

RICARDO VIANNA NUNES

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS DE
ALGUNS ALIMENTOS PARA AVES

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL

2003

RICARDO VIANNA NUNES

DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS DE
ALGUNS ALIMENTOS PARA AVES

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

APROVADA: 15 de setembro de 2003.

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino
(Conselheiro)

Prof. Paulo Cezar Gomes
(Conselheiro)

Prof. George H. Kling de Moraes

Dr. Júlio Maria Ribeiro Pupa

Prof. Horacio Santiago Rostagno
(Orientador)

A Deus, pois tudo posso naquele que me fortalece.

A minha esposa Christiane, pelo carinho, pelo apoio, pela dedicação e pela paciência nos momentos mais difíceis.

Aos meus pais, José Roberto e Elizabeth, pela vida e formação.

Ao meus filhos, Pedro e Letícia, inspiração para viver.

À minha irmã, Carol, sem declaração.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização do curso ao nível de pós-graduação.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao professor Horacio Santiago Rostagno, pela valiosa orientação, pelos ensinamentos, pelo estímulo, pela amizade, e sobretudo pela paciência repassada.

Aos professores, mais que professores, amigos de profissão, Luiz F. T. Albino, Paulo C. Gomes e Paulo C. Pozza, pela amizade, pelo exemplo profissional, pela colaboração, pelas sugestões, pelo incentivo e pelo apoio nos momentos mais difíceis.

Aos professores George H. Kling de Moraes, Sérgio L. Barreto e ao amigo Dr. Júlio Pupa pelas, sugestões e pelo apoio.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, em especial aos amigos Elísio e Joselino, pela amizade, pela colaboração, pelo apoio e por deixarem várias vezes de passar natal, final de ano, páscoa com a família, ajudando em tudo o que foi possível. Estes merecem meus sinceros agradecimentos.

Aos colegas Marly, Marcelle, Tati, Sandra, Charles Buteri, Rony e José Geraldo, pelo auxílio nos experimentos de campo e de laboratório.

Aos meus amigos Josué da Fonseca, Fernando de Abreu, Rafael Neme e Ramalho Rodrigueiro, pela sincera amizade e pelo apoio profissional.

Aos funcionários da granja de melhoramento de suínos da UFV, que auxiliaram no abate das aves, em pleno sábado e domingo.

Aos demais professores, funcionários e colegas do Departamento de Zootecnia da UFV, que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

RICARDO VIANNA NUNES, filho de José Roberto Esparapan Nunes e Elizabeth Correa Vianna Nunes, nasceu em Campinas, SP, em 08 de março de 1973.

Concluiu o Curso Técnico em Bioquímica na Escola Conselheiro Antônio Prado (ETECAP), em Campinas, SP, em dezembro de 1990.

Em agosto de 1992, iniciou na Universidade Federal de Lavras, o curso de Graduação em Zootecnia, concluído em julho de 1997.

Em agosto de 1999, defendeu tese para obtenção do título de Mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástrico, na Universidade Federal de Viçosa.

Em setembro de 1999, ingressou no curso de Doutorado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástrico, na Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa-MG, submetendo-se à defesa de tese, em setembro 2003.

Em julho de 2002, assumiu o cargo de professor Assistente, na cadeira de Avicultura, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Marechal Cândido Rondon – PR.

CONTEÚDO

| | |
|--|-----|
| RESUMO..... | ix |
| ABSTRACT..... | xii |
| INTRODUÇÃO..... | 1 |
| CAPÍTULO 1..... | 3 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DE DIFERENTES ALIMENTOS, DE ORIGEM VEGETAL..... | 3 |
| 1) Introdução..... | 3 |
| 2) Material e métodos..... | 5 |
| 3) Resultados e discussão..... | 10 |
| 3.1) Composição química..... | 10 |
| 3.2) Valores de energia metabolizável aparente, aparente corrigida, verdadeira e verdadeira corrigida pelo balanço..... | 14 |
| 3.3) Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta..... | 17 |
| 4) Resumo e conclusão..... | 21 |
| CAPÍTULO 2..... | 23 |
| COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DE DIFERENTES ALIMENTOS, DE ORIGEM ANIMAL..... | 23 |
| 1) Introdução..... | 23 |
| 2) Material e métodos..... | 25 |
| 3) Resultados e discussão..... | 29 |

| | |
|---|----|
| 3.1) Composição química..... | 29 |
| 3.2) Valores de energia metabolizável aparente, aparente corrigida, verdadeira e verdadeira corrigida pelo balanço..... | 32 |
| 3.3) Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta..... | 34 |
| 4) Resumo e conclusão..... | 37 |
| CAPÍTULO 3..... | 39 |
| COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES DE ALGUNS ALIMENTOS, DE ORIGEM VEGETAL..... | 39 |
| 1) Introdução..... | 39 |
| 2) Material e métodos..... | 41 |
| 3) Resultados e discussão..... | 46 |
| 3.1) Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total, dos alimentos energéticos..... | 46 |
| 3.2) Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total, dos alimentos protéicos..... | 53 |
| 4) Resumo e conclusão..... | 58 |
| CAPÍTULO 4..... | 60 |
| COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES DE ALGUNS ALIMENTOS, DE ORIGEM ANIMAL..... | 60 |
| 1) Introdução..... | 60 |
| 2) Material e métodos..... | 62 |
| 3) Resultados e discussão..... | 66 |
| 3.1) Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total..... | 66 |
| 4) Resumo e conclusão..... | 73 |
| CAPÍTULO 5..... | 75 |
| ESTIMATIVA DOS VALORES ENERGÉTICOS DE ALGUNS ALIMENTOS | 75 |
| 1) Introdução..... | 75 |
| 2) Material e métodos..... | 78 |
| 3) Resultados e discussão..... | 82 |
| 4) Resumo e conclusão..... | 89 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 91 |

| | |
|-----------------|-----|
| APÊNDICES..... | 98 |
| APÊNDICE A..... | 99 |
| APÊNDICE B..... | 101 |
| APÊNDICE C..... | 103 |

RESUMO

NUNES, Ricardo Vianna. D.S. Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2003. **Digestibilidade de Nutrientes e Valores Energéticos de Alguns Alimentos Para Aves.** Orientador: Horacio Santiago Rostagno. Conselheiros: Luiz Fernando Teixeira Albino e Paulo Cezar Gomes.

Com o objetivo de determinar os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMA_n), os coeficientes de digestibilidade aparente (CDA) e estimar os valores de energia líquida (EL) de 27 alimentos, foram realizados 4 ensaios no Setor de Avicultura da Universidade Federal de Viçosa. Eles foram divididos em alimentos de origem vegetal energético, de origem vegetal protéicos, de origem animal e por outros alimentos. Os alimentos de origem vegetal energético foram constituídos por duas amostras de trigo, duas de milho, duas de farelo de trigo (FT), uma de sorgo e uma de farelo de glúten de milho 21% (FGM21). Os de origem vegetal protéico foram constituídos por duas amostras de farelo de soja (FS), uma de soja integral tostada (SIT), uma de farelo de glúten de milho 60% (FGM60), e uma de farelo de algodão 30% (FA). Os de origem animal foram constituídos por três amostras de farinha de penas (FP), três de farinha de vísceras de aves (FVA), duas de farinha de vísceras suínas (FVS), duas de farinha de carne e ossos (FCO), e uma de farinha de penas e vísceras (FPV). Finalmente, outros alimentos foram constituídos por amido, açúcar e óleo de soja. Para determinar os valores de EMA_n , foi utilizado o método da coleta

total de excretas e para determinar os CDA, foi utilizado o método do indicador. Pela composição química dos alimentos e os CDA, foi calculado o valor de EL. Os valores de EMA_n expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 3.767 para o milho, de 3.275 para o trigo, de 1.995 para o FT, de 2.259 para o FS, de 3.464 para o sorgo, de 1.901 para o FGM21, de 3.721 para o FGM60, de 3.072 para a SIT, de 2.012 para o FA, de 3.516 para o amido, de 3.651 para o açúcar e de 7.721 para o óleo de soja. Os valores de EMA_n expressos em kcal/kg de MS, foram em média, para os alimentos FCO, FP, FVA, FVS e FPV, respectivamente, de 1.422, 1.875, 2.844, 1.779 e 2.209. Os CDA da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), gordura (EE), cinzas (MM), fibra bruta (FB), FDN, FDA, hemicelulose, amido, açúcar solúvel e ENN, respectivamente, para o milho, trigo e sorgo, foram de 89,36; 91,48; 80,36; 77,11; 23,15; 74,77; 57,43; 79,53; 98,31; 92,74 e 94,16%. Para o FT e FGM21, foram de 83,68; 76,58; 68,93; 57,90; 22,84; 67,57; 58,91; 70,81; 93,98; 90,40 e 82,46%. Os CDA da MS, PB, EE, MM, FB, FDN, FDA, hemicelulose, amido, açúcar solúvel e ENN, respectivamente, para o FS, foram de 88,58; 92,69; 93,83; 89,15; 20,05; 72,84; 70,84; 74,46; 94,43; 89,08 e 100,00%. Para a SIT, foram de 89,61; 94,54; 91,76; 97,17; 20,09; 72,98; 73,93; 70,41; 99,13; 88,67 e 100,00%. Para o FGM60, foram de 89,04; 94,33; 77,34; 96,54; 22,69; 63,74; 48,76; 71,44; 99,27; 91,33 e 100,00%. Para o FA de 88,47; 92,05; 94,58; 75,77; 57,72; 72,64; 85,08; 62,79; 96,99; 92,60 e 100,00%. Os CDA da MS, PB, EE, MM, FB, FDN e FDA para a FCO, foram de 85,02; 85,06; 81,71; 60,39; 30,29; 87,92 e 21,88%, respectivamente. Para FP, foram de 87,85; 82,74; 79,73; 92,57; 28,80; 91,61 e 59,16%, respectivamente; para FVA, foram de 87,49; 90,19; 87,00; 49,78; 33,21; 88,44 e 44,35%, respectivamente. Para FVS, foram de 85,89; 79,03; 76,37; 38,46; 33,07; 85,69 e 24,67%, respectivamente. Finalmente, para FVP, foram de 87,99; 85,37; 90,39; 82,31; 32,27; 93,22 e 51,64%, respectivamente. Os valores estimados de EL para o trigo, milho, FT e FS foram em média de 2.395, 2.836, 1.469 e 1.464 kcal/kg de MS, respectivamente. Para o sorgo, FGM21, FGM60, SIT e FA, expressos em kcal/kg de MS, foram de 2.582, 1.341, 2.409, 2.290 e 1.333, respectivamente. Para a

FCO, FP, FVA, FVS e FPV, os valores de EL, expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 1.007, 1.164, 2.036, 1.287 e 1.495, respectivamente.

ABSTRACT

NUNES, Ricardo Vianna. D.S. Universidade Federal de Viçosa, September, 2003. **Nutrients digestibility and energetic values of some feedstuffs for poultry.** Advisor: Horacio Santiago Rostagno. Committee Members: Luiz Fernando Teixeira Albino and Paulo Cezar Gomes.

To determine the values of corrected apparent metabolizable energy (AME_n), as well as the apparent digestibility coefficients (ADC), and to estimate the net energy values (NE) of 27 feedstuffs, four experiments were carried out in the Aviculture husbandry of the Universidade Federal de Viçosa, MG, Brazil. The feedstuffs were classified in energetic, proteins, animal proteins and other feeds. The energetic feeds were a mix of wheat, corn and wheat bran (WB), two batches of each, plus one batch of sorghum and one of corn gluten meal with 21% CP (CGM21). The protein feeds were made of two batches of soybean meal (SM), and one batch of toasted integral soybean (TIS), other of corn gluten meal with 60% CP (CGM60) and another of cottonseed meal 30% CP (CM). The protein feeds of animal origin were made of three batches of feathers meals (FM), three batches of poultry viscera meals (PVM), two batches of swine viscera meals (SVM), two batches of meat and bone meals (MBM), plus one batch of viscera and feathers meal (VFM). Finally, other feeds were made of corn starch, sugar

and soybean oil (OS). To determine the values of AME_n , the total excrete collection method was used and to determined the values of ADC, the indicator method was used. With the data of feedstuff chemical compositions and also the ADC, the values of NE were calculated. The values of AME_n , expressed in kcal/kg of DM, averaged 3.767 for corn, 3.275 for wheat, 1.995 for WB, 2.259 for SB, 3.464 for sorghum, 1.901 for CMG21, 3.721 for CMG60, 3.072 for TIS, 2.012 for CM, 3.516 for starch, 3.651 for sugar and 7.721 for SO. The values of AME_n , expressed in kcal/kg of DM, averaged 1.422, 1.875, 2.844, 1.779 and 2.209, for MBM, FM, PVM, SVM and VFM, respectively. The ADC of dry matter (DM), crude protein (CP), fat (EE), ash (MM), crude fiber (CB), NDF, ADF, hemicellulose, starch, soluble sugars and NFE, for corn, wheat and sorghum, were, respectively, 89,36; 91,48; 80,36; 77,11; 23,15; 74,77; 57,43; 79,53; 98,31; 92,74 and 94,16%. For the WB and CMG21, were 83,68; 76,58; 68,93; 57,90; 22,84; 67,57; 58,91; 70,81; 93,98; 90,40 and 82,46%. The ADC of DM, CP, EE, MM, CF, NDF, ADF, hemicellulose, starch, soluble sugar and NFE, for SM, were, respectively, 88,58; 92,69; 93,83; 89,15; 20,05; 72,84; 70,84; 74,46; 94,43; 89,08 and 100%. For TIS, were 89,61; 94,54; 91,76; 97,17; 20,09; 72,98; 73,93; 70,41; 99,13; 88,67 and 100%. For CMG60, were 89,04; 94,33; 77,34; 96,54; 22,69; 63,74; 48,76; 71,44; 99,27; 91,33 and 100%. For CM, were 88,47; 92,05; 94,58; 75,77; 57,72; 72,64; 85,08; 62,79; 96,99; 92,60 and 100%. The ACD of DM, CP, EE, MM, CF, NDF and ADF for MBM, were 85,02; 85,06; 81,71; 60,39; 30,29; 87,92 and 21,88%, respectively. For FM, were 87,85; 82,74; 79,73; 92,57; 28,80; 91,61 and 59,16%, respectively. For PVM, were 87,49; 90,19; 87,00; 49,78; 33,21; 88,44 and 44,35%, respectively. For SVM, were 85,89; 79,03; 76,37; 38,46; 33,07; 85,69 and 24,67%, respectively. Finally, for VFM, were 87,99; 85,37; 90,39; 82,31; 32,27; 93,22 and 51,64%, respectively. The estimated NE values for wheat, corn, WB and SM averaged 2.395, 2.836, 1.469 and 1.464 kcal/kg of DM, respectively. For sorghum, CMG21, CMG60, TIS and CM, expressed in kcal/kg of DM, were 2.582, 1.341, 2.409, 2.290 and 1.333, respectively. For the MBM, FM, PVM, SVM and VFM, the values of NE,

expressed in kcal/kg of DM, averaged 1.007, 1.164, 2.036, 1.287 and 1.495, respectively.

1. INTRODUÇÃO

A produção de ração é um importante setor da agroindústria brasileira, consumindo cerca de 65% da produção nacional de milho e de, 45% de farelo de soja (PERFIL 2001). Constitui-se assim, em um dos principais consumidores da produção agrícola nacional, além de movimentar a indústria química para o fornecimento de insumos como as vitaminas, os aminoácidos e os microingredientes para nutrição animal. É também, importante polo de desenvolvimento tecnológico, voltado para a produção de proteína animal como carne, ovos, leite, entre outros, destinada à alimentação humana. A indústria de ração movimenta 35,4 milhões de toneladas/ano que representaram em 2000, cerca de US\$ 6,6 bilhões, gerando em torno de 62.000 empregos diretos.

Segundo dados publicados o consumo de ração em 2001, pelo setor avícola (corte e postura) brasileiro, foi de 21.755,60 mil toneladas de ração, com uma estimativa de 23.060,00 mil toneladas para 2002. Estes valores representam um consumo de 56% do total de ração produzida em 2001 (BUTOLO, 2002).

A busca constante em se formularem rações economicamente viáveis e mais eficientes, aumenta a necessidade de pesquisas relacionadas com a composição química e com os valores de digestibilidade dos nutrientes contidos nos alimentos utilizados nas formulações, resultando em maior eficiência na produção animal. Dessa forma, há necessidade de se conhecer e se revisar o conteúdo de proteína, de amido, de energia, de gordura, de fibra e de

aminoácidos, entre outros, bem como os valores de digestibilidade desses nutrientes, permitindo uma melhor utilização deles na formulação das rações. A utilização dos valores de digestibilidade e/ou disponibilidade dos nutrientes na formulação de rações proporciona um melhor desempenho das aves (ROSTAGNO, 1990).

A composição química dos alimentos é um dos fatores que determinam seu valor nutricional, sendo ainda importante, além da determinação do conteúdo, a digestibilidade dos nutrientes e o valor energético, permitindo maior precisão na formulação e no balanceamento das rações (BRUGALLI, 1996). O valor energético dos alimentos é fundamental para a formulação prática de rações, pois a necessidade energética e o consumo de rações estão diretamente relacionados. Visto que a energia é o fator limitante para o ótimo desempenho das aves, a precisão na determinação dos valores de energia metabolizável pode refletir em melhoria no ganho de peso e, principalmente, nos índices de conversão alimentar (DALE e FULLER, 1982).

Dessa forma, objetivou-se neste trabalho, determinar a composição química, os valores de energia metabolizável, os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes, bem como a relação entre nutrientes digestíveis e a produção de energia metabolizável e líquida de alguns alimentos para aves.

CAPÍTULO 1

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DE DIFERENTES ALIMENTOS, DE ORIGEM VEGETAL

1. INTRODUÇÃO

A avicultura é uma atividade de alto dinamismo, que fornece proteínas de origem animal de alta qualidade para o consumo humano, sendo o Brasil, detentor de considerável posição no “ranking” mundial de produção avícola, conquistada em função da adoção de tecnologias modernas, ao longo das últimas décadas.

No campo da nutrição, especial atenção vem sendo dada à qualidade dos ingredientes no intuito de formular rações com maior precisão (SAID, 1995), tornando-as de menor custo, uma vez que esta contribui com a maior parte do custo total na produção de frangos de corte.

A formulação e o balanceamento de rações consistem na mistura de vários alimentos, com a finalidade de atender às exigências nutricionais dos animais, para que estes possam expressar seu máximo potencial genético. A composição química e energética dos alimentos é responsável pelo seu valor nutricional, bem como pelas suas limitações nutricionais.

A grande variação na composição dos alimentos disponíveis no Brasil, devido a diversos fatores, é um problema enfrentado pelos nutricionistas. Assim, vários trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de atualizar e tornar mais precisos os valores nutricionais dos alimentos comumente utilizados nas rações das aves e também conhecer o valor nutricional de novos alimentos, tornando as tabelas mais completas e com valores mais precisos.

O conhecimento do conteúdo energético dos alimentos é de suma importância para os nutricionistas, uma vez que os ingredientes são incluídos ou rejeitados nas formulações de mínimo custo, em função, principalmente, de seu conteúdo de energia (LIMA, 1996). A energia metabolizável (EM) é a melhor forma de se expressar a energia disponível para as aves e a mais utilizada nos cálculos de rações. Os primeiros estudos realizados por HILL e ANDERSON (1958), permitiram o uso de EM no cálculo de rações para aves em substituição à energia produtiva (EP), até então utilizada. Os autores observaram que os valores de EM eram menos variáveis que os de EP.

A energia é um requerimento decisivo para as aves e um componente importante presente em todos os alimentos, portanto, o controle da produtividade, a eficiência e da rentabilidade exigem maior conhecimento detalhado das exigências e dos valores energéticos de cada alimento (SIBBALD, 1982).

Assim sendo, este trabalho foi conduzido com os objetivos de determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n), energia metabolizável verdadeira (EMV) e energia metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMV_n), bem como os respectivos coeficientes de metabolizabilidade, de diferentes alimentos de origem vegetal para aves.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um ensaio biológico no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG, no período de 28/11/2001 a 10/02/2002, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas.

A temperatura média, máxima e mínima e a umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão, no interior da sala de metabolismo, durante a fase experimental, registrada às 8 e 17 horas, estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1 – Temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão

| Horários | Temperaturas (°C) | | Umidade Relativa (%) |
|----------|-------------------|------------|----------------------|
| | Máxima | Mínima | |
| 8:00 | 28,8 ± 3,1 | 21,8 ± 1,6 | 70,8 ± 6,7 |
| 17:00 | 29,2 ± 3,9 | 23,6 ± 1,7 | 45,0 ± 18,1 |

Foram avaliados 16 alimentos de origem vegetal, provenientes de diferentes fornecedores. Trabalhou-se com duas amostras dos seguintes alimentos: trigo, farelo de trigo, milho, farelo de soja. Para o sorgo, farelo de glúten de milho 21%, farelo de glúten de milho 60%, farelo de algodão 30%, soja

integral tostada, amido de milho, açúcar e óleo de soja degomado, foi utilizada somente uma amostra. Os alimentos foram classificados como energéticos (milho, trigo, sorgo, farelo de trigo, farelo de glúten de milho 21%), protéicos (farelo de soja, soja integral tostada, farelo de glúten de milho 60% e farelo de algodão 30%) e outros alimentos (amido de milho, açúcar e óleo de soja degomado).

As análises químicas dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, sendo determinados os valores de matéria seca (MS), de nitrogênio (N), de extrato etéreo (EE), de fibra bruta (FB), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA), de matéria mineral (MM), de cálcio (Ca), de fósforo (P) e de magnésio (Mg), segundo as técnicas descritas por SILVA e QUEIROZ (2002). Para a determinação dos açúcares solúveis, foi utilizada a metodologia descrita por Dubois et al. (1956), citada em HALL (2000). O amido foi determinado no substrato após extração dos açúcares solúveis com álcool etílico 80% e sua extração foi realizada via ácido perclórico 30% e posterior reação com Reativo de Antrona (SILVA e QUEIROZ, 2002). Também foi determinado o diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas dos alimentos, usando técnica adaptada de ZANOTTO e BELLAVER (1996).

Para a determinação dos valores de EM, foram utilizados 540 pintos de corte machos, da linhagem *Ross*, com 21 dias de idade e peso médio de 588 g. O ensaio foi constituído por 16 alimentos e duas rações-referência (Tabela 2), calculadas segundo as exigências de ROSTAGNO et al. (2000). Cada alimento considerado energético (trigo 1 e 2, milho 1 e 2, farelo de trigo 1 e 2, sorgo; farelo de glúten de milho 21%), substituiu em 30%, a ração-referência com 25% de proteína bruta (PB), os alimentos protéicos (farelo de soja 1 e 2, farelo de glúten de milho 60%, soja integral tostada e farelo de algodão 30%) substituíram em 20%, a ração-referência com 17% de PB. O amido de milho e o açúcar substituíram, em 20% a ração-referência com 25% de PB e o óleo de soja degomado substituiu em 7%, a ração-referência com 25% de PB. A utilização de duas rações-referência teve por objetivo proporcionar valores de PB nas rações-

teste com menor variação entre si, evitando um maior desperdício de energia no metabolismo protéico.

