radicais livres.
- Vitamina K: participa do processo de coagulação sanguínea.

Já as vitaminas hidrossolúveis são:

- Vitamina C: antioxidante, trabalha em conjunto com a vitamina E e selênio.
- Vitaminas do complexo B: são várias vitaminas que, em geral, participam do metabolismo celular.

Para fabricar uma ração, utiliza-se premix vitamínico que contém as quantidades necessárias de vitaminas para a espécie animal. Grandes fábricas podem fabricar seu próprio premix. Caso a ração seja formulada de maneira adequada, dificilmente serão observadas carências de vitaminas nos animais. Existem também no mercado vários suplementos vitamínicos para as diversas categorias animais, sendo esses fornecidos diretamente pela boca ou até mesmo injetáveis.

É muito comum utilizar um só premix para fornecimento das vitaminas e minerais. O nível de inclusão é determinado pelo fabricante desse suplemento.

2.6 - Água

Muitas vezes esquecida, na classificação de nutriente, a água é essencial à vida e pode ser considerada como um dos nutrientes mais críticos na nutrição animal. A privação da água para o animal é mais grave do que a falta de carboidratos, proteínas ou outros nutrientes. É considerada solvente universal, por dissolver grande parte das substâncias, além de participar de todas as reações químicas que ocorrem no organismo, pois as substâncias estão solubilizadas nela.

Tendo em vista as muitas funções que exerce, a água pode ser considerada o nutriente essencial mais importante para os animais. A água é o maior constituinte do corpo, e a manutenção estável de sua quantidade é rigidamente controlada nos mamíferos e aves.

Além de garantir o meio aquoso necessário para ocorrência das reações químicas, a água participa do processo de termorregulação (controle da temperatura, pois recebe grande quantidade de calor e não deixa a temperatura do corpo aumentar), participa do equilíbrio ácido-base do organismo (controle do pH celular), é essencial para a excreção de resíduos, transporte de substâncias e nutrientes no interior do organismo.

Para os animais, existem três fontes principais de água:

- Água de bebida: ingerida de forma direta pelos animais
- Água coloidal: está contida e presa nos alimentos. Uma ração possui cerca de 10% desse componente. Essa água dificilmente é utilizada pelo animal.
- Água metabólica: produzida pelo metabolismo celular final, sendo importante para animais hibernantes.

A água deve ser fornecida à vontade aos animais, sempre numa temperatura agradável. Deve ser preferencialmente potável, sem qualquer tipo de contaminação. Caso se tenha somente água de

qualidade inferior para fornecimento aos animais, ela poderá ser utilizada, mas deve-se estar ciente de que o desempenho animal será comprometido. Essa situação é comum em diversas propriedades que trabalham com bovinocultura leiteira. Há também possibilidade de tratamento dessa água, onde os custos deverão ser considerados.

É importante se preocupar com a colocação da caixa d'água, que deverá estar protegida do sol, assim como a tubulação de saída. A maioria dos animais prefere água fresca. Os bovinos preferem água morna, sendo essa essencial para a manutenção da temperatura do rumem.

2.7 - Exercícios de fixação

- a) Um produtor lhe questiona se é importante fornecer uma fonte lipídica nas rações dos animais, visto que uma fonte lipídica é cara. O que você responderia? Justifique sua resposta.
- b) Faça a diferenciação entre alimentos e nutrientes, dando dois exemplos para cada um.
- c) Uma ração animal apresenta a seguinte composição: 1) Amido: 50%, 2) proteína bruta: 16%, 3) lipídeos: 3,0% e 4) cálcio: 1,0%. Quais vão ser as funções dos itens 1, 2, 3 e 4?
- d) Todos sabem que a água é extremamente importante para todos os seres vivos. Redija um pequeno texto explicando as razões (pelo menos duas) que mostram a importância da água para os animais.
- e) A fibra é extremamente importante para o bom funcionamento do processo digestivo na maioria dos animais. Responda, de maneira simplificada, o que é fibra.
- f) Os carboidratos amido e celulose têm digestão bastante diferente para as aves. Se ambos são formados por moléculas

- de glicose, como é possível que tenham esse comportamento tão diferenciado dentro do TGI do animal? Explique.
- g) Redija um pequeno texto sobre proteínas e aminoácidos, destacando a importância e a forma de fornecimento para os animais.
 - h) Um premix para poedeiras é incluído em 0,3% na ração. Cada poedeira consome, em média, 100 gramas (0,1 kg). Numa granja onde há 2000 poedeiras, quantos dias irá durar um saco de 25 kg desse premix?
 - i) Um premix para suínos em crescimento é incluído em 0,1% na ração de suínos. Cada suíno em crescimento consome, em média, 1,5 kg de ração por dia. Numa granja que contém 500 suínos em crescimento, quantos dias irá durar um saco de 25 kg desse premix?

2.8 - Outros exercícios para pesquisa

- a) Como citado, um premix é um suplemento feito com a mistura das fontes de microminerais e vitaminas, podendo conter outros aditivos. Tente entender e explicar como podem ser feitos esses cálculos.
- b) Os ácidos graxos saturados e insaturados são bastante diferentes quanto ao ponto de fusão. Tente explicar por que isso acontece, relacionando a resposta com a estrutura química dos ácidos graxos.

3) Anatomia digestiva comparada e fisiologia da digestão

3.1 - Introdução

Quando falamos em anatomia, referimo-nos à estrutura dos sistemas, órgãos e tecidos; já a fisiologia refere-se ao funcionamento deles. A anatomia e fisiologia digestivas referem-se, então, à estrutura e funcionamento do sistema digestivo.

A fisiologia digestiva é muito diferente entre os animais, variando de acordo com espécie e com o tipo de alimento que é degradado pelo seu sistema digestivo. Essa adaptação foi extremamente importante no processo evolutivo dos animais, adaptando-o às adversas condições encontradas.

O processo de digestão dos alimentos proporciona o aproveitamento dos nutrientes e grupos de substâncias importantes que, posteriormente, serão utilizados pelo animal para sua manutenção, produção e/ou reprodução.

A digestão pode, então, ser considerada como um processo de quebra e preparação do alimento e de seus nutrientes, que geralmente se encontram em formas complexas, sendo impossíveis de serem aproveitados. Assim, haverá transformação em formas mais simples e de menor tamanho (monossacarídeos, aminoácidos, ácidos graxos) para que possam ser absorvidos pela parede do sistema digestivo (intestino delgado) e, então, encaminhados para metabolismo nas células.

A digestão pode ser enzimática ou fermentativa; na primeira, as enzimas digestivas produzidas pelo animal serão as responsáveis pela quebra (digestão) dos nutrientes já na segunda, enzimas produzidas por micro-organismos serão necessárias para quebra e o produto

formado será fermentado num meio anaeróbico (ausente de oxigênio), gerando ácidos graxos de cadeia curta (ácidos graxos voláteis, ou AGVs), os quais são utilizados no metabolismo energético do animal.

A seguir, serão descritos os sistemas digestivos dos principais animais domésticos, enfatizando suas diferenças e adaptações.

3.2 - Sistema digestivo dos ruminantes

Os animais ruminantes (bovinos, caprinos, ovinos, búfalos, entre outros) possuem estômago complexo, dividido em quatro cavidades denominadas rúmen, retículo, omaso e abomaso (ou pança, barrete, folhoso e coagulador, respectivamente), sendo este último considerado o estômago verdadeiro. Após o abomaso, há o intestino delgado, seguido do intestino grosso, que também é muito desenvolvido.

O rúmen funciona como uma câmara fermentativa, como será discutido posteriormente. Em ruminantes, há o retorno do alimento ingerido para remastigação na boca do animal, sendo esse processo interessante para maior eficiência da digestão, pois o tamanho da partícula será diminuído por essa ação (figura 04). Além disso, a saliva apresenta efeito tamponante (evita variações bruscas de pH), sendo essa característica importantíssima para a manutenção da flora ruminal. A partir da fermentação microbiana, haverá maior disponibilidade de energia e geração de proteína microbiana para o animal, conforme será apresentado posteriormente.

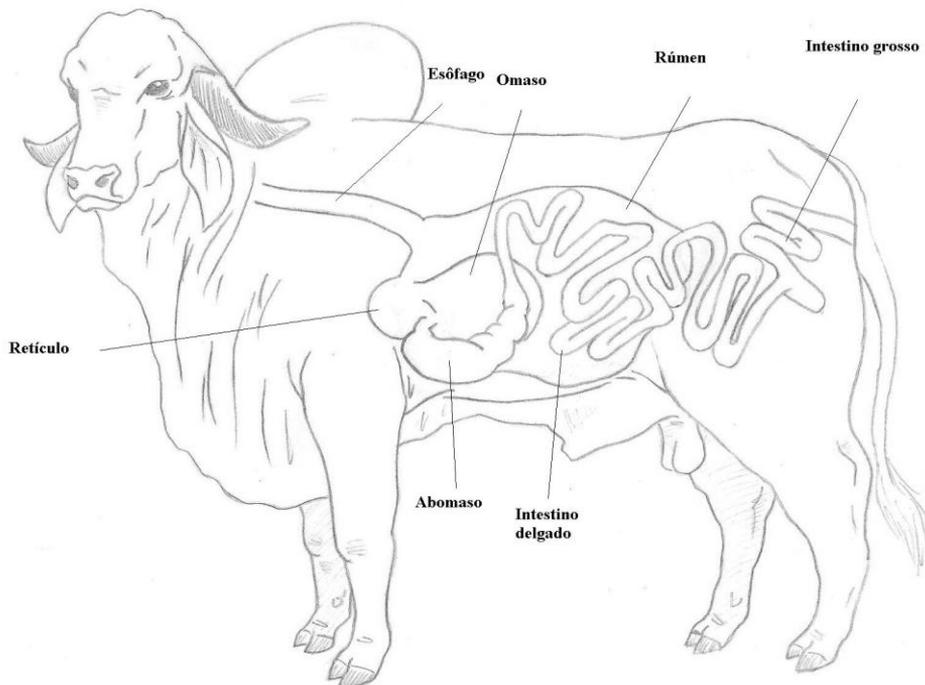


Figura 03 – Tubo digestivo dos ruminantes (cortesia de Matheus A. Sousa)

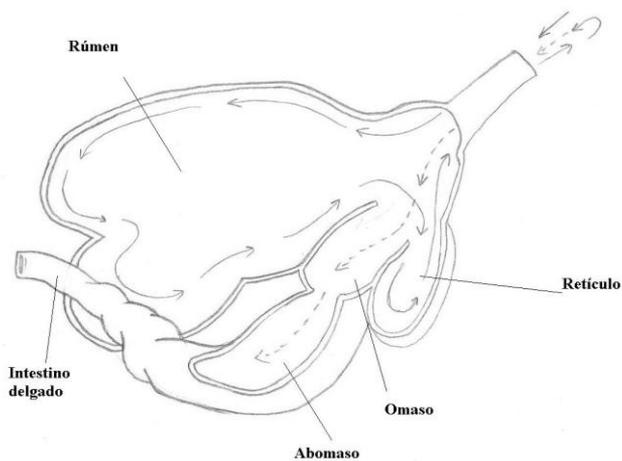


Figura 04 – Trajeto do alimento após ingestão pelo ruminante (Cortesia de Matheus A. Sousa)

3.3 - Sistema digestivo dos equinos e coelhos

Os eqüídeos são um grupo de animais herbívoros, não ruminantes (monogástricos). O primeiro compartimento (estômago) é pequeno (apenas 9 % do total). Associado a isso, há o fato de as plantas forrageiras possuírem alta taxa de fibra, apresentando normalmente baixo valor nutritivo. Isso implica a necessidade do fornecimento de alimento várias vezes ao dia ou o ato de esse animal pastejar em grande parte do dia. Outra particularidade é o fato de o ceco e cólon serem extremamente grandes, o que possibilita o aproveitamento de carboidratos fibrosos, em razão de fermentações microbianas, havendo a formação de ácidos graxos voláteis (AGVs) dentre outros nutrientes, importantes para metabolismo energético do animal. Esses AGVs serão absorvidos pelas paredes do ceco e cólon e contribuirão significativamente para a manutenção energética do animal. Um eqüídeo de 500 kg de peso vivo possui um aparelho digestivo de capacidade total de cerca de 130 litros.

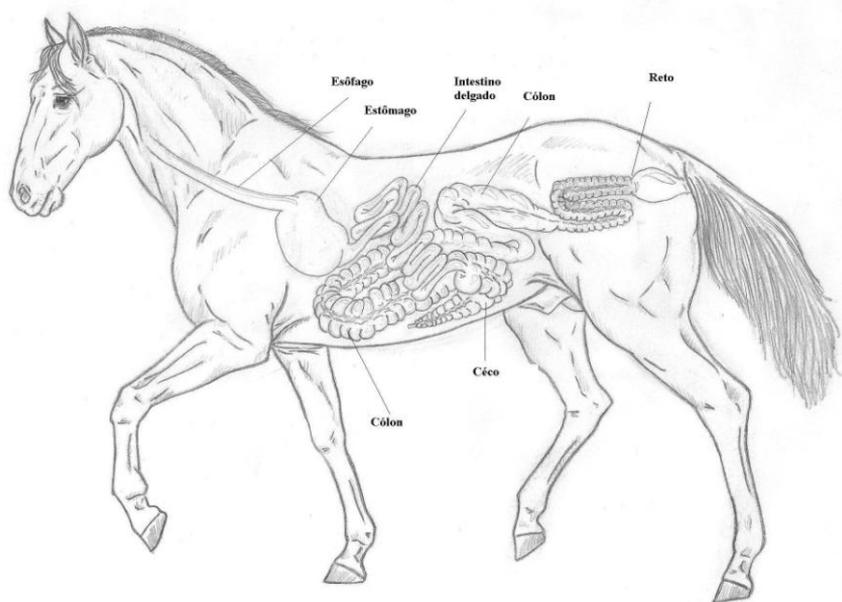


Figura 05 – Tubo digestivo do cavalo (Cortesia de Matheus A. Sousa)

Coelhos também são animais herbívoros, não ruminantes, cuja maior particularidade é ter um ceco (primeira porção do intestino grosso) bem desenvolvido; assim, esse local trabalha como uma câmara fermentativa, produzindo AGVs, que são fontes de energia para os animais, como ocorre com os ruminantes. Os coelhos têm uma particularidade única entre os animais domésticos, pois realizam a cecotrofia, que é a reingestão do material fermentado no ceco. Esse material é rico em proteína microbiana, ácidos graxos voláteis, sais minerais e vitaminas hidrossolúveis provenientes dos micro-organismos presentes no ceco. Não se deve confundir as fezes, comumente vistas nos coelhários abaixo das gaiolas, com os cecotrófos, sendo esse de difícil observação.