Tabela 2 - Composição das rações-referência em porcentagem da matéria natural

| Ingredientes | Alta proteína (%) | Baixa proteína (%) |
|---|-------------------|--------------------|
| Milho | 49,819 | 69,707 |
| Farelo de soja | 37,968 | 24,220 |
| Farelo de glúten de milho (60%) | 6,500 | -- |
| Óleo vegetal | 1,737 | 1,500 |
| Fosfato bicálcico | 1,533 | 1,643 |
| Calcário | 0,923 | 1,020 |
| Sal | 0,377 | 0,390 |
| Suplemento mineral ¹ | 0,060 | 0,060 |
| Suplemento vitamínico ² | 0,130 | 0,130 |
| DL-metionina (99%) | 0,216 | 0,255 |
| L-lisina.HCl (98%) | -- | 0,298 |
| L-treonina (99%) | -- | 0,040 |
| Cloreto de colina (60%) | 0,060 | 0,060 |
| Anticoccidiano ³ | 0,055 | 0,055 |
| Promotor de crescimento ⁴ | 0,002 | 0,002 |
| Antioxidante ⁵ | 0,020 | 0,020 |
| Óxido crômico (Cr ₂ O ₃) | 0,600 | 0,600 |
| Total | 100,000 | 100,00 |
| Valores calculados | | |
| Proteína bruta (%) | 25,00 | 17,05 |
| Energia metabolizável (kcal/kg) | 2.950,00 | 3.055,00 |
| Metionina digestível (%) | 0,608 | 0,505 |
| Metionina + Cistina digestível (%) | 0,950 | 0,750 |
| Lisina digestível (%) | 1,120 | 1,046 |
| Treonina digestível (%) | 0,858 | 0,608 |
| Triptofano digestível (%) | 0,267 | 0,179 |
| Arginina digestível (%) | 1,498 | 1,015 |
| Cálcio (%) | 0,874 | 0,898 |
| Fósforo disponível (%) | 0,406 | 0,406 |
| Sódio (%) | 0,192 | 0,192 |
| Potássio (%) | 0,859 | 0,655 |

¹ Suplemento mineral contendo: Ferro - 100,0 g; Cobalto - 2,0 g; Cobre - 20,0 g; Manganês - 160,0 g; Zinco - 100,0 g; Iodo - 2,0 g e Excipiente q.s.p. - 500 g;

² Suplemento vitamínico contendo: Vit. A - 10.000.000 U.I.; Vit. D₃ - 2.000.000 U.I.; Vit. E - 30.000 U.I.; Vit. B₁ - 2,0 g; Vit. B₂ - 6,0 g; Vit. B₆ - 4,0 g; Vit. B₁₂ - 0,015 g; Ác. pantotênico - 12,0 g; Biotina - 0,1 g; Vit. K₃ - 3,0 g; Ác. fólico - 1,0 g; Ác. nicotínico - 50,0 g; Selênio - 250,0 mg e Excipiente q.s.p. - 1000 g;

³ Coxistac;

⁴ Virginiamicina 2%;

⁵ Butil hidroxi tolueno 99%.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 18 tratamentos, sendo 16 alimentos-teste e duas rações-referência, três blocos, duas repetições por bloco e cinco aves por unidade experimental. Até o vigésimo primeiro dia de idade, as aves receberam ração inicial para frangos de corte. No 21º dia de idade, foram transferidas para baterias de estrutura metálica constituídas de compartimentos distribuídos em dois andares. As aves receberam luz natural e/ou artificial durante 24 horas. O ambiente foi climatizado com ventiladores, durante os picos de temperatura ambiental elevada, para maior conforto térmico das aves. Durante 12 dias, as aves receberam água e ração experimental à vontade, tendo sido sete dias de adaptação e cinco dias de coleta total de excretas, realizada duas vezes ao dia, às 8 e 17 horas, para evitar fermentação. Para realizar a coleta e evitar perdas, utilizaram-se bandejas cobertas com plástico, colocadas sob cada compartimento das gaiolas. Ao término do período experimental, foi determinada a quantidade de ração consumida por unidade experimental, durante os cinco dias de coleta.

Para determinação das perdas fecais endógenas e urinárias metabólicas, 30 aves de mesma idade e linhagem foram mantidas em jejum, durante 72 h, tendo sido as primeiras 24 h, para o esvaziamento do trato gastrointestinal e as 48 h restantes, para coleta total de excretas. Após o término da última coleta, as excretas foram pesadas e calculadas para cinco dias de coleta.

As excretas coletadas em toda a fase experimental foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e retiradas amostras para análises laboratoriais, nas quais foram feitas a pré-secagem em estufas ventiladas a 55°C e subseqüentes análises de matéria seca, de nitrogênio e de energia bruta.

Uma vez obtidos os resultados das análises laboratoriais dos alimentos, das rações-referência e das excretas, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMA_n), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMV_n), utilizando equações propostas por MATTERSON et al. (1965).

Os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta, em relação aos valores de EMA, EMA_n, EMV e EMV_n, foram calculados segundo LEESON e SUMMERS (2001). O coeficiente de metabolizabilidade indica a percentagem da energia bruta que foi metabolizada na forma de energia metabolizável aparente (CMEA), aparente corrigida (CMEA_n), verdadeira (CMEV) e verdadeira corrigida (CMEV_n).

Com base nos valores de energia bruta e de energia metabolizável dos alimentos, foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade dos valores energéticos. Como procedimento estatístico, aplicou-se o teste de comparação de médias Student Newman-Keuls, ao nível de 5% de probabilidade, entre os valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade, por intermédio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química

Os valores da composição química, energia bruta e o diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) dos alimentos encontram-se nas Tabelas 3 e 4. Observou-se grande variação na composição química entre os alimentos estudados. Esta variação é normal, principalmente em se tratando de alimentos de origem diferente, porém, entre os mesmos alimentos (milho 1 e 2, trigo 1 e 2, farelo de trigo 1 e 2 e farelo de soja 1 e 2) as diferenças foram menores.

Também se verificou grande variação entre os valores da composição química dos alimentos, quando estes foram comparados com os citados em literaturas nacionais (ANFAR, 1985; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1991; MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA - MAARA, 1996; TEIXEIRA, 1998; e ROSTAGNO et al., 2000) e estrangeiras (SCOTT et al., 1982; JANSSEN, 1989; e NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1994 e 1998). As literaturas consultadas também apresentam algumas divergências entre os valores dos nutrientes quando comparadas entre si.

Tabela 3 - Composição química e valores de energia bruta dos alimentos, expressos na matéria natural^{1,2}

| Alimentos | MS | PB | EE | MM | Ca | P | Mg | EB |
|-----------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-----------|
| | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (%) | (kcal/kg) |
| Amido de milho | 87,60 | -- | -- | 0,06 | -- | -- | -- | 3.465 |
| Açúcar | 99,97 | -- | -- | 0,07 | -- | -- | -- | 4.081 |
| Óleo soja degomado | 99,39 | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 8.609 |
| Trigo 1 | 88,27 | 11,40 | 1,84 | 1,62 | 0,01 | 0,31 | 0,04 | 3.821 |
| Trigo 2 | 87,99 | 12,34 | 1,60 | 1,36 | 0,01 | 0,26 | 0,03 | 3.762 |
| Farelo de trigo 1 | 87,91 | 13,01 | 3,97 | 4,45 | 0,15 | 0,88 | 0,55 | 3.839 |
| Farelo de trigo 2 | 88,25 | 13,81 | 3,78 | 4,70 | 0,07 | 0,76 | 0,52 | 3.775 |
| Milho 1 | 87,88 | 6,92 | 4,30 | 1,36 | 0,01 | 0,23 | 0,03 | 3.964 |
| Milho 2 | 88,02 | 7,17 | 3,98 | 1,15 | 0,01 | 0,21 | 0,03 | 3.932 |
| Sorgo | 87,58 | 7,90 | 2,64 | 1,33 | 0,03 | 0,20 | 0,15 | 3.741 |
| Far. glúten milho 21% | 87,13 | 21,27 | 2,13 | 5,31 | 0,03 | 0,85 | 0,56 | 3.819 |
| Far. glúten milho 60% | 90,79 | 64,61 | 2,69 | 1,16 | 0,02 | 0,38 | 0,05 | 4.974 |
| Farelo de soja 1 | 85,59 | 46,93 | 0,75 | 5,76 | 0,20 | 0,48 | 0,42 | 3.974 |
| Farelo de soja 2 | 87,62 | 45,78 | 0,75 | 5,75 | 0,16 | 0,47 | 0,38 | 3.797 |
| Soja integral tostada | 89,26 | 36,69 | 15,68 | 4,48 | 0,17 | 0,30 | 0,33 | 4.859 |
| Far. algodão 30% | 89,90 | 30,46 | 1,65 | 4,60 | 0,13 | 0,65 | 0,59 | 3.848 |

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa;

² MS = matéria seca; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; Ca= cálcio; P= fósforo; Mg= magnésio e EB = energia bruta.

Tabela 4 - Composição química e diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) dos alimentos, expressos na matéria natural^{1,2}

| Alimentos | FB (%) | FDN (%) | FDA (%) | Hemi (%) | ENN (%) | Amido (%) | AS (%) | DGM (µm) |
|--------------------------|--------|---------|---------|----------|---------|-----------|--------|----------|
| Amido de milho | -- | -- | -- | -- | -- | 71,25 | 3,89 | 246,14 |
| Açúcar | -- | -- | -- | -- | -- | -- | 92,94 | 443,68 |
| Trigo 1 | 2,14 | 13,62 | 3,05 | 10,57 | 71,26 | 48,33 | 4,02 | 616,92 |
| Trigo 2 | 2,27 | 13,64 | 2,92 | 10,72 | 70,41 | 50,10 | 4,08 | 641,70 |
| Farelo de trigo 1 | 9,42 | 40,49 | 11,69 | 28,89 | 57,06 | 32,11 | 5,95 | 418,20 |
| Farelo de trigo 2 | 9,57 | 40,65 | 11,65 | 28,91 | 56,39 | 32,13 | 5,87 | 500,52 |
| Milho 1 | 1,93 | 12,55 | 3,38 | 9,17 | 73,36 | 59,21 | 4,61 | 569,97 |
| Milho 2 | 1,87 | 11,62 | 2,80 | 8,82 | 73,84 | 59,62 | 5,06 | 598,91 |
| Sorgo | 2,42 | 10,03 | 3,00 | 7,04 | 73,29 | 55,47 | 3,77 | 542,83 |
| Far. glúten de milho 21% | 8,83 | 36,18 | 9,31 | 26,87 | 49,59 | 19,89 | 4,84 | 445,02 |
| Far. glúten de milho 60% | 1,18 | 10,26 | 3,80 | 6,46 | 21,15 | 12,86 | 4,57 | 456,95 |
| Farelo de soja 1 | 5,25 | 15,78 | 7,18 | 8,59 | 29,90 | 14,96 | 2,85 | 721,30 |
| Farelo de soja 2 | 4,81 | 15,85 | 8,92 | 6,84 | 30,53 | 14,67 | 3,15 | 687,51 |
| Soja integral tostada | 5,84 | 13,28 | 8,74 | 4,54 | 26,57 | 11,56 | 3,51 | 893,51 |
| Far. de algodão 30% | 24,00 | 37,92 | 16,72 | 21,20 | 29,18 | 7,20 | 4,00 | 1365,47 |

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa;

² FB= fibra bruta; FDN= fibra detergente neutro; FDA= fibra detergente ácido; Hemi= hemicelulose; ENN = extrato não nitrogenado e AS = açúcares solúveis em álcool 80%.

As diferenças encontradas entre os diferentes alimentos e entre os mesmos alimentos (trigo 1 e 2, milho 1 e 2, farelo de trigo 1 e 2 e farelo de soja 1 e 2) podem ter sido causadas por vários fatores, entre eles a variação existente entre solos, clima e tipos de processamento que sofrem os alimentos (ALBINO e SILVA, 1996). O processamento pode afetar não só a composição química dos alimentos, como também o valor nutritivo dos mesmos, afetando principalmente a digestibilidade dos diversos nutrientes.

Os teores de proteína bruta do milho, do sorgo, do farelo de trigo e do farelo de algodão, ficaram abaixo dos valores propostos por ROSTAGNO et al.

(2000) e por NRC (1994 e 1998), entretanto, o conteúdo de proteína bruta dos farelos de soja, do farelo de glúten de milho 21% e 60%, do trigo e da soja integral tostada, foram semelhantes aos valores dos autores supracitados. A percentagem de amido apresentou variação sempre inferior, quando comparada com ROSTAGNO et al. (2000), entretanto, vale ressaltar que esta análise foi feita via extração ácida, o que normalmente detecta a quantidade de carboidratos ácidos solúveis, sendo que neste trabalho, as mesmas amostras foram corrigidas através da extração dos açúcares solúveis com álcool etílico a 80%.

O valor da energia bruta (EB) dos alimentos foi semelhante à descrita por ROSTAGNO et al. (2000), com exceção para o amido de milho, que apresentou um valor menor em 405 kcal/kg e para o óleo de soja degomado, com um valor de EB inferior em 931 kcal/kg.

Os valores de fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), para todos os alimentos estudados, apresentaram-se semelhantes aos descrito por ROSTAGNO et al. (2000), com exceção dos farelos de glúten de milho 21% e 60%, que foram 10,96% superiores aos citados pelos autores acima. Os valores da composição da hemicelulose foram semelhantes aos encontrados por ROSTAGNO et al. (2000), com exceção para o trigo 1 e 2, que apresentaram valores de FDA inferiores em 73,77%, resultando em uma diferença a mais de 98,87% nos valores de hemicelulose. Ao comparar esses resultados do trigo 1 e 2 com NUNES (2000), observou-se semelhança entre os valores de FDA e FB, entretanto, para a FDN estes foram 32,13% superiores e a hemicelulose foi apenas 38,00% maior que o encontrado por NUNES (2000). Para o extrato não nitrogenado (ENN), apenas o alimento farelo de algodão foi superior em 18,13%, quando comparado com o valor obtido por ROSTAGNO et al. (2000).

Os alimentos trigo 1 e 2, farelo de soja 1 e 2, soja integral tostada e farelo de algodão são classificados como de média granulometria e os demais, como de fina granulometria. Segundo ZANOTTO e BELLAVÉR (1996), os alimentos podem ser classificados em partículas finas (DGM < 0,60 mm), médias (DGM entre 0,60 a 2,00 mm) e grossas (DGM > 2,00 mm). O tamanho das partículas pode promover alterações no consumo (PENZ JR et al., 1999) e também afetar a

utilização da energia (BRUGALLI, 1996), sendo importante determinar o tamanho médio das partículas dos alimentos que irão compor as rações avícolas.

3.2. Valores de energia metabolizável aparente, aparente corrigida, verdadeira e verdadeira corrigida pelo balanço

Os valores de EMA, EMA_n, EMV e EMV_n e seus respectivos desvios-padrão estão apresentados na Tabela 5. Houve diferença nos valores de EMA, EMA_n, EMV e EMV_n, entre os alimentos estudados, devido provavelmente às variações encontradas em suas composições químicas. Os alimentos considerados energéticos tiveram seus valores de EMA variando de 1.992 a 3.924; de EMA_n variando de 1.901 a 3.830; de EMV variando de 2.117 a 4.055 e de EMV_n variando de 1.961 a 4.122 kcal/kg de matéria seca (MS). Os alimentos considerados protéicos tiveram seus valores de EMA variando de 2.158 a 4.022; de EMA_n variando de 2.012 a 3.721; de EMV variando de 2.251 a 4.193 e de EMV_n variando de 2.009 a 3.659 kcal/kg de matéria seca. Para os outros alimentos (amido de milho, açúcar e óleo de soja degomado), os valores de EMA variaram de 3.596 a 7.960; de EMA_n variaram de 3.516 a 7.721; de EMV variaram de 3.746 a 8.041 e de EMV_n variaram de 3.906 a 8.327 kcal/kg de MS.

Os valores de EMA foram em média 4,47% superiores aos de EMA_n. Esta é uma característica normal, quando os valores de energia metabolizável são determinados com aves em crescimento, pois ocorre maior retenção de nitrogênio pelas aves, para que ocorra crescimento do tecido protéico, e esta retenção é mais acentuada, quando se faz correção pelas perdas endógenas e metabólicas.

Os valores de EMV foram em média 3,33% maiores que os de EMA. Segundo IEESON e SUMMERS (2001), os valores de EMV não são afetados pela ingestão de alimentos, mantendo-se sempre constantes, entretanto os valores de EMA tendem a cair drasticamente quando as aves apresentam baixa ingestão de ração.

Tabela 5 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMA_n), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMV_n)¹ e seus respectivos desvios-padrão

| Alimentos | EMA | EMA _n | EMV | EMV _n |
|---------------------------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| Amido de milho | 3.596 ± 43 | 3.516 ± 54 | 3.746 ± 29 | 3.906 ± 45 |
| Açúcar | 3.712 ± 109 | 3.651 ± 83 | 3.811 ± 115 | 3.926 ± 147 |
| Óleo de soja degomado | 7.960 ± 242 | 7.721 ± 188 | 8.041 ± 244 | 8.327 ± 312 |
| Trigo 1 | 3.317 ± 292 | 3.210 ± 269 | 3.413 ± 306 | 3.409 ± 337 |
| Trigo 2 | 3.465 ± 202 | 3.339 ± 176 | 3.576 ± 183 | 3.582 ± 200 |
| Farelo de trigo 1 | 2.108 ± 422 | 2.019 ± 372 | 2.221 ± 421 | 2.180 ± 471 |
| Farelo de trigo 2 | 2.044 ± 481 | 1.972 ± 446 | 2.169 ± 480 | 2.111 ± 515 |
| Milho 1 | 3.924 ± 136 | 3.830 ± 127 | 4.055 ± 116 | 4.122 ± 118 |
| Milho 2 | 3.799 ± 318 | 3.705 ± 288 | 3.907 ± 311 | 3.957 ± 339 |
| Sorgo | 3.551 ± 187 | 3.464 ± 174 | 3.652 ± 198 | 3.680 ± 220 |
| F. de glúten de milho 21% | 1.992 ± 285 | 1.901 ± 244 | 2.117 ± 305 | 1.961 ± 359 |
| F. de glúten de milho 60% | 4.022 ± 310 | 3.721 ± 292 | 4.193 ± 323 | 3.659 ± 349 |
| Farelo de soja 1 | 2.664 ± 346 | 2.371 ± 308 | 2.783 ± 376 | 2.450 ± 432 |
| Farelo de soja 2 | 2.431 ± 155 | 2.147 ± 125 | 2.536 ± 137 | 2.194 ± 159 |
| Soja integral tostada | 3.325 ± 370 | 3.072 ± 322 | 3.457 ± 383 | 3.250 ± 440 |
| Farelo de algodão 30% | 2.158 ± 413 | 2.012 ± 396 | 2.251 ± 426 | 2.009 ± 452 |

¹Valores expressos em kcal/kg de matéria seca.

Em baixo consumo (aproximadamente 50% da manutenção) as perdas de energia metabólica fecal e urinária endógena assumem grande porção da energia da excreta sendo, os valores de EMA menores entretanto, a metodologia usada foi a de coleta total de excreta, na qual as aves são alimentadas à vontade e conseqüentemente, os valores de EMA e EMV deveriam se aproximar. Este fato já foi descrito por COELHO (1983), onde as aves em consumo normal, apresentam pequenas perdas de energia fecal metabólica e de energia urinária endógena, em relação à excreção de energia proveniente do alimento e têm pouca influência nos valores de energia metabolizável, obtidos pelo método tradicional de coleta total. Conseqüentemente os valores de EMA e EMV tendem a ser próximos.

Os valores energéticos corrigidos pelo balanço de nitrogênio mostraram uma redução entre os valores de EMA e EMA_n, de aproximadamente 4,47%. Esta redução foi menor quando se compararam os valores médios de EMV e EMV_n, observando-se uma diferença 2,16% menor, para os valores de EMV_n. Segundo LEESON e SUMMERS (2001), na maioria das situações, é necessário corrigir todos os valores estimados de energia pelo balanço de nitrogênio. Durante o ensaio de metabolismo, é impossível assegurar que todas as aves apresentem a mesma taxa de crescimento, tornando-se necessária a correção para o balanço de nitrogênio.

Os valores de EMA_n são utilizados diretamente na formulação de rações para aves. Observando a média dos valores de EMA_n dos alimentos estudados, verificou-se pequena variação, quando comparados com as tabelas de ROSTAGNO et al. (2000), da EMBRAPA (1991), do NRC (1994), de JANSSEN (1989) e do MAARA (1996).

O amido de milho, o açúcar, o farelo de trigo 1 e 2, o farelo de soja 1 e 2 e o farelo de glúten de milho 60%, apresentaram valores semelhantes aos propostos por ROSTAGNO et al. (2000) e por JANSSEN (1989). Entretanto, para o trigo 1 e 2, o milho 1 e 2, o sorgo e o farelo de glúten de milho 21%, os valores de EMA_n foram maiores que aqueles obtidos por ROSTAGNO et al. (2000), EMBRAPA (1991), MAARA (1996) e NRC (1994).

O farelo de algodão apresentou valores similares aos propostos por EMBRAPA (1991) e MAARA (1996), entretanto, ao comparar com ROSTAGNO et al. (2000), estes foram superiores em 24,3% e 13,9%, para EMA_n e EMV_n, respectivamente. O farelo de soja 2 e a soja integral tostada apresentaram valores de EMA_n sempre menores que a literatura consultada. Para o óleo de soja degomado, a única literatura que relata valores de EMA_n abaixo de 8.000 kcal/kg é EMBRAPA (1991), com 7620 kcal/kg de EMA. Dessa forma, observou-se que todos os valores encontrados neste trabalho apresentam ligeira variação e estão próximos aos encontrados na literatura consultada.

Compararam-se também os valores de EMV_n com as tabelas de ROSTAGNO et al. (2000) e NRC (1994). O trigo 1 e 2, o milho 1 e 2 e o farelo

de algodão, apresentaram valores superiores aos tabelados. A soja integral tostada, o farelo de glúten de milho 60% e o óleo de soja degomado, apresentaram valores inferiores. Para o sorgo, farelo de soja 1 e 2, açúcar e farelo de glúten de milho 21%, os valores de EMV_n foram semelhantes, quando comparados com o NRC (1994) e ROSTAGNO et al. (2000). Já os farelos de trigo 1 e 2 apresentaram valores menores que os propostos por ROSTAGNO et al. (2000) e maiores que os propostos pelo NRC (1994). Todos os valores de EMA_n e EMV_n apresentaram a mesma característica encontrada nas tabelas, onde os valores de EMA_n foram inferiores aos de EMV_n , com exceção para o farelo de glúten de milho 60% que apresentou valor de EMV_n menor e para o farelo de algodão onde os valores foram semelhantes.

Segundo PARSONS et al. (1982), os valores de EMV são sempre elevados e conseqüentemente os valores de EMA_n parecem ser mais coerentes para predizer a energia metabolizável dos alimentos.

3.3. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta

Na Tabela 6, estão apresentados os coeficientes de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente (CMEA), aparente corrigida ($CMEA_n$), verdadeira (CMEV) e verdadeira corrigida ($CMEV_n$) dos alimentos. Para o amido de milho, açúcar e óleo de soja degomado, não foi encontrada diferença significativa ($P>0,05$), entre os coeficientes de metabolizabilidade. Estes valores foram superiores a 89%, mostrando boa utilização dos nutrientes na produção de energia metabolizável. O coeficiente de metabolizabilidade da energia verdadeira corrigida demonstrou que todo o nutriente contido nestes alimentos proporciona alto rendimento energético.

Tabela 6 - Coeficientes de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente, aparente corrigida, verdadeira e verdadeira corrigida dos alimentos

| Alimentos | CMEA | CMEA _n | CMEV | CMEV _n |
|------------------------|----------|-------------------|----------|-------------------|
| Outros Alimentos | | | | |
| Amido de milho | 90,90 | 89,00 | 94,69 | 98,75 |
| Açúcar | 90,94 | 89,44 | 93,35 | 96,18 |
| Óleo de soja degomado | 91,91 | 89,23 | 92,84 | 96,14 |
| CV (%) | 2,66 | 2,25 | 2,53 | 3,11 |
| Alimentos Energéticos | | | | |
| Trigo 1 | 76,62 a | 74,15 a | 78,86 a | 78,75 a |
| Trigo 2 | 81,05 a | 78,11 a | 83,64 a | 83,78 a |
| Farelo de trigo 1 | 49,27 b | 46,24 b | 50,86 b | 49,92 b |
| Farelo de trigo 2 | 47,79 b | 46,10 b | 50,72 b | 49,35 b |
| Milho 1 | 87,00 a | 84,91 a | 89,90 a | 91,38 a |
| Milho 2 | 85,03 a | 82,93 a | 87,45 a | 88,57 a |
| Sorgo | 83,11 a | 81,09 a | 85,49 a | 86,14 a |
| F. glúten de milho 21% | 45,45 b | 43,37 b | 48,29 b | 44,74 b |
| CV (%) | 10,51 | 9,82 | 10,17 | 11,26 |
| Alimentos Protéicos | | | | |
| F. glúten de milho 60% | 73,40 a | 67,91 a | 76,53 a | 66,79 a |
| Farelo de soja 1 | 59,40 bc | 52,85 b | 62,04 bc | 59,70 ab |
| Farelo de soja 2 | 56,10 bc | 49,53 b | 58,53 bc | 54,61 bc |
| Soja integral tostada | 61,09 b | 56,44 b | 63,52 b | 50,64 bc |
| Farelo de algodão 30% | 50,42 c | 47,00 b | 52,60 c | 46,92 c |
| CV (%) | 10,78 | 11,02 | 10,76 | 13,24 |

* Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de SNK, ao nível de 5%.

Os alimentos energéticos apresentaram diferença significativa ($P < 0,05$) entre os coeficientes de metabolizabilidade. Ficou evidente que os alimentos com alto teor de fibra bruta, apresentaram menores coeficientes de metabolizabilidade, demonstrando a baixa digestibilidade que a fibra bruta tem no trato gastrointestinal das aves. Segundo PENZ JR et al. (1999), o alto teor de fibra bruta presente nos alimentos, principalmente nos derivados do trigo, tende a provocar uma diminuição no consumo de ração pelas aves, ocorrendo uma

diminuição na estimativa dos valores energéticos. Essa tendência é tanto maior, quanto maior a percentagem de inclusão desses alimentos nas rações.

Os conteúdos energéticos do milho, do sorgo e do trigo, não foram diferentes estatisticamente ($P < 0,05$), porém, observou-se numericamente que o milho e o sorgo apresentaram valores superiores em relação ao trigo. Segundo LIMA (2001), o trigo contém inibidores de α -amilase, que embora ainda não tenham sido totalmente identificados, sabe-se que são proteínas e que se encontram principalmente no amido. As pentosanas solúveis do trigo apresentam efeito negativo sobre a digestibilidade do amido, da proteína e dos lipídeos nas dietas de aves (CHOCT et al., 1992) e, conseqüentemente, afetam a metabolizabilidade da energia deste alimento.