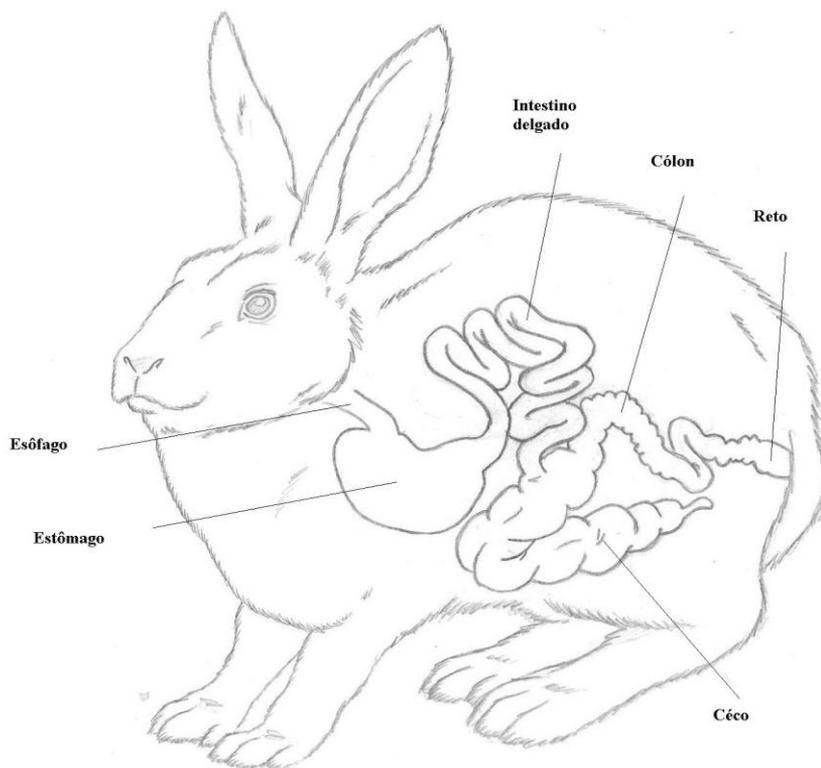


Figura 06 – Tubo digestivo dos coelhos (Cortesia de Matheus A. Sousa)

Quando os equinos e coelhos ingerem alimento de baixo valor nutricional, haverá aumento da quantidade ingerida e da taxa de passagem, diferentemente dos animais ruminantes, que tendem a diminuir a ingestão geral de alimentos nessas mesmas condições.

Dietas completas para esses animais devem apresentar quantidades apreciáveis de fibra, que é extremamente importante para a garantia do bom funcionamento do sistema digestivo.

3.4 - Sistema digestivo das aves

As aves são animais onívoros (alimentam-se de alimentos de origem animal e vegetal). O sistema digestivo é muito curto, apresentando uma dilatação no esôfago chamada de papo. Após o

papo, há o estômago químico (proventrículo), e a moela, que trabalha como estômago mecânico, triturando os alimentos, pois as aves não têm dentes, como nos mamíferos. Em seguida, há o intestino delgado, que é dividido em duodeno, jejuno e íleo, seguido do intestino grosso, que possui dois cecos (bissaculado). Neste último, pode ocorrer alguma fermentação, que não representa uma fonte de energia importante para as aves (baixíssima contribuição, praticamente desprezível). As aves apresentam baixo número de papilas gustativas, que são importantes como sensores de paladar; sendo assim, aceitam quantidades apreciáveis de alimentos de baixa palatabilidade.

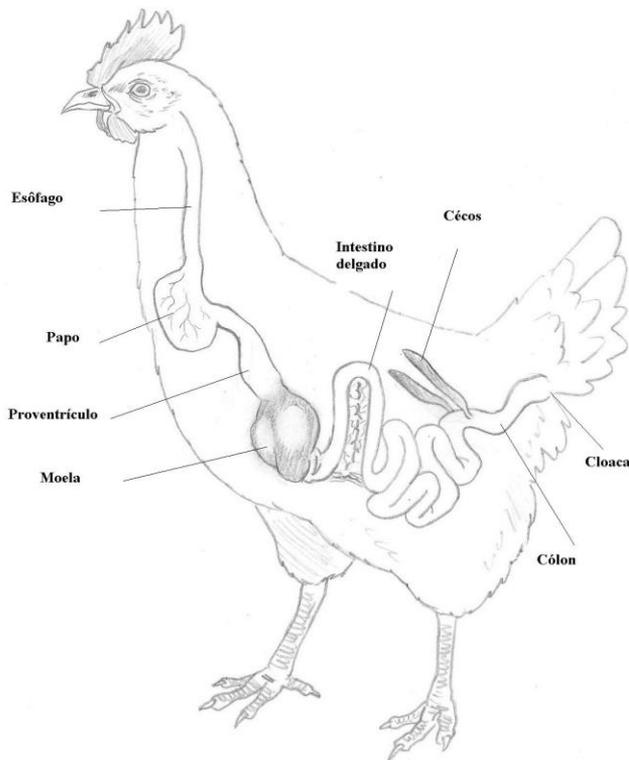


Figura 07 – Tubo digestivo da galinha (Cortesia de Matheus A. Sousa)

3.5 - Sistema digestivo dos suínos

Os suínos são animais onívoros. O sistema digestivo dos suínos é medianamente longo e assemelha-se ao dos humanos. É composto de estômago, intestino delgado (dividido em duodeno, jejuno e íleo) e intestino grosso. No intestino grosso, pode-se dizer que ceco e cólon são medianamente desenvolvidos, principalmente em animais adultos, nos quais pode haver aproveitamento significativo da fibra pelo processo de fermentação no ceco e cólon. Diferentemente das aves, os suínos apresentam elevado número de papilas gustativas e, principalmente nas primeiras fases da criação, há necessidade de utilização de alimentos mais palatáveis.

A fisiologia digestiva do leitão está adaptada principalmente para digestão de lactose. Dietas iniciais para esses animais devem conter grandes quantidades de derivados láteos, como lactose ou leite em pó. Os leitões apresentam também baixa capacidade de digestão de alguns nutrientes, como amido e lipídeos. Dietas pré-iniciais para esses animais devem ser elaboradas com base em ingredientes que proporcionem alta digestibilidade de seus nutrientes, tais como soja extrusada, milho gelatinizado, etc.

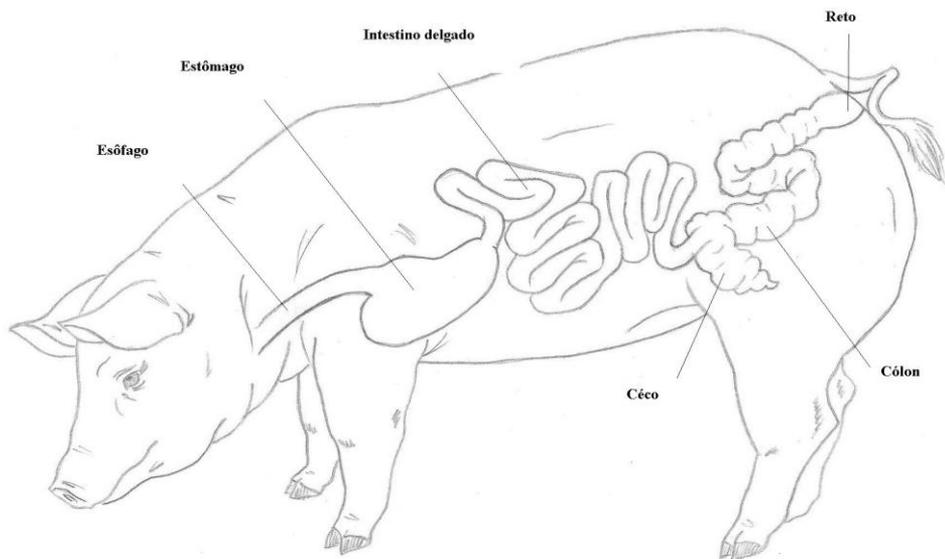


Figura 08 – Tubo digestivo dos suínos (Cortesia de Matheus de Andrade Sousa)

3.6 - Sistema digestivo de cães e gatos

Esses animais são carnívoros e têm o sistema digestivo relativamente curto. Ao longo da domesticação dos cães, durante milhares de anos, houve tendência de esses animais serem também onívoros, pois ingeriam grande quantidade de sobras vegetais da alimentação humana. Atualmente, rações para cães apresentam quantidade significativa de ingredientes de origem vegetal, que auxiliam na boa formação do conteúdo fecal. Uma quantidade mínima de fibra é importante para a correta elaboração do bolo fecal. Já o gato permanece como um animal carnívoro restrito. Rações para esses animais deverão ter alta inclusão de ingredientes de origem animal.

Durante o processo evolutivo necessitavam de um estômago grande e eficiente, haja vista a dificuldade de alimentação e baixa disponibilidade de presas. A digestão de proteínas e lipídeos é muito

eficiente. Praticamente não há fermentação microbiana no intestino grosso desses animais.

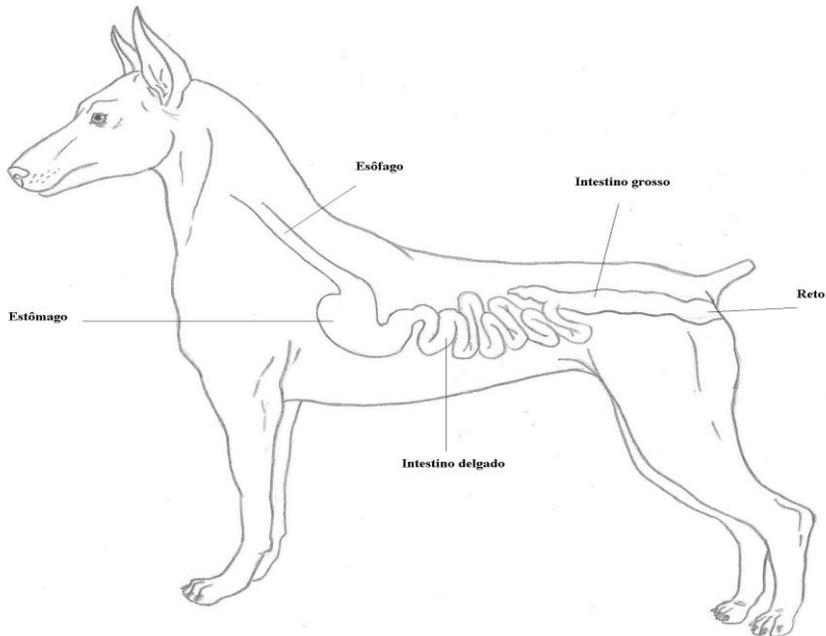


Figura 09 – Tubo digestivo de cães (Cortesia de Matheus de Andrade Sousa)

3.7 - Órgãos acessórios

Há outros órgãos importantes que auxiliam no processo digestivo dos animais:

Fígado: Secreta a bile, que é essencial para a digestão das gorduras. Funciona também, integrado ao rim, como filtro do corpo, auxiliando na desintoxicação, produzindo substâncias que serão filtradas pelo rim e excretadas pela urina. É também o órgão central do metabolismo de carboidratos, lipídeos e aminoácidos.

Vesícula biliar: Armazena e concentra a bile, potencializando sua ação. Está ausente em alguns animais, como nos equinos. A bile funciona como um sabão do corpo, pois prepara as gorduras para

serem digeridas no meio aquoso, num processo denominado emulsificação, havendo formação de pequenas gotículas denominadas micelas, que poderão ser atacadas pelas enzimas lípases.

Pâncreas: Secreta o suco pancreático que contem grande parte das enzimas digestivas, tais como tripsina, quimotripsina, amilase pancreática, etc. O suco pancreático é importante também para a neutralização do bolo alimentar que está vindo do estômago, pois desse órgão há produção de ácido clorídrico. O pâncreas produz também insulina e glucagon, que são hormônios-chave para a regulação do metabolismo, como será discutido posteriormente.

3.8 - Enzimas

As enzimas são proteínas que apresentam função catalítica (quebra), reduzindo a energia de ativação, que é a energia necessária para que a reação aconteça. A maior parte catalisa reações de hidrólise, ou seja, quebra pela água. As enzimas podem ser consideradas como catalisadores orgânicos, facilitando as reações do metabolismo celular. A digestão dos animais leva algumas horas para ser realizada e demoraria dias, caso não houvesse a atuação das enzimas.

Toda enzima tem um alvo (substrato) específico. Uma enzima que digere um lipídeo é chamada de lipase; uma que digere amido é chamada amilase; contudo, algumas nomenclaturas de enzimas não seguem essa regra.

Toda enzima tem um pH ótimo, que potencializa sua ação. No estômago, por exemplo, há liberação de ácido clorídrico, que contribui para abaixamento do pH e, assim, potencializa a ação da pepsina (enzima produzida no estômago). Já no intestino delgado, as enzimas

trabalharão em pH próximo ao neutro, sendo o suco pancreático e a bile essenciais para neutralização do bolo alimentar.

3.9 - Digestão dos carboidratos

O amido, principal forma de armazenamento de energia das plantas, é facilmente quebrado pelos animais. Em mamíferos, há secreção da enzima amilase na saliva. Ao chegar ao intestino delgado, o bolo alimentar recebe a enzima amilase pancreática, vinda do suco pancreático. Assim, a partir da quebra de alguns polissacarídeos, entre eles o amido, há formação de moléculas de glicose, que são absorvidas pelas paredes do intestino e encaminhadas ao fígado para metabolismo, através da corrente sanguínea. Os carboidratos fibrosos, como a celulose e hemiceluloses, serão discutidos posteriormente.

A presença de polissacarídeos não amiláceos (xilanos, beta glucanos, arabanos, etc) em dietas com ingredientes de origem vegetal reduz a absorção dos nutrientes nos alimentos, prejudicando, assim, o processo digestivo, pois esses elementos protegem o conteúdo celular, que é rico em nutrientes, além de aumentarem a viscosidade do bolo alimentar. Atualmente, pode ser utilizada adição de um complexo enzimático formado por carboidrases (α -galactosidase, galactomananase, xilanase, β -glucanase), que atuam promovendo a hidrólise desses compostos, disponibilizando nutrientes para absorção.

3.10 - Digestão dos lipídeos

Sabemos que lipídeos não são solúveis em meio aquoso. Assim, o corpo animal desenvolveu uma importante estratégia para digestão de lipídeos. Numa cozinha, para retirada do óleo, pode ser utilizado detergente ou sabão, que promoverão a solubilização do óleo

no meio aquoso. Nos animais, esse papel é feito pela bile e é chamado de emulsificação.

Os óleos e gorduras sofrem ação do estômago, para reduzir o tamanho das partículas. Logo, no intestino delgado, recebem a bile, que emulsifica a gordura, havendo formação de micelas (pequenas gotículas de gordura), facilitando o trabalho das enzimas. Em seguida, há a ação da lipase pancreática, que cataliza a digestão dos lipídeos formando ácidos graxos, que são absorvidos pelas paredes do intestino delgado e enviados ao fígado para metabolismo.

3.11 - Digestão das proteínas

A quebra das proteínas começa no estômago, no qual há ação da pepsina, que quebra a proteína em pedaços menores, e do HCl, que desnatura as proteínas. Esses pedaços menores são denominados de peptídeos e variam de tamanho. Ao chegar ao intestino, o bolo alimentar recebe as enzimas tripsina, quimotripsina, além de outras, que digerem as proteínas. Assim, haverá liberação dos aminoácidos, que serão absorvidos pelas paredes do intestino e encaminhados ao fígado para metabolismo.

3.12 - Digestão de fibras

Os mamíferos e aves não secretam enzimas que digerem as fibras. Os animais ruminantes e os animais que possuem ceco e cólon funcionais contêm uma flora microbiana em alguns compartimentos do sistema digestivo (rúmen, intestino grosso) que auxiliam na digestão destas fibras.