Entre os alimentos de origem protéica, foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) entre os alimentos estudados. O farelo de glúten de milho 60% apresentou os maiores coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta, sendo neste caso, o alimento com melhor aproveitamento de seu conteúdo energético no metabolismo das aves. Os coeficientes de metabolizabilidade calculado com os valores energéticos descritos por ROSTAGNO et al. (2000) para o farelo de glúten de milho 60%, foram de 74,6% e 76,6% para a energia metabolizável aparente e verdadeira, respectivamente, mostrando valores semelhantes aos encontrados neste trabalho.

Os subprodutos da soja não apresentaram diferença estatística, mas houve tendência de os coeficientes de metabolizabilidade da soja integral tostada serem maiores que os do farelo de soja, provavelmente devido ao alto teor de gordura presente neste alimento. O valor de $CMEV_n$ foi inferior para o farelo de soja, provavelmente porque ao se corrigir os valores energéticos pelas perdas endógenas e metabólicas, eles se tornaram mais susceptíveis a essa correção. Os valores do coeficiente de metabolizabilidade do farelo de soja 1 e 2 e da soja integral tostada foram menores quando comparados com ROSTAGNO et al. (2000), os quais apresentam coeficientes de 55,3 e 60,9% para EMA_n e EMV_n , respectivamente para o farelo de soja e de 64,3 e 69,4% para EMA_n e EMV_n , respectivamente, para a soja integral tostada. É importante ressaltar que o tipo de

processamento pode também interferir de forma direta e indireta nos valores energéticos da soja e seus derivados.

O farelo de algodão também apresentou coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta, maiores que os calculados com os valores energéticos descritos por ROSTAGNO et al. (2000). Esses valores foram de 36,9% e 41,9%, respectivamente para EMA e EMV. A baixa utilização do conteúdo energético do farelo de algodão pode estar relacionada com o alto teor de fibra bruta (24,00%) ou com a presença de fatores antinutricionais. De acordo com TEIXEIRA (1998), o farelo de algodão apresenta um fator antinutricional denominado gossipol, que pode interferir na digestibilidade dos nutrientes e afetar a utilização do conteúdo energético do farelo de algodão.

Em geral, os valores de EMA, EMA_n , EMV e EMV_n aproximam-se, à medida que o consumo das aves aumenta (WOLYNETZ e SIBBALD, 1984). Para um baixo consumo, a EMV superestima a energia disponível, porém em menor proporção do que a EMA e a EMA_n , que subestimam os valores de energia disponível no alimento. Entretanto, os valores de EMA e de EMV tendem a ser similares quando o consumo for elevado. Isto foi confirmado por ASKBRANT (1990), que obteve valores constantes de EMA_n , semelhantes aos valores de EMV_n , quando o consumo diário por ave foi de 60g ou mais. Não obstante, os valores da EMV foram numericamente superiores aos da EMA. Isso pode ser observado com clareza nos coeficientes de metabolizabilidade, onde os coeficientes de EMV foram maiores que os de EMA.

4. RESUMO E CONCLUSÃO

A presente pesquisa foi conduzida no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, com duração de 12 dias. O ensaio, utilizando o método tradicional de coleta total de excretas, com objetivou determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMA_n), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMV_n) de 16 alimentos e seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta. Os alimentos foram divididos em alimentos de origem energética sendo, duas amostras de cada um dos alimentos: milho, trigo, farelo de trigo e uma amostra de sorgo e outra de farelo de glúten de milho 21%, alimentos de origem protéica sendo, duas amostras de farelo de soja, e uma amostra de soja integral tostada, de farelo de glúten de milho 60% e de farelo de algodão 30%, e outros alimentos: amido, açúcar e óleo de soja degomado. Foram utilizados 540 pintos machos *Ross*, com 21 dias de idade, em delineamento em blocos ao acaso, com 16 rações-teste e duas rações-referência, três blocos com duas repetições por bloco e cinco aves por unidade experimental. As aves receberam ração e água à vontade por 12 dias, sendo os cinco dias finais destinados à coleta total de excretas, de cada unidade experimental, realizada duas vezes por dia. Durante os cinco dias de coleta, 30 aves distribuídas em seis gaiolas foram mantidas em jejum por 72 horas, sendo as 24 horas iniciais para esvaziamento do trato gastrointestinal, e as 48 horas restantes para coleta das excretas.

Os valores de EMA_n , expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 3.767 para o milho, de 3.275 para o trigo, de 1.995 para o farelo de trigo, de 2.259 para o farelo de soja, de 3.464 para o sorgo, de 1.901 para o farelo de glúten de milho 21%, de 3.721 para o farelo de glúten de milho 60%, de 3.072 para a soja integral tostada, de 2.012 para o farelo de algodão, de 3.516 para o amido de milho, de 3.651 para o açúcar e de 7.721 para o óleo de soja degomado.

Os valores de EMV_n , expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 4.039 para o milho, de 3.495 para o trigo, de 2.146 para o farelo de trigo, de 2.322 para o farelo de soja, de 3.680 para o sorgo, de 1.961 para o farelo de glúten de milho 21%, de 3.659 para o farelo de glúten de milho 60%, de 3.250 para a soja integral tostada, de 2.009 para o farelo de algodão, de 3.906 para o amido de milho, de 3.926 para o açúcar e de 8.327 para o óleo de soja degomado.

Os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta foram em média de 92,77% para os alimentos amido de milho, açúcar e óleo de soja degomado; para os alimentos energéticos, de 70,00% e para os alimentos protéicos, de 58,30%.

CAPÍTULO 2

COMPOSIÇÃO QUÍMICA E VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DE DIFERENTES ALIMENTOS, DE ORIGEM ANIMAL

1. INTRODUÇÃO

A energia é o componente fundamental na elaboração de rações avícolas e não é um nutriente, mas sim o resultado da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo (NRC, 1994). Essa energia, liberada como calor, é armazenada nos animais, para posterior uso pelos processos metabólicos. Visto que muitos nutricionistas relatam que os animais ingerem alimentos a fim de suprir suas necessidades energéticas, deve-se portanto, manter a relação entre a energia disponível e os nutrientes que compõem a ração, para se obter maior eficiência no desempenho das aves. Além disso, tanto a energia metabolizável verdadeira (EMV) quanto a aparente (EMA) devem ser corrigidas pelo balanço de nitrogênio, a fim de melhor representar a energia efetivamente utilizada pelo animal. Dessa forma, PARSONS et al. (1982) afirmam que a EMA_n expressa o valor da energia metabolizável com maior precisão que a EMV.

A preocupação dos nutricionistas é formular rações que proporcionem às aves, máximo desempenho de forma econômica. Assim, o conhecimento da

composição química dos alimentos, bem como seu conteúdo energético, são de suma importância para a formulação de rações, principalmente quando se utilizam produtos de origem animal, que apresentam valores variados, devido ao processamento a que são submetidos, ao tipo e à proporção dos constituintes das farinhas. Isso ocorre pela dificuldade das seções de graxaria dos abatedouros adotarem um padrão contínuo no material produzido (ALBINO e SILVA, 1996).

As farinhas de origem animal são ingredientes importantes quanto aos aspectos econômico, sanitário e nutricional. Seu uso na formulação de dietas é facilitado por conterem aminoácidos, energia, cálcio e fósforo em quantidades apreciáveis. Entretanto, a utilização nutricional é dependente principalmente do conhecimento da sua composição química e energética e os níveis de inclusão das farinhas de origem animal nas rações avícolas devem ser limitados, para que as aves tenham um ótimo desempenho, sem comprometimento da carcaça (BELLAVAR, 2001).

Atualmente, a utilização dos subprodutos de abatedouros nas rações é uma realidade. Devido ao teor poluente que esses resíduos apresentam, sua reciclagem para utilização nas rações avícolas é um meio adequado para tentar preservar o meio ambiente. Contudo, a definição do seu conteúdo energético torna-se necessária para maximizar o desempenho e o retorno econômico da atividade.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar a composição química e os valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n), energia metabolizável verdadeira (EMV) e energia metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMV_n), bem como seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade de diferentes alimentos de origem animal para aves.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um ensaio biológico no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV) - MG, no período de 28/11/2001 a 10/02/2002, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas.

A temperatura média, máxima e mínima, e a umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão, no interior da sala de metabolismo, durante a fase experimental, registrada às 8 e 17 horas, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão

| Horários | Temperaturas (°C) | | Umidade Relativa (%) |
|----------|-------------------|------------|----------------------|
| | Máxima | Mínima | |
| 8:00 | 28,8 ± 3,1 | 21,8 ± 1,6 | 70,8 ± 6,7 |
| 17:00 | 29,2 ± 3,9 | 23,6 ± 1,7 | 45,0 ± 18,1 |

Foram avaliados 11 alimentos de origem animal, sendo três amostras de farinha de penas (FP 1, 2 e 3), três de farinha de vísceras de aves (FVA 1, 2 e 3), duas de farinha de vísceras suína (FVS 1 e 2), duas de farinha de carne e ossos (FCO 1 e 2) e uma de farinha de penas e vísceras (FPV), provenientes de

diferentes fornecedores. As análises químicas dos alimentos foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do DZO da UFV, sendo determinados os valores de matéria seca (MS), de nitrogênio (N), de extrato etéreo (EE), de fibra bruta (FB), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA), de hemicelulose, de matéria mineral (MM), de cálcio (Ca), de fósforo (P) e de magnésio (Mg), segundo as técnicas descritas por SILVA e QUEIROZ (2002). Também foi determinado o diâmetro geométrico médio das partículas dos alimentos (DGM), usando a técnica adaptada de ZANOTTO e BELLAYER (1996).

Para a determinação dos valores de energia metabolizável, foram utilizados 360 pintos de corte machos, da linhagem *Ross*, com 21 dias de idade e peso médio de 586 g. Os tratamentos foram constituídos por 11 alimentos e uma ração-referência (Tabela 2), calculada segundo as exigências de ROSTAGNO et al. (2000), exceto para proteína bruta. Cada alimento substituiu em 20% a ração-referência.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, sendo três blocos com duas repetições cada, com 12 rações, sendo 11 alimentos-teste e uma ração-referência, trabalhando-se com cinco aves por unidade experimental. Até o 21º dia de idade, as aves receberam ração inicial para frangos de corte. No 21º dia de idade, foram transferidas para baterias de estrutura metálica constituídas de compartimentos distribuídos em dois andares. As aves receberam luz natural e/ou artificial durante 24 horas. O ambiente foi climatizado com ventiladores, durante os picos de temperatura ambiental elevada, para maior conforto térmico das aves. Durante 12 dias, as aves receberam água e ração experimental à vontade, sendo sete dias de adaptação e cinco dias de coleta total de excretas, que foram realizadas duas vezes ao dia, às 8 e 17 horas, para evitar fermentação. Para realizar a coleta e evitar perdas, utilizaram-se bandejas coberta com plástico, colocadas sob cada compartimento das gaiolas. Ao término do experimento, foi determinada a quantidade de ração consumida por unidade experimental, durante os cinco dias de coleta.

Tabela 2 - Composição da ração-referência, em porcentagem da matéria natural

| Ingredientes | (%) |
|---|---------------|
| Milho | 69,707 |
| Farelo de soja | 24,220 |
| Óleo vegetal | 1,500 |
| Fosfato bicálcico | 1,643 |
| Calcário | 1,020 |
| Sal | 0,390 |
| Suplemento mineral ¹ | 0,060 |
| Suplemento vitamínico ² | 0,130 |
| DL-Metionina (99%) | 0,255 |
| L-lisina.HCl (98%) | 0,298 |
| L-treonina (99%) | 0,040 |
| Cloreto de colina (60%) | 0,060 |
| Anticoccidiano ³ | 0,055 |
| Promotor de crescimento ⁴ | 0,002 |
| Antioxidante ⁵ | 0,020 |
| Óxido crômico (Cr ₂ O ₃) | 0,600 |
| Total | 100,00 |
| Valores calculados | |
| Proteína bruta (%) | 17,05 |
| Energia metabolizável (kcal/kg) | 3.055,00 |
| Metionina digestível (%) | 0,505 |
| Metionina + Cistina digestível (%) | 0,750 |
| Lisina digestível (%) | 1,046 |
| Treonina digestível (%) | 0,608 |
| Triptofano digestível (%) | 0,179 |
| Arginina (%) | 1,015 |
| Cálcio (%) | 0,898 |
| Fósforo disponível (%) | 0,406 |
| Sódio (%) | 0,192 |
| Potássio (%) | 0,655 |

¹ Suplemento mineral contendo: Ferro - 100,0 g; Cobalto - 2,0 g; Cobre - 20,0 g; Manganês - 160,0 g; Zinco - 100,0 g; Iodo - 2,0 g e Excipiente q.s.p. - 500 g;

² Suplemento vitamínico contendo: Vit. A - 10.000.000 U.I.; Vit. D₃ - 2.000.000 U.I.; Vit. E - 30.000 U.I.; Vit. B₁ - 2,0 g; Vit. B₂ - 6,0 g; Vit. B₆ - 4,0 g; Vit. B₁₂ - 0,015 g; Ác. pantotênico - 12,0 g; Biotina - 0,1 g; Vit. K₃ - 3,0 g; Ác. fólico - 1,0 g; Ác. nicotínico - 50,0 g; Selênio - 250,0 mg e Excipiente q.s.p. - 1000 g;

³ Coxistac

⁴ Virginiamicina 2%;

⁵ Butil hidroxi tolueno 99%.

Para determinação das perdas fecais endógenas e urinárias metabólicas, 30 aves de mesma idade e linhagem foram mantidas em jejum, durante 72 h, sendo as primeiras 24 h para esvaziamento do trato gastrointestinal e as 48 h

restantes para coleta total de excretas. Após o término da última coleta, as excretas foram pesadas e calculadas para cinco dias de coleta.

As excretas coletadas em toda a fase experimental foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e retiradas amostras para análises laboratoriais, nas quais foram feitas a pré-secagem em estufas ventiladas a 55°C e subseqüentes análises de matéria seca, de nitrogênio e de energia bruta.

Uma vez obtidos os resultados das análises laboratoriais dos alimentos, da ração referência e das excretas, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMA_n), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMV_n), utilizando equações propostas por MATTERSON et al. (1965).

Os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta, em relação aos valores de EMA, EMA_n , EMV e EMV_n , foram calculados segundo LEESON e SUMMERS (2001). O coeficiente de metabolizabilidade indica a percentagem da energia bruta que foi metabolizada na forma de energia metabolizável aparente (CMEA), aparente corrigida ($CMEA_n$), verdadeira (CMEV) e verdadeira corrigida ($CMEV_n$).

Com base nos valores de energia bruta e de energia metabolizável dos alimentos, foram calculados os coeficientes de metabolizabilidade dos valores energéticos. Como procedimento estatístico, aplicou-se o teste de comparação de médias Student Newman-Keuls, em nível de 5% de probabilidade, entre os valores médios dos coeficientes de metabolizabilidade, por intermédio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química

Os valores da composição química, energia bruta e o diâmetro geométrico médio (DGM) dos alimentos, encontram-se nas Tabelas 3 e 4. A composição química dos alimentos variou entre os mesmos, sendo que a FPV e as FP apresentaram os maiores valores de proteína bruta e as FCO, a FVS e as FVA, apresentaram os maiores valores de matéria mineral, que variaram de 13,02 a 39,03%.

De acordo com as especificações da ANFAR (1985), as FCO apresentaram valores de MS (93%), PB (40%), EE (8 a 12%) e MM (42%), dentro dos padrões para uma farinha de carne e ossos com 40% de PB, contudo, o conteúdo de FB foi em média 40,11% maior que o preconizado pela ANFAR (1985), mas o mesmo se encontra dentro dos valores descritos no NATIONAL RESEARCH COUNCIL (NRC, 1994), que recomenda um total de 2,80% de FB na FCO.

Para a FPV e as FP, somente a FP 3 apresentou o teor de proteína bruta dentro das especificações da ANFAR (1985), que exige um valor mínimo de 80% para FP e de 73% para FPV.

Tabela 3 - Composição química dos alimentos, expressa na matéria natural^{1,2}

| Alimentos | MS % | PB % | EE % | MM % | P % | Ca % | Mg % |
|-----------|---------|---------|---------|---------|--------|---------|---------|
| FCO 1 | 92,76 | 40,30 | 11,29 | 36,02 | 4,75 | 6,42 | 0,54 |
| FCO 2 | 92,65 | 40,88 | 9,95 | 39,03 | 6,48 | 7,41 | 0,42 |
| FP 1 | 78,11 | 71,52 | 1,99 | 2,75 | 0,30 | 0,35 | 0,09 |
| FP 2 | 91,37 | 77,44 | 2,51 | 7,32 | 0,43 | 0,36 | 0,09 |
| FP 3 | 90,93 | 80,58 | 3,24 | 2,66 | 0,36 | 0,28 | 0,10 |
| FVA 1 | 92,66 | 54,07 | 16,47 | 19,34 | 3,07 | 3,57 | 0,30 |
| FVA 2 | 91,56 | 49,19 | 18,44 | 19,39 | 2,72 | 5,35 | 0,47 |
| FVA 3 | 91,41 | 59,54 | 13,29 | 13,02 | 2,20 | 2,06 | 0,25 |
| FVA 1 | 96,54 | 42,46 | 15,63 | 32,73 | 3,66 | 7,04 | 0,35 |
| FVS 2 | 95,31 | 47,60 | 13,26 | 31,58 | 5,94 | 6,37 | 0,45 |
| FPV | 91,28 | 71,40 | 10,40 | 4,34 | 0,72 | 2,32 | 0,47 |

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa;

² MS = matéria seca; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM = matéria mineral; P = fósforo; Ca = cálcio e Mg = magnésio.

Tabela 4 - Composição química, diâmetro geométrico médio das partículas (DGM) e energia bruta, dos alimentos, expressa na matéria natural^{1,2}

| Alimentos | FB % | FDN % | FDA % | Hemicelulose % | DGM µm | EB kcal/kg |
|-----------|---------|----------|----------|-------------------|-----------|---------------|
| FCO 1 | 2,06 | 50,38 | 2,58 | 47,80 | 403,72 | 3.097 |
| FCO 2 | 1,28 | 60,93 | 1,38 | 59,55 | 751,95 | 2.911 |
| FP 1 | 1,30 | 59,91 | 8,64 | 51,28 | 1269,24 | 3.989 |
| FP 2 | 0,87 | 68,98 | 8,59 | 60,40 | 1033,35 | 4.603 |
| FP 3 | 0,80 | 61,28 | 12,76 | 48,51 | 676,65 | 4.642 |
| FVA 1 | 1,94 | 40,11 | 6,39 | 33,72 | 487,37 | 4.196 |
| FVA 2 | 1,64 | 52,40 | 5,54 | 46,86 | 1229,05 | 4.072 |
| FVA 3 | 1,53 | 41,51 | 12,35 | 29,15 | 1393,34 | 4.418 |
| FVS 1 | 1,81 | 51,48 | 6,83 | 44,67 | 1680,70 | 3.683 |
| FVS 2 | 2,71 | 62,95 | 4,66 | 58,29 | 1756,01 | 3.598 |
| FPV | 1,05 | 45,03 | 7,21 | 37,82 | 891,83 | 4.983 |

¹ Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa;

² FB= fibra bruta; FDN= fibra em detergente neutro; FDA= fibra em detergente ácido e EB= energia bruta.

Os valores de FB e de MM das FP 1 e FP 3 e de EE da FP 1 e da FP 2, estavam dentro dos padrões estabelecidos pela ANFAR (1985), devendo as FP conterem um máximo de 2,5% de EE, 1,5% de FB e 5% de MM. Contudo, a EMBRAPA (1991) preconiza que uma farinha de penas tenha até 7,27% de EE.

Quanto às FVA e as FVS, apenas as FVS apresentaram níveis protéicos abaixo dos recomendados pela ANFAR (1985), tendo sido os teores de EE e de MM muito acima das especificações e apenas os valores de FB estiverem próximos aos preconizados pela ANFAR (1985), segundo a qual, uma FV deve conter no mínimo 65% de PB e no máximo 1% de FB e 7% de MM, podendo o conteúdo de EE variar de 8 a 12%.

Ao comparar os resultados obtidos neste estudo com a literatura nacional (ROSTAGNO et al., 2000; EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, 1991; e TEIXEIRA, 1998) e estrangeira (SCOTT et al., 1982; NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC, 1994 e 1998; e LEESON e SUMMERS, 2001), observou-se grande variação nos valores da composição química dos alimentos estudados, havendo, inclusive, divergência entre os valores dos mesmos quando comparados entre si.

As diferenças encontradas na composição química dos alimentos já eram esperadas, em função das diferentes matérias-primas utilizadas para a constituição das farinhas, não havendo padronização desses produtos, em virtude de fatores operacionais e dos constituintes das farinhas. O tipo de processamento que cada farinha recebe, pode influenciar diretamente a composição química e, conseqüentemente, a qualidade desses alimentos (ALBINO e SILVA, 1996).

Foram determinados os conteúdos de fibra bruta de todos os alimentos aqui estudados, que variaram de 0,80% a 2,71%, sendo esta uma análise de rotina nos produtos de origem animal; entretanto, os valores de fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido e hemicelulose foram em média de 54,09%, 6,99% e 47,10%, respectivamente.

Os valores de energia bruta obtidos neste trabalho estão de acordo com os descrito por ROSTAGNO et al. (2000), exceto para as FP, cujos valores foram inferiores aos descritos pelos referidos autores e pela tabela da EMBRAPA (1991).

Pelo diâmetro geométrico médio das partículas (DGM), classificaram-se os alimentos FCO 1 e a FVA 1, como de granulometria fina e os demais, como de granulometria média. Segundo ZANOTTO e BELLAVAR (1996), os alimentos

são classificados como tendo granulometria fina, quando apresentam DGM inferior a 0,60 mm, média para o DGM entre 0,60 a 2,00 mm e grossa quando apresentam DGM acima de 2,00 mm.

3.2. Valores de energia metabolizável aparente, aparente corrigida, verdadeira e verdadeira corrigida pelo balanço

Os valores de EMA, EMA_n, EMV e EMV_n e seus respectivos desvios-padrão estão apresentados na Tabela 5. Houve variação destes valores entre os alimentos, causada provavelmente pelas variações encontradas em sua composição química. A variação foi de 1.408 a 3.448 e de 1.195 a 3.069 kcal/kg de matéria seca (MS), para os valores de EMA e de EMA_n, respectivamente; de 1.513 a 3.605 e de 947 a 3.219 kcal/kg de MS, para os valores de EMV e de EMV_n, respectivamente.

Tabela 5 - Valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMA_n), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMV_n)¹ e seus respectivos desvios-padrão

| Alimentos | EMA | EMA _n | EMV | EMV _n |
|-----------|-------------|------------------|-------------|------------------|
| FCO 1 | 1.408 ± 161 | 1.195 ± 135 | 1.513 ± 148 | 1.216 ± 171 |
| FCO 2 | 1.885 ± 308 | 1.650 ± 269 | 1.992 ± 318 | 1.709 ± 364 |
| FP 1 | 1.772 ± 178 | 1.573 ± 191 | 1.880 ± 192 | 947 ± 200 |
| FP 2 | 2.187 ± 153 | 1.924 ± 163 | 2.279 ± 165 | 1.481 ± 171 |
| FP 3 | 2.472 ± 259 | 2.130 ± 222 | 2.647 ± 238 | 1.929 ± 282 |
| FVA 1 | 2.920 ± 290 | 2.750 ± 279 | 3.065 ± 287 | 2.554 ± 303 |
| FVA 2 | 2.818 ± 294 | 2.713 ± 283 | 2.965 ± 290 | 2.448 ± 307 |
| FVA 3 | 3.448 ± 562 | 3.069 ± 465 | 3.604 ± 580 | 3.219 ± 691 |
| FVS 1 | 1.920 ± 482 | 1.844 ± 436 | 2.033 ± 489 | 1.595 ± 550 |
| FVS 2 | 1.857 ± 488 | 1.714 ± 441 | 1.971 ± 495 | 1.528 ± 557 |
| FPV | 2.497 ± 568 | 2.209 ± 466 | 2.615 ± 556 | 1.944 ± 653 |

¹Valores expressos em kcal/kg de matéria seca;

²Desvio-padrão.