Assim, os micro-organismos anaeróbicos (aqueles que sobrevivem em baixíssimas concentrações de oxigênio) que habitam

esses compartimentos secretam enzimas, que irão atuar sobre os carboidratos fibrosos, como a celulose e hemicelulose, havendo a liberação de glicose, que será fermentada, com posterior formação de ácidos graxos de cadeia curta (ácidos graxos voláteis), os quais são importantes como fontes de energia para esses animais. Esses microorganismos, quando digeridos no abomaso dos ruminantes, irão fornecer parcela significativa de proteína microbiana de excelente qualidade nutricional.

3.13 - Absorção dos nutrientes

A parede do intestino delgado está preparada para garantir grande absorção dos nutrientes. O tamanho desse órgão é variável, podendo conter de 1 metro, a vários metros, conforme a espécie.

Se ampliada num microscópio, a parede do intestino delgado apresenta invaginações denominadas cristas. Cada crista apresenta grande número de vilosidades e cada vilosidade apresenta um capilar sanguíneo, que será importante na captação e distribuição do nutriente. Acima das vilosidades, estão as microvilosidades, estruturas diminutas responsáveis pela absorção. Todo esse sistema complexo é necessário para garantir maior aproveitamento dos nutrientes, com conseguinte distribuição para o corpo do animal, principalmente para o fígado, para que seja realizado metabolismo.

3.14 - Exercícios de fixação

- a) Dos seguintes alimentos, qual terá o pior aproveitamento da energia contida nos alimentos para aves? Milho (muito amido e pouca fibra), óleo (muito lipídeo e nenhuma fibra) ou farelo de trigo (pouco amido e muita fibra)? Explique.

- b) O cavalo é um animal que não produz enzimas capazes de digerir a celulose contida nas forrageiras. Mesmo assim, sabemos que esse animal, de grande porte, consegue a energia que precisa para sobreviver a partir de uma alimentação baseada em forragem. Explique, então, de maneira simples e objetiva, como este animal consegue aproveitar esse polissacarídeo.
- c) Como é o sistema digestivo de animais ruminantes. Faça um desenho explicativo e indique o que ocorre em pelo menos duas cavidades.
- d) Suponha que um suíno esteja ingerindo farelo de soja, que é rico em proteína. Explique o que está acontecendo fisiologicamente (em relação à proteína) em seu sistema digestivo. Não se preocupe com nome de enzimas; tente mostrar que você entendeu o processo.
- e) Explique de maneira simplificada por que os animais ruminantes apresentam maior capacidade para digestão da fibra, quando comparados a outros animais.
- f) O milho e o farelo de trigo têm energias brutas semelhantes, ou seja, cerca de 3900 kcal/kg. Se considerarmos a energia metabolizável, veremos que esses ingredientes apresentam 1824 kcal/kg (farelo de trigo) e 3381 kcal/kg (milho). Explique essa diferença.

3.15 - Outros exercícios para pesquisa

- a) Sabemos que gatos são animais carnívoros restritos e que a fisiologia desse animal está adaptada principalmente à digestão de proteína e lipídeos. Assim, argumente como deve ser a

elaboração de uma ração para gatos.

- b) Como citado no texto, a bile atua como um sabão. Pesquise sobre o mecanismo de formação das micelas a partir da bile. Procure detalhar.

4. Metabolismo dos nutrientes

Metabolismo e digestão são assuntos normalmente confundidos entre os alunos. A digestão ocorre na luz intestinal e o metabolismo, no interior das células.

O metabolismo pode ser entendido como o conjunto de reações de síntese e quebra que ocorrem no interior das células. É assunto de extrema complexidade, explorado em nutrição animal avançada, em cursos de nível superior. Conforme análise crítica do professor, esse tema pode não ser abordado em cursos de nível médio. Neste livro, o objetivo é fornecer uma **noção básica** dos principais destinos metabólicos dos nutrientes.

Após a absorção, os nutrientes caem na circulação sanguínea ou linfática e são direcionados principalmente ao fígado. Esse órgão é constituído de células denominadas hepatócitos, no interior das quais ocorre grande parte das reações do metabolismo. Em seguida, o sangue leva os nutrientes transformados para o restante do corpo. Dependendo do nutriente e da espécie, pode haver outro local de metabolismo.

4.1 - Metabolismo dos carboidratos

Quando um animal se alimenta, o fígado recebe a glicose, advinda em grande parte da digestão do amido, e cria uma reserva de carboidratos denominada glicogênio, que sustentará o animal durante algum tempo. Nesse momento, a insulina é muito importante. Assim que é satisfeita a reserva de glicogênio do fígado, o organismo estoca os carboidratos, transformando-os em gordura para armazenamento no tecido adiposo (células que armazenam gorduras). Um animal que

ingerir excesso de carboidratos, por um tempo prolongado, tenderá a ter maior volume de tecido adiposo.

Dentro dos hepatócitos, a glicose é direcionada para a produção de energia em uma série de reações. Assim, a energia dessa molécula é transferida e armazenada em uma molécula denominada ATP (adenosina trifosfato), que será utilizada pelas células como fonte de energia.

Caso falte glicose para o animal, ele poderá converter aminoácidos em glicose, o que não é interessante economicamente, visto que as fontes de aminoácidos têm alto custo e haverá gasto de energia para obtenção de ATP a partir do mesmo. Em dietas para gatos, é comum o fornecimento de parte da energia necessária a partir de aminoácidos. Para outros animais, esse processo não é economicamente interessante.

4.2 - Metabolismo dos lipídeos

Os lipídeos que chegam ao fígado podem ser usados como fonte de energia imediata ou serem armazenados no tecido adiposo. Assim, quando o corpo necessitar, essa reserva energética pode ser acionada para a produção de energia, pela quebra do ácido graxo, com posterior produção de ATP.

Em suínos, a formação de lipídeos pode ocorrer no tecido adiposo. Nas aves, a síntese de lipídeos ocorre somente no fígado. Assim, os lipídeos da gema são sintetizados no fígado e transportados via corrente sanguínea até a sua deposição no folículo (gema).

4.3 - Metabolismo das proteínas

Os aminoácidos que são absorvidos adentram a corrente sanguínea até chegarem ao fígado. Nesse órgão, dependendo das necessidades do animal, os aminoácidos podem ser convertidos em energia, ser quebrados e ter seu esqueleto carbônico armazenado, ou serem ainda direcionados para a renovação e formação de tecidos, como o tecido muscular.

O corpo não consegue armazenar os aminoácidos, sendo o excesso eliminado. Assim, rações com concentração de proteína acima da exigência nutricional do animal, além de serem mais caras, não proporcionam maior ganho de peso e a excreção desses excessos é extremamente prejudicial ao meio ambiente. Além disso, o corpo do animal gasta energia para a quebra e eliminação de nitrogênio proveniente do excesso de proteína na dieta.

Os animais excretam o excesso de nitrogênio corporal de diferentes formas: as aves secretam na forma de ácido úrico; os mamíferos na forma de ureia; e os peixes secretam a amônia diretamente na água, através de suas brânquias.

4.4 - Metabolismo dos ácidos graxos voláteis (AGVs)

Dentro de uma câmara fermentativa, como o rúmen, mediante ação microbiana, carboidratos fibrosos são quebrados, gerando principalmente glicose. Em meio anaeróbico, haverá fermentação da glicose, produzindo ácidos graxos voláteis (AGVs).

Os AGVs são ácidos carboxílicos de cadeia curta e os mais importantes são o ácido acético, o ácido propiônico e o ácido butírico. Em ruminantes, o ácido propiônico é convertido à glicose, para a

geração de energia. Os outros dois são convertidos em gordura. Também em animais não ruminantes esses AGVs são produzidos, absorvidos e enviados para o metabolismo energético. A contribuição energética irá variar de acordo com cada animal. Grande parte da energia necessária para crescimento e manutenção de equinos vem desse processo.

4.5 - Relação insulina/glucagon

A insulina, produzida pelo pâncreas e encaminhada ao sangue, é o hormônio da saciedade e quando a relação insulina/glucagon no sangue está alta, o corpo animal tende a acumular reservas, como por exemplo, o glicogênio no fígado. O estoque de glicogênio corporal é limitado e, assim, o corpo irá armazenar o excesso de carboidratos sob a forma de lipídeos, após uma série de reações do metabolismo.

Já o glucagon é o hormônio do jejum e sua concentração sanguínea é alta nesse momento, o que proporciona quebra de carboidratos, lipídeos e até proteína armazenada, para provimento de energia. Assim, animais de produção devem sempre receber alimentação em horários pré-definidos e a ausência dessa alimentação proporcionará perdas econômicas.

4.6 - Exercícios de fixação

- a) De uma maneira simples, responda o que está acontecendo no metabolismo dos animais no período de jejum, ou seja, numa situação em que o animal esteja a horas sem se alimentar.
- b) De uma maneira simples, responda o que está acontecendo no metabolismo dos animais, logo após a ingestão de alimentos.
- c) Imagine que um cachorro está muito obeso. Explique,

- metabolicamente, como esse animal poderá perder peso e sair do estado de obesidade.
- d) Um animal que não era alimentado a horas está recebendo uma ração. Após certo tempo, ele ingeriu uma quantidade de amido muito grande. Cite quais serão os destinos possíveis da glicose absorvida pelo animal.
 - e) Um gato está recebendo uma dieta desbalanceada, com baixíssima quantidade de amido e alta quantidade de proteína. Cite, de maneira clara e objetiva, como esse animal conseguirá toda a glicose necessária para satisfazer seu corpo.

4.7 - Outros exercícios para pesquisa

- a) Tente montar um esquema relacionando várias rotas metabólicas, tais como glicolise, formação de glicogênio, ciclo dos ácidos tricarboxílicos, formação de ácidos graxos, degradação de aminoácidos, etc. Perceba que é assunto de alta complexidade. Para isso, será necessário consultar livros de bioquímica ou livros de nutrição que abordem metabolismo animal.

5) Composição dos alimentos, análises bromatológicas e controle de qualidade

Para formular uma ração, é essencial saber o valor nutritivo de cada alimento, ou seja, quanto haverá de cada nutriente nos alimentos. Para quantificar esse valor nutritivo, são necessárias algumas análises. O método tradicional de análise, comumente utilizado nas fábricas de ração, é o proposto pela estação experimental de Wende em que a amostra é dividida em várias partes e vários grupos de compostos, conforme mostrado na figura 10.

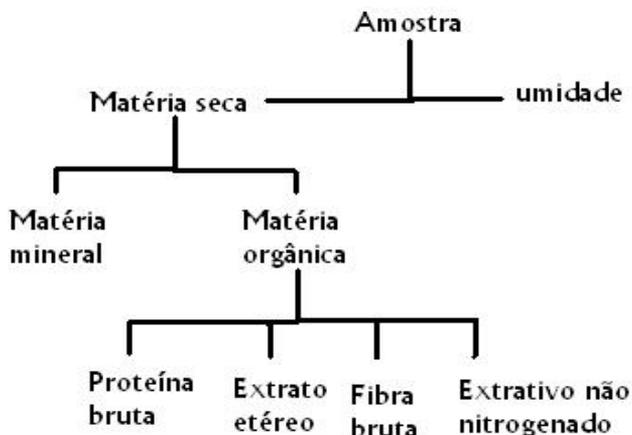


Figura 10 – proposta de divisão do alimento pelo método de Wende

A intenção deste livro não é a de descrever a metodologia para cada análise. Para isso, outros livros ou o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal poderão ser consultados.

5.1 - Análises bromatológicas

As análises bromatológicas são análises físico-químicas realizadas para quantificar o teor dos nutrientes (valor nutritivo) ou

grupos de substâncias importantes nos alimentos. Essas análises são importantes também para garantir a qualidade na produção de ração, pois o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (Mapa) exige que todas as rações registradas apresentem níveis de garantia máximos e mínimos expressos nos rótulos.

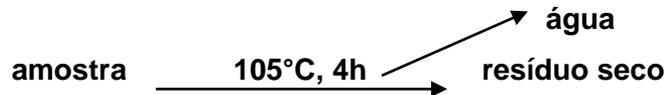
As análises começam antes mesmo do laboratório. No campo deverá ser realizada amostragem. A amostragem é um conjunto de procedimentos necessários para que se garanta a representatividade da amostra. Quando a fábrica recebe uma carreta de 20 ton. de milho, somente uma fração muito pequena (0,5 kg) será destinada ao laboratório. Essa fração deverá representar todo o carregamento de milho. Assim, é necessária a utilização de equipamentos, como sondas de profundidade para amostrar carretas e caladores para amostrar sacarias, tomando diferentes pontos e profundidades. O principal critério deve ser o bom senso do amostrador. Para amostragem de plantas forrageiras, um quadrado oco de proporções definidas deverá ser utilizado. Esse quadrado deverá ser lançado em várias partes do terreno, coletando-se a forragem no interior do quadrado. Quanto maior for a área amostrada, maior número de coletas deverá ser feita, sendo o local escolhido de forma aleatória.

Coletado o material, ele deverá ser moído, pois as análises devem ser realizadas em material homogêneo. Assim, deverá ser utilizado moinho com peneira de 1 mm.

Materiais com mais de 20% de umidade poderão embuxar o moinho e não serem moídos, sendo necessária pré-secagem durante 72h numa temperatura de 60°C, utilizando-se para isso uma estufa com circulação de ar forçado. Esse procedimento é bastante comum para preparo de forrageiras, fezes e carcaças.

As análises mais importantes serão descritas a seguir:

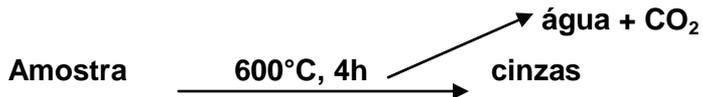
Matéria seca (MS): Dentro do alimento, o que não é umidade (água) chamamos de matéria seca, sendo o somatório de todos os demais nutrientes. Assim, nesta análise, levamos a amostra à estufa aquecida a 105°C, durante 4 horas, para que possa perder toda a umidade.



Quando comparamos o teor dos nutrientes contidos nos alimentos, comparamos com base na matéria seca, pois o teor de umidade interfere na quantidade de nutrientes dentro de cada alimento; quanto maior o teor de água, menor tenderá a ser o conteúdo dos demais nutrientes. Todo rótulo de ração deve especificar o conteúdo máximo de umidade. O somatório percentual de água e MS sempre deverá ser 100. Assim, se tivermos em um ingrediente cerca de 89% de MS, logo este terá 11% de umidade. Para cálculo da matéria seca, devemos verificar o peso do resíduo seco e dividi-lo pelo peso da amostra, multiplicando o resultado por 100. Poderá ser resolvido também por regra de três, sendo o peso da amostra inicial considerado 100%.

Como em fábricas de ração, muitas vezes os resultados deverão ser rápidos, é comum também a utilização de equipamentos eletrônicos que detectam o teor de umidade de grãos de forma rápida. É muito comum a utilização do determinador universal de umidade.

Matéria mineral ou cinzas (MM): Consiste na oxidação total da matéria orgânica, restando, assim, os minerais existentes na amostra. Esse processo ocorre sempre que um pedaço de madeira é queimado e observamos as cinzas, ricas em minerais, comumente oferecidas para fertilizar plantas.



Essa análise não mostra quais são os minerais existentes e nem quais as suas quantidades, mas nos dá noção do conteúdo total deles. Todo rótulo de ração deve especificar o conteúdo máximo de matéria mineral. Para cálculo da MM, devemos verificar o peso do resíduo de cinzas e dividi-lo pelo peso da amostra, multiplicando o resultado por 100. Poderá ser resolvido também por regra de três, em que o peso da amostra inicial deverá ser considerado 100%.

Proteína bruta (PB): O teor de proteína bruta de um alimento é essencial para que se faça uma ração para qualquer animal. Para realização dessa análise, comumente é utilizado o método Kjeidahl, através de uma seqüência de reações o nitrogênio (N) é quantificado. Como a média de N nas proteínas é de 16%, multiplica-se o teor deste último por 6,25, pois o teor de PB será 6,25 vezes maior que o teor de nitrogênio ($100/16 = 6,25$). Grande parte do N analisado não está contido em aminoácidos, assim nem toda a proteína determinada é realmente proteína. Todo rótulo de ração deverá apresentar o nível de PB mínimo. Esse método não analisa somente nitrogênio advindo de proteína. Outras substâncias nitrogenadas podem estar presentes na amostra, tais como nitrito, nitrato, ácidos nucleicos, aminas, amidas, ureia, etc. Se analisarmos a ureia, veremos que contém cerca de 44,8% de nitrogênio, que multiplicado por 6,25, nos dará o valor de 280% de proteína bruta. É possível haver mais de 100% de proteína na amostra? Não, na verdade, isso é um erro proporcionado pelo método que analisa nitrogênio em vez de analisar a proteína. Sabidamente, a ureia não apresenta proteína alguma. Infelizmente, empresas não idôneas costumam adicionar ureia às rações de animais não

ruminantes, a fim de elevar os níveis de proteína e oferecer um produto de baixo custo.

Extrato etéreo (EE): Essa análise quantifica substâncias de natureza lipídica, sendo importante também para uso no cálculo dos nutrientes digestíveis totais (NDT). Todas as substâncias apolares solúveis em éter serão determinadas nessa análise, tais como pigmentos, ceras, etc. O teor de extrato etéreo pode influenciar diretamente no armazenamento de alimentos e rações, pois rações com alto nível deterioram-se facilmente. Todo rótulo de ração deve apresentar nível mínimo de extrato etéreo. Para cálculo do EE, devemos verificar o peso do resíduo de óleo e dividi-lo pelo peso da amostra, multiplicando o resultado por 100. Poderá ser resolvido também por regra de três, em que o peso da amostra inicial deverá ser considerado 100%.

Análises de fibra: Essas análises consistem em submeter a amostra a diferentes soluções, considerando que o conteúdo celular, normalmente composto por proteína, lipídeos, amido, será dissolvido na solução e o resíduo fibroso insolúvel poderá ser quantificado após filtração. É interessante a comparação com um chá que ingerimos, jogando o resíduo fibroso fora. Aqui, nosso objetivo é exatamente o contrário, ou seja, jogar o líquido fora e trabalhar com o resíduo. Conforme a solução utilizada, existem algumas diferentes metodologias para determinação da fibra.

Fibra bruta (FB): É parte da fibra resistente ao tratamento sucessivo com um ácido forte e uma base forte diluídos, quantificando o conteúdo total de fibra de um alimento ou dieta. Devido à existência de alguns erros referentes à metodologia analítica, este método subestima o conteúdo total de fibra, além de fornecer pouquíssimas informações sobre a sua qualidade, pois a fibra bruta é composta por substâncias de características muito diferentes. Para equilíbrio da fração fibrosa de

uma ração, não é adequado utilizar a FB. Assim, o pesquisador Van Soest, em 1963, propôs a divisão da fibra mediante o uso de detergentes. Mesmo assim, a análise de FB é ainda utilizada nas indústrias de rações, pois todo rótulo deve apresentar o conteúdo máximo de matéria fibrosa.

Fibra em detergente neutro (FDN): consiste na exposição da amostra ao detergente neutro e deixar em fervura durante 60 minutos. O resíduo fibroso obtido após filtração é chamado de FDN. Esse método quantifica a parede celular da célula vegetal, sendo rica em lignina, celulose e hemicelulose. Para formulação de ração para algumas espécies, principalmente ruminantes, é essencial conhecer o conteúdo total de FDN.

Fibra em detergente ácido (FDA): consiste na exposição da amostra ao detergente ácido sob fervura por 60 minutos. O resíduo fibroso obtido após a filtração é chamado de FDA. Esse método quantifica bem a fração de lignina e celulose (lignocelulose). Para cálculo de ração para alguns animais, é essencial o equilíbrio da fração de FDA.

Cálcio e fósforo: saber os níveis desses minerais é essencial para cálculo de qualquer ração. Para todas as espécies animais, deve-se ter uma boa relação cálcio: fósforo, para que ocorra eficiente calcificação dos ossos, formação de ovos (aves), e desenvolvimento do sistema esquelético. Geralmente, para a maioria das espécies animais, a relação Ca:P ideal está situada em 2 partes de cálcio para 1 parte de fósforo, o que não acontece em poedeiras na fase de produção, que exigem uma maior quantidade de cálcio em relação ao fósforo (10:1). Todo o rótulo de ração deve conter nível mínimo de fósforo e mínimo e máximo de cálcio.

Extrativo não nitrogenado: essa fração alimentar representa o conteúdo total de carboidratos não estruturais, como amido, sacarose,

entre outros. A sua quantificação é realizada pela subtração das frações determinadas anteriormente (Umidade, MM, EE, PB, FB) em relação ao conteúdo total da amostra (100%), conforme a seguinte fórmula:

$$\%ENN = 100 - \%Umidade - \%MM - \%EE - \%PB - \%FB$$

Caso se queira expressar o teor de ENN somente na base seca, a umidade deverá ser desconsiderada da fórmula acima.

5.2 - Determinação do NDT

Como citado anteriormente, essas análises são essenciais para determinação do NDT (nutrientes digestíveis totais) que é utilizado para equilíbrio energético das dietas para animais ruminantes, sendo obtido pela fórmula:

$$\text{NDT (\%)} = \%PBD + \%FBD + \%ENND + 2,25(\%EED)$$

Em que: %PBD = porcentagem de proteína bruta digestível da amostra

%FBD = porcentagem de fibra bruta digestível da amostra

%ENND = porcentagem de extrativo não nitrogenado digestível da amostra

%EED = porcentagem de extrato etéreo digestível da amostra

Pode-se notar que o teor de extrato etéreo é multiplicado por 2,25, em razão de essa fração alimentar ser 2,25 vezes mais energética que as demais (9kcal/g de lípeos contra 4 kcal/g dos demais). Para se determinar o NDT de um alimento, se deve fazer um ensaio de digestibilidade. É comum as empresas expressarem o conteúdo de NDT de suas rações pelo do NDT estimado.

Muitas vezes, no campo, é necessária a transformação de unidades a partir do NDT. Pode-se, para isso, adotar estimativas, considerando-se que 1 kg de NDT corresponde a cerca de 4400 kcal

de energia digestível. Outra estimativa importante é que a energia metabolizável representa cerca de 82% da energia digestível ($EM = 0,82 \times ED$).

5.3 - Base em matéria natural e base em matéria seca

O teor das frações alimentares mostradas anteriormente pode ser apresentado com base em matéria natural ou em base de matéria seca. Consideramos matéria natural ou “como oferecido” o alimento na forma que é oferecido ao animal. Já a base em matéria seca é utilizada para comparações entre alimentos, ou mesmo, para cálculo de dietas para animais que recebem alimentos com alta quantidade de umidade, como os ruminantes. Quando colocamos o alimento na base de MS, desconsideramos a umidade, havendo a concentração dos nutrientes, ou seja, o nível deles se elevará. A figura 08a apresenta esquematicamente o conteúdo de PB dentro da amostra de uma forrageira úmida. Inicialmente, note que a fração de PB representa uma fração do conteúdo total de amostra. Quando se coloca o alimento na base seca (08b), desconsiderando-se a umidade, a parcela de PB, em relação ao conteúdo total, é maior.

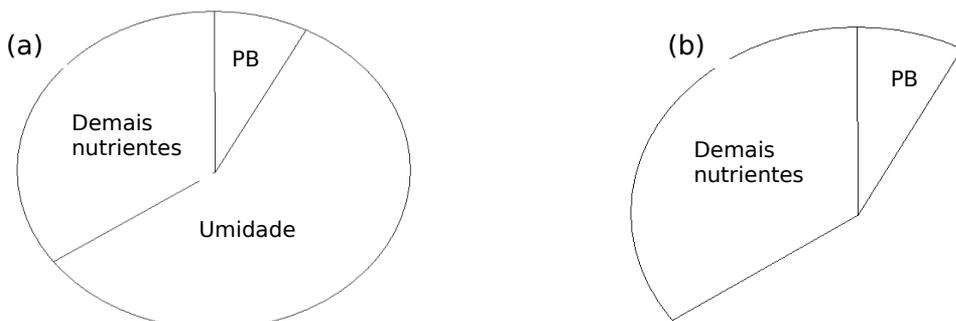


Figura 11 – Representação do conteúdo de proteína bruta (PB) na matéria natural (a) e na matéria seca (b).

Para cálculo, basta realizar uma regra de três simples. Como exemplo, consideramos uma forragem que apresenta 3,5% de proteína bruta na matéria natural e que apresente 73% de umidade, tendo, portanto 27% de matéria seca.

$$\begin{array}{r} 3,5\% \text{ de PB} \text{ -----} 27\% \text{ de MS} \\ X \text{ -----} 100\% \text{ de MS} \end{array}$$

Em que o valor de X será de $3,50 \times 100 / 27 = 12,96\%$ de PB em base de MS.

5.4 - Controle de qualidade na produção de rações

Nos últimos anos, a indústria de rações tem sido pressionada devido a vários acontecimentos que comprometeram a segurança alimentar da população. Houve casos, como a contaminação por salmonela, dioxina ou situações como o mau-da-vaca-louca, entre outros, proporcionando maior desconfiança do mercado para com as fábricas de ração.

Assim, a partir da publicação da Normativa 4, de 2007, do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, todas as fábricas de ração no Brasil estão obrigadas a se enquadrarem numa série de normativas denominadas boas práticas de fabricação, ou simplesmente, BPF. Esse conjunto de normas auxiliará a fábrica de ração a garantir a qualidade do produto acabado. Todo o processo de produção deverá ser documentado, desde a recepção de matérias-primas até a colocação do produto no mercado, pois a rastreabilidade desses produtos é extremamente importante, sendo possível, por meio dela, rastrear e determinar os caminhos e procedimentos que aquele produto seguiu até chegar ao consumidor final.

A descrição detalhada da Normativa 4 pode ser facilmente conseguida pela internet. Dentro deste documento, os anexos I e II são essenciais para norteamento do processo de garantia da qualidade,

5.5 - Exercícios de fixação

- a) Você está no laboratório realizando análise de extrato etéreo. Sua amostra pesou 2,0986 g. Após extração com o éter por 6 horas, você percebeu que sobrou no copo de extração 0,2341g de óleo, advindo da amostra. Qual o teor de extrato etéreo da amostra?
- b) Os nutrientes podem ser expressos com base na matéria natural e/ou matéria seca. Imagine uma planta forrageira no campo que possui 3% de proteína bruta na matéria natural e que neste momento possua 70% de umidade. Calcule o teor de proteína bruta na base da matéria seca.
- c) Você está no laboratório realizando análise de matéria seca. Sua amostra pesou 4,0986 g. Após permanecer na estufa por 4 h a 105°C, você pesou um resíduo de 3,8954 g de matéria seca. Qual o teor de umidade dessa amostra?
- d) Sabidamente a ureia não contém nada de aminoácidos. Por que quando analisamos a uréia obtemos 280% de proteína bruta?
- e) O farelo de algodão apresenta cerca de 30% de proteína bruta na matéria natural (como oferecido). Sabendo que esse ingrediente apresenta cerca de 12% de umidade, calcule o teor de proteína bruta na base de matéria seca.

5.6 - Outros exercícios para pesquisa:

- a) As análises descritas acima não são a única forma de analisar

os alimentos. Faça uma pesquisa descrevendo outros métodos que podem ser utilizados para quantificar o valor nutricional dos alimentos.

- b) Após consultar a normativa 04/2007, do Mapa, responda o que é: Manual da Qualidade, POP e Registro.

6) Digestibilidade dos nutrientes e energia

Sabemos que nem todo o conteúdo de alimento ingerido pelos animais é realmente aproveitado. Chamamos de digestibilidade a fração dos nutrientes que é absorvida pelo animal. Esse conceito é válido somente para nutrientes. Para exemplificar, podemos pensar que um determinado animal ingeriu 100 gramas de proteína e que absorveu 80 gramas da mesma, sendo as 20 gramas restantes eliminadas nas fezes. Assim, consideramos que a digestibilidade da proteína é de 80% para aquele alimento.

6.1 - Fatores que afetam a digestibilidade dos nutrientes

São vários os fatores que alteram a digestibilidade dos nutrientes:

Tipo de alimento: Nutrientes contidos em alimentos fibrosos tendem a ter uma menor digestibilidade, quando comparados aos concentrados energéticos e proteicos.

Idade da planta: As plantas mais jovens têm um conteúdo menor de fibra, tendo assim uma maior digestibilidade. O contrário ocorre com plantas de idade mais avançadas, que têm um alto conteúdo de fibra, principalmente fração de ligninas.

Espécie animal: As diferenças existentes entre o trato gastrointestinal (TGI) das diferentes espécies animais fazem com que os nutrientes sejam aproveitados de diferentes formas entre elas. O farelo de trigo, por exemplo, apresenta 1824 kcal de energia metabolizável (EM), para aves por quilo, e para suínos, apresenta 2442 kcalEM/kg. Verifica-se que os suínos apresentam então maior capacidade em aproveitar a energia de alimentos fibrosos, quando comparados às aves.

Idade do animal: Animais mais velhos, que têm o TGI mais desenvolvido, tendem a digerir melhor os alimentos e assim aproveitar mais os nutrientes. Exceções a essa regra podem ocorrer, principalmente tratando-se de animais em idade avançada. Poedeiras nessas condições terão maior dificuldade para absorção de cálcio, o que contribui para maior incidência de problemas nos ossos e nas cascas dos ovos.

Fatores antinutricionais: São substâncias que estão contidas nos alimentos, muitas vezes complexando os nutrientes e, assim, indisponibilizando-os ou diminuindo a ação de enzimas digestivas. Um exemplo é o ácido fítico em ingredientes de origem vegetal, que complexa proteínas, fósforo e outros nutrientes no trato gastrointestinal, deixando-os indisponíveis aos animais não ruminantes. Outras oleaginosas, como a soja, apresentam grande quantidade de outros fatores antinutricionais, sendo o calor muito importante na inativação desses fatores.

Teores de lipídeos e fibras das rações: Para não ruminantes, a fibra estimula o trânsito da digesta, aumentando a taxa de passagem, reduzindo a digestibilidade. Os lipídeos já possuem um efeito contrário, em que a taxa de passagem é diminuída, aumentando a digestibilidade da ração. Em ruminantes, um maior aumento no teor de fibra diminui a taxa de passagem, principalmente pelo fato de o alimento ficar alojado maior tempo no rúmen.