Os valores de EMA foram superiores aos de EMA_n em 9,58% e os valores de EMV foram superiores aos de EMV_n em 22,55%. É característica normal, os valores de EMA, quando determinados pelo método tradicional com pintos, serem superiores aos de EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio, por causa de uma retenção maior de nitrogênio pelas aves, sendo essa superioridade mais acentuada com a correção pelas perdas endógenas e metabólicas. De acordo com COELHO (1983), em níveis normais de consumo, as perdas de energia fecal metabólica (EFm) e de energia urinária endógena (EUe) são pequenas em relação à excreção de energia proveniente do alimento e têm pouca influência nos valores de energia metabolizável, obtidos pelo método tradicional. Dessa forma, observou-se que ao se corrigirem os valores de energia metabolizável pelas perdas endógenas, ocorreu aumento de aproximadamente 5,20% nos valores de EMV em relação aos valores de EMA e redução de aproximadamente 9,66% nos valores de EMV_n , em relação aos valores de EMA_n . Esta redução nos valores energéticos, quando corrigida pelo balanço de nitrogênio, é proporcionada pelo efeito positivo das aves na retenção de nitrogênio, quando alimentadas à vontade.

NASCIMENTO et al. (2002) encontraram redução nos valores de EMA_n das farinhas de vísceras, quando comparados com os valores de EMA, sendo para as FP, os valores médios de EMA_n superiores ao de EMA, demonstrando claramente a interferência do balanço de nitrogênio nos valores energéticos dos alimentos.

Nas tabelas de composição química e energética dos alimentos, encontram-se com maior frequência, os valores de EMA_n , pois estes são utilizados diretamente na formulação de rações. Os valores de EMA_n para a FCO 1 e FCO 2 foram de 1.195 e de 1.650 kcal/kg de MS, respectivamente, valores estes inferiores aos propostos por ROSTAGNO et al. (2000) e NRC (1994), que descrevem que a FCO contém em média 2.200 kcal/kg de MS.

Para os alimentos FVA e FVS, os valores de EMA_n foram em média de 3.062 e 1.889 kcal/kg de MS, respectivamente, valores estes de FVA semelhantes aos descritos na literatura (NASCIMENTO et al., 2002; ROSTAGNO et al.,

2000; NRC, 1994; e LESSON e SUMMERS, 2001). Os valores de EMA_n da FVS foram menores quando comparados com a literatura supracitada.

As FP apresentaram valores de EMA_n variando de 1.573 a 2.130 kcal/kg de MS, sendo que somente a FP 3 apresentou valor de EMA_n próximo ao NRC (1994), que propõe um valor de 2.538 kcal/kg de MS.

Observando a média dos valores de EMA_n das farinhas de origem animal, verifica-se que estes valores foram praticamente inferiores aos relatados por ROSTAGNO et al. (2000), pela EMBRAPA (1991) e pelo NRC (1994), com exceção da FVA 3.

Comparando os valores de EMA com os de EMV dos alimentos, verificou-se que os valores de EMV foram em média 5,22% superiores aos de EMA. Este não é o resultado esperado, principalmente quando se utiliza o método tradicional de coleta total, pois, quando o consumo de alimento é elevado, as perdas energéticas metabólicas e endógenas são anuladas, fazendo com que a EMV seja semelhante à EMA (LIMA et al., 1989; e FARREL et al., 1991). Segundo PARSONS et al. (1982) os valores de EMV são sempre elevados e a EMA_n parece ser mais acurada para medir a energia metabolizável dos alimentos.

Ao fazer a correção pelo balanço de nitrogênio nos valores de EMV, obtiveram-se os valores de EMV_n , que diminuíram drasticamente após a correção. Assim observou-se maior interferência do balanço positivo apresentado pelas aves na retenção do nitrogênio, principalmente neste caso, em que os alimentos utilizados apresentam alto conteúdo de proteína bruta ocasionando uma perda maior de nitrogênio nas excretas.

3.3. Coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta

Na Tabela 6, estão apresentados os coeficientes de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente (CMEA), aparente corrigida ($CMEA_n$), verdadeira (CMEV) e verdadeira corrigida ($CMEV_n$), dos alimentos. Foi observada diferença significativa ($P < 0,05$) entre os coeficientes de metabolizabilidade dos alimentos.

Tabela 6 - Coeficientes de metabolizabilidade da energia metabolizável aparente, aparente corrigida, verdadeira e verdadeira corrigida dos alimentos

| Alimentos | CMEA | CMEA _n | CMEV | CMEV _n |
|-------------------------|-----------|-------------------|----------|-------------------|
| Farinha carne e osso 1 | 42,18 cd | 35,79 de | 45,33 cd | 36,42 d |
| Farinha carne e osso 2 | 60,00 ab | 52,51 bc | 63,40 ab | 54,39 abc |
| Farinha de penas 1 | 34,70 d | 30,79 e | 36,82 d | 18,54 e |
| Farinha de penas 2 | 43,41 cd | 38,19 de | 45,24 cd | 29,39 de |
| Farinha de penas 3 | 48,41 bcd | 41,72 cde | 51,85 bc | 37,78 d |
| Farinha vísceras aves 1 | 64,47 a | 60,72 ab | 67,68 a | 56,40 a |
| Farinha vísceras aves 2 | 63,37 a | 61,01 ab | 66,68 a | 55,06 ab |
| Farinha vísceras aves 3 | 71,34 a | 63,50 a | 74,58 a | 66,61 a |
| Farinha víscera suína 1 | 50,34 bc | 48,35 cd | 53,30 bc | 41,82 bcd |
| Farinha víscera suína 2 | 49,19 bcd | 45,41 cd | 52,22 bc | 40,48 d |
| Farinha víscera e pena | 45,73 cd | 40,47 de | 47,90 cd | 35,60 d |
| CV (%) | 16,74 | 16,42 | 15,99 | 23,27 |

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de SNK, ao nível de 5%.

As FP apresentaram os piores coeficientes de metabolizabilidade, fato que pode ser explicado pelos baixos valores de EE dessas farinhas. A FP 1 apresentou o menor coeficiente de metabolizabilidade, menor conteúdo de EE e o maior valor de DGM, contudo a FP 3 apresentou maior coeficiente de metabolizabilidade entre as FP estudadas e conseqüentemente o menor valor de DGM e o maior conteúdo de EE. Segundo BRUGALLI (1996), as diferenças entre os valores de DGM podem proporcionar diferenças entre os valores energéticos, pois quanto maior a partícula, menor a superfície de exposição destes às ações enzimáticas digestivas, bem como pela taxa de passagem no trato gastrointestinal das aves. Sabe-se que o tempo de passagem do bolo alimentar pelo trato gastrointestinal das aves é relativamente curto, portanto, a redução do tamanho das partículas pode ter contribuído substancialmente para uma melhor digestão e absorção dos nutrientes. O tamanho das partículas pode promover

alterações no consumo (PENZ JR et al., 1999) e também afetar a utilização da energia bruta (BRUGALLI, 1996).

De acordo com BRUGALLI (1996), as diferenças encontradas entre as FVA e as FVS podem ser explicadas pelos menores valores de DGM das FVA e conseqüentemente maiores coeficientes de metabolizabilidade. Este fato não ocorreu com as FVS, que apresentaram os maiores diâmetros médios e, conseqüentemente, valores de coeficientes de metabolizabilidade inferiores aos das FVA. As cinco farinhas de vísceras estudadas apresentaram valores de gordura variando de 13,26% a 18,44%, tendo sido o conteúdo de matéria mineral nas FVS, em média, 46,36% maior. Segundo LEHNINGER (1991), a presença de gordura e íons de minerais tem a tendência de formar sabões (saponificação), o que poderia resultar em menor digestão das gorduras, afetando dessa forma os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta desses alimentos.

As grandes variações encontradas nos coeficientes de metabolizabilidade dos alimentos estudados podem ainda ser explicadas pelo fato de os alimentos sofrerem processamento diferentes, resultando em matérias primas de diferentes qualidades. A temperatura usada no processamento das farinhas de origem animal, necessária para a eliminação dos agentes patogênicos presentes nos resíduos e para promover a quebra das ligações existentes entre os aminoácidos que constituem a proteína das penas, no caso queratinas, geralmente é elevada. Essa alta temperatura proporciona reações entre os nutrientes, formando complexos ou provocando a desnaturação protéica, tornando esses nutrientes indigeridos, ocasionando uma redução no valor energético dos alimentos, traduzido facilmente pelos coeficientes de metabolizabilidade aqui encontrados (BUTOLO, 2002).

4. RESUMO E CONCLUSÃO

A presente pesquisa foi conduzida no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, com duração de 12 dias. O ensaio, utilizou o método tradicional de coleta total de excretas, com o objetivo de determinar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMA_n), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMV_n) de 11 alimentos e seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta. Avaliaram três farinhas de vísceras de aves, três farinhas de penas, duas farinhas de carne e ossos, duas farinhas de vísceras suínas e uma farinha de penas e vísceras. Foram utilizados 360 pintos machos *Ross*, com 21 dias de idade. O delineamento foi em blocos ao acaso, com 11 rações-teste e uma ração-referência, três blocos com duas repetições por bloco e cinco aves por unidade experimental. As aves receberam ração e água à vontade por 12 dias, sendo os cinco dias finais destinados à coleta total de excretas, de cada unidade experimental, realizada duas vezes por dia. Durante os cinco dias de coleta, 30 aves distribuídas em seis gaiolas foram mantidas em jejum por 72 horas, sendo as 24 horas iniciais para esvaziamento do trato gastrointestinal e as 48 horas restantes, para coleta das excretas, que foram quantificadas e extrapoladas para cinco dias.

Os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta foram em média de 49,31%. Os valores de EMA e EMA_n expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 1.647 e 1.422 para a farinha de carne e ossos, de 2.143 e 1.875 para a

farinha de penas, de 3.062 e 2.844 para a farinha de vísceras de aves, de 1.889 e 1.779 para a farinha de vísceras suínas e de 2.497 a 2.209 para a farinha de penas e vísceras.

Os valores de EMV e EMV_n expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 1.753 e 1.462 para a farinha de carne e ossos, de 2.269 e 1.452 para a farinha de penas, de 3.211 e 2.740 para a farinha de vísceras de aves, de 2.002 e 1.562 para a farinha de vísceras suínas e de 2.615 e 1.944 para a farinha de penas e vísceras.

CAPÍTULO 3

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES DE ALGUNS ALIMENTOS, DE ORIGEM VEGETAL

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento da composição química dos alimentos é de fundamental importância para a formulação das rações de frangos de corte. A composição química dos alimentos compreende o conhecimento dos componentes dos principais nutrientes como umidade, proteína bruta, gordura (extrato etéreo), matéria mineral e carboidratos, que podem ser divididos em amido, açúcares solúveis e polissacarídeos não amiláceos, que são a celulose, hemicelulose, pectina, oligossacarídeos e lignina, segundo SCHUTTE (1998).

Atualmente, muitas pesquisas têm sido realizadas com o intuito de se determinar o conteúdo de aminoácidos digestíveis presentes nos alimentos. A formulação de rações utilizando o conceito de proteína ideal, pressupõe o uso das exigências de aminoácidos digestíveis. Esse conceito de proteína ideal vem desde 1964, quando Mitchell disse que a proteína ideal é uma mistura de aminoácidos ou de proteínas com total disponibilidade na digestão e no metabolismo, cuja

composição é idêntica às exigências para manutenção e o crescimento do animal (PENZ JR, 1996).

O conhecimento da digestibilidade dos nutrientes representa uma melhoria na eficiência de utilização dos alimentos e um aumento na precisão na formulação das rações e a inclusão de alimentos alternativos em rações, substituindo os alimentos tradicionais, pode resultar em rações deficientes, em consequência das diferenças na digestibilidade dos aminoácidos. Portanto, recomenda-se que se façam correções na digestibilidade dos nutrientes, quando são usados alimentos não convencionais (ROSTAGNO, 1990 e ROSTAGNO et al., 1999).

A utilização dos valores de nutrientes digestíveis é uma prática que foi muito utilizada no passado, com a finalidade de se determinar o conteúdo de energia metabolizável dos alimentos (TITUS, 1961). JANSSEN (1989) utilizou os coeficientes de digestibilidade da proteína, gordura e extrato não nitrogenado para elaboração dos valores de EMA_n presentes na Tabela Européia de Valores Energéticos de Alimentos para Aves. Dessa forma, o conhecimento da digestibilidade dos nutrientes vem de longa data, mas atualmente não são encontrados nas tabelas nem nos trabalhos de pesquisa, o coeficiente de digestibilidade e o conteúdo de nutrientes digestíveis.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente, total e ileal, de diferentes nutrientes de diversos alimentos de origem vegetal.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um ensaio biológico no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV)- MG, no período de 28/11/2001 a 10/02/2002, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas.

A temperatura média, máxima e mínima e a umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão, no interior da sala de metabolismo, durante a fase experimental, registrada às 8 e 17 horas, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão

| Horários | Temperaturas (°C) | | Umidade Relativa (%) |
|----------|-------------------|------------|----------------------|
| | Máxima | Mínima | |
| 8:00 | 28,8 ± 3,1 | 21,8 ± 1,6 | 70,8 ± 6,7 |
| 17:00 | 29,2 ± 3,9 | 23,6 ± 1,7 | 45,0 ± 18,1 |

Foram avaliados 13 alimentos de origem vegetal. Trabalhou-se com duas amostras de trigo, farelo de trigo, milho e farelo de soja, todas provenientes de diferentes fornecedores e com uma amostra de sorgo, farelo de glúten de milho 21%, farelo de glúten de milho 60%, farelo de algodão 30% e soja integral

tostada. Os alimentos foram divididos em energéticos (trigo, milho, farelo de trigo, sorgo e farelo de glúten de milho 21%) e protéicos (farelo de soja, soja integral tostada, farelo de glúten de milho 60% e farelo de algodão 30%).

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade, foram utilizados 450 pintos de corte machos, da linhagem *Ross*, com 21 dias de idade e peso médio de 588 g. O ensaio consistiu de 13 diferentes alimentos e duas rações-referência (Tabela 2). As rações foram calculadas segundo as exigências propostas por ROSTAGNO et al. (2000), com diferentes valores de proteína bruta (PB). Cada alimento considerado energético substituiu em 30% a ração-referência com 25% de PB. Os alimentos protéicos substituíram em 20% a ração-referência com 17% de PB.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 15 tratamentos, três blocos, duas repetições por bloco e cinco aves por unidade experimental. Até o 21º dia de idade, as aves receberam ração inicial para frangos de corte. No vigésimo primeiro dia de idade, foram transferidas para baterias de estrutura metálica constituídas de compartimentos distribuídos em dois andares. As aves receberam luz natural e/ou artificial durante 24 horas. O ambiente foi climatizado com ventiladores, durante os picos de temperatura ambiental elevada, para maior conforto térmico das aves. Durante 13 dias, as aves receberam água e ração experimental à vontade, sendo sete dias de adaptação e cinco dias de coleta de excretas, que foram realizadas duas vezes ao dia, às 8 e 17 horas, para evitar fermentação. Para realizar a coleta e evitar perdas, utilizaram-se bandejas cobertas com plástico, colocadas sob cada compartimento das gaiolas.

No 13º dia, todas as aves foram abatidas por meio de deslocamento cervical e imediatamente coletada a digesta contida na porção do íleo. Foi considerado íleo, a porção do intestino delgado, compreendida entre cinco centímetros após o divertículo de Meckel até cinco centímetros antes da junção do ceco.

Tabela 2 - Composição das rações-referência, em porcentagem da matéria natural

| Ingredientes | Alta proteína (%) | Baixa proteína (%) |
|---|-------------------|--------------------|
| Milho | 49,819 | 69,707 |
| Farelo de soja | 37,968 | 24,220 |
| Farelo de glúten de milho (60%) | 6,500 | -- |
| Óleo vegetal | 1,737 | 1,500 |
| Fosfato bicálcico | 1,533 | 1,643 |
| Calcário | 0,923 | 1,020 |
| Sal | 0,377 | 0,390 |
| Suplemento mineral ¹ | 0,060 | 0,060 |
| Suplemento vitamínico ² | 0,130 | 0,130 |
| DL-Metionina (99%) | 0,216 | 0,255 |
| L-lisina.HCl (98%) | -- | 0,298 |
| L-treonina (99%) | -- | 0,040 |
| Cloreto de colina (60%) | 0,060 | 0,060 |
| Anticoccidiano ³ | 0,055 | 0,055 |
| Promotor de crescimento ⁴ | 0,002 | 0,002 |
| Antioxidante ⁵ | 0,020 | 0,020 |
| Óxido crômico (Cr ₂ O ₃) | 0,600 | 0,600 |
| Total | 100,000 | 100,00 |
| Valores calculados | | |
| Proteína bruta (%) | 25,00 | 17,05 |
| Energia metabolizável (kcal/kg) | 2.950,00 | 3.055,00 |
| Metionina digestível (%) | 0,608 | 0,505 |
| Metionina + Cistina digestível (%) | 0,950 | 0,750 |
| Lisina digestível (%) | 1,120 | 1,046 |
| Treonina digestível (%) | 0,858 | 0,608 |
| Triptofano digestível (%) | 0,267 | 0,179 |
| Arginina digestível (%) | 1,498 | 1,015 |
| Cálcio (%) | 0,874 | 0,898 |
| Fósforo disponível (%) | 0,406 | 0,406 |
| Sódio (%) | 0,192 | 0,192 |
| Potássio (%) | 0,859 | 0,655 |

¹ Suplemento mineral contendo: Ferro - 100,0 g; Cobalto - 2,0 g; Cobre - 20,0 g; Manganês - 160,0 g; Zinco - 100,0 g; Iodo - 2,0 g e Excipiente q.s.p. - 500 g;

² Suplemento vitamínico contendo: Vit. A - 10.000.000 U.I.; Vit. D₃ - 2.000.000 U.I.; Vit. E - 30.000 U.I.; Vit. B₁ - 2,0 g; Vit. B₂ - 6,0 g; Vit. B₆ - 4,0 g; Vit. B₁₂ - 0,015 g; Ác. pantotênico - 12,0 g; Biotina - 0,1 g; Vit. K₃ - 3,0 g; Ác. fólico - 1,0 g; Ác. nicotínico - 50,0 g; Selênio - 250,0 mg e Excipiente q.s.p. - 1000 g;

³ Coxistac;

⁴ Virginiamicina 2%;

⁵ Butil hidroxi tolueno 99%.

As excretas coletadas em toda a fase experimental foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta. Posteriormente, as excretas foram descongeladas,

pesadas, homogeneizadas e retiradas amostras para análises laboratoriais. Juntamente com as digestas, foram realizadas a pré-secagem em estufas ventiladas a 55°C, moagem e armazenadas para futuras análises laboratoriais.

As análises químicas dos alimentos, das excretas e das digestas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, sendo determinados os valores de matéria seca (MS), de nitrogênio (N), de extrato etéreo (EE), de fibra bruta (FB), de fibra em detergente neutro (FDN), de fibra em detergente ácido (FDA) e de matéria mineral (MM), segundo as técnicas descritas por SILVA e QUEIROZ (2002). Para a determinação de açúcares solúveis, foi utilizada a metodologia descrita por Dubois et al. (1956), citada em HALL (2000). O amido foi determinado no substrato, após extração dos açúcares solúveis com álcool etílico 80%, tendo sido a extração do amido realizada via ácido perclórico 30% e posterior reação com Reativo de Antrona (SILVA e QUEIROZ, 2002). Para determinação da hemicelulose, foi realizada a diferença entre o FDN e o FDA. No cálculo do extrativo não nitrogenado (ENN), foi utilizada a equação descrita em JANSSEN (1989), onde $ENN = \text{matéria seca} - (\text{proteína bruta} + \text{gordura} + \text{fibra bruta} + \text{matéria mineral})$.

Para correção dos valores de excreção de proteína bruta, foi determinado o conteúdo de ácido úrico presente nas excretas de acordo com os procedimentos descritos por RODRIGUEIRO (2001).

Os coeficientes de digestibilidade aparente total e ileal dos nutrientes foram calculados através do fator de indigestibilidade segundo ROSTAGNO e FEATHERSTON (1977), sendo utilizado o óxido crômico como indicador. Para determinação do conteúdo de oxido crômico nas dietas, excretas e digesta, foi realizada análise no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, seguindo a metodologia descrita por SILVA e QUEIROZ (2002).

Para realização da análise estatística, os alimentos foram divididos em energéticos e protéicos. Com base nos coeficientes de digestibilidade aparente total e ileal, foi realizada análise de variância simples. De acordo com os resultados, foi realizado o teste de comparação de médias Student Newman-Keuls, ao nível de 5% de probabilidade, entre os valores médios dos coeficientes

de digestibilidade aparente total e ileal, por intermédio do Sistema de Análises Estatísticas - SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total, dos alimentos energéticos

Nas Tabelas 3 e 4, estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total dos alimentos milho 1 e 2, trigo 1 e 2, sorgo, farelo de trigo 1 e 2 e farelo de glúten de milho 21%. Com exceção dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal da proteína bruta e da fibra bruta e para o coeficiente de digestibilidade aparente total da fibra bruta, todos os outros coeficientes de digestibilidade foram estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância pelo teste de Student Newman-Keuls.

Os alimentos com alto teor de fibra (farelo de trigo 1 e 2 e farelo de glúten de milho 21%) apresentaram os menores coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total, para as variáveis matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, amido, açúcar solúvel, ENN e matéria mineral. Conseqüentemente, estes menores valores de digestibilidade se devem principalmente ao alto conteúdo de fibra que estes alimentos contêm, que podem interferir nos coeficientes de digestibilidade. Segundo VIEIRA (2002), a presença de polissacarídeos como, celulose, hemicelulose, pentosanas e oligossacarídeos, apresentam baixa digestibilidade e podem provocar aumento da viscosidade do bolo alimentar, prejudicando o uso de outros nutrientes.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, matéria mineral, e extrato não nitrogenado, expressos em percentagem de matéria seca

| Alimentos | Coeficientes de digestibilidade ileal | | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|-------------|------------|------------|
| | MS | PB | EE | FB | MM | ENN |
| Milho 1 | 89,41a | 82,47 | 82,26ab | 8,20 | 71,48a | 88,72b |
| | $\pm 0,71^2$ | $\pm 3,65$ | $\pm 1,99$ | $\pm 8,29$ | $\pm 6,28$ | $\pm 2,36$ |
| Milho 2 | 89,31a | 82,64 | 81,43ab | 8,62 | 52,89c | 88,46b |
| | $\pm 0,31$ | $\pm 1,98$ | $\pm 1,62$ | $\pm 7,54$ | $\pm 2,33$ | $\pm 1,13$ |
| Sorgo | 88,63b | 81,32 | 84,56a | 8,49 | 52,20c | 86,33bc |
| | $\pm 0,56$ | $\pm 5,21$ | $\pm 2,59$ | $\pm 6,80$ | $\pm 3,38$ | $\pm 1,54$ |
| Trigo 1 | 90,13a | 82,51 | 80,79ab | 10,55 | 62,26b | 92,34a |
| | $\pm 0,36$ | $\pm 3,53$ | $\pm 1,68$ | $\pm 5,89$ | $\pm 4,58$ | $\pm 1,15$ |
| Trigo 2 | 90,05a | 82,11 | 79,79ab | 13,54 | 63,05b | 92,09a |
| | $\pm 0,65$ | $\pm 3,41$ | $\pm 1,68$ | $\pm 10,61$ | $\pm 2,90$ | $\pm 2,15$ |
| Farelo de trigo 1 | 86,36c | 77,71 | 81,05ab | 12,24 | 72,99a | 84,18cd |
| | $\pm 0,42$ | $\pm 2,75$ | $\pm 4,21$ | $\pm 6,24$ | $\pm 3,50$ | $\pm 1,12$ |
| Farelo de trigo 2 | 86,15c | 79,53 | 77,99b | 15,15 | 68,25a | 82,90d |
| | $\pm 0,64$ | $\pm 4,47$ | $\pm 4,93$ | $\pm 4,64$ | $\pm 4,48$ | $\pm 1,83$ |
| Farelo de glúten de milho 21% | 85,10d | 80,21 | 79,14ab | 10,68 | 74,81a | 76,18e |
| | $\pm 0,56$ | $\pm 0,78$ | $\pm 3,47$ | $\pm 3,50$ | $\pm 1,79$ | $\pm 2,68$ |
| CV (%) ¹ | 0,616 | 4,356 | 3,813 | 59,205 | 6,003 | 2,133 |
| Coeficientes de digestibilidade total | | | | | | |
| Milho 1 | 90,03a | 91,43a | 84,59a | 23,76 | 89,90a | 95,29a |
| | $\pm 0,49$ | $\pm 2,87$ | $\pm 2,29$ | $\pm 8,51$ | $\pm 2,06$ | $\pm 1,29$ |
| Milho 2 | 89,15bc | 90,35a | 82,89a | 24,55 | 84,46b | 93,00a |
| | $\pm 0,49$ | $\pm 2,74$ | $\pm 1,88$ | $\pm 10,10$ | $\pm 2,88$ | $\pm 1,53$ |
| Sorgo | 89,67ab | 90,34a | 84,42a | 23,08 | 78,07c | 95,25a |
| | $\pm 0,59$ | $\pm 3,23$ | $\pm 5,15$ | $\pm 10,46$ | $\pm 5,26$ | $\pm 1,31$ |
| Trigo 1 | 89,21bc | 92,01a | 76,33b | 22,79 | 70,62d | 93,76a |
| | $\pm 0,46$ | $\pm 1,09$ | $\pm 8,44$ | $\pm 7,08$ | $\pm 6,00$ | $\pm 1,19$ |
| Trigo 2 | 88,76c | 93,29a | 73,57b | 21,60 | 62,51e | 93,49a |
| | $\pm 0,43$ | $\pm 0,88$ | $\pm 5,49$ | $\pm 4,18$ | $\pm 2,09$ | $\pm 1,27$ |
| Farelo de trigo 1 | 82,56e | 74,12c | 62,13c | 21,95 | 50,83f | 78,45c |
| | $\pm 0,37$ | $\pm 3,72$ | $\pm 1,13$ | $\pm 9,76$ | $\pm 3,08$ | $\pm 2,54$ |
| Farelo de trigo 2 | 84,07d | 77,05bc | 63,36c | 25,15 | 53,86f | 84,25b |
| | $\pm 0,38$ | $\pm 3,45$ | $\pm 1,58$ | $\pm 8,32$ | $\pm 4,97$ | $\pm 1,55$ |
| Farelo de glúten de milho 21% | 84,41d | 78,58b | 81,30a | 21,42 | 69,01d | 84,68b |
| | $\pm 0,75$ | $\pm 1,54$ | $\pm 3,64$ | $\pm 7,26$ | $\pm 7,03$ | $\pm 2,43$ |
| CV (%) | 0,469 | 3,113 | 5,575 | 37,396 | 5,927 | 1,609 |