Processamento da ração: As rações extrusadas, por ter sido expostas a altas temperaturas em seu processamento, possuem uma maior digestibilidade, quando comparadas a rações fareladas e peletizadas. A peletização de rações é um processo por meio do qual ocorre a agregação das partículas de uma dieta mediante pressão e calor úmido, resultando em grânulos denominados peletes. As rações

peletizadas são utilizadas na alimentação animal, devido à facilidade de manejo e por melhorar a eficiência alimentar.

Granulometria (tamanho das partículas): proporciona influência nos coeficientes de digestibilidade em que partículas mais finas são mais facilmente digeridas, devido à maior superfície de contato em relação a partículas maiores. Atualmente, alguns testes estão sendo desenvolvidos, com a finalidade de padronizar o tamanho de partículas na indústria de rações.

6.2 - Digestibilidade da energia

Assim como os demais nutrientes, nem toda a energia que está contida nos alimentos é aproveitada pelo animal. Quando formulamos uma dieta para animais, usamos valores o mais próximos possível da realidade. Para saber o conteúdo real de energia aproveitável dos alimentos, realizam-se ensaios de digestibilidade, por meio dos quais se verifica o conteúdo de energia ingerido, bem como o conteúdo excretado. A energia bruta representa toda a energia potencial de um alimento. Essa energia é obtida após a oxidação completa da amostra dentro de um equipamento chamado de bomba calorimétrica. Se descontarmos a energia das fezes, conseguiremos a energia digestível do alimento (ED). Se descontarmos a energia das fezes e urina, obtemos a energia metabolizável. Descontando o incremento calórico, juntamente com as energias das fezes e urina, obtemos a energia líquida. Devemos chamar a atenção para o fato de que esse procedimento só é realizado em ensaios de digestibilidade. A maior parte dos alimentos utilizados na alimentação animal já apresenta os valores de energia identificados. Dessa forma, a energia dos alimentos pode ser dividida conforme a figura 12.

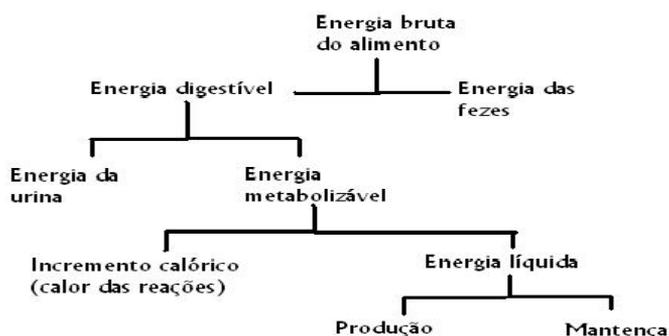


Figura 12 – Aproveitamento da energia dos alimentos pelo corpo do animal

A energia digestível representa a parcela absorvida pelo intestino delgado. A energia metabolizável representa a energia que chegou à célula do animal. Já a energia líquida, descontadas as perdas devidas ao calor das reações, é a energia na forma de ATP que será usada para crescimento, manutenção, produção de leite, produção de ovos, etc.

Ao calor gerado pelas reações químicas, chamamos de incremento calórico, que é a energia importante no aquecimento dos animais homeotérmicos (aves e mamíferos).

Assim, de acordo com a espécie animal, trabalhamos com a energia digestível (coelhos, suínos, bovinos, peixes) ou com a energia metabolizável (aves, cães, gatos, suínos, bovinos).

A energia líquida pode ser usada, mas é de difícil estimação, em virtude de a determinação do incremento calórico ser difícil e onerosa. Poucos institutos de pesquisa detêm equipamentos necessários para essa estimação.

Como citado, para a determinação da digestibilidade, são necessários experimentos em que a quantidade de nutriente ingerida é comparada com a quantidade de nutrientes excretados. Podem-se usar

também valores de digestibilidade aparente ou verdadeira, em que são descontadas as perdas endógenas do animal. Por ser um assunto mais complexo, não o abordaremos neste livro. Para maior detalhamento a respeito de experimentação, outros materiais devem ser consultados.

6.3 - Utilização da energia

Na nutrição animal, usamos os termos quilocaloria (kcal) ou megacaloria (mcal). Por definição, uma caloria é a quantidade de energia necessária para elevar a temperatura de um grama de água de 14,5 a 15,5°C, a uma pressão de 1 atm.

Toda dieta/ração oferecida a animais deverá ter a energia balanceada. Para suínos em crescimento, é comum colocar cerca de 3100 kcal de energia metabolizável em cada quilo de ração. Para poedeiras, é comum o equilíbrio em 2800 kcal de energia metabolizável por quilo, superior aos 2500 kcal de energia digestível por quilo de ração para coelhos em crescimento. Para bovinos, é comum um animal necessitar de níveis próximos a 40 Mcal de energia digestível por dia. Veja que o prefixo k significa 1.000 e o prefixo M significa 1.000.000. Assim, 1 Mcal = 1.000 kcal = 1.000.000 de calorias. Diferentemente da nutrição humana, na nutrição animal não trabalhamos com calorias e, sim, com kcal ou Mcal.

6.4 - Exercícios de fixação

- a) Faça a transformação de Mcal para kcal: 40 Mcal; 2,85 Mcal; 8,7 Mcal. Em seguida, transforme Kcal em Mcal: 2500 kcal; 4630 kcal; 25.000 kcal.
- b) Qual a relação entre idade da planta forrageira e sua digestibilidade? Tente expressar essa relação em um gráfico.



- c) Consultando a tabela de Rostagno (2005), percebemos que o farelo de trigo apresenta 1824 kcal/kg de EM para aves e 2442 kcal/kg de EM para suínos. Por que há essa diferença de energia metabolizável do alimento para os dois animais?
- d) Quando se formulam dietas para aves, devemos equilibrar a energia da dieta. Usamos, então, valores de energia bruta ou energia metabolizável? Explique.
- e) O milho e o farelo de trigo contém energias brutas semelhantes, ou seja, cerca de 3900 kcal/kg. Se considerarmos a energia metabolizável, veremos que esses ingredientes apresentam 1824 kcal/kg (farelo de trigo) e 3381 kcal/kg (milho). Explique essa diferença.

6.5 - Outros exercícios para pesquisa

- a) Tente elaborar um experimento para avaliar a digestibilidade da energia do milho para aves. Quantos animais serão necessários? O que estará sendo medido? Como determinar a energia das fezes. Faça um pesquisa e peça também auxílio ao professor.

7) Necessidades nutricionais

Também chamadas de exigências nutricionais, as necessidades nutricionais se referem à quantidade de nutrientes que devem ser fornecidos aos animais para que tenham um desempenho satisfatório. Entende-se por desempenho satisfatório a expressão do máximo potencial genético da espécie, raça ou linhagem.

7.1 - Apresentação das necessidades nutricionais

Essa quantidade pode ser expressa em necessidades diárias ou em quantidade do nutriente por kg e/ou porcentagem da ração. Para animais ruminantes e equinos, é comum expressarmos suas necessidades em nutrientes por dia. Já para animais que recebem somente o alimento completo (ração), como o cão, gato, aves, suínos, coelhos e peixes, é comum as necessidades serem expressas em porcentagem da ração (% PB, % cálcio, % fósforo, % lisina, etc) ou em kcal/kg (energia) para um consumo pré-determinado.

Pode ocorrer de a necessidade nutricional de animais que ingerem alimento completo ser expressada também em necessidades diárias. Para equilíbrio das rações, é necessário que se forneça ao programa de cálculo a quantidade por kg ou em %. Para fazer essa transformação, será necessário verificar o consumo daquele animal. Vejamos, então, dois exemplos práticos:

a) Considere que uma galinha poedeira, em determinadas condições, necessita de 304,5 kcal de EM por dia. Quanto deverá haver por kg de ração? O consumo de ração dessa galinha é de 105 g/dia.

A resolução é extremamente fácil, podendo ser utilizada regra de três simples

Assim: 105 g -----304,5 kcal

1000 g ----- x

Em que a quantidade de energia será de 2900 kcal/kg

b) Considere uma porca que, em determinadas condições, necessita de 540 g de proteína bruta (PB) por dia. Quanto deverá haver de PB em porcentagem? O consumo dessa porca, nessas condições, é de 3500 g/dia.

Assim: 3500 g ração ----- 540 g PB

100 g ração ----- x

Em que a quantidade de proteína será de 15,43%. Note que quando falamos em porcentagem, estamos falando na quantidade daquele nutriente a cada 100 partes de ração.

Atualmente, dentro dos novos conceitos de nutrição de precisão, as necessidades nutricionais de animais, como aves e suínos, são exatamente equilibradas, evitando-se excessos ou desperdícios. Sabe-se que os nutrientes fornecidos a mais são eliminados pelo organismo animal ou acumulados na forma de gordura.

Para os animais, devem ser supridas as necessidades de manutenção (manutenção), que se referem ao conteúdo de nutrientes necessários para o organismo do animal manter suas funções vitais. Além dessa, dependendo do estado fisiológico, o animal terá necessidades de crescimento, reprodução e lactação. Um exemplo de animal que apresenta as quatro necessidades ao mesmo tempo seria uma vaca lactante, que está gestando sua segunda cria. Nessa situação, devido à alta necessidade de energia, o animal não conseguirá ingerir toda a energia necessária para atender a todas as suas necessidades nutricionais, havendo perda de peso. A coelha também pode apresentar a mesma situação.

As necessidades nutricionais também podem ser apresentadas em termos de % por cada 1000 kcal de ração. Esse conceito é importante, visto que, na maioria das vezes, o animal regula a ingestão pelo conteúdo energético da ração. Assim, rações mais energéticas deverão conter níveis mais elevados de nutrientes, considerando que o animal irá ingerir menores quantidades. Uma tabela de equilíbrio para cada 1000 kcal é de extrema importância para a formulação de rações verão/inverno.

7.2 - Fatores que afetam as necessidades nutricionais

São vários os fatores que podem afetar as necessidades nutricionais:

Idade do animal: Em porcentagem da ração, animais mais jovens são normalmente mais exigentes em proteína, fósforo, aminoácidos e cálcio.

Estado fisiológico: Animais em lactação normalmente têm necessidades superiores aos demais animais, por exigirem maior quantidade de nutrientes para fornecimento do leite.

Potencial genético e desempenho: Animais de alto potencial genético e desempenho superior têm necessidades nutricionais mais elevadas.

Temperatura ambiental: Como em altas temperaturas os animais ingerem menos alimento, os nutrientes devem ser adensados na ração para que o menor consumo atenda às necessidades do animal. Já considerando a quantidade de energia que o animal deve ingerir diariamente, em altas temperaturas haverá menor necessidade e em baixas temperaturas haverá maior necessidade.

Sexo dos animais: Em algumas espécies, os machos depositam mais proteína na carcaça, devendo receber uma ração com as necessidades nutricionais de acordo com o sexo. Frangos de corte machos têm, em geral, maiores necessidades nutricionais do que fêmeas. A separação em lotes de diferentes sexos proporcionará a formulação de dietas econômicas, de necessidades nutricionais mais exatas.

7.3 - Exemplos de necessidades nutricionais

As tabelas seguintes apresentam exemplos de necessidades nutricionais para alguns animais. A quantidade de nutrientes é apresentada em termos de porcentagem da ração, excetuando-se energia, que é apresentada em kcal por quilo de ração. Outras necessidades, para cavalos e vacas, são expressas em quantidades de nutrientes diários. Todas as rações devem ser suplementadas com pré-misturas específicas de vitaminas e de minerais. De acordo com a espécie, é comum adicionar uma quantidade mínima de cloreto de sódio e de óleo de soja para suprir as exigências de Na, Cl e ácido linoléico, não se necessitando o equilíbrio posterior desses nutrientes.

Para equilíbrio de uma dieta para bovinos, é necessário equilibrar, no mínimo, a energia (ou NDT), proteína (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P). Outros nutrientes também podem ser equilibrados. Já para outros animais, deve-se equilibrar também os principais aminoácidos, como lisina e metionina. Outros nutrientes, como sódio, ácido linoleico, fibra, etc, podem ser utilizados.

Tabela 01 - Principais recomendações nutricionais para produção intensiva de coelhos, considerando uma dieta com 90% de matéria seca (MS)

Nutriente	Unidade	Reprodutriz	Crescimento	Ração mixta
ED	kcal/kg	2650	2500	2500
FDA	%	15,0 - 18,0	16,0 - 18,5	16,0 - 18,0
PB	%	16,3 - 19,8	14,5 - 16,2	15,4 - 16,2
lisina total	%	0,84	0,75	0,80
Met + cis total	%	0,65	0,54	0,60
Cálcio	%	1,15	0,60	1,15
P total	%	0,60	0,40	0,60

Fonte: Adaptado de De Blas e Wiseman (1998)

Tabela 02 - Principais recomendações nutricionais para uma dieta comercial para peixes – espécie onívora de água quente, considerando uma dieta com 90% de MS

Nutriente	Unidade	larvas e alevinos	Juvenil e crescimento	Reprodutores
PB (min.)	%	30	25	30
Lipídeos (min.)	%	8	5	5
Cálcio (min.)	%	0,8	0,5	0,8
Cálcio (max.)	%	1,5	1,8	1,5
P disp. (min.)	%	0,6	0,5	0,6
P disp. (max.)	%	1,0	1,0	1,0
Met + cis	%	1,2	0,9	1,0
Lisina (min.)	%	2,0	1,6	1,8
ED (min.)	kcal/kg	3100	2800	2800

Fonte: Adaptado de Logato, 1999

Tabela 03 - Principais recomendações nutricionais para codornas nas fases inicial e de postura, considerando uma dieta com 90% de MS

Nutriente	Unidade	Inicial	Postura
EM	kcal/kg	2800	2800
PB	%	20	18
lisina	%	1,30	1,15
Met + cis	%	0,75	0,76
Cálcio	%	0,80	2,50
P disp.	%	0,45	0,55

Fonte: Adaptado de Albino e Neme, 1998

Tabela 04 - Principais recomendações nutricionais para uma dieta comercial para cães, considerando uma dieta com 90% de MS

Nutriente	Unidade	Crescimento e reprodução	Manutenção do adulto
PB	%	22,0	18,0
Lisina	%	0,77	0,63
Met. + cis.	%	0,53	0,43
Arginina	%	0,62	0,51
Treonina	%	0,58	0,48
Triptofano	%	0,20	0,16
Lipídeos	%	8,0	5,0
Ácido	%	1,0	1,0
Cálcio	%	1,0	0,6 - 2,5
Fósforo	%	0,8	0,5 - 1,6
Potássio	%	0,6	0,6
Sódio	%	0,3	0,06
Cloro	%	0,45	0,09

Fonte: Adaptado de Case et al. (1998)

Obs: Para cães, pode-se propor uma dieta com 3800 kcal de EM/kg.

Tabela 05 - Principais recomendações nutricionais para uma dieta comercial para gatos, considerando uma dieta com 90% de MS

Nutriente	Unidade	Crescimento e reprodução	Manutenção do adulto
PB	%	30,0	26,0
Lisina	%	1,20	0,83
Met. + cis.	%	1,10	1,10
Arginina	%	1,25	1,04
Taurina	%	0,20	0,20
Treonina	%	0,73	0,73
Triptofano	%	0,25	0,16
Lipídeos	%	9,0	9,0
Ácido linoleico	%	0,5	0,5
Ácido araquidônico	%	0,02	0,02
Cálcio	%	1,0	0,6
Fósforo	%	0,8	0,5
Potássio	%	0,6	0,6
Sódio	%	0,2	0,2
Cloro	%	0,3	0,3

Fonte: Adaptado de Case et al. (1998)

Obs: Para gatos, pode-se propor uma dieta com 4200 kcal de EM/kg.