Médias, na mesma coluna, com diferentes letras diferem entre si (P<0,05) pelo teste de SNK;

¹CV – coeficiente de variação;

²Desvio padrão.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total da fibra detergente neutro (FDN) e ácido (FDA), hemicelulose (Hemi), amido e açúcar solúvel, expressos em percentagem de matéria seca

| Alimentos | Coeficientes de digestibilidade ileal | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|----------|---------|
| | FDN | FDA | Hemi | Amido | Açúcar |
| Milho 1 | 48,53c | 43,56b | 50,49d | 98,41abc | 92,54a |
| | ± 3,61 | ± 7,25 | ± 4,28 | ± 0,68 | ± 1,16 |
| Milho 2 | 50,70c | 31,22c | 56,87c | 98,76ab | 92,87a |
| | ± 2,69 | ± 8,97 | ± 3,58 | ± 0,26 | ± 1,38 |
| Sorgo | 39,29d | 14,17d | 49,88d | 98,83a | 91,17ab |
| | ± 2,91 | ± 9,89 | ± 5,42 | ± 0,35 | ± 1,64 |
| Trigo 1 | 66,76a | 55,90ab | 69,6ab | 98,45abc | 91,43ab |
| | ± 2,77 | ± 9,16 | ± 5,63 | ± 0,75 | ± 1,79 |
| Trigo 2 | 68,86a | 47,58b | 74,67a | 98,65abc | 91,75ab |
| | ± 2,75 | ± 8,29 | ± 1,37 | ± 0,70 | ± 1,82 |
| Farelo de trigo 1 | 65,47a | 62,78a | 66,71b | 97,74c | 89,19bc |
| | ± 2,55 | ± 2,43 | ± 3,07 | ± 0,55 | ± 1,57 |
| Farelo de trigo 2 | 65,10a | 53,59ab | 69,78ab | 97,80bc | 90,96ab |
| | ± 1,76 | ± 4,07 | ± 3,68 | ± 0,67 | ± 1,67 |
| Farelo de glúten de milho 21% | 59,18b | 53,77ab | 61,11c | 98,06abc | 88,03c |
| | ± 2,25 | ± 5,29 | ± 2,72 | ± 1,40 | ± 1,33 |
| CV (%) ¹ | 4,598 | 16,572 | 6,354 | 0,572 | 1,741 |
| Coeficientes de digestibilidade total | | | | | |
| Milho 1 | 81,22a | 52,15ab | 87,57a | 98,25a | 93,39a |
| | ± 1,48 | ± 9,05 | ± 3,80 | ± 0,22 | ± 2,06 |
| Milho 2 | 71,69c | 47,13b | 79,48b | 98,03a | 92,85ab |
| | ± 2,93 | ± 9,50 | ± 3,38 | ± 0,18 | ± 1,78 |
| Sorgo | 65,06e | 60,19a | 66,96c | 98,57a | 93,17ab |
| | ± 4,18 | ± 9,58 | ± 3,60 | ± 0,35 | ± 1,58 |
| Trigo 1 | 80,61a | 62,69a | 85,53a | 98,31a | 92,46ab |
| | ± 1,35 | ± 8,87 | ± 1,63 | ± 0,20 | ± 1,34 |
| Trigo 2 | 75,28b | 65,00a | 78,10b | 98,37a | 91,81ab |
| | ± 2,71 | ± 8,67 | ± 3,35 | ± 0,28 | ± 1,13 |
| Farelo de trigo 1 | 67,96d | 53,94ab | 73,75b | 93,70c | 90,67ab |
| | ± 1,79 | ± 6,20 | ± 2,78 | ± 0,22 | ± 3,27 |
| Farelo de trigo 2 | 71,91c | 58,78ab | 76,21b | 94,68b | 91,28ab |
| | ± 1,68 | ± 4,53 | ± 3,28 | ± 0,55 | ± 2,73 |
| Farelo de glúten de milho 21% | 62,82e | 64,01a | 62,48e | 93,55b | 89,24b |
| | ± 2,69 | ± 5,59 | ± 2,84 | ± 1,37 | ± 2,74 |
| CV (%) | 3,150 | 13,015 | 4,126 | 0,576 | 2,378 |

Médias, na mesma coluna, com diferentes letras diferem entre si (P<0,05) pelo teste de SNK;

¹CV – coeficiente de variação;

²Desvio padrão.

Dessa forma, os valores de digestibilidade da matéria seca podem ter sido influenciados negativamente, pelo conteúdo fibroso do farelo de trigo e farelo de glúten de milho 21%. Para proteína bruta, o coeficiente de digestibilidade aparente total dos alimentos farelo de trigo 1 e 2 está de acordo com os valores propostos por JANSSEN (1989), que relata ser de 73% a digestibilidade aparente da proteína do farelo de trigo. Para o farelo de glúten de milho 21% este valor é menor do que o descrito pelo autor supracitado, que propõe uma digestibilidade de 85%.

Os coeficientes de digestibilidade total da proteína bruta dos alimentos milho, trigo e sorgo, não foram diferentes ($P>0,05$) e, conseqüentemente, foram superiores para os demais alimentos, quando comparados com a literatura (TITUS, 1961; JANSSEN, 1989). Observou-se que todos os coeficientes foram, em média, 12,5% superiores.

A digestibilidade da gordura ao nível de íleo não apresentou variação entre os diversos alimentos. Apenas o sorgo e o farelo de trigo 2 foram estatisticamente diferentes. Entretanto, o coeficiente de digestibilidade aparente total da gordura demonstrou melhor aproveitamento do conteúdo lipídico dos alimentos milho, sorgo e farelo de glúten de milho 21% tendo os farelos de trigo apresentado os piores coeficientes de digestibilidade. Para uma ótima digestão da gordura é necessária a formação de micelas, constituídas pelos sais biliares e pela colipase, um co-fator que auxilia a ação da lipase na interface lipídio-água (BORGSTROM, 1975). Dessa forma, a presença de maior quantidade de fibra bruta nos farelos de trigo 1 e 2, que aumentam a viscosidade do bolo alimentar, também dificultariam a ação dos sais biliares, colipase e lipase na digestão da gordura deste alimento.

Ao comparar os resultados de digestibilidade aparente total da gordura com a literatura, o milho 1 e 2, o trigo 1 e 2, o sorgo e o farelo de trigo 1 e 2, apresentaram valores semelhantes aos descrito por TITUS (1961) e JANSSEN (1989), com exceção do milho que foi 7% inferior e do trigo que foi superior em 9%. Os valores médios de digestibilidade da gordura descritos pelos autores supracitados, para o milho, para o trigo, para o sorgo e para o farelo de trigo

foram de 90%, 68%, 82,5% e 60%, respectivamente. Para o farelo de glúten de milho 21%, a diferença foi de 29%, quando comparada com JANSSEN (1989), que encontrou um valor de 58% de digestibilidade aparente total para a gordura.

O coeficiente de digestibilidade aparente total da matéria mineral pode ter sido influenciado pelo tamanho das partículas, pois segundo NIR et al. (1995), a degradação das partículas no duodeno proximal é mais lenta quando estas são maiores. Assim, as partículas maiores proporcionam aumento do antiperistaltismo, podendo levar uma melhor utilização dos nutrientes, uma vez que esses permanecem por maior tempo em contato com as enzimas digestivas, podendo ocorrer uma maior absorção dos minerais por todo o aparelho digestivo. De acordo com LEESON e SUMMERS (2001), a maior absorção dos minerais ocorre entre o duodeno e o jejuno, entretanto, alguns minerais como o sódio pode ser absorvido no íleo e no cólon das aves.

Outro fator importante na digestibilidade da matéria mineral é a presença de fósforo fítico. De acordo com KESHAVARZ (2002), as matérias primas de origem vegetal apresentam em seu conteúdo de fósforo total, aproximadamente 70% de fitato (fósforo fítico), que não é disponível para as aves, pois estas não produzem a enzima fitase. Além da presença do fitato, ocorrem reações entre o ácido fítico, os quais possuem cargas negativas e cátions divalentes com cargas positivas, como o cálcio, magnésio, zinco, ferro e outros, resultando dessa forma, em baixa digestibilidade destes minerais pelas aves.

A digestibilidade da fibra bruta ficou acima dos valores recomendados por TITUS (1961), que relata poder a digestibilidade aparente total da fibra bruta variar de 4 a 9%, nos alimentos trigo, milho, sorgo, farelo de trigo e farelo de glúten de milho 21%.

O coeficiente de digestibilidade aparente ileal e total da hemicelulose foi em média de 62,39 e 76,26%, respectivamente. Esta digestibilidade da fração hemicelulose poderia ser explicada, pois segundo LEESON e SUMMERS (2001), a hemicelulose, é um constituinte da parede celular dos vegetais e estes, mesmo não sendo solúveis em água, podem sofrer alguma hidrólise em diluentes ácidos. A maior porção da hemicelulose é constituída de xilanos, principalmente

arabinoxilanos e, mesmo as aves não contendo a enzima xilanase, pode existir alguma hidrólise deste, devido à ação do HCl no proventrículo e moela, além da presença da flora bacteriana no ceco, que poderia ajudar na digestibilidade da hemicelulose nos cecos, proporcionando maiores valores de digestibilidade total, quando comparados com ileal.

A fibra em detergente neutro é composta, além da hemicelulose, por celulose e lignina e os coeficientes de digestibilidade foram em média, de 57,99 e 72,07%, para ileal e total, respectivamente. Segundo LEESON e SUMMERS (2001), a celulose e lignina são consideradas indigestíveis pelas aves, entretanto, estes mesmos autores, relatam que apenas 10% do conteúdo de celulose, presente nos alimentos, poderia desaparecer no trato digestivo das aves, e que esta baixa digestibilidade pode ser ocasionada, principalmente, pela baixa atividade da microflora bacteriana presente no intestino grosso e no ceco, o que limitaria a utilização de produtos com alto conteúdo de fibra nas rações de aves. Conseqüentemente, a fibra em detergente ácido, que é constituída, principalmente de celulose e lignina, resultaria em uma digestibilidade desta fração fibrosa pelas aves, ao redor de 10%, segundo os autores citados acima. Entretanto, neste trabalho, foi observado coeficiente de digestibilidade médio, ileal e total, de 45,32 e 57,99% respectivamente.

Com relação ao amido e ao açúcar solúvel, os coeficientes de digestibilidade ileal de todos os alimentos, com exceção do farelo de trigo 1 e do farelo de glúten de milho 21%, ficaram acima de 90%, demonstrando que as aves aproveitaram bem este carboidrato da dieta.

Os alimentos sorgo, milho, trigo e farelo de glúten de milho 21%, não diferiram estatisticamente com relação à digestibilidade aparente ileal do amido, cujo valores variaram de 98,06 a 98,83%. Esta boa digestibilidade da porção amídica dos alimentos se deve principalmente à hidrólise que sofre o amido através da amilase pancreática. Em sua hidrólise, ocorre a formação de glicose, que é absorvida por completo até o jejuno (LEESON e SUMMERS, 2001). Os coeficientes de digestibilidade aparente total do amido foram semelhantes para os alimentos milho, trigo e sorgo, mantendo praticamente a mesma digestibilidade

ileal, pois segundo LEESON e SUMMERS (2001), 95% do amido presente na dieta é digerido e absorvido até a porção terminal do íleo. Já os alimentos farelo de trigo e farelo de glúten de milho 21% apresentaram menor aproveitamento total do amido.

A fração açúcar solúvel, que é composta por mono e dissacarídeos, apresentou digestibilidade aparente ileal e total, em média de 91 e 92%, respectivamente. As aves, segundo HOLDSWORTH e WILSON (1967) e DAUTLICK e STRITTMATTER (1970), apresentam atividade máxima das enzimas maltase e sacarase a partir do 4º dia de idade e o pico de transporte ativo de glicose no intestino ocorre, quando os pintos já têm 3 dias de idade, fato este que explica a alta digestibilidade dos açúcares presentes nos alimentos. Os alimentos milho, sorgo e trigo apresentaram valores maiores de digestibilidade do açúcar solúvel, tanto ileal quanto total, em relação aos alimentos farelo de trigo e glúten de milho 21%.

Os valores do coeficiente de digestibilidade do extrato não nitrogenado (ENN), variaram de 76,18 a 92,34% na porção íleo terminal. A digestibilidade aparente total do ENN, para os alimentos milho, sorgo e trigo, apresentaram valores 3,89% superiores aos propostos por TITUS (1961) e JANSSEN (1989), que relatam uma digestibilidade média de 90,50% do ENN para esses alimentos. Entretanto, os valores da digestibilidade do ENN para os alimentos farelo de trigo e farelo de glúten de milho 21% foram superiores aos valores encontrados pelos autores supracitados, que propõem uma digestibilidade média de 45% para esses alimentos. O ENN é composto por amido, açúcar, pectina e hemicelulose (SILVA e QUEIROZ, 2002), o que poderia explicar com confiança, os resultados de digestibilidade dos alimentos trigo, milho e sorgo. Entretanto, os alimentos farelo de trigo e farelo de glúten de milho 21% apresentaram em média, 28,22% de hemicelulose, com uma digestibilidade média de 65,87%, sendo que a hemicelulose faz parte da fração do ENN. Desse modo, os valores encontrados neste trabalho, para estes alimentos, estão superestimados, necessitando de novas experimentações.

3.2. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total, dos alimentos de origem protéica

Nas Tabelas 5 e 6 estão apresentados os coeficientes médios de digestibilidade aparente ileal e total, dos nutrientes dos alimentos farelo de soja 1 e 2, soja integral tostada, farelo de glúten de milho 60% e farelo de algodão 30%. Com exceção dos coeficientes de digestibilidade aparente total da proteína bruta e da hemicelulose, todos os outros coeficientes de digestibilidade foram estatisticamente diferentes ao nível de 5% de significância, pelo teste de Student Newman-Keuls.

Os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, ileal e total, podem ter sido influenciados principalmente, pela composição dos alimentos. Mesmo apresentando diferença significativa ($P < 0,05$), estes valores foram muito próximos, demonstrando uma digestibilidade acima de 87,9%.

A digestibilidade aparente ileal da proteína bruta foi elevada para o alimento farelo de glúten de milho 60% e menor nos demais alimentos. O farelo de algodão apresentou em sua composição, 24% de fibra bruta, o que pode ter colaborado com a menor digestibilidade de seus nutrientes. Segundo LEESON e SUMMERS (2001) e BUTOLO (2002), o farelo de algodão contém o gossipol, que se liga à lisina durante o processamento, diminuindo a digestibilidade deste aminoácido e também da proteína bruta.

Os farelos de soja e a soja integral tostada também apresentaram valores de digestibilidade ileal menores que o farelo de glúten de milho 60%. Neste caso, a digestibilidade da proteína bruta poderia ter sido afetada pelo tratamento térmico que os alimentos receberam, que tem o objetivo de reduzir os fatores antinutricionais presentes. Segundo NUNES et al. (2000), um superaquecimento dos produtos da soja resulta em diminuição da qualidade protéica, afetando principalmente a digestibilidade dos aminoácidos e da proteína bruta. Segundo SGARBIERI (1987), a soja apresenta inibidores de enzimas proteolíticas, que reduzem a digestibilidade da proteína presente nos alimentos.

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, extrato não nitrogenado e matéria mineral, expressos em percentagem de matéria seca

| Alimentos | Coeficientes de digestibilidade ileal | | | | | |
|-----------------------|---------------------------------------|---------|--------|---------|---------|---------|
| | MS% | PB% | EE% | FB% | ENN % | MM% |
| Farelo de soja 1 | 89,02c | 92,37bc | 96,57b | 13,66b | 76,57d | 89,84ab |
| | ± 0,47 ² | ± 0,98 | ± 1,19 | ± 5,97 | ± 6,00 | ± 6,13 |
| Farelo de soja 2 | 90,11b | 93,76b | 94,00c | 13,88b | 88,85c | 95,30ab |
| | ± 0,48 | ± 1,62 | ± 2,18 | ± 7,33 | ± 4,84 | ± 2,57 |
| Soja integral tostada | 90,06b | 92,42bc | 85,28d | 12,16b | 97,26b | 93,75ab |
| | ± 0,42 | ± 1,22 | ± 1,47 | ± 5,95 | ± 5,13 | ± 3,40 |
| F. glúten milho 60% | 91,89a | 95,35a | 99,19a | 15,17b | 100a | 96,25a |
| | ± 0,40 | ± 0,43 | ± 0,42 | ± 9,49 | ± 7,37 | ± 1,71 |
| Farelo algodão 30% | 89,18c | 92,14c | 94,07c | 53,67a | 94,39bc | 88,77b |
| | ± 0,24 | ± 0,78 | ± 2,37 | ± 1,74 | ± 2,49 | ± 5,72 |
| CV (%) ¹ | 0,472 | 1,088 | 1,836 | 31,484 | 6,093 | 4,554 |
| Alimentos | Coeficientes de digestibilidade total | | | | | |
| | MS% | PB% | EE% | FB% | ENN % | MM% |
| Farelo de soja 1 | 87,97d | 92,04 | 93,57a | 18,28b | 99,68 | 82,54b |
| | ± 0,37 | ± 1,40 | ± 3,47 | ± 12,46 | ± 4,40 | ± 6,89 |
| Farelo de soja 2 | 89,20ab | 93,33 | 94,09a | 21,82b | 100 | 95,76a |
| | ± 0,47 | ± 0,96 | ± 3,24 | ± 9,02 | ± 4,29 | ± 2,30 |
| Soja integral tostada | 89,61a | 94,54 | 91,76a | 20,09b | 100 | 97,17a |
| | ± 0,44 | ± 1,83 | ± 0,78 | ± 10,35 | ± 4,06 | ± 2,19 |
| F. glúten milho 60% | 89,04b | 94,33 | 77,34b | 22,69b | 100 | 96,54a |
| | ± 0,27 | ± 0,60 | ± 1,16 | ± 7,84 | ± 1,66 | ± 1,33 |
| Farelo algodão 30% | 88,47c | 92,05 | 94,58a | 57,72a | 100 | 75,77c |
| | ± 0,66 | ± 3,90 | ± 4,07 | ± 3,53 | ± 3,28 | ± 8,86 |
| CV (%) | 0,396 | 2,166 | 3,261 | 30,561 | 2,676 | 5,166 |

Médias, na mesma coluna, com diferentes letras diferem entre si (P<0,05) pelo teste de SNK;

¹CV – coeficiente de variação;

²Desvio padrão.

Tabela 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total da fibra em detergente neutro e ácido, hemicelulose (Hemi), amido e açúcar solúvel, expressos em percentagem de matéria seca

| Alimentos | Coeficientes de digestibilidade ileal | | | | |
|---------------------------------------|---------------------------------------|---------|---------|---------|----------|
| | FDN% | FDA% | Hemi % | Amido % | Açúcar % |
| Farelo de soja 1 | 64,55c | 61,19ab | 67,33c | 94,61c | 90,07b |
| | ± 3,11 | ± 4,99 | ± 8,48 | ± 0,93 | ± 2,22 |
| Farelo de soja 2 | 69,30bc | 64,82a | 74,73c | 95,94bc | 90,57b |
| | ± 3,34 | ± 6,32 | ± 7,36 | ± 1,15 | ± 1,34 |
| Soja integral tostada | 76,65a | 65,54a | 93,88a | 97,03ab | 90,55b |
| | ± 1,60 | ± 3,93 | ± 3,60 | ± 1,48 | ± 1,56 |
| F. glúten milho 60% | 70,89b | 43,47c | 85,87b | 98,30a | 94,13a |
| | ± 5,37 | ± 7,33 | ± 6,52 | ± 0,75 | ± 1,29 |
| Farelo algodão 30% | 66,93bc | 56,80b | 74,90c | 98,29a | 89,79b |
| | ± 1,78 | ± 3,40 | ± 2,18 | ± 1,48 | ± 1,68 |
| CV (%) ¹ | 4,888 | 8,855 | 7,263 | 1,282 | 1,959 |
| Coeficientes de digestibilidade total | | | | | |
| Farelo de soja 1 | 73,53a | 70,23b | 76,25 | 93,20d | 85,40ab |
| | ± 4,12 | ± 8,93 | ± 6,64 | ± 0,66 | ± 1,30 |
| Farelo de soja 2 | 72,15a | 71,46b | 72,66 | 95,66c | 84,58b |
| | ± 4,87 | ± 3,95 | ± 13,12 | ± 1,49 | ± 1,85 |
| Soja integral tostada | 72,98a | 73,93b | 70,41 | 99,13a | 86,32b |
| | ± 1,54 | ± 4,70 | ± 10,49 | ± 0,80 | ± 3,23 |
| F. glúten milho 60% | 63,74b | 48,76c | 71,44 | 99,27a | 89,95ab |
| | ± 3,08 | ± 8,58 | ± 5,74 | ± 0,61 | ± 1,73 |
| Farelo algodão 30% | 72,64a | 85,08a | 62,79 | 96,99b | 92,60a |
| | ± 3,15 | ± 2,85 | ± 5,27 | ± 1,18 | ± 2,70 |
| CV (%) | 5,016 | 8,787 | 12,792 | 1,046 | 2,589 |

Médias, na mesma coluna, com diferentes letras diferem entre si ($P < 0,05$) pelo teste de SNK;

¹CV – coeficiente de variação;

²Desvio padrão.

O coeficiente de digestibilidade aparente total da proteína bruta, para o farelo de glúten de milho 60%, foi semelhante ao proposto por JANSSEN (1989). Para os farelos de soja 1 e 2 e para a soja integral tostada, estes coeficientes foram superiores em 9,97%, quando comparados com aqueles obtidos por TITUS (1961) e JANSSEN (1989). O farelo de algodão também apresentou valores maiores que o da literatura consultada. Segundo TITUS (1961), o farelo de algodão apresenta uma digestibilidade aparente total de 74% para a proteína bruta.

O farelo de glúten de milho 60% apresentou redução excessiva no coeficiente de digestibilidade aparente ileal para total no conteúdo de extrato etéreo. Entretanto, ao comparar com JANSSEN (1989), observou-se que o valor da digestibilidade total da gordura foi menor, sendo proposto um valor de digestibilidade aparente total para a gordura de 95%. Perda na digestibilidade ou diminuição nos coeficientes, desde que pequenas podem ser consideradas normais, principalmente, em se tratando de proteína e de gordura causada por alguma descamação do trato gastrintestinal ou por perdas endógenas. Nesse caso, fica evidente que pode ter ocorrido algum erro e que estes resultados devem ser reavaliados em pesquisas futuras.

Os farelos de soja 1 e 2, a soja integral tostada e o farelo de algodão se comportaram naturalmente, apresentando coeficiente de digestibilidade ileal e total para gordura de 92,48 e 93,50%, respectivamente. Os valores para digestibilidade total da gordura foram semelhantes aos propostos por TITUS (1961), para o farelo de algodão (90%) e para a soja integral (90%), com exceção do farelo de soja, para o qual este autor propõe 80% de digestibilidade.

A matéria mineral apresentou alta digestibilidade em todos os alimentos estudados, tendo sido de 92,78% em média no íleo e na total, foi em média, de 89,55%. A presença de fósforo fítico em produtos de origem vegetal pode afetar a digestibilidade da matéria mineral (KESHAVARZ, 2002), entretanto, neste caso, este fato parece não ter sido evidenciado.

Os coeficientes de digestibilidade do amido no íleo variaram de 94,61% para o farelo de soja 1 a 98,30% para o farelo de glúten de milho 60%, tendo a digestibilidade total da fração amido dos alimentos protéicos tido uma digestibilidade média de 96,85%. Estes valores demonstraram que as aves aproveitam o amido presente nos alimentos com alta eficiência. O mesmo aconteceu com os coeficientes de digestibilidade ileal e total para o açúcar solúvel, que foram em média 89,71 e 90,15%, respectivamente. Segundo LEESON e SUMMERS (2001), praticamente 95% de todo o açúcar solúvel e do amido foram digeridos e absorvidos até a porção íleo terminal.