Tabela 06 - Recomendações nutricionais para suínos fêmeas de alto potencial genético com desempenho médio, considerando uma dieta com 90% de MS

Nutriente	Unidade	Inicial	Cresc.01	Cresc.02	Terminação.
EM	Kcal/kg	3230	3230	3230	3230
PB	%	18,50	17,55	16,45	15,01
Ca	%	0,72	0,63	0,55	0,48
P disp.	%	0,40	0,33	0,28	0,25
Sódio	%	0,20	0,18	0,17	0,16
Cloro	%	0,19	0,17	0,16	0,15
Lis. dig.	%	0,93	0,99	0,88	0,76
Met. + cis. dig.	%	0,52	0,59	0,53	0,47

Fonte: Adaptado de Rostagno et al. 2005

Tabela 07 - Recomendações nutricionais para frangos de corte fêmeas de desempenho superior nas fases pré-inicial e inicial, considerando uma dieta com 90% de MS

Nutriente	Unidade	01 – 07 dias	08 – 21 dias
EM	kcal/kg	2960	3050
PB	%	21,05	20,24
Ca	%	0,89	0,85
P disp.	%	0,45	0,43
Sódio	%	0,21	0,21
Cloro	%	0,19	0,19
Ácido linoleico	%	1,03	1,02
Lis. dig.	%	1,33	1,15
Met. + cis. dig.	%	0,94	0,82

Fonte: Adaptado de Rostagno et al. 2005

Tabela 08 - Exigências nutricionais diárias de cavalo atleta

Nutriente	Unidade	PV 400 kg	PV 500 kg	PV 600 kg
ED	Mcal	16 - 22	18 - 28	24 - 36
PB	kg	0,8	1,0	1,3
Cálcio	g	30	34	40
Fósforo	g	19	23	27

Fonte: NRC, 1989

Tabela 09 - Recomendações nutricionais diárias para vacas na 3ª lactação, no 60º dias de gestação, com 500 kg de peso vivo, produzindo 20 kg de leite por dia com 3,5% de gordura, sem ganho de peso.

Nutriente	Unidade	Necessidades
Matéria seca	Kg	14,0
ED	Mcal	41,27
NDT	Kg	9,36
PB	Kg	2,165
Ca	g	74,8
P	g	48,0

Fonte: NRC, 1989

É importante lembrar que, para cada situação, haverá necessidades nutricionais diferentes. Muitas vezes, quando se trabalha com bovinos, deverá ser feita separação do rebanho em lotes, com características semelhantes, para determinação das necessidades nutricionais para aquele grupo de animais. Nesse caso, deve-se considerar sempre os dados médios de cada lote.

7.4 - Exercícios de fixação

- O que são necessidades nutricionais?
- Liste os fatores que podem interferir nas necessidades nutricionais dos animais.
- Para frangos de corte, formulamos uma só ração para todas as idades? Explique.
- Uma galinha poedeira necessita de 300 kcal de EM por dia. O consumo diário dessa galinha é de 110 g/dia. Quanto de EM terá por kg de ração? (Lembre-se que a galinha está comendo os 300 kcal nesses 110 g).
- Uma galinha poedeira necessita de 18 g de proteína bruta por dia. Sabendo que essa galinha consome 110 g de ração por dia,

- quanto a ração dessa galinha terá em % de proteína bruta?
- f) Uma porca necessita de 10.000 kcal de EM por dia. O consumo diário desse animal é de 3200 g/dia. Quanto de EM terá por kg de ração? (Lembre-se que a porca está comendo os 10.000 kcal nesses 3200 g).

7.5 - Outros exercícios para pesquisa.

- a) Em altas temperaturas, a quantidade de nutrientes por kg de ração se eleva. Já as necessidades diárias diminuem e no frio se elevam. Tente explicar, como detalhes, por que isso acontece.
- b) Para bovinos, formulamos uma dieta para cada vaca? Formulamos uma dieta para todo o rebanho? Peça auxílio para o professor e explique como são determinadas as exigências para bovinos.

8) Principais alimentos utilizados na alimentação animal

Os alimentos são fontes de nutrientes para os animais. Para facilitar nosso estudo, os alimentos serão divididos em proteicos, energéticos, volumosos, minerais, aminoácidos sintéticos e suplementos, além de outros aditivos. Há classificações que enquadram os alimentos nos grupos de concentrados proteicos, concentrados energéticos e volumosos, de acordo com os níveis de fibra e proteína. Essa classificação não será aqui abordada.

A **composição nutricional** dos principais alimentos e os **níveis de inclusão** nas rações são apresentados nas tabelas 10 e 11, respectivamente.

8.1 - Alimentos proteicos

São alimentos que contribuem principalmente com proteína em uma ração. Os principais são:

Grão de soja: Consiste do grão integral de soja. Tem um bom conteúdo de óleo e de proteína. Não deve ser utilizado para não ruminantes, devido a vários fatores antinutricionais que prejudicam o processo digestivo e os animais. O processamento do grão de soja inativa grande parte desses fatores.

Farelo de soja: É o produto tostado, resultante do processo de extração por solvente do óleo contido nos grãos de soja, devendo ser uniformemente processado. Apresenta normalmente 45% de proteína bruta, podendo variar de 42 a 48% de PB, conforme a quantidade de casca incluída. O farelo de soja é a principal fonte de proteína nas dietas para animais não ruminantes e participa de grande parte do concentrado fornecido aos animais ruminantes. Cerca de 20% da ração

produzida no Brasil é composta por farelo de soja. O processamento a quente inativa diversos fatores antinutricionais contidos no grão. Apresenta perfil de aminoácidos adequado à maioria dos animais domésticos, combinando muito bem com o milho em dietas animais, sendo rico em lisina. Não há restrições de uso, mas a proteína da dieta não deve ficar acima do limite superior estabelecido pelas necessidades nutricionais.

Casca de soja: Consiste da parte externa (película) do grão de soja, que é obtido por separação no processamento para a extração ao óleo. É mais utilizado para animais ruminantes, devendo ser usado de acordo com seu preço no mercado.

Farelo de girassol: É o produto obtido das sementes de girassol descascadas após extração de seu óleo por solvente e moagem fina. Os níveis de inclusão devem ser respeitados devido à grande quantidade de fibra contida nesse alimento.

Glúten de milho: Também chamado de farelo de glúten 60 do milho ou glutenose, é o produto obtido após a remoção da maior parte do amido, gérmen e porções fibrosas, pelo método de processamento úmido, da fabricação do amido e xarope de glicose ou após o tratamento enzimático do endosperma. Apresenta deficiência em lisina e alto teor de pigmentos, como xantofilas, sendo utilizado em dietas de poedeiras, para maior pigmentação da gema do ovo. É também um alimento muito interessante quando se necessita formular rações com teores de energia e proteína elevados.

Farelo de amendoim: É o produto obtido das sementes do amendoim após a extração de seu óleo por solvente e moagem. Deve ser usado com cuidado, devido à altíssima possibilidade de contaminação por micotoxinas.

Farelo de algodão: É o produto obtido do caroço descortiado do algodão após extração do óleo por solvente e moagem fina. Deve ser adicionado com cuidado nas rações animais, pois pode conter um fator antinutricional chamado gossipol, que reduz a digestibilidade dos demais nutrientes, e em poedeiras, causa um aumento de manchas de sangue na gema. Esse fator antinutricional também prejudica o processo reprodutivo dos animais, não sendo indicado para animais reprodutores.

Torta de algodão: É o produto obtido do caroço do algodão após extração parcial do seu óleo por processo de prensagem mecânica. É mais utilizado para animais ruminantes.

Farinha de carne e ossos: É um subproduto obtido das sobras de carne e principalmente ossos de bovinos e suínos. Só deve ser usada para animais não ruminantes, sendo o uso proibido na alimentação de ruminantes. É rica em proteína, tem um bom conteúdo de aminoácidos, além de níveis altos de cálcio e fósforo, sendo seu uso justificado principalmente por causa desse último mineral, que é caro para inclusão nas rações. Sua digestibilidade depende de um processamento adequado, visto que sua fabricação é feita com restos do abate de animais. Sua conservação é difícil em uma fábrica de ração. Ao adquirir a farinha de carne e ossos, o produtor deve ter conhecimento da qualidade do produto do fornecedor, pois a composição nutricional da farinha pode ser variável de acordo com as quantidades de ossos e de carne que são utilizadas em sua fabricação sendo ideal comprar de fornecedores confiáveis. É também um ingrediente de excelente relação custo/benefício sendo sempre preferido por programas que formulam rações de custo mínimo.

Farinha de penas: É um subproduto obtido pelo processamento de penas de aves abatidas. Apresenta alto valor de proteína bruta; porém,

com baixíssima digestibilidade. A sua palatabilidade é ruim, devendo-se respeitar os limites de inclusão. No Brasil, a quantidade de penas provenientes de frangos abatidos é muito alta. A produção de farinha de penas tem grande importância para o desenvolvimento sustentável.

Farinha de peixes: Obtida do resíduo de processamento de peixes, é rica em cálcio, fósforo, proteína bruta e lipídeos. É também uma excelente fonte de ácidos graxos ômega 3 e 6 que, de acordo com recentes pesquisas, trazem benefícios à saúde humana.

8.2 - Alimentos energéticos

São geralmente alimentos que apresentam baixo nível de proteína em sua constituição, fornecendo principalmente energia aos animais:

Milho: Principal alimento energético e consiste do grão de milho moído. Apresenta grande conteúdo de amido, apresentando excelente nível de energia, sendo deficiente em lisina. Faz um par perfeito com o farelo de soja, quando utilizados nas rações animais. Na recepção do milho, deve-se atentar ao teor de umidade do produto, a fim de evitar problemas na armazenagem e conservação. Essa umidade não deverá ser superior a 14%, quando o milho for armazenado. Para ruminantes, apresenta-se como um alimento de fácil fermentação no rúmen, sendo muito utilizado quando se suplementa a alimentação com ureia, devido ao fornecimento de energia e esqueleto carbônico para a formação da proteína microbiana; porém, altas quantidades desse alimento no rúmen pode induzir o animal a apresentar quadro de acidose, pois essa rápida fermentação pode proporcionar abaixamento brusco do pH, devido à rápida produção de AGVs.

O milho é rico em pigmentantes, como os carotenóides, que proporcionam maior coloração das canelas, bicos, gema do ovo e pele

das aves. Segundo dados do Sindirações, cerca de 60% da ração produzida no Brasil é composta por milho.

Sorgo: Esta planta pode ser cultivada também em região de clima seco, apresentando desempenho superior ao milho nessas condições. Consiste do grão integral de sorgo que é, depois, moído. Atenção deve ser dada ao conteúdo total de tanino, pois teores acima de 1,2% não são recomendados para a nutrição dos animais. As variedades de baixo tanino devem ser preferencialmente utilizadas. O sorgo apresenta 95% do valor nutritivo do milho. Sua inclusão pode ser viável quando seu preço está em 70% do preço do milho. Para aves, deve ser utilizado em até 50% do nível do milho, pelo fato de apresentar baixo teor de pigmentos (carotenoides) importantes para coloração da gema e da pele, ou então, se incluído em maiores proporções na ração, utilizar pigmentantes como urucum, açafreão, entre outros.

Farelo de arroz: Pode ser integral, desengordurado ou parborizado. O primeiro é o produto originário do polimento realizado no beneficiamento do arroz grão sem casca. Consiste do pericarpo e/ou película que envolve o grão, estando presentes no gérmen, fragmentos de arroz (quirela fina) e pequenas quantidades de casca que têm granulometria similar ao do farelo. Se mal conservado, o farelo de arroz integral se perde facilmente, devido o alto teor de lipídeos. Já o farelo de arroz desengordurado é o produto após a extração do óleo por solvente. Pode ter contaminação por casca, o que reduz seu valor nutritivo, pois haverá maior quantidade de material fibroso. Apresenta grande quantidade de fitatos, o que prejudica a digestibilidade do fósforo e de outros nutrientes. Os níveis de inclusão deverão ser respeitados.

Melaço de cana: Pode ser líquido ou em pó. O primeiro é o produto residual do processo de centrifugação para obtenção do açúcar e o

segundo é o produto obtido pela desidratação do melaço. É utilizado em pequenas quantidades nas rações para melhorar o processo de peletização e a palatabilidade, estimulando o consumo. Para ruminantes, pode ser fornecido em uma suplementação da alimentação com ureia, podendo ser oferecido nos cochos. Nesse caso, deve-se restringir o consumo por meio de bloqueadores físicos.

Raspa de mandioca: É o produto seco, obtido após a extração do amido da mandioca. A mandioca não deve ser usada fresca na alimentação animal, devendo sofrer processo de secagem para eliminação de glicosídeos cianogênicos, que geram ácido cianídrico, tóxico ao animal. É pobre em proteína, e o pouco de proteína que possui é ainda de baixa qualidade. Em fábricas de ração, pode gerar muito pó.

Farelo de trigo: É um produto obtido pelo processamento do trigo, composto de pericarpo, partículas finas de gérmen e das demais camadas internas dos grãos e outros resíduos resultantes do processamento industrial. Apresenta alto teor de PNAs (polissacarídeos não amiláceos), o que pode prejudicar a digestibilidade da dieta. Os níveis de inclusão devem ser respeitados. Para porcas, é uma excelente fonte de fibras. As classificações tradicionais apresentam o farelo de trigo como concentrado energético, embora, para aves, apresente menos de 1900 kcal de EM/kg. Em grande parte do Brasil, é um ingrediente que não apresenta boa relação custo/benefício e normalmente não é escolhido para compor uma ração de custo mínimo, a não ser que esteja bem barato. Pode ser um alimento interessante para equilíbrio de rações com baixo nível energético.

Óleo de soja: É o produto da extração do óleo do grão de soja. Pode ser refinado ou degomado. Na nutrição animal, damos maior preferência ao segundo, por ter um menor custo. O óleo fornece 2,25

vezes mais energia que os carboidratos, além do fornecimento de ácidos graxos essenciais. Além disso, a inclusão de óleo na ração, em níveis adequados, proporciona maior digestibilidade dos nutrientes, melhora a palatabilidade, reduz o desgaste dos equipamentos, além de reduzir a formação de pó. Outras fontes lipídicas podem ser utilizadas, mas antes deve-se considerar a sua composição em ácidos graxos. A fonte lipídica que relaciona melhor custo e benefício é o óleo de soja, apresentando também excelente equilíbrio entre os ácidos graxos que o compõem.

8.3 - Alimentos volumosos

São alimentos que fornecem fibra, a qual é fonte de energia e essencial para o bom funcionamento do trato gastrointestinal de vários animais. Esses alimentos consistem basicamente das plantas forrageiras, que se dividem em gramíneas e leguminosas.

O processo de fenação consiste basicamente na desidratação do material, havendo perda da maior parte da água, necessária para crescimento de micro-organismos. Já a ensilagem é um processo de conservação no qual toda a planta é cortada e compactada dentro de um silo, criando, assim, um meio anaeróbico onde haverá fermentação, com posterior abaixamento do pH, necessário para a conservação. Após 60 dias, a silagem poderá ser fornecida aos animais, podendo durar até dois anos.