A fibra bruta apresentou digestibilidade aparente média, entre os alimentos farelo de soja, soja integral tostada e farelo de glúten de milho 60% variando de 13,72 e 20,72%, respectivamente, na digesta e na excreta e o farelo de algodão apresentou valores de 53,67 e 57,72%, respectivamente. Dessa forma, esses valores superestimam o coeficiente de digestibilidade da fibra bruta, que de acordo com TITUS (1961), devem ser de 11% para o farelo de algodão e para o farelo de glúten de milho 60% e de 3% para o farelo de soja. Segundo LEESON e SUMMERS (2001), apenas 10% da celulose pode ser digerida e absorvida pelas aves, sendo a fração fibra bruta composta basicamente por celulose e lignina insolúvel. Assim, de acordo com PENZ JR e KESSLER (1995), a metodologia para determinação do conteúdo de fibra bruta é uma das análises mais sujeitas a erros e variações, o que pode ter ocasionado esta diferença, quando se comparam esses resultados com a literatura. Outros valores que podem ter sido superestimados, são os coeficientes de digestibilidade da fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido, mesmo sabendo que a hemicelulose e 10% da celulose podem ser digeridos pelas aves. Estes valores ficaram elevados, sugerindo uma nova realização de ensaios de digestibilidade para validação dos resultados encontrados aqui. Os coeficientes de digestibilidade do FDN foram em média de 69,66 e 71,01%, respectivamente, para íleo e total, e para o conteúdo de FDA foram em média de 58,36 e 69,89%, respectivamente, para íleo e total.

Os coeficientes de digestibilidade ileal da hemicelulose variaram de 67,33 a 93,88%, sendo superestimados para alguns alimentos. Entretanto, o coeficiente de digestibilidade aparente total foi em média de 70,55%.

Os valores de digestibilidade total do ENN foram maiores que 100% e segundo TITUS (1961), esses podem variar de 57% a 86% para o farelo de glúten de milho 60% e para o farelo de algodão, respectivamente.

4. RESUMO E CONCLUSÃO

Foi conduzido um experimento com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total dos nutrientes de 13 alimentos, constituídos por duas amostras de trigo, duas de milho, duas de farelo de trigo, duas de farelo de soja, uma de sorgo, uma de farelo de glúten de milho 21%, uma de farelo de glúten de milho 60%, uma de soja integral tostada e uma de farelo de algodão 30%. Foram utilizados 450 pintos machos *Ross*, com 21 dias de idade, em delineamento em blocos ao acaso, com 13 rações-teste e duas rações-referência, três blocos com duas repetições por bloco e cinco aves por repetição. As aves receberam ração e água à vontade por 12 dias, sendo os cinco dias finais destinados à coleta de excretas. No 13º dia, todas as aves foram sacrificadas para coleta da digesta na porção do íleo. As digestas e as excretas foram secas e juntamente com os alimentos e as rações-referência, foram determinados o conteúdo de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), hemicelulose, amido, açúcar solúvel, extrato não nitrogenado (ENN) e cromo. Nas excretas ainda foi determinada a quantidade de ácido úrico para correção dos valores de digestibilidade aparente total da proteína bruta. Através dos valores de cromo das rações, digestas e excretas, foram determinados os fatores de indigestibilidade utilizados nos cálculos dos coeficientes de digestibilidade.

Os coeficientes médios de digestibilidade aparente ileal da MS, PB, EE, MM, FB, FDN, FDA, hemicelulose, amido, açúcar solúvel e ENN, respectivamente, para os alimentos milho 1 e 2, trigo 1 e 2 e sorgo, foram de 89,51; 82,21; 81,77; 60,38; 9,88; 54,83; 38,48; 60,30; 98,62; 91,95 e 89,59%. Para os alimentos farelo de trigo 1 e 2 e farelo de glúten de milho 21%, foram de 85,87; 79,15; 79,39; 72,02; 12,69; 63,25; 56,71; 65,87; 97,86; 89,36 e 81,08%.

Os coeficientes médios de digestibilidade aparente total da MS, PB, EE, MM, FB, FDN, FDA, hemicelulose, amido, açúcar solúvel e ENN, respectivamente, para os alimentos milho 1 e 2, trigo 1 e 2 e sorgo, foram de 89,36; 91,48; 80,36; 77,11; 23,15; 74,77; 57,43; 79,53; 98,31; 92,74 e 94,16%. Para os alimentos farelo de trigo 1 e 2 e farelo de glúten de milho 21%, foram de 83,68; 76,58; 68,93; 57,90; 22,84; 67,57; 58,91; 70,81; 93,98; 90,40 e 82,46%.

Os coeficientes médios de digestibilidade aparente ileal da MS, PB, EE, MM, FB, FDN, FDA, hemicelulose, amido, açúcar solúvel e ENN, respectivamente, para os alimentos farelo de soja 1 e 2, foram de 89,56; 93,07; 95,28; 92,57; 13,77; 66,93; 63,01; 71,03; 89,28; 88,96 e 82,71%. Para a soja integral tostada, foram de 90,06; 92,42; 85,28; 93,75; 12,16; 76,65; 65,54; 93,88; 97,03; 88,16 e 97,26%. Para o farelo de glúten de milho 60%, foram de 91,89; 95,35; 99,19; 96,25; 15,17; 70,89; 43,47; 85,87; 98,30; 92,66 e 100,00%. Finalmente, para o farelo de algodão foram de 89,18; 82,14; 94,07; 88,77; 53,67; 66,93; 56,80; 74,90; 98,29; 89,79 e 94,34%;

Os coeficientes médios de digestibilidade aparente total da MS, PB, EE, MM, FB, FDN, FDA, hemicelulose, amido, açúcar solúvel e ENN, respectivamente, para os alimentos farelo de soja 1 e 2, foram de 88,58; 92,69; 93,83; 89,15; 20,05; 72,84; 70,84; 74,46; 94,43; 89,08 e 100,00%. Para a soja integral tostada, foram de 89,61; 94,54; 91,76; 97,17; 20,09; 72,98; 73,93; 70,41; 99,13; 88,67 e 100,00%. Para o farelo de glúten de milho 60%, foram de 89,04; 94,33; 77,34; 96,54; 22,69; 63,74; 48,76; 71,44; 99,27; 91,33 e 100,00%. Finalmente, para o farelo de algodão, foram de 88,47; 92,05; 94,58; 75,77; 57,72; 72,64; 85,08; 62,79; 96,99; 92,60 e 100,00%.

CAPÍTULO 4

COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE APARENTE DE NUTRIENTES DE ALGUNS ALIMENTOS, DE ORIGEM ANIMAL

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de utilização de proteína de origem animal na alimentação humana é um dos principais fatores que levaram a avicultura nacional ao substancial desenvolvimento em que esta se encontra atualmente. Para uma elevada produção de produtos de origem animal, ocorre necessariamente um aumento na produção de resíduos. Desta forma, os resíduos tornam-se a grande preocupação das diferentes organizações ligadas à produção animal. O fato de os resíduos serem poluentes para o meio ambiente, implica em estudos com o objetivo de encontrar diferentes maneiras de minimizar seus efeitos ou até eliminá-los, de forma coerente. Para tanto, é utilizado o processamento destes resíduos, originando subprodutos como farinhas de origem animal.

O estudo destes alimentos alternativos torna-se necessário não apenas devido ao efeito poluente causado pelos resíduos, mas também pela incansável

busca economicamente mais viável e eficiente, tornando-se necessário desta forma, o conhecimento de seus valores nutricionais.

Conhecer a composição química dos alimentos é de fundamental importância para a formulação das rações de frangos de corte. Contudo, não basta apenas saber o conteúdo total dos nutrientes presente nos alimentos. Conhecendo-se também os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, promove-se uma melhoria na eficiência de utilização dos alimentos e um aumento na precisão na formulação das rações. A inclusão de alimentos alternativos em rações, substituindo os alimentos tradicionais, pode resultar em rações deficientes, em consequência das diferenças na digestibilidade dos aminoácidos. Assim, é necessário fazer correções nos valores de digestibilidade dos nutrientes, quando se utilizam alimentos não convencionais nas rações (ROSTAGNO, 1990 e ROSTAGNO et al., 1999).

O conhecimento da digestibilidade dos nutrientes é antigo (TITUS, 1961), entretanto atualmente, os coeficientes de digestibilidade não são encontrados nas tabelas nem nos trabalhos de pesquisas. As tabelas atuais não expressam o conteúdo de nutrientes digestíveis nem seus respectivos coeficientes de digestibilidade.

Este trabalho foi conduzido com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente, total e ileal de diferentes nutrientes de diversos alimentos de origem animal, para aves.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Realizou-se um ensaio biológico no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - MG, no período de 28/11/2001 a 10/02/2002, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas.

A temperatura média, máxima e mínima e a umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão, no interior da sala de metabolismo, durante a fase experimental, registrada às 8 e 17 horas, estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Temperatura média, máxima e mínima e umidade relativa média do ar e seus respectivos desvios-padrão

| Horários | Temperaturas (°C) | | Umidade Relativa (%) |
|----------|-------------------|------------|----------------------|
| | Máxima | Mínima | |
| 8:00 | 28,8 ± 3,1 | 21,8 ± 1,6 | 70,8 ± 6,7 |
| 17:00 | 29,2 ± 3,9 | 23,6 ± 1,7 | 45,0 ± 18,1 |

Foram avaliados 11 alimentos de origem animal, sendo três amostras de farinha de penas (FP 1, 2 e 3), três de farinha de vísceras de aves (FVA 1, 2 e 3), duas de farinha de vísceras suína (FVS 1 e 2), duas de farinha de carne e ossos (FCO 1 e 2) e uma de farinha de penas e vísceras (FPV), provenientes de diferentes fornecedores.

Para determinação dos coeficientes de digestibilidade, foram utilizados 360 pintos de corte machos, da linhagem *Ross*, com 21 dias de idade e peso médio de 586 g. O ensaio consistiu de 11 alimentos e uma ração-referência (Tabela 2). A ração-referência foi calculada segundo as exigências propostas por ROSTAGNO et al. (2000), exceto para proteína bruta. Cada alimento substituiu em 20%, a ração-referência.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 12 tratamentos, três blocos, duas repetições por bloco e cinco aves por unidade experimental. Até o vigésimo primeiro dia de idade, as aves receberam ração inicial para frangos de corte. No 21º dia de idade, foram transferidas para baterias de estrutura metálica, constituídas de compartimentos distribuídos em dois andares. As aves receberam luz natural e/ou artificial durante 24 horas. O ambiente foi climatizado com ventiladores, durante os picos de temperatura ambiental elevada, para maior conforto térmico das aves. Durante 13 dias, as aves receberam água e ração experimental à vontade, sendo sete dias de adaptação e cinco de coleta de excretas, que foram realizadas duas vezes ao dia, às 8 e 17 horas, para evitar fermentação. Para realizar a coleta e evitar perdas, utilizaram-se bandejas cobertas com plástico, colocadas sob cada compartimento das gaiolas.

No 13º dia, todas as aves foram abatidas por meio de deslocamento cervical e imediatamente foi coletada a digesta contida na porção do íleo. Foi considerado íleo, a porção do intestino delgado compreendida entre cinco centímetros após o divertículo de Meckel até cinco centímetros antes da junção do ceco.

As excretas coletadas em toda a fase experimental foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente identificados e armazenadas em freezer até o final do período de coleta. Posteriormente, as excretas foram descongeladas, pesadas, homogeneizadas e retiradas amostras para análises laboratoriais. Juntamente com as digestas, foram realizadas a pré-secagem em estufas ventiladas a 55°C, moídas e armazenadas para futuras análises laboratoriais.

Tabela 2 - Composição da ração-referência, em porcentagem da matéria natural

| Ingredientes | (%) |
|---|---------------|
| Milho | 69,707 |
| Farelo de soja | 24,220 |
| Óleo vegetal | 1,500 |
| Fosfato bicálcico | 1,643 |
| Calcário | 1,020 |
| Sal | 0,390 |
| Suplemento mineral ¹ | 0,060 |
| Suplemento vitamínico ² | 0,130 |
| DL-Metionina (99%) | 0,255 |
| L-lisina.HCl (98%) | 0,298 |
| L-treonina (99%) | 0,040 |
| Cloreto de colina (60%) | 0,060 |
| Anticoccidiano ³ | 0,055 |
| Promotor de crescimento ⁴ | 0,002 |
| Antioxidante ⁵ | 0,020 |
| Óxido crômico (Cr ₂ O ₃) | 0,600 |
| Total | 100,00 |
| Valores calculados | |
| Proteína bruta (%) | 17,05 |
| Energia metabolizável (kcal/kg) | 3.055,00 |
| Metionina digestível (%) | 0,505 |
| Metionina + Cistina digestível (%) | 0,750 |
| Lisina digestível (%) | 1,046 |
| Treonina digestível (%) | 0,608 |
| Triptofano digestível (%) | 0,179 |
| Arginina (%) | 1,015 |
| Cálcio (%) | 0,898 |
| Fósforo disponível (%) | 0,406 |
| Sódio (%) | 0,192 |
| Potássio (%) | 0,655 |

¹ Suplemento mineral contendo: Ferro - 100,0 g; Cobalto - 2,0 g; Cobre - 20,0 g; Manganês - 160,0 g; Zinco - 100,0 g; Iodo - 2,0 g e Excipiente q.s.p. - 500 g;

² Suplemento vitamínico contendo: Vit. A - 10.000.000 U.I.; Vit. D₃ - 2.000.000 U.I.; Vit. E - 30.000 U.I.; Vit. B₁ - 2,0 g; Vit. B₂ - 6,0 g; Vit. B₆ - 4,0 g; Vit. B₁₂ - 0,015 g; Ác. pantotênico - 12,0 g; Biotina - 0,1 g; Vit. K₃ - 3,0 g; Ác. fólico - 1,0 g; Ác. nicotínico - 50,0 g; Selênio - 250,0 mg e Excipiente q.s.p. - 1000 g;

³ Coxistac;

⁴ Virginiamicina 2%;

⁵ Butil hidroxi tolueno 99%.

As análises químicas dos alimentos, das excretas e das digestas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, sendo determinados os valores de matéria seca (MS), de nitrogênio (N), de extrato etéreo (EE), de fibra bruta (FB), de fibra em detergente neutro (FDN), de

fibra em detergente ácido (FDA) e de matéria mineral (MM), segundo as técnicas descritas por SILVA e QUEIROZ (2002).

Para correção dos valores de excreção de proteína bruta, foram determinados o conteúdo de ácido úrico presente nas excretas de acordo com os procedimentos descritos por RODRIGUEIRO (2001).

Os coeficientes de digestibilidade aparente, ileal e total, dos nutrientes foram calculados através do fator de indigestibilidade segundo ROSTAGNO e FEATHERSTON (1977). Para isto foi utilizado o óxido crômico como indicador. Para determinação do conteúdo de óxido crômico nas dietas, digestas e excretas, foi realizada análise no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, seguindo a metodologia descrita por SILVA e QUEIROZ (2002).

Com base nos coeficientes de digestibilidade aparente total e ileal, foi aplicada a análise de variância simples. Os resultados foram submetidos ao teste de comparação de médias Student Newman-Keuls, ao nível de 5% de probabilidade, entre os valores médios dos coeficientes de digestibilidade aparente, ileal e total, por intermédio do Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas - SAEG (Universidade Federal de Viçosa, 1999).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Valores dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total

Nas Tabelas 3 e 4, estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total dos alimentos avaliados. Exceto para o coeficiente de digestibilidade aparente ileal e total da fibra bruta, todos os outros coeficientes foram estatisticamente diferentes a 5% de significância.

A digestibilidade aparente ileal da matéria seca variou de 85,67% para FCO 2 a 90,53% para FVA 3 e para digestibilidade total da matéria seca, esta variou de 84,94% para FCO 1 a 87,91% para FVA 3. Esta alta digestibilidade do conteúdo de matéria seca dos alimentos estudados está diretamente relacionada com o desenvolvimento do aparelho digestivo das aves, que se encontra praticamente todo desenvolvido, a partir do 21º dia de vida. Segundo NIR et al. (1993), o pâncreas e o fígado das aves aumentam em 2 a 4 vezes de peso em relação ao peso corporal, na primeira semana de vida. De acordo com NOY e SKLAN (1997), o aparelho digestivo das aves cresce até o 14º dia de vida e que o maior aumento do volume das vilosidades no duodeno ocorre quando os pintos têm 4 dias de idade e no jejuno e íleo, quando têm 10 dias de idade. A maior profundidade das criptas dos enterócitos no duodeno e no jejuno ocorre quando os pintos têm de 10 a 12 dias e no íleo esta não é afetada pela idade. Esses mesmos autores ainda constataram que o número de enterócitos por vilosidade aumenta

com a idade da ave. Este rápido desenvolvimento do aparelho digestivo em conjunto com a eficiente produção de enzimas digestivas favorece a alta digestibilidade da matéria seca dos alimentos estudados.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente ileal da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, fibra detergente neutro e ácido e matéria mineral, expressos em percentagem de matéria seca

| Alimentos | MS % | PB % | EE % | FB % | FDN % | FDA % | MM % |
|---------------------|---------------------|---------|----------|---------|----------|---------|---------|
| FCO 1 | 88,63c | 84,58b | 92,18bc | 23,92 | 91,35bc | 24,15d | 69,61bc |
| | ± 0,49 ² | ± 2,14 | ± 2,67 | ± 12,01 | ± 1,53 | ± 8,63 | ± 1,75 |
| FCO 2 | 85,67e | 79,41cd | 84,59e | 9,28 | 89,00cd | 8,95e | 56,47de |
| | ± 0,45 | ± 1,14 | ± 2,58 | ± 4,84 | ± 1,14 | ± 1,84 | ± 1,93 |
| FP 1 | 89,58b | 77,02d | 76,98f | 28,02 | 90,66bcd | 48,11b | 66,55c |
| | ± 0,54 | ± 1,85 | ± 5,66 | ± 18,00 | ± 1,54 | ± 8,82 | ± 11,58 |
| FP 2 | 89,58b | 78,02d | 79,23f | 20,83 | 91,28bc | 45,59bc | 85,19a |
| | ± 0,54 | ± 1,75 | ± 4,65 | ± 11,09 | ± 1,36 | ± 9,00 | ± 4,46 |
| FP 3 | 87,49d | 80,27cd | 86,14de | 25,84 | 94,24a | 74,99a | 55,43e |
| | ± 0,32 | ± 0,49 | ± 6,53 | ± 15,06 | ± 1,00 | ± 5,91 | ± 2,19 |
| FVA 1 | 90,23a | 82,33bc | 89,15cde | 28,71 | 87,93de | 29,30d | 51,64e |
| | ± 0,53 | ± 3,62 | ± 4,65 | ± 11,06 | ± 2,23 | ± 7,41 | ± 2,06 |
| FVA 2 | 90,23a | 80,29cd | 90,34bcd | 25,45 | 90,66bcd | 19,95d | 51,49e |
| | ± 0,53 | ± 4,04 | ± 4,14 | ± 11,93 | ± 1,70 | ± 9,37 | ± 2,05 |
| FVA 3 | 90,53a | 90,02a | 99,10a | 29,88 | 93,53ab | 76,40a | 73,85b |
| | ± 0,48 | ± 1,08 | ± 0,57 | ± 12,23 | ± 1,95 | ± 6,47 | ± 3,64 |
| FVS 1 | 89,13bc | 79,71cd | 95,72ab | 25,86 | 86,45e | 38,41c | 45,27f |
| | ± 0,43 | ± 2,58 | ± 1,56 | ± 9,50 | ± 2,71 | ± 3,78 | ± 2,13 |
| FVS 2 | 89,13bc | 81,97bc | 94,99ab | 30,87 | 88,98cd | 10,72e | 43,43f |
| | ± 0,43 | ± 2,30 | ± 1,84 | ± 10,99 | ± 2,21 | ± 5,60 | ± 2,20 |
| FPV | 87,81d | 78,85cd | 95,00ab | 28,83 | 93,45ab | 43,38bc | 59,11d |
| | ± 0,41 | ± 1,06 | ± 1,35 | ± 14,90 | ± 1,73 | ± 9,80 | ± 2,62 |
| CV (%) ¹ | 0,520 | 2,642 | 3,965 | 48,336 | 1,986 | 18,386 | 6,718 |

Médias, na mesma coluna, com diferentes letras diferem entre si (P<0,05) pelo teste de SNK;
¹CV – coeficiente de variação; ²Desvio-padrão.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente total da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, fibra detergente neutro e ácido e matéria mineral, expressos em percentagem de matéria seca

| Alimentos | MS % | PB % | EE % | FB % | FDN % | FDA % | MM % |
|---------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|------------------|
| FCO 1 | 84,94d ± 0,46 ² | 85,26c ± 2,30 | 76,71f ± 1,79 | 33,72 ± 13,54 | 86,74efg ± 1,81 | 32,80c ± 5,10 | 61,88d ± 1,64 |
| FCO 2 | 85,11d ± 0,70 | 84,85c ± 2,68 | 86,72bc ± 3,84 | 26,87 ± 16,53 | 89,11de ± 2,05 | 10,96e ± 8,51 | 58,91d ± 3,07 |
| FP 1 | 88,19a ± 0,53 | 81,24d ± 2,23 | 75,50f ± 4,74 | 32,17 ± 20,98 | 89,53cde ± 1,42 | 53,52b ± 7,72 | 90,36a ± 5,70 |
| FP 2 | 88,19a ± 0,53 | 81,90d ± 2,11 | 77,01ef ± 3,89 | 21,58 ± 13,68 | 90,15cd ± 1,25 | 50,25b ± 7,88 | 93,57a ± 2,20 |
| FP 3 | 87,15b ± 0,60 | 85,27c ± 1,16 | 86,68bcd ± 5,08 | 32,65 ± 19,76 | 95,15a ± 1,30 | 73,70a ± 7,73 | 93,80a ± 2,70 |
| FVA 1 | 87,28b ± 0,53 | 89,92ab ± 2,29 | 81,75de ± 4,11 | 34,49 ± 12,78 | 85,13fg ± 1,30 | 32,18c ± 4,27 | 40,63e ± 5,02 |
| FVA 2 | 87,28b ± 0,53 | 88,79b ± 2,56 | 83,76cd ± 3,66 | 29,80 ± 15,02 | 88,54de ± 0,99 | 22,50d ± 4,88 | 40,56e ± 4,99 |
| FVA 3 | 87,91a ± 0,60 | 92,03a ± 0,84 | 95,48a ± 1,76 | 35,34 ± 25,33 | 91,66bc ± 2,22 | 78,38a ± 6,46 | 68,16c ± 4,57 |
| FVS 1 | 85,89c ± 0,47 | 77,78e ± 2,19 | 78,30ef ± 2,81 | 30,39 ± 18,35 | 84,21g ± 3,16 | 38,49c ± 5,62 | 39,48e ± 3,12 |
| FVS 2 | 85,89c ± 0,47 | 80,27d ± 1,95 | 74,43f ± 3,32 | 35,76 ± 11,53 | 87,16def ± 2,58 | 10,84e ± 8,33 | 37,44e ± 3,22 |
| FPV | 87,99a ± 0,43 | 85,37e ± 1,14 | 90,39b ± 3,49 | 32,27 ± 13,98 | 93,22ab ± 0,69 | 51,64b ± 6,25 | 82,31b ± 3,32 |
| CV (%) ¹ | 0,577 | 2,454 | 4,498 | 54,442 | 2,104 | 15,839 | 5,604 |

Médias, na mesma coluna, com diferentes letras diferem entre si (P<0,05) pelo teste de SNK;

¹CV – coeficiente de variação; ²Desvio-padrão.

Os valores de digestibilidade aparente ileal da proteína bruta foram em média de 81,13%, tendo a FVA 3 apresentado o melhor coeficiente de digestibilidade, com 90,02%. As FCO 1 e 2 apresentaram coeficientes de digestibilidade aparente total para proteína bruta, variando de 84,85 a 85,26%.

Estes valores foram superiores aos sugeridos por JANSSEN (1989) e inferiores aos propostos por TITUS (1961).