A seguir serão apresentados alguns alimentos volumosos conservados, sendo alternativas para suplementação na época da seca, haja vista a falta de alimentos nessa época. As forragens frescas não serão discutidas.

Feno de alfafa: É o produto obtido da alfafa, constituindo-se da parte aérea da planta, submetida a processo de desidratação natural ou

artificial e posterior moagem ou peletização. Muito utilizado como volumoso para equinos, é utilizado também como fonte fibrosa em dietas para coelhos. No Brasil, o feno de alfafa apresenta preço elevado, mas apresenta valor nutricional superior à maioria das plantas forrageiras, sendo considerada a rainha das leguminosas.

Feno de Coast cross e Tifton 85: Consiste do feno dessas gramíneas, moído ou peletizado. Podem ser alimentos importantes como volumosos em dietas para bovinos e equinos na época da seca ou ainda serem utilizados para equilíbrio da fração de FDA em rações para coelhos.

Feno do terço superior da mandioca: Consiste da retirada e desidratação do terço superior da rama da mandioca. Pesquisas têm mostrado que esse material pode ser usado na alimentação de bovinos, equinos, coelhos, dentre outros. Grande parte da rama produzida no Brasil é deixada nos campos, o que poderia reduzir custos com a alimentação animal, se bem utilizada. As ramas devem ser secas ao sol por pelo menos três dias, para eliminação do ácido cianídrico, tóxico ao animal. A cultivar Gravetinho tem se mostrado como a melhor cultivar para fornecimento de parte aérea para os animais.

Polpa cítrica: Consiste das cascas, polpas e sementes desidratadas e peletizadas resultantes da extração do suco de frutas cítricas, principalmente laranja. Deve ser usada com cuidado devido à fácil digestão e fermentação no trato gastrintestinal dos animais, apresentando fibra de fácil digestão, além de um bom valor energético. Para ruminantes, pode substituir o milho em até 50% das rações para bovinos especializados.

Silagem de milho: É a planta de milho triturada, após acondicionamento e conservação pelo processo de ensilagem. Deve

ter cheiro característico, não apresentando odores fortes. É considerado um excelente volumoso para fornecimento aos bovinos na época da seca. Outras silagens, como sorgo, capim-elefante, mandioca e cana, podem ser utilizadas.

8.4 - Alimentos Minerais

São alimentos que são fontes diretas dos minerais importantes para a nutrição dos animais. Os mais utilizados são descritos a seguir.

Calcário calcítico: Principal fonte de cálcio nas rações para os animais. Possui 38% de cálcio em sua composição. Sua granulometria (tamanho da partícula) de uso pode variar de acordo com o animal. Galinhas poedeiras podem receber um calcário mais grosso denominado de calcário pedrisco, na proporção de 50:50 (calcário fino: calcário pedrisco). É um alimento extremamente barato e, muitas vezes, o transporte é mais caro que o próprio material.

Fosfato bicálcico: Principal fonte de fósforo nas rações animais, é extraído de rochas. Seu preço é elevado. Possui em sua composição, em média, 18,5% de fósforo. Outras fontes alternativas a esse fosfato podem ser utilizadas, devendo ser isentas de metais pesados. Quando incluímos farinha de carne e ossos nas rações de suínos e aves, há grande economia de fosfato bicálcico.

Sal comum (cloreto de sódio): Principal fonte de cloro e sódio nas rações animais. Não deve ser usado em elevadas quantidades, pois pode elevar a quantidade de água ingerida pelo animal, o que, dependendo da espécie, pode trazer prejuízos e piora da qualidade do ar (elevação dos teores de amônia). É comum colocar uma quantidade fixa na ração (0,3-0,5%) para garantir o suprimento das exigências de cloro e sódio, além de regular o consumo. Muito utilizado também para compor os sais minerais fornecidos a bovinos.

8.5 - Aminoácidos sintéticos

Classificados como aditivos, os aminoácidos sintéticos são utilizados para equilíbrio dos primeiros aminoácidos limitantes (os que o animal necessita muito e que normalmente têm níveis insuficientes nos alimentos) ao desempenho animal. Atualmente, são utilizados na fabricação de ração para animais não ruminantes. Caso não houvesse aminoácidos sintéticos, o nível de proteína bruta das rações se elevaria muito, provocando maior custo e maior carga nitrogenada ao animal, o que comprometeria seu desempenho produtivo e o meio ambiente. Os principais são listados a seguir:

Lisina HCl: Também chamada de L-lisina 78%HCl, é um aminoácido sintético produzido pela de fermentação com fungos, com posterior separação. Os produtos que se encontram no mercado possuem, em média, 78% de lisina em sua composição. Esse aminoácido sintético tem grande importância na nutrição animal no que diz respeito à formulação de dietas.

DL-Metionina: É o aminoácido sintético produzido por processo fermentativo, com posterior separação. Pode ser usado tanto na forma líquida quanto na forma sólida. Assim como a Lisina HCl, tem um preço mais elevado, se comparado aos demais ingredientes, devendo ser adicionada somente em quantidades necessárias para adequação dos níveis nutricionais. Os produtos disponíveis no mercado possuem, em média, 98% de Metionina em sua composição.

Outros aminoácidos: Os outros aminoácidos sintéticos, como L-Treonina, L-Triptofano, L-Arginina e etc, podem ser usados desde que sejam economicamente viáveis. Atualmente, a inclusão de L-Treonina tem se mostrado vantajosa.

Os aminoácidos sintéticos não são utilizados em dietas para ruminantes, por serem degradados pela flora microbiana.

8.6 - Suplementos

Os suplementos fornecem parte dos nutrientes para composição de uma ração.

Premix vitamínico mineral: Fonte de microminerais e vitaminas que deve ser adicionada à ração de acordo com a recomendação do fabricante. Pode conter também alguns aditivos, como promotores de crescimento, colina, aditivo coccidiostático, antioxidantes além de algum aminoácido. O premix facilita muito o funcionamento de uma fábrica de ração, pois a compra e conservação de vitaminas e minerais é de difícil execução.

Núcleo ou concentrado: Fonte de microminerais, macrominerais, aminoácidos, vitaminas e aditivos e proteína, podendo faltar somente a inclusão de milho ou a inclusão de milho e farelo de soja. Esse material facilita muito a fabricação da ração em uma pequena granja, já que o produtor só necessitará adquirir poucos ingredientes para a mistura.

Sal mineral: É uma mistura de diferentes fontes minerais, podendo ou não conter ureia ou uma fonte de proteína. Pode ser fornecido a bovinos em época de seca, período durante o qual ocorrer deficiência de minerais nas pastagens.

Ureia: É riquíssima em nitrogênio (N), devendo ser utilizada para animais ruminantes em níveis adequados como, por exemplo, 1,0% do conteúdo total de matéria seca da dieta. Na verdade, fornecemos esse N para que a flora microbiana o transforme em proteína microbiana, que será digerida e aproveitada pelo animal. A ureia não pode ser oferecida a cavalos ou outros animais não ruminantes, pois nesses animais a câmara fermentativa encontra após o estômago e, nesse

caso, a ureia seria absorvida, podendo provocar intoxicação no animal. Em ruminantes que apresentam sinais de intoxicação por uréia, pode ser administrada solução de vinagre diluída, via oral. Existem diferentes fórmulas de misturas proteinadas que podem ser oferecidas para animais ruminantes. Um exemplo é descrito a seguir: Misture 50,0 kg de milho moído, 30,0 kg de farelo de soja, 20,0 kg de uréia, 75 kg de cloreto de sódio e 25kg de sal mineralizado. Cada animal poderá ingerir 100 g dessa mistura por cada 100 kg de peso vivo, ou seja, uma vaca adulta, de cerca de 450 kg, poderá receber 450 g dessa mistura.

8.7 - Outros aditivos

Na atual nutrição de precisão, a utilização de aditivos é essencial. Os aditivos são substâncias utilizadas com o objetivo de promover melhoria no processo nutritivo, assim como nas características da própria ração. Essas substâncias são, em sua maioria, de origem sintética e podem ser exemplificados por: promotores de crescimento, probióticos, prebióticos, simbióticos, enzimas exógenas, antibióticos, antioxidantes, corantes, que são os aditivos mais utilizados atualmente. Um estudo mais detalhado não é objetivo deste livro. Para consulta, pode ser utilizado o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal.

Devemos chamar atenção para o fato de que não adicionamos hormônios a dietas dos frangos de corte, conforme a crença popular. O elevado desempenho dos animais está associado principalmente ao melhoramento genético, além de melhorias nas instalações e ambiência, sanidade e nutrição.

Tabela 10 - Composição dos alimentos para animais – Valores com base na matéria natural

Alimentos	MS (%)	PB (%)	FDA (%)	FDN (%)	Ca (%)	P total (%)	Lisina (%)	Met.+ cis. (%)	ED suínos kcal/kg	EM suínos kcal/kg	EM aves kcal/kg	ED coelhos kcal/kg	ED peixes kcal/kg	ED Cavalos kcal/kg	NDT bovinos
Calcário calcítico	99,00	-	-	-	38,40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Casca de soja	88,80	13,50	44,15	57,20	0,49	0,14	0,89	0,39	2370	2245	871	-	-	-	-
DL Metionina	9900	59,38	-	-	-	-	-	99,00	5656	5475	4858	5621	-	-	-
Farelo de algodão	89,99	39,45	16,97	29,53	0,46	1,05	1,64	1,28	2507	2323	1943	2620	2507	-	57,90
Farelo de amendoim	89,55	48,45	10,55	15,45	0,17	0,63	1,57	1,11	3475	3178	2278	-	-	-	-
Farelo de arroz desengordurado	89,60	15,50	15,80	24,30	0,10	1,81	0,69	0,60	2531	2450	1808	2308	-	-	-
Farelo de arroz integral	89,30	13,24	12,58	21,30	0,11	1,61	0,63	0,52	3179	3111	2534	-	3671	-	69,96
Farelo de girassol	91,37	31,16	34,07	42,38	0,35	0,96	-	-	-	-	-	-	-	2800	-
Farelo de soja	88,59	45,32	8,16	13,86	0,24	0,53	2,77	1,27	3425	3154	2256	3389	3472	3200	71,30
Farelo de trigo	88,00	15,52	13,85	40,59	0,14	0,99	0,62	0,58	2551	2442	1824	2085	2630	2800	64,00
Farinha de carne e ossos	92,26	41,00	-	-	10,08	6,80	1,98	0,80	2296	2065	1937	-	2828	-	-
Farinha de penas	89,64	74,70	-	-	0,36	0,67	2,29	3,74	3170	2805	2611	-	-	-	-
Farinha de peixes	91,93	61,10	-	-	4,70	2,41	4,34	2,28	3170	2845	2778	-	3900	-	-
Feno de alfafa	88,15	16,47	32,18	44,81	1,10	0,23	-	-	-	-	-	1898	2389	2250	51,00
Feno de coast cross	88,21	7,22	37,08	70,40	0,41	0,16	-	-	-	-	-	1593	-	-	44,20
Feno de tifton 85	90,35	8,60	35,80	69,48	0,40	0,17	-	-	-	-	-	1494	-	-	54,87
Feno do terço superior da rama da mandioca	88,00	17,00	46,59	-	1,56	0,23	-	-	-	-	-	1377	-	-	-
Fosfato bicálcico	99,00	-	-	-	24,50	18,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Glútem de milho	90,95	60,35	8,63	6,39	0,03	0,44	1,00	2,46	4341	3929	3696	-	3530	-	76,10
Grão de soja	90,76	35,24	-	12,56	0,32	0,50	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lisina HCl	98,00	85,81	-	-	-	-	98,00	-	4808	4599	3762	4635	-	-	-
Melaço de cana em pó	93,26	2,44	-	-	6,21	0,21	-	-	2616	2495	2153	2389	2670	2900	61,60
Milho	87,11	8,26	3,54	11,75	0,03	0,24	0,24	0,36	3460	3340	3381	3149	3387	3500	75,80

Óleo de soja	99,60	-	-	-	-	-	-	-	-	8600	8300	8790	8694	7769	-	-
Polpa cítrica	88,44	6,37	-	-	1,57	0,20	0,17	0,16	0,16	2956	2863	1100	2089	3604	2700	58,7
Raspa de mandioca	87,67	2,47	4,27	11,75	0,20	0,09	0,09	0,07	0,07	3048	3020	2973	2973	2843	-	-
Silagem de milho	30,86	2,25	9,55	17,26	0,09	0,06	-	-	-	-	-	-	-	1680	-	19,19
Sorgo	87,97	9,23	5,90	10,03	0,03	0,26	0,20	0,32	0,32	3348	3289	3192	3346	3277	3200	69,0
Torta de algodão	88,99	30,42	25,95	36,78	0,22	0,76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Fontes: Logato (1999), Rostagno et al. (2005), Valadares Filho et al. (2002), Ferreira et al. (2006), Lewis L. D. (1985)

Tabela 11 - Níveis de inclusão máximo dos principais alimentos alternativos rações para animais (% da ração)

Alimento	Frangos inicial	Frangos cresc.	Poedeiras	Suínos inicial	Suínos cresc.	Suínos reprod.	Coelhos	Peixes larvas e alevinos	Peixes Cresc. e engorda	Peixes Reprodutor
Farelo de algodão	10	10	10	10	10	10	5	5	15	0
Farelo de amendoim	5	5	5	5	5	5	-	15	15	15
Farelo de arroz	6	6	6	8	8	8	-	20	20	20
Farelo de trigo	15	20	25	15	30	40	25	10	30	30
Farinha de carne e ossos	6	6	6	5	5	5	5	5	5	5
Farinha de peixes	10	10	10	10	10	10	5	10	5	5
Farinha de penas	2	2	2	3	3	3	-	5	5	5
Melaço de cana em pó	3	3	3	4	4	4	3	0	5	5
Óleo de soja	5	5	5	5	5	5	5	-	-	-
Raspa de mandioca	20	20	20	20	20	20	20	10	10	10
Sorgo	Metade milho	Metade milho	Metade milho	SR	SR	SR	Metade milho	5	30	30

Fontes: Logato (1999), Rostagno et al. (2005), Ferreira et al. (2006)
SR = Sem restrições de adição, se respeitados os níveis nutricionais.

8.8 - Exercícios de fixação

- a) Qual o principal alimento utilizado nas rações dos animais? Faça um pequeno texto sobre esse alimento.
- b) O que é um premix? Quem determina o nível de inclusão do premix?
- c) Para a bovinocultura, a utilização do feno pode ser uma alternativa interessante. O que é feno? Cite dois exemplos.
- d) O que é uma silagem? Explique e dê exemplos.

8.9 - Sugestão de trabalho extraclasse

O trabalho seguinte é sugerido para que seja feito em duplas. Apresenta como principais objetivos desenvolver a capacidade do aluno em apresentar trabalhos, sintetizar conteúdos, criar e utilizar lâminas de transparência, além de facilitar a discussão sobre a utilização dos alimentos para animais.

Cada dupla de alunos deverá utilizar um alimento como tema, o qual será sorteado pelo professor. São sugestões de temas: farelo de trigo, farelo de girassol, farinha de penas, farinha de carne e ossos, farelo de arroz, glúten de milho, farelo de algodão, ureia, sorgo, mandioca, fenos em geral, silagens em geral, cana picada, polpa cítrica, melaço de cana, etc. O professor poderá indicar outros alimentos.

Os alunos deverão pesquisar sobre o alimento, enfatizando informações como vantagens, desvantagens, formas de utilização, níveis de inclusão, formas de processamento, composição químico-bromatológica, preço, etc. Cada dupla deverá apresentar o trabalho em apenas uma transparência, tendo, para isso, um tempo médio de 10 minutos. Os alunos poderão colocar tópicos nas transparências ou frases curtas, evitando, assim, transparências cheias. O tamanho mínimo de letra poderá ser o 24.

Os alunos poderão entregar também um resumo de pelo menos 10 linhas para os demais alunos que assistem à apresentação. Uma referência bibliográfica de um livro ou artigo deverá ser citada ao final do resumo.

Após a apresentação do trabalho, os demais alunos poderão fazer perguntas. Ao final, o professor fará a discussão final sobre o alimento em questão.

9) Cálculo de ração

9.1 - Introdução

Muitas vezes, o cálculo de rações e dietas para animais é assunto de grande complexidade para alunos de um curso de nível médio. Contudo, são imprescindíveis ao futuro profissional noções básicas, para poder formular uma dieta de baixa complexidade ou um concentrado para ruminantes. Não se objetiva aqui preparar um nutricionista animal, que formule dietas e suplementos complexos.

No momento da formulação, deve estar bem entendido ao formulador se os dados estão com base na matéria seca ou na matéria natural. Quando formulamos alimentos para animais que ingerem muita quantidade de alimentos com alta umidade, como é o caso dos ruminantes e equinos, formulamos com base na matéria seca. Quando trabalhamos com animais que ingerem basicamente ração, trabalhamos com base na matéria natural (como oferecido), considerando que os ingredientes têm, em média, 90% de matéria seca.

9.2 - Itens necessários para cálculo de ração

Há alguns requisitos básicos para o cálculo de ração, que são destacados a seguir:

Conhecimentos básicos de nutrição animal: Indispensáveis ao nutricionista, que deverá ter conhecimentos também sobre a espécie animal à qual a ração será destinada.

Necessidades nutricionais: Para cálculo de qualquer ração para animais, é necessário conhecer quais as necessidades devem ser satisfeitas pela ração. Para isso, outras fontes podem ser consultadas, tais como tabelas de exigências nutricionais (NRC, Rostagno; 2005, etc), manuais de criação de linhagens comerciais, artigos científicos, dissertações e teses, livros de nutrição, etc. Para a consulta, outras

informações, como o potencial genético do animal, nível de produção, idade dos animais e temperatura ambiente, podem ser necessárias.

Composição dos alimentos: Devem-se especificar os teores nutricionais de cada alimento utilizado no cálculo. Esses valores podem ser obtidos em tabelas de composição, pois elas trazem valores médios da composição desses alimentos. Outra forma de obter a composição dos alimentos é mediante análises bromatológicas do alimento ou por equações de predição, que calculam indiretamente o valor nutritivo dos alimentos. Deve-se lembrar que as análises proporcionam maior custo; porém propiciam maior exatidão no cálculo, pois as tabelas de composição apresentam níveis médios dos nutrientes e esses nem sempre condizem com a situação de cada região.

Níveis de inclusão: A maioria dos alimentos tem algum tipo de restrição para ser incluído em uma ração. Por exemplo, se uma ração para coelhos tiver mais que 20,0% de milho, que contém muito amido, o animal poderá apresentar problemas intestinais. Assim, os níveis de inclusão máximos permitidos devem ser respeitados para cada espécie. Sugerimos aos formuladores iniciantes que pesquisem essas informações em tabelas, como a de Rostagno et al. (2005), ou entrem em contato com outros formuladores. A tabela 11 apresenta uma sugestão de níveis de inclusão que podem ser adotados inicialmente para formulação. É extremamente importante o trabalho do profissional em campo, avaliando o resultado de sua formulação. Com esse trabalho, o formulador poderá modificar o nível de inclusão dos alimentos, conforme as necessidades.

Preço e alimentos disponíveis: Numa ração de custo mínimo, muitas vezes, a inclusão do alimento é determinada pelo seu custo. O formulador deve saber quais alimentos proporcionam melhor custo/benefício, quais estão disponíveis no mercado, bem como a melhor época para compra desses ingredientes. O custo de transporte deve ser considerado. O

cálculo pode ser feito manualmente ou em computadores, por programação linear. Passaremos a descrever os dois métodos:

9.3 - Cálculo de ração manual

O cálculo de ração pode ser feito manualmente, bastando-se, para isso, ter, além dos conhecimentos de nutrição, calculadora e papel. Existem métodos, como o de tentativa e erro, equações lineares ou quadrado de Peason. Porém, os métodos manuais apresentam muitas desvantagens, como as apresentadas a seguir:

- Método muito trabalhoso, que nem sempre fornecerá dados exatos;
- Está limitado ao uso de poucos ingredientes
- Difícil fechamento com exatidão (100,00%)
- Impossibilidade de se fazer uma ração de custo mínimo.

Mesmo assim, muitas vezes, o técnico não terá acesso a um computador. O método mais utilizado é do Quadrado de Peason. Por esse método, vários nutrientes, como proteína bruta, energia, cálcio e fósforo, podem ser equilibrados. Em cálculos mais avançados, os aminoácidos também podem ser equilibrados.

O Quadrado de Peason nada mais é do que um método matemático que determina uma relação entre dois alimentos, para que forneça exatamente uma quantidade previamente estipulada. Normalmente esses dois alimentos são uma fonte energética e uma proteica, sendo normalmente utilizados milho e farelo de soja. Com base nessa relação, será verificada a deficiência dos principais nutrientes, devendo-se, para isso, adicionar uma fonte direta de cada nutriente. É necessário, previamente ao cálculo, deixar um espaço para que, no final, essas fontes diretas sejam adicionadas. Devemos lembrar que essa ração

será calculada por razão de porcentagem. O método será descrito a seguir:

1. Inicialmente, deve-se considerar a proteína bruta que será fornecida por um ingrediente previamente estabelecido. Em seguida, descontar esse valor de proteína do valor de exigência.
2. Determinar a quantidade de espaço a ser deixada para adição futura de óleo, premix, sal, calcário, fosfato bicálcico ou até aminoácidos, caso esse sejam também equilibrados.
3. Dividir o teor de proteína obtido pela somatória de milho e farelo de soja dividida por 100. Esse procedimento irá elevar o valor numérico, pois com a adição dos outros ingredientes, ao final do cálculo, o valor se adequará.
4. Com o novo valor, montar um Quadrado de Peason da seguinte forma:



Assim, o valor de proteína bruta obtido deverá ser diminuído do valor de PB da fonte proteica. O valor de PB da fonte energética deverá ser diminuído do valor de proteína bruta obtido. O exemplo abaixo utilizará milho e farelo de soja para obter uma combinação que forneça 22% de PB.



Perceba que $45,5 - 8 = 37,5$, assim como $14 + 23,5 = 37,5$. Assim, encontrou-se a relação entre a fonte proteica e a energética que fornece a quantidade estipulada de proteína.

5. Deve-se, então, extrapolar essa relação para o somatório da fonte proteica e energética. Para saber esse valor, basta subtrair, de 100, os

valores deixados para espaço e dos ingredientes pré-adicionados. Por exemplo, suponha que, no exemplo anterior, usará 10% de farelo de trigo, deixando 5% para espaço. Assim, $100 - 10 - 5 = 85\%$. Pode-se usar agora uma regra de três simples:

$$\begin{array}{r} 37,5 \text{ partes} \text{ -----} 14 \text{ de farelo de soja} \\ 85 \text{ partes} \text{ -----} x \end{array}$$

Obteve-se 31,73% de farelo de soja. Logo, $85 - 31,73 = 53,27\%$ de milho. Essas quantidades serão utilizadas na composição final da ração.

6. Verificar o déficit de nutrientes. Para isso, deve-se verificar a quantidade de nutrientes fornecida pela fonte energética, proteica ou outra fonte previamente estabelecida.

7. Equilibrar os nutrientes utilizando as fontes diretas. Utilizar a seguinte seqüência: aminoácidos (se houver), energia, cálcio e fósforo.

8. Somar todos os ingredientes e verificar se deu 100%. Caso o valor final esteja muito próximo a 100% (99,5-100%), pode-se completar com milho ou ingrediente inerte.

9. Caso o valor estoure os 100% ou esteja muito abaixo de 100%, refazer deixando mais ou menos espaço. Se estourar os 100%, o espaço deverá ser aumentado. Se ficar abaixo, o espaço deverá ser diminuído.

Obs: Não há como equilibrar exatamente a proteína bruta pela adição de aminoácidos. A ração terá um ligeiro aumento na proteína final, muitas vezes desprezível.

9.4 - Cálculo de ração via programação linear

Na era da informação, não é difícil fazer uma dieta para animais utilizando o computador. Essa ferramenta hoje é acessível à maioria dos profissionais, sendo conhecimento indispensável ao técnico.

Com o abastecimento do programa, ele, mediante um sistema matemático de matrizes, confronta dados de necessidades nutricionais, composição de alimentos, custo do alimento e restrições impostas pelo formulador, de maneira que se formule uma mistura mais barata possível e que atenda às necessidades nutricionais (ração de custo mínimo).

Essa metodologia apresenta vantagens como:

- Rapidez no cálculo.
- Formulação de uma ração com diversos ingredientes.
- Formulação de rações a custo mínimo.

Há inúmeros programas de cálculo de ração, desde os mais simples até os mais sofisticados que controlam estoque, entre outros itens. Para um estudante que está iniciando sua prática de formulação, indicamos o uso do programa PLE, que é extremamente simples e de fácil acesso, o qual pode ser conseguido com professores de diversas instituições e outros profissionais. Outros programas estão disponíveis no mercado, a baixo custo, como o programa SUPERCRAC. Neste livro, vamos destacar o PLE, por se tratar de um programa de fácil uso, que formula rações para qualquer espécie animal.

O PLE é um programa de fácil uso e acessível a estudantes, profissionais, pesquisadores e outros. Para facilitar, os seguintes passos foram organizados:

1. Abra o arquivo executável ple.exe (caso trabalhe no Linuz, é necessário um emulador de DOS)
2. Vá em ALIMENTOS e pegue os números dos alimentos que você vai trabalhar.

Obs: Muitas vezes, é necessário conferir a composição de cada ingrediente.

3. Vá em NUTRIENTES e pegue o número dos nutrientes necessários.

Obs: Caso não contenha o ingrediente ou nutriente necessário, você deverá cadastrá-lo

4. Vá em PREÇOS e atualize os preços

5. Agora, você deverá criar uma ração indo á FORMULA e escolhendo uma numeração

6. Logo que acessar a fórmula, digite o nome da ração e tecele enter

7. Entre com o número dos ingredientes. Após cair no próximo campo, você pode teclar mais três vezes em enter ou jogar o cursor na linha de baixo

8. Caso haja alguma restrição, você poderá colocá-la no campo de mínimo e máximo

9. Quando colocar todos os ingredientes necessários, dê F4 e vá para o menu de nutrientes

10. Entre com todos os nutrientes, da mesma forma que entrou com os alimentos

11. Coloque as necessidades nutricionais no campo de mínimo.

Obs: Você não pode esquecer de colocar a necessidade PESO e, assim, exigir mínimo de 100 e máximo de 100, para que o programa calcule em cima de porcentagem, ou seja, 100 kg de ração.

12. Assim, tecele ESC e a opção de cálculo aparecerá

13. Aperte F3, confirme e, se tudo foi colocado corretamente, a ração será formulada

14. Aperte F3 e veja se os nutrientes foram bem atendidos

Observações importantes:

- Caso o programa esteja colocando nutrientes em excesso, coloque o mínimo de nutriente muito próximo ao máximo
- Caso apareça a mensagem “Sin dados en tablas”, é sinal de que

algun nutriente do alimento não está registrado (-). Mesmo que aquele nutriente seja nulo para o alimento, o valor deve ser zerado.

- A incompatibilidade é muito comum, assim você deverá “ampliar mais” as necessidades nutricionais ou, então, acrescentar mais ingredientes para aumentar as opções de saída do programa.
- Para colocar mais ingredientes que os da tela, aperte PG UP ou PG Dn.
- Quando o programa estiver travando demais, libere os ingredientes e nutrientes e faça o cálculo por partes, até descobrir o problema.

9.5 - Exercícios de fixação

- a) Atualmente na indústria de rações, devemos formular rações de custo mínimo. O que é uma ração de custo mínimo?
- b) Quando formulamos uma dieta para animais não ruminantes, necessitamos da composição nutricional dos alimentos, níveis de inclusão e necessidades nutricionais. Explique como podemos adquirir essas informações.
- c) Formule para bovinos um concentrado que contenha 24% de proteína bruta utilizando os seguintes ingredientes: 10% de farelo de trigo, milho e farelo de soja. A composição dos alimentos pode ser coletada na tabela 10.

9.6 - Outros exercícios para pesquisa

O exercício abaixo é complexo e, se preciso, procure auxílio do professor.

- a) A partir do quadrado de Pearson, formule uma dieta para poedeiras atendendo às seguintes necessidades nutricionais: EM: 2800 kcal/kg; PB: 16%; Ca: 3,6%; Pdisp. (fósforo disponível): 0,35%; lisina digestível: 0,85% e metionina + cistina digestível: 0,65%.

Utilize 5% de farelo de trigo, 10% de raspa de mandioca, 0,5% de premix vitamínico mineral e 0,3% de cloreto de sódio. Os demais ingredientes podem ser: milho, farelo de soja, óleo, lisina HCl, DL metionina, óleo, calcário e fosfato bicálcico.

- b) Utilizando o PLE, formule a mesma dieta citada no exercício acima.

10 - Referências bibliográficas

- ALBINO L. F. T., NEME R. **Codornas: Manual prático de criação**. Viçosa: Aprenda Fácil, 1998. 56 p.
- CASE, L.P; CAREY, D.P.; HIRAKAWA, D.A. **Nutrição Canina e Felina, Manual para profissionais**. Harcourt Brace de Espanha S.A., 1998. 424 P.
- Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal**. Publicação realizada pelo SINDIRAÇÕES, com apoio da ANFAR, CBNA e Ministério da Agricultura. 2005.
- DE BLAS, J. C.; MATEOS, G. G. Feed formulation. In: DE BLAS, C., WISEMAN, J. **The nutrition of the rabbit**. Cambridge: CAB International, p. 241-253, 1998.
- FERREIRA W. M.; FERREIRA S. R. A.; CASTRO EULER A. C. C.; MACHADO L. C.; OLIVEIRA C. E. A.; VASCONCELOS C. H. F. **Avanços na nutrição e alimentação de coelhos no Brasil**. In: Zootec 2006, Anais... Recurso eletrônico CD.
- LEWIS, L.D. **Alimentação e cuidados do cavalo**. São Paulo: Roca, 1985. p.73-90.
- LOGATO, P.U.R. **Nutrição e Alimentação de Peixes de Água Doce**. Lavras: FLA/FAEPE, 1999. 136 p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of the dairy cattle**. 6.ed. Washington, D.C., 1989. 158p.
- ROSTAGNO H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2 ed. Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186 p.

VALADARES FILHO, S.C.; ROCHA JR., V.R.; CAPPELLE, E.R. **Tabelas brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2002. 297p.