Os coeficientes de digestibilidade aparente ileal da proteína bruta das FP 1, 2 e 3 foram em média de 78,44% e os coeficientes de digestibilidade aparente total para as FP 1, 2 e 3 variaram de 81,24 a 85,27%. Para as FVA 1, 2 e 3 e para as FVS 1 e 2, os coeficientes de digestibilidade aparente ileal da proteína bruta foram em média de 84,20 e 80,84%, respectivamente. Para digestibilidade total da proteína bruta, variaram de 77,78 a 92,03, para as FVA e FVS. Segundo JANSSEN (1989), a FP apresenta um coeficiente de digestibilidade total para proteína bruta de 77% e a farinha de vísceras de 72%. Dessa forma, todos os valores encontrados neste trabalho para esses alimentos foram superiores aos citados por este autor. A digestão da proteína bruta pelas aves se inicia antes do nascimento e elas são capazes de absorver aminoácidos através do intestino (PRATT JR e TERNER, 1971). NISTAN et al. (1991) verificaram que os pintos eclodem com uma reserva de enzimas pancreáticas e que estas diminuem com o tempo e que a quimiotripsina e a tripsina têm alcançado níveis máximos, a partir de 10 dias pós-eclosão. TARVID (1992) verificou que no dia de eclosão, as aves já apresentavam pro-carboxipeptidase A e dipeptidases ativas no lúmen intestinal. Segundo AUSTIC (1985), da mesma forma que a α -amilase é estimulada pela presença do amido, as enzimas tripsinas e quimiotripsinas aumentam sua concentração, quando as aves são alimentadas com dietas contendo níveis maiores que os recomendados de proteína. Conseqüentemente, um alto nível de inclusão dos alimentos (20%) na ração-referência proporciona um aumento na digestibilidade da proteína.

Os coeficientes de digestibilidade da proteína bruta das FP 1 e 2 foram os menores valores encontrados em todos os alimentos avaliados. Segundo LEHNINGER (1991), a proteína da pena consiste predominantemente de proteínas estruturais chamadas de queratina, que são resistentes e insolúveis, dificultando sua digestão pelas enzimas digestivas. Dessa forma, existe a necessidade de um tratamento térmico com a finalidade de quebrar as estruturas

de ligação das queratinas. Este processo é chamado hidrólise e, quando bem realizado, proporciona um alimento com uma boa digestibilidade protéica.

A FVS 1 e 2 apresentaram valores menores para a digestibilidade da proteína bruta em relação as FVA 1, 2 e 3 e a FPV. Esses valores podem ter sido influenciados pelo tamanho das partículas destes alimentos, que foram em média 1718 μm . Segundo PENZ JR et al. (1999), o tamanho das partículas pode afetar a digestibilidade dos nutrientes.

A digestibilidade aparente ileal da gordura variou de 76,98% para FP 1 a 99,10% para FVA 3. Com relação aos coeficientes de digestibilidade aparente total da gordura, os alimentos FVA, FP, FVS e FPV apresentaram valores superiores aos descritos por JANSSEN (1989). Esse autor relata que a farinha de vísceras pode ter 80% do conteúdo de gordura digerido e para FP, somente 62% da gordura total pode desaparecer no trato gastrintestinal das aves. A FCO 1 apresentou valores de digestibilidade para gordura menores quando comparados com TITUS (1961) e JANSSEN (1989). Para a FCO 2, o coeficiente de digestibilidade da gordura foi semelhante ao proposto por JANSSEN (1989) e maior que o descrito por TITUS (1961). A digestão e absorção de lipídeos são mais complicadas, pois as aves precisam de sais biliares, da lipase pancreática, da colipase e da proteína ligadora de ácidos graxos. Segundo KATONGOLE e MARCH (1980), a concentração da proteína ligadora de ácidos graxos, que é importante no transporte destes através da membrana dos enterócitos, é baixa após eclosão e aumenta até os animais atingirem 30 dias de idade. O principal fator limitante da digestão da gordura é a secreção de sais biliares, principalmente, pela ineficiência da circulação enterohepática, que é imatura no nascimento e segundo SERAFIN e NESHEIM (1970), os pintos recém-nascidos não conseguem aumentar a secreção desses sais biliares, mesmo quando há demanda. KROGDHAL (1985) observou que o pico de sais biliares pode ser atingido entre 15 e 23 dias de idade. A secreção de lipase, segundo KROGDHAL (1985), é estimulada pela presença de lipídeos na dieta e que esta pode aumentar em até 10 vezes, de 2 aos 56 dias de idade, quando as aves recebem rações com diferentes concentrações de gordura. Dessa forma, a digestibilidade da gordura

presente nos alimentos estudados pode ter sido influenciada pelo desenvolvimento do aparelho digestivo.

A matéria mineral apresentou altos valores de digestibilidade em alguns alimentos e baixos, em outros, variando na digesta de 43,43% para FVS 2 a 85,19% para FP 2 e a digestibilidade aparente total variou de 37,44% para a FVS 2 a 93,80% para FP 3. A baixa digestibilidade da matéria mineral das FVS e de FVA 1 e 2 poderia ser explicada pelo processo de saponificação, que pode ocorrer entre gordura e íons. Segundo LEHNINGER (1991), a presença de gordura e íons de minerais tem a tendência de formar sabões (saponificação), podendo resultar em menor digestibilidade da matéria mineral e ocasionalmente também da gordura.

Os coeficientes de digestibilidade da fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), foram em média de 25,23; 90,68 e 38,18% para digesta e de 31,37; 89,15 e 41,39% para excreta, respectivamente. Esses valores são elevados, principalmente para FDN e FDA, fazendo-se necessária então a realização de novos ensaios biológicos. A presença de FB, FDN e FDA em alimentos de origem animal, pode ser principalmente causada por conteúdos do trato gastrintestinal, dentre outros. O conteúdo de FDN, para todos os alimentos que apresentaram uma alta digestibilidade, tanto ileal quanto total, não foi observada para a FDA, que foi menor para a digestibilidade ileal e apresentou tendência de maior digestibilidade aparente total. De acordo com esses resultados, existe a necessidade de maiores informações, principalmente destes nutrientes.

Segundo ALBINO e SILVA (1996), os produtos de origem animal apresentam variações em sua composição química, principalmente devido ao processamento a que são submetidos e da proporção e qualidade dos resíduos utilizados em sua elaboração. Assim eles podem apresentar diferenças nos coeficientes de digestibilidade e alguns alimentos poderão apresentar coeficientes de digestibilidades diferenciados para cada nutriente em estudo. Outro fator importante que afeta a digestibilidade dos nutrientes, é o tamanho da partícula. Segundo PENZ JR et al. (1999), a eficiência da digestão dos alimentos pode ser

influenciada pela superfície de exposição destes às ações das secreções digestivas, bem como pela taxa de passagem no trato gastrointestinal das aves. Sendo assim, o grau de moagem influencia consideravelmente, os valores de digestibilidade e a disponibilidade dos nutrientes (ZANOTTO et al., 1995), o que conseqüentemente pode ter afetado a digestibilidade da proteína das FVS 1 e 2. Entretanto, para NIR at al. (1995), a degradação das partículas no duodeno proximal é mais lenta quando estas são maiores. As partículas maiores proporcionam um aumento no antiperistaltismo, podendo levar a uma maior utilização dos nutrientes, uma vez que eles permanecem mais tempo em contato com os agentes digestivos. Dessa forma, o tamanho das partículas dos alimentos pode interferir de formas opostas, ou seja beneficiando ou não a digestibilidade dos nutrientes.

De modo geral, todos os desvios-padrão foram relativamente baixos, exceto para fibra bruta, cuja metodologia para determinação do seu conteúdo é uma das análises mais susceptíveis a erros e variações, segundo PENZ JR e KESSLER (1995).

4. RESUMO E CONCLUSÃO

Foi conduzido um experimento com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente, ileal e total, dos nutrientes de 11 alimentos de origem animal, constituídos por duas farinhas de carne e ossos (FCO), três farinhas de penas (FP), três farinhas de vísceras de aves (FVA), duas farinhas de vísceras suínas (FVS) e uma farinha de vísceras e penas (FVP), de diferentes amostras. Foram utilizados 360 pintos machos *Ross*, com 21 dias de idade, em delineamento em blocos ao acaso, com 11 rações-teste e uma ração-referência, três blocos com duas repetições por bloco e cinco aves por unidade experimental. As aves receberam ração e água à vontade por 12 dias, sendo os cinco dias finais destinados à coleta total de excretas, de cada unidade experimental, realizada duas vezes por dia. No 13º dia, todas as aves foram sacrificadas para coleta da digesta na porção do íleo. Após o período de coleta, estas foram homogeneizadas e juntamente com a digesta e os alimentos foram quantificados e determinados os valores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e cromo. Nas excretas, ainda foi determinada a quantidade de ácido úrico para correção dos valores de digestibilidade aparente total da PB. Através dos valores de cromo das rações, digestas e excretas, foram determinados os fatores de indigestibilidade utilizados nos cálculos dos coeficientes de digestibilidade aparente, ileal e total.

Os valores dos coeficientes médios de digestibilidade aparente ileal da MS, PB, EE, MM, FB, FDN e FDA para os 11 alimentos foram de, respectivamente, 88,91; 81,08; 89,40; 59,82; 25,23; 90,68 e 38,18%. Os valores dos coeficientes médios de digestibilidade aparente total da MS, PB, EE, MM, FB, FDN e FDA para os 11 alimentos foram de, respectivamente, 86,89; 84,76; 82,43; 64,28; 31,37; 89,15 e 41,39.

Os valores de coeficientes médios de digestibilidade aparente total, da MS, PB, EE, MM, FB, FDN e FDA para a FCO 1 e 2, foram de 85,02; 85,06; 81,71; 60,39; 30,29; 87,92 e 21,88%, respectivamente. Para FP 1, 2 e 3, foram de 87,85; 82,74; 79,73; 92,57; 28,80; 91,61 e 59,16%, respectivamente. Para FVA 1, 2 e 3, foram de 87,49; 90,19; 87,00; 49,78; 33,21; 88,44 e 44,35%, respectivamente. Para FVS 1 e 2, foram de 85,89; 79,03; 76,37; 38,46; 33,07; 85,69 e 24,67%, respectivamente. Finalmente, para FVP, foram de 87,99; 85,37; 90,39; 82,31; 32,27; 93,22 e 51,64%, respectivamente.

CAPÍTULO 5

ESTIMATIVA DOS VALORES ENERGÉTICOS DE ALGUNS ALIMENTOS

1. INTRODUÇÃO

O conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos é um aspecto bastante relevante na formulação de rações, pois possibilita o fornecimento adequado de energia para as aves (ALBINO et al., 1992). Sabe-se que a energia não é necessariamente um nutriente, mas é a propriedade pela qual os nutrientes produzem energia quando oxidados no metabolismo (NRC, 1994).

O termo energia foi primeiramente utilizado até 1960 como energia produtiva, que de acordo com Fraps citado em TITUS (1961), é a energia líquida, medida pela comparação da energia depositada no corpo da ave na forma de gordura ou proteína, em função de diferentes quantidades de alimento consumido pelas aves em crescimento. Segundo TITUS (1961), a energia metabolizável dos alimentos para aves pode ser estimada através da composição química dos alimentos e da digestibilidade dos nutrientes.

Em estudos preliminares, realizados por HILL e ANDERSON (1958), os valores de energia metabolizável variavam menos do que os valores de energia produtiva. Dessa forma, a energia metabolizável é a melhor medida para expressar a energia disponível dos alimentos para as aves. Segundo ROSTAGNO (1990), a determinação dos valores energéticos dos alimentos depende de ensaios de metabolismo, de uma bomba calorimétrica e de metodologias que nem sempre podem ser executadas nas indústrias de ração, por isto, o desenvolvimento de equações para determinar o conteúdo de energia metabolizável dos alimentos parece ser uma alternativa interessante.

ALBINO e SILVA (1996) relataram que a disponibilidade de equações, que é um método indireto, pode ser na prática, importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de formulações de rações, de tal forma a corrigir os valores energéticos, de acordo com as variações na composição dos alimentos.

Desde 1946, segundo Fraps, citado em TITUS (1961), já se utilizavam equações para determinar os valores energéticos dos alimentos, que eram fundamentadas na composição química e/ou nos coeficientes de digestibilidade da proteína bruta, gordura, extrato não nitrogenado, amido e açúcar solúvel. Essas mesmas equações foram utilizadas em 1989 por JANSSEN na elaboração dos valores energéticos da Tabela Européia de Valores Energéticos de Alimentos para Aves. Para o cálculo da EMA_n , assume-se que a gordura digestível produza 9,28 kcal/g, a proteína digestível, 4,31 kcal/g e a fração do extrativo nitrogenado, 4,14 kcal/g, entretanto, estes valores podem mudar.

Segundo SCHUTTE (1998), estes valores foram determinados com galos adultos, sendo assim, para serem utilizados em frangos de corte, esta equação deve ser corrigida pela digestibilidade da proteína, pois em frangos de corte a proteína digestível fornece 3,72% kcal/g, 15% a menos que o fornecido por uma ave adulta. Neste mesmo raciocínio, MACLEOD (2000) propôs algumas modificações nas fórmulas utilizadas para determinar o conteúdo de energia líquida (EL) dos alimentos. DE GROOTE'S (1975) sugeriu que os valores de EL podem estar associados aos coeficientes de digestibilidade e ao conteúdo de energia metabolizável (EM) do alimento. Assume-se que a EL é a EM do

alimento, corrigidas pelos seus respectivos coeficientes estimados de utilização, que é para proteína bruta de 0,60, para a gordura de 0,90 e de 0,75 para o amido e para o açúcar. Em 1975, DE GROOTES propôs a utilização dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, tendo sido sua proposição negligenciada. Existem diferenças entre a digestibilidade dos alimentos e esse sistema apresentou erro menor que o sistema anterior (MAcLEOD, 2000).

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi estimar os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) e os valores de energia líquida de alguns alimentos através dos coeficientes de digestibilidade aparente total da proteína bruta, da gordura, do extrato nitrogenado, do amido e do açúcar solúvel.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Foi realizado um ensaio biológico no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - MG, no período de 28/11/2001 a 10/02/2002, utilizando-se o método tradicional de coleta total de excretas. A temperatura média e a umidade relativa foram de 25,9°C e 58%, respectivamente.

Foram utilizados 24 alimentos divididos em três grupos: alimentos de origem vegetal energético, alimentos de origem vegetal protéico e alimentos de origem animal. Os alimentos de origem vegetal energético foram compostos por duas amostras de trigo, milho e farelo de trigo e uma amostra de sorgo e farelo de glúten de milho 21%. Os alimentos de origem vegetal foram compostos por duas amostras de farelo de soja, uma amostra de soja integral tostada, farelo de glúten de milho 60% e farelo de algodão 30%. Os alimentos de origem animal foram divididos em três amostras de farinha de penas (FP 1, 2 e 3), três de farinha de vísceras de aves (FVA 1, 2 e 3), duas de farinha de vísceras suína (FVS 1 e 2), duas de farinha de carne e ossos (FCO 1 e 2) e uma de farinha de penas e vísceras (FPV), provenientes de diferentes fornecedores.

Para determinação dos valores de EMA_n e dos coeficientes de digestibilidade aparente total da proteína bruta (PB), da gordura (EE), do amido, do extrato não nitrogenado (ENN) e do açúcar solúvel, foram utilizados 780 pintos de corte, da linhagem *Ross*, com 21 dias de idade e peso médio de 587g.

Os tratamentos foram constituídos por 24 alimentos e duas rações-referência, calculadas segundo as exigências de ROSTAGNO et al. (2000), exceto para PB. Os alimentos energéticos substituíram em 30% a ração-referência com 25% de PB e os alimentos protéicos (vegetal e animal) substituíram em 20% a ração-referência com 17% de proteína bruta.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com 25 tratamentos, três blocos, duas repetições por bloco e com cinco aves por unidade experimental. Até o vigésimo primeiro dia de idade, as aves receberam ração inicial para frangos de corte. No vigésimo primeiro dia de idade, foram transferidas para baterias de estrutura metálica constituídas de compartimentos distribuídos em dois andares. As aves receberam luz natural e/ou artificial, durante 24 horas. O ambiente foi climatizado com ventiladores, durante os picos de temperatura ambiental elevada, para maior conforto térmico das aves. Durante treze dias, as aves receberam água e ração experimental à vontade, sendo sete dias de adaptação e cinco para coleta total de excretas, que foram realizadas duas vezes ao dia, às 8 e 17 horas, para evitar fermentação. Para realizar a coleta e evitar perdas, utilizaram-se bandejas cobertas com plástico, colocadas sob cada compartimento das gaiolas.

As análises químicas dos alimentos e das excretas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa, sendo determinados os valores de matéria seca (MS), de nitrogênio (N), de extrato etéreo (EE), de fibra bruta (FB) e de matéria mineral (MM), segundo as técnicas descritas por SILVA e QUEIROZ (2002). Para determinação de açúcares solúveis, foi utilizada a metodologia descrita por Dubois et al. (1956), citada em HALL (2000). O amido foi determinado no substrato, após extração dos açúcares solúveis com álcool etílico 80% e sua extração foi realizada via ácido perclórico 30% e posterior reação com Reativo de Antrona (SILVA e QUEIROZ, 2002). Para o cálculo do extrato não nitrogenado (ENN), foi utilizada a equação descrita em JANSSEN (1989), onde $ENN = \text{matéria seca} - (\text{proteína bruta} + \text{gordura} + \text{fibra bruta} + \text{matéria mineral})$.

Para correção dos valores de excreção de proteína bruta, foi determinado o conteúdo de ácido úrico presente nas excretas de acordo com os procedimentos descritos por RODRIGUEIRO (2001).

Para determinação dos valores energéticos, foi utilizado o método de coleta total de excretas descrito por SIBBALD e SLINGER (1963) e para determinação dos coeficientes de digestibilidade, foi utilizado o método do indicador com óxido crômico, descrito por ROSTAGNO e FEATHERSTON (1977).

De acordo com a composição química dos alimentos e dos valores de EMA_n dos alimentos e dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, foi possível estimar o conteúdo energético (EMA_n e EL) dos alimentos estudados.

Para estimativa dos valores de EMA_n , foram utilizadas as equações propostas por TITUS (1961), REYNTENS (1972), JANSSEN (1989), SCHUTTE (1998) e MACLEOD (2000).

TITUS (1961) propõe a seguinte equação:

$$EMA_n = 3,84PBd + 9,33EEd + 4,2ENNd;$$

Onde:

PBd = proteína bruta digestível (g/kg);

EEd = gordura digestível (g/kg);

ENNd = extrativo não nitrogenado digestível (g/kg).

REYNTENS (1972) propõe duas equações: uma com base na digestibilidade dos alimentos e outra na sua composição química.

$$EMA_n = 4,26PBd + 9,50EEd + 4,23CHOd;$$

Onde;

PBd = proteína bruta digestível (g/kg);

EEd = gordura digestível (g/kg);

CHOd = amido + açúcar digestíveis (g/kg).

$$EMA_n = 3,52PB + 7,85EE + 4,1\text{amido} + 3,55\text{açúcar solúvel};$$

Onde:

PB, EE, amido e açúcar solúvel estão na composição química (g/kg).

Para JANSSEN (1989) e SCHUTTE (1998), as equações são semelhantes, diferentes na constante que multiplica a proteína bruta digestível, onde SCHUTTE (1998) afirma que frangos de corte em crescimento apresentam menor utilização do conteúdo energético da proteína digestível.

$$EMA_n = 4,31PBd + 9,28EEd + 4,14ENNd \text{ (JANSSEN, 1989)};$$

$$EMA_n = 3,72PBd + 9,28EEd + 4,14ENNd \text{ (SCHUTTE, 1998)}.$$

Na estimativa da EL, foi utilizada a equação proposta por MACLEOD (2000).

$$EL = EM * \frac{\{0,60(4,26PBd) + 0,90(9,52EEd) + 0,75(4,23CHOd)\}}{4,26PBd + 9,52EEd + 4,23CHOd}$$

Onde:

EM = energia metabolizável;

PBd = proteína bruta digestível (g/kg);

EEd = gordura digestível (g/kg);

CHOd = amido e açúcar digestíveis (g/kg).

Os valores de EMA_n determinados no ensaio biológico, os valores de EMA_n estimados através das equações e os valores propostos na literatura (ROSTAGNO et al., 2000 e NRC, 1994) foram comparados entre si e foi encontrada uma equação que melhor se ajustou aos valores determinados e tabelados.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, estão apresentados os valores determinados, estimados e tabelados da energia metabolizável aparente corrigida dos alimentos de origem vegetal. De acordo com os resultados apresentados, a equação que melhor estimou os valores de EMA_n dos alimentos energéticos de origem vegetal, foi a equação proposta REYNTENS (1972), que utiliza o conteúdo de nutrientes digestíveis.

Os valores de EMA_n estimados para o milho variaram de 3.617 a 3.957 kcal/kg de matéria seca. Para o trigo e o farelo de trigo, os valores de EMA_n estimados variaram de 3.080 a 3.789 e 2.615 a 2.921 kcal/kg de MS, respectivamente. Já os valores de EMA_n estimados para os alimentos sorgo e farelo de glúten de milho 21% variaram de 3.304 a 3.898 e 2.092 a 2.968 kcal/kg de MS, respectivamente.

Para os alimentos protéicos de origem vegetal, a equação que melhor estimou os valores de EMA_n foi aquela que utiliza a composição química dos alimentos proposta por REYNTENS (1972).

Para os alimentos farelo de soja e soja integral tostada, os valores de EMA_n , estimados variaram de 2.777 a 3.656 e 3.496 a 4.403 kcal/kg de MS. Já os valores de EMA_n estimados para os alimentos farelo de algodão e o farelo de glúten de milho 60%, variaram, respectivamente, de 1.864 a 2.914 e 3.608 a 4.200 kcal/kg de MS.

Tabela 1 – Valores determinados, estimados e tabelados da energia metabolizável aparente corrigida dos alimentos de origem vegetal, expressos em kcal/kg de matéria seca

| Alimentos | 1 ¹ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|---|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Alimentos de origem vegetal energéticos | | | | | | | | |
| Trigo 1 | 3.210 | 3.784 | 3.112 | 3.793 | 3.723 | 3.025 | 3.506 | 3.333 |
| Trigo 2 | 3.339 | 3.769 | 3.234 | 3.785 | 3.708 | 3.135 | 3.506 | 3.333 |
| Farelo de trigo 1 | 2.019 | 2.822 | 2.441 | 2.841 | 2.777 | 2.613 | 2.140 | 1.461 |
| Farelo de trigo 2 | 1.972 | 2.977 | 2.486 | 3.000 | 2.929 | 2.616 | 2.140 | 1.461 |
| Milho 1 | 3.830 | 4.004 | 3.707 | 3.988 | 3.945 | 3.610 | 3.870 | 3.764 |
| Milho 2 | 3.705 | 3.909 | 3.704 | 3.895 | 3.852 | 3.623 | 3.870 | 3.764 |
| Sorgo | 3.464 | 3.898 | 3.399 | 3.887 | 3.839 | 3.304 | 3.681 | 3.779 |
| F. glúten de milho 21% | 1.901 | 2.908 | 2.092 | 2.968 | 2.856 | 2.156 | 1.958 | 1.944 |
| D ² | -- | 696 | 280 | 727 | 632 | 389 | -- | -- |
| Alimentos de origem vegetal protéicos | | | | | | | | |
| F. glúten de milho 60% | 3.721 | 3.890 | 3.987 | 4.200 | 3.791 | 3.608 | 4.161 | 4.133 |
| Farelo de soja 1 | 2.371 | 3.477 | 3.037 | 3.693 | 3.395 | 2.834 | 2.572 | 2.506 |
| Farelo de soja 2 | 2.147 | 3.411 | 2.960 | 3.619 | 3.331 | 2.720 | 2.572 | 2.506 |
| Soja integral tostada | 3.072 | 4.246 | 3.873 | 4.403 | 4.174 | 3.496 | 3.651 | 3.667 |
| Farelo de algodão 30% | 2.012 | 2.784 | 2.042 | 2.914 | 2.725 | 1.864 | 1.721 | 2.041 |
| D | -- | 542 | 110 | 791 | 463 | 98 | -- | -- |

¹ 1 - valores determinados, 2 – TITUS (1961), 3 - REYNTENS digestível (1972), 4 – JANSSEN (1989), 5 – SCHUTTE (1998), 6 - REYNTENS total (1972), 7 – ROSTAGNO et al. (2000) e 8 - NRC (1994);

² D = média dos quadrados da diferença dividido por 1000.

Ao comparar os valores estimados dos alimentos trigo, milho e sorgo com os valores propostos por ROSTAGNO et al. (2000), observou-se que estes apresentaram uma relação mais aproximada com os valores estimados através das equações propostas por TITUS (1961), JANSSEN (1989) e SCHUTTE (1998), que utilizaram o extrato não nitrogenado no lugar do amido e do açúcar solúvel, na fração dos carboidratos. Entretanto, para os alimentos farelo de trigo e farelo de glúten de milho 21%, a equação que melhor estimou, foi a proposta por REYNTENS (1972), que utiliza os valores de digestibilidade dos nutrientes.

Ao relacionar os valores energéticos estimados para o alimento farelo de trigo com o NRC (1994), observa-se que nenhuma das equações proposta se ajustou de forma coerente aos valores citados nesta literatura. Já para o milho, trigo, farelo de glúten de milho 21% e farelo de algodão 30%, seus valores estimados apresentaram semelhança com os valores determinados neste trabalho, sendo a equação proposta por REYNTENS (1972) a que melhor expressou o valor energético contido nesses alimentos. Para o sorgo, a equação que utiliza ENN é a que melhor se adapta na estimativa do conteúdo energético deste alimento para o NRC (1994).

Os valores de EMA_n do farelo de soja e da soja integral tostada propostos por ROSTAGNO et al. (2000) e pelo NRC (1994) se ajustaram melhor quando estimados com a equação proposta por REYNTENS (1972), que utiliza os valores da composição química dos alimentos.

Na Tabela 2, estão apresentados os valores determinados de energia metabolizável aparente, de energia líquida estimada e a relação entre energia líquida e energia metabolizável.

Os valores de energia líquida expressos em kcal/kg de MS variaram de 2.666 a 2.771 para o trigo, de 3.164 a 3.284 para o milho, de 1.642 a 1.695 para o farelo de trigo e de 1.589 a 1.794 para o farelo de soja.

Para os alimentos sorgo, farelo de glúten de milho 21%, farelo de glúten de milho 60%, soja integral tostada e farelo de algodão, os valores de energia líquida expressos em kcal/kg de MS foram de 2.948, 1.540, 2.653, 2.565 e 1.483, respectivamente.

A relação entre energia líquida e energia metabolizável dos alimentos energéticos variou de 71 a 75%. Segundo REYNTENS (1972), a utilização de 75% da energia metabolizável como líquida seria uma característica normal das aves em crescimento, quando o alimento apresenta uma grande quantidade de carboidratos.

Tabela 2 – Valores de energia metabolizável aparente determinado, de energia líquida estimada e a relação entre energia líquida e energia metabolizável

| Alimentos | EMA _n | EL | EL:EMA _n (%) |
|-------------------------------|------------------|-------|----------------------------|
| Trigo 1 | 3.210 | 2.353 | 73 |
| Trigo 2 | 3.339 | 2.438 | 73 |
| Farelo de trigo 1 | 2.019 | 1.489 | 74 |
| Farelo de trigo 2 | 1.972 | 1.449 | 73 |
| Milho 1 | 3.830 | 2.886 | 75 |
| Milho 2 | 3.705 | 2.785 | 75 |
| Sorgo | 3.464 | 2.582 | 75 |
| Farelo de glúten de milho 21% | 1.901 | 1.341 | 71 |
| Farelo de glúten de milho 60% | 3.721 | 2.409 | 65 |
| Farelo de soja 1 | 2.371 | 1.536 | 65 |
| Farelo de soja 2 | 2.147 | 1.393 | 65 |
| Soja integral tostada | 3.072 | 2.290 | 75 |
| Farelo de algodão 30% | 2.012 | 1.333 | 66 |

Os alimentos de origem vegetal protéico, com exceção da soja integral tostada, apresentaram uma relação entre energia líquida e energia metabolizável variando de 65 a 66%. Esta variação, segundo REYNTENS (1972), é considerada normal, pois quando as aves estão em crescimento, assume-se que a relação entre energia líquida e energia metabolizável de alimentos com alta concentração de proteína pode variar de 60 a 68%. Para a soja integral tostada, a relação foi de 75%, superestimando a relação proposta por REYNTENS (1972).

Na Tabela 3, estão apresentados os valores determinados, estimados e tabelados da energia metabolizável aparente corrigida dos alimentos de origem animal. De acordo com os resultados apresentados, a equação que melhor estimou os valores de EMA_n dos alimentos energéticos de origem vegetal, foi a equação proposta SCHUTTE (1998).

Tabela 3 – Valores determinados, estimados e tabelados da energia metabolizável aparente corrigida dos alimentos de origem animal, expressos em kcal/kg de matéria seca

| Alimentos | 1 ¹ | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|----------------|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| FCO 1 | 1.195 | 2.293 | 2.465 | 2.463 | 2.244 | 2.485 | 2.103 | 2.312 |
| FCO 2 | 1.650 | 2.307 | 2.480 | 2.478 | 2.257 | 2.396 | 2.103 | 2.312 |
| FP 1 | 1.573 | 3.036 | 3.352 | 3.385 | 2.946 | 3.423 | 3.024 | 2.537 |
| FP 2 | 1.924 | 2.863 | 3.158 | 3.188 | 2.779 | 3.199 | 3.024 | 2.537 |
| FP 3 | 2.130 | 3.190 | 3.512 | 3.543 | 3.098 | 3.399 | 3.024 | 2.537 |
| FVA 1 | 2.750 | 3.371 | 3.616 | 3.610 | 3.300 | 3.449 | 3.224 | 3.172 |
| FVA 2 | 2.713 | 3.406 | 3.635 | 3.621 | 3.340 | 3.472 | 3.224 | 3.172 |
| FVA 3 | 3.069 | 3.597 | 3.872 | 3.872 | 3.518 | 3.434 | 3.224 | 3.172 |
| FVS 1 | 1.844 | 2.499 | 2.664 | 2.653 | 2.451 | 2.822 | 2.867 | 3.172 |
| FVS 2 | 1.714 | 2.506 | 2.692 | 2.689 | 2.452 | 2.850 | 2.867 | 3.172 |
| FPV | 2.209 | 3.525 | 3.823 | 3.834 | 3.440 | 3.648 | 3.525 | 3.172 |
| D ² | -- | 189 | 351 | 366 | 166 | 245 | -- | -- |

¹ 1 - valores determinados, 2 – TITUS (1961), 3 - REYNTENS digestível (1972), 4 – JANSSEN (1989), 5 – SCHUTTE (1998), 6 - REYNTENS total (1972), 7 – ROSTAGNO et al. (2000) e 8 - NRC (1994);

² D = média dos quadrados da diferença dividido por 1000.

Os valores médios de EMA_n estimados para a FCO 1 e 2, FP 1, 2 e 3, FVA 1, 2 e 3, FVS 1 e 2 e FPV, em kcal/kg de MS, foram de 2.387, 3.205, 3.541, 2.628 e 3.654, respectivamente.

Para a FCO 1 e 2, observou-se que os valores propostos por ROSTAGNO et al. (2000) e pelo NRC (1994) foram os que mais se aproximaram dos valores estimados. As FP 1, 2 e 3 também apresentaram uma diferença alta quando comparadas com os valores estimados e, de acordo com os resultados obtidos, observou-se que os valores propostos por ROSTAGNO et al. (2000) foram os que mais se assemelharam aos valores estimados.

Os valores determinados de EMA_n para as FVA, FVS e FPV foram de forma geral inferiores aos valores estimados por qualquer uma das equações utilizadas e observou-se que os valores propostos na literatura são os que mais se assemelham aos estimados.

De maneira geral, todos os valores estimados superestimaram os valores determinados no ensaio de metabolismo.

Na Tabela 4 estão apresentados os valores determinados de energia metabolizável aparente, de energia líquida estimada e a relação entre energia líquida e energia metabolizável dos alimentos de origem animal.

Tabela 4 – Valores determinados de energia metabolizável aparente, de energia líquida estimada e a relação entre energia líquida e energia metabolizável dos alimentos de origem animal

| Alimentos | EMA _n | EL | EL:EMA _n (%) |
|-----------|------------------|-------|----------------------------|
| FCO 1 | 1.195 | 846 | 71 |
| FCO 2 | 1.650 | 1.167 | 71 |
| FP 1 | 1.573 | 970 | 62 |
| FP 2 | 1.924 | 1.191 | 62 |
| FP 3 | 2.130 | 1.331 | 63 |
| FVA 1 | 2.750 | 1.965 | 71 |
| FVA 2 | 2.713 | 1.987 | 73 |
| FVA 3 | 3.069 | 2.155 | 70 |
| FVS 1 | 1.844 | 1.357 | 74 |
| FVS 2 | 1.714 | 1.217 | 71 |
| FPV | 2.209 | 1.495 | 68 |

Os valores médios de EL estimados para a FCO 1 e 2, FP 1, 2 e 3, FVA 1, 2 e 3, FVS 1 e 2 e FPV, em kcal/kg de MS, foram de 1.007; 1.164; 2.036; 1.287; e 1.495, respectivamente.

A relação entre energia líquida e energia metabolizável para as FCO 1 e 2 foi de 71%; para as FP 1, 2 e 3 variaram de 62 a 63%; para as FVA 1, 2 e 3 foram em média 71%; para as FVS 1 e 2 foi em média 72,5% e para a FPV foi de 68%. Segundo REYNTENS (1972), quando as aves estão em crescimento, assume-se que a relação entre energia líquida e energia metabolizável para alimentos de alto conteúdo protéico, possam variar de 60 a 68%. Dessa forma, apenas as FP 1, 2 e 3

e a FPV apresentaram uma relação entre energia líquida e energia metabolizável semelhante à descrita na literatura. As demais relações foram superestimadas.

4. RESUMO E CONCLUSÃO

Com o objetivo de estimar os valores de energia metabolizável aparente e de energia líquida através dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes de 24 alimentos constituídos por três amostras de farinha de penas (FP), três de farinha de vísceras de aves (FVA), duas amostras de trigo, duas de milho, duas de farelo de trigo, duas de farelo de soja, duas de farinha de carne e ossos (FCO), duas de farinha de vísceras suína (FVS), uma amostra de farelo de glúten de milho 21%, uma de farelo de glúten de milho 60%, uma de soja integral tostada, uma de sorgo, uma de farelo de algodão 30% e uma de farinha de penas e vísceras (FPV), foram realizados dois ensaios biológicos. Um com a finalidade de se determinar o valor energético dos alimentos através do método de coleta total de excretas e o outro para se determinarem os coeficientes de digestibilidade aparente dos nutrientes proteína bruta, gordura, extrato não nitrogenado, amido e açúcar solúvel através do método do indicador. Com os valores da composição química dos alimentos e dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes, foi calculado o valor de energia metabolizável aparente corrigida (EMA_n). Para calcular o valor de energia líquida (EL), foram utilizados o valor determinado de $EMAn$ e os coeficientes de utilização dos nutrientes digestíveis.

Os valores estimados de EMA_n para os alimentos trigo, milho, farelo de trigo e farelo de soja, expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 3.507, 3.824, 2.750 e 3.248, respectivamente. Para os alimentos sorgo, farelo de glúten

de milho 21%, farelo de glúten de milho 60%, soja integral tostada e farelo de algodão, expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 3.666, 2.595, 3.895, 4.039 e 2.466, respectivamente.

Os valores estimados de EL para os alimentos trigo, milho, farelo de trigo e farelo de soja foram em média de 2.395, 2.836, 1.469 e 1.464 kcal/kg de MS, respectivamente. Para os alimentos sorgo, farelo de glúten de milho 21%, farelo de glúten de milho 60%, soja integral tostada e farelo de algodão, expressos em kcal/kg de MS, foram de 2.582, 1.341, 2.409, 2.290 e 1.333, respectivamente.

Para os alimentos FCO, FP, FVA, FVS e FPV, os valores de EMA_n expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 2.387, 3.205, 3.541, 2.628 e 3.654, respectivamente e os valores de EL, expressos em kcal/kg de MS, foram em média de 1.007, 1.164, 2.036, 1.287 e 1.495, respectivamente.

A relação EL e EM dos alimentos milho, sorgo e soja integral tostada foi de 75%, para o trigo e farelo de trigo foi de 73%, para o farelo de glúten de milho 21% foi de 71% e para o farelo de soja, farelo de glúten de milho 60% e farelo de algodão foi de 65%. Para os alimentos FCO, FP, FVA, FVS e FPV, a relação EL e EM foi de 71, 62, 71, 73 e 68%, respectivamente.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., TAFURI, M.L., FONSECA, J.B. Determinação dos valores de energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos para aves, usando diferentes métodos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.*, v.21, n.6, p.1047-1058, 1992.
- ALBINO, L.F.T., SILVA, M.A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. 1996, Viçosa. *Anais...* Viçosa-MG, 1996, p. 303-318.
- ANFAR. *Matérias-primas para alimentação animal padrão*. ANFAR. 4. ed., 65p. 1985.
- ASKBRANT, S. *The concept of metabolizable energy for poultry*. Swedish University of Agricultural Sciences. Dissertation, 1990, 36p.
- AUSTIC, R.E. Development and adaptation of protein digestion. *J. Nutr.* v.115, p.686-697, 1985.
- BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. 2001, Campinas. *Anais...* Campinas-SP. 2001, p. 167-190.
- BORGSTROM, B. On the interactions between pancreatic lipase and colipase and the substrate, and the importance of bile salts. *J. Lipid. Res.* v.16, p.411-417, 1975.

- BRUGALLI, I. *Efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo e valores energéticos da farinha de carne e ossos e exigência nutricional de fósforo para pintos de corte*. Viçosa, UFV, 1996. 83p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1996.
- BUTOLO, J.E. *Qualidade de ingredientes na alimentação animal*. Campinas-SP, 2002, 430p.
- CHOCT, M., ANNISON, G., TRIMBLE, R. Soluble wheat pentosans exhibit different anti-nutritive activities in intact and cecectomized broiler chickens. *J. Nutr.* v.122, p.2457-2465, 1992.
- COELHO, M.G.R. *Valores energéticos e de triptofano metabolizável de alimentos para aves, utilizando duas metodologias*. Viçosa, UFV, 1983. 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1983.
- DALE, N., FULLER, H.L. Applicability of the metabolizable energy system in practical feed formulation. *Poult. Sci.* v.61, n.2, p.351-356, 1982.
- DAULTLICK, J., STRITTMATTER, C.F. Developmental and hormone-induced changes in chicken intestinal disaccharidases. *Biochem. Biophys. Acta.* v.222, p.444-454, 1970.
- DE GROOTE, G. Net energy systems for chickens. *Proceeding... Nutrition Conference*. Georgia. 1975, p.9-31.
- DONZELE, J.L., SILVA, F.C.O., FERREIRA, A.S., et al. Digestibilidade e metabolizabilidade da energia de rações com diferentes níveis de óleo de soja para suínos. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* v.27, n.5, p.922-927, 1989.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Suínos e Aves (CNPASA) - EMBRAPA-CNPASA. *Tabela de composição química e valores energéticos de alimentos para suínos e aves*. 3º ed. Concórdia-SC, EMBRAPA-CNPASA, 1991, 97p. [Documento 19].
- FARREL, D.J., THOMPSON, E., PREEZ, J.J. The estimation of endogenous excreta and the measurement of metabolizable energy in poultry feedstuffs using four feeding systems, four assay methods and four diets. *Brit. Poult. Sci.* v.32, p.483-499, 1991.
- HALL, M.B. Neutral detergent-soluble carbohydrates nutritional relevance and analysis. A laboratory manual. *University of Florida*, Bulletin 339, 39p, 2000.
- HILL, F.W., ANDERSON, D.L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. *J. Nutrition*, Davis, v.64, n.3, p.587-604, 1958.

- HOLDSWORTH, C.D., WILSON, T.H. Development of active sugar and amino acid transport in the yolk sac and intestine of the chicken. *An. J. Physiol.* v.212, p.233-240, 1967.
- JANSSEN, W.M.A. *European table of energy values for poultry feedstuffs*. 3.ed 84p. 1989.
- KATONGOLE, J.B.D., MARCH, B.E. Fat utilization in relation to intestinal fatty acid binding protein and bile salts in chicks of different ages and different genetic sources. *Poult Sci.* v.59, p.819-827, 1980.
- KESHAVARZ, K. Cuál es la diferencia entre el fósforo total, fósforo fítico, fósforo no fítico y fósforo disponible? *Industria Avícola*. Abril, 2002, p. 20-24.
- KROGDAHL, A. Digestion and absorption of lipids in poultry. *J. Nutr.* v.115, p.675-685, 1985.
- LEESON; S., SUMMERS, J.D. *Scott's Nutrition of the Chicken*. Ed. University Books. 4ª ed. 591p. 2001.
- LEHNINGER, A.L. *Princípios de Bioquímica*. Ed. Sarvier, São Paulo, SP. 725p. 1991.
- LIMA, G.J.M.M. Ingredientes energéticos: trigo e triticales na alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. 2001, Campinas. *Anais...* Campinas-SP. 2001, p. 33-76.
- LIMA, I.L. Níveis nutricionais utilizados nas rações pela indústria avícola. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS. 1996, Viçosa. *Anais...* Viçosa-MG, 1996, p. 389-402.
- LIMA, I.L., SILVA, D.J., ROSTAGNO, H.S., TAFURI, M.L. Composição química e valores energéticos de alguns alimentos determinados com pintos e galos, utilizando duas metodologias. *Rev. Soc. Bras. Zootec.* v.18, n.6, p.546-556, 1989.
- MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W., SINGSEN, E.P. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. *Agric. Exp. Stat. Res. Rep.* v.11, 11p, 1965.
- MACLEOD, M.G. Modelling the utilization of dietary energy and amino acids by poultry. In: FEEDING SYSTEMS AND FEED EVALUATION MODELS. *CAB International*. 2000, p.393-412.

- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, DO ABASTECIMENTO E DA REFORMA AGRÁRIA - MAARA. *Normas e padrões de Nutrição e Alimentação Animal*. Revisão 96. 145p. 1996.
- NASCIMENTO, A.H., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T., et al. Química e valores de energia metabolizável das farinhas de penas e vísceras determinados por diferentes metodologias para aves. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* v.31, n.3, p.1409-1417, 2002 (suplemento).
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Poultry Nutrition. Washington, EUA. *Nutriente Requirements of Poultry*, 9.ed. Washington, National Academy of Sciences, 1994. 155p.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. Committee on Animal Nutrition. Subcommittee on Swine Nutrition. Washington, EUA. *Nutriente Requirements of Swine*, 10.ed. Washington, National Academy of Sciences, 1998. 189p.
- NIR, I., HILLEL, R., PTICHI, I. et al. Effect of particle size on performance. 3. Grinding pelleting interactions. *Poult. Sci.* v.74, p.771-783, 1995.
- NIR, I., NITSAN, Z., MAHAGNA, M. Comparative growth and development of the digestive organs and of some enzymes in broiler and egg type chicks after hatching. *Brit. Poult. Sci.* v.34, p.523-532, 1993.
- NITSAN, Z., DUNNINGTON, E.A., SIEGEL, P.B. Organ growth and digestive enzyme levels to fifteen days of age in lines of chickens differing in body weight. *Poult. Sci.* v.70, p.2040-2048, 1991.
- NOY, Y., SKLAN, D. Posthatch development in poultry. *J. Applied Poultry Research.* v.6, p.344-354, 1997.
- NUNES, R.V., BUTERI, C.B., NUNES, C.G.V., et al. Fatores antinutricionais dos ingredientes destinados à alimentação animal. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL. 2001, Campinas. *Anais...* Campinas-SP. 2001, p. 235-272.
- NUNES, R.V. *Valores energéticos e aminoácidos digestíveis do grão de trigo e de seus subprodutos para aves*. Viçosa, UFV, 2000. 78p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2000.
- PARSONS, C.M., POTTER, L.M., BROWN, J.R. Effects of dietary protein and intestinal microflora and excretion of amino acids in poultry. *Poult. Sci.* v.61, p.639-645, 1982.
- PENZ JR, A.M. O conceito de proteína ideal para monogástricos. In: FARSUL – SENAR. 1996, Porto Alegre. *Anais...* Porto Alegre–RS, 1996, p. 71–85.

- PENZ JR, A.M., KESSLER, A.M., BRUGALLI, I. Novos conceitos de energia para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES. 1999 Campinas. *Anais...* Campinas-SP, 1999, p. 1-24.
- PENZ JR., M., KESSLER, A.M. O que a galinha come? *Revista Aves e Ovos*. p.66-76. 1995.
- PERFIL 2001. Indústria Brasileira de Alimentação Animal. *Informativo*. 2001
- PRATT JR, R.M., TERNER, C. Development of amino acid transport by the small intestine of chick embryo. *Biochem. Biophys. Acta*. v.225, p.113-122, 1971.
- REYNTENS, N. Energy evaluation of feedstuffs. *World. Poult. Sci.* v.28, p.311-317, 1972.
- RODRIGUEIRO, R.J.B. *Exigência nutricional de lisina para poedeiras leves e semipesadas em crescimento*. Viçosa, UFV, 2001. 162. Dissertação (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.
- ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L., GOMES, P.C., FERREIRA, A.S., OLIVEIRA, R.F.M., LOPES, D.C. *Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais*. Viçosa: UFV. 2000. 141p.
- ROSTAGNO, H.S., FEATHERSTON, W.R. Estudos de métodos para determinação de disponibilidade de aminoácidos. *Rev. Soc. Bras. Zoot.* v.6, n.1, p.64-75, 1977.
- ROSTAGNO, H.S., NASCIMENTO, A.H., ALBINO, L.F.T. Aminoácidos totais e digestíveis para aves. In: In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES. Campinas, 1999. *Anais...* Campinas-SP, 1999, p. 65-84.
- ROSTAGNO, H.S. Valores de composição de alimentos e exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27, Piracicaba, 1990. *Anais...* Piracicaba: FEALQ, 1990, p. 11-30.
- SAID, N. Processamento por extrusão de ingredientes e rações. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE FABRICAÇÃO DE RAÇÕES, Curitiba, 1995. *Anais...* Curitiba-PR, 1995. p. 1-15.
- SCHUTTE, J.B. Differences in dietary energy value of feedstuffs between young and adult birds. In: MINI SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, Viçosa, 1998. *Anais...* Viçosa - MG, 1998, p.7-14.
- SCOTT, M.L., NESHEIM, M.C., YOUNG, R.J. *Nutrition of the chicken*. 3.ed. Ithaca, NY, 1982. 562p.

- SERAFIN, J.A., NESHEIM, M.C. Influence of dietary heat-labile factors in soybean meal upon bile acid pool and turnover in the chick. *J. Nutr.* v.100, p.786-796, 1970.
- SGARBIERI, V.C. *Alimentação e nutrição: fator de saúde e desenvolvimento*. Campinas-SP. Ed. Almed, 1987, 387p.
- SIBBALD, I.R., SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. *Poult Sci*, v. 42, n. 1, p. 13-25, 1963.
- SIBBALD, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review. *Can. J. An. Sci.* v.62, n.4, p.983-1048, 1982.
- SILVA, D.J, QUEIROZ, A.C. *Análise de alimentos (métodos químicos e biológicos)*. 1º reimpressão. Viçosa: UFV, Imp. Univ., 2002, 235p.
- TARVID, I. Effect of early postnatal long-term fasting on the development of peptide hydrolysis in chicks. *Comp. Biochem. Physiol.* v.101A, p.161-166, 1992.
- TEIXEIRA, A.S. *Tabelas de composição dos alimentos e exigências Nutricionais*. Alimentos e alimentação dos animais. UFLA/FAEPE. v.2, p.98. 1998.
- TITUS, H.W. *The scientific feeding of chickens*. 4ª edition. Danville, Illionis, 297p. 1961.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA – UFV. *Manual de utilização do programa SAEG (Sistema para Análise Estatísticas e Genéticas)*. Viçosa: Imprensa Universitária, 59p. 1999.
- VIEIRA, S.L. Carboidratos: digestão e absorção. In: *Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte*. Jaboticabal:FUNEP/UNESP. 2002. P. 125-134.
- WOLYNETZ, M.N., SIBBALD, I.R. Relationships between apparent an true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. *Poult. Sci.* v.63, n.7, p.1386-1399, 1984.
- ZANOTTO, D.L., MONTICELLI, C., MAZZUCO, H. Implicações da granulometria de ingredientes de rações sobre a produção de suínos e aves. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO DE SUÍNOS E AVES, 1995, Campinas. *Anais...* Campinas-SP, 1995. p. 111-133.

ZANOTTO, D.L., BELLAVER, C. Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves. *Comunicado Técnico*. EMBRAPA suínos e aves. p.1-5, 1996.

APÊNDICES

APÊNDICE A

Análise granulométrica dos alimentos

Procedimento

1. Secar entre 100 e 200 gramas da amostra em estufa, à temperatura de 105°C, por 24 horas (se a umidade for superior a 13%, recomenda-se maior tempo de secagem);
2. Retirar a amostra da estufa e deixar a temperatura da amostra se equilibrar com o ambiente (aproximadamente por 2 horas);
3. Pesar as peneiras individualmente (Pi 1);
4. Colocar a amostra na peneira superior, tampar e ajustar o reostato do equipamento na posição 8 e realizar o peneiramento por um período de 10 minutos e
5. Pesar individualmente as peneiras e anotar o peso (Pi 2).

Cálculos

$$PR_i = (P_i 2 - P_i 1);$$

$$\%R = \frac{(PR_i \times 100)}{P}$$

em que:

Pri = peso retido na peneira i;

Pi2 = peso da peneira i, mais a fração retida;

Pi1 = peso da peneira i;

%R = porcentagem retida em cada peneira e

P = peso da amostra.

A % R é multiplicada por fatores convencionados e constantes que decrescem de 6 a 0, com o decréscimo dos furos das peneiras, conforme exemplo:

| Peneiras | | Peso retido (PRi), g | Retido (% R) | Fator K _i | Produto K _i % R |
|-----------|------------|-------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------------|
| ABNT (N°) | Furos (mm) | | | | |
| 5 | 4 | 5 | 2,5 | 6 | 15,0 |
| 10 | 2 | 19 | 9,5 | 5 | 47,5 |
| 16 | 1,2 | 40 | 20,0 | 4 | 80,0 |
| 30 | 0,6 | 76 | 38,0 | 3 | 114,0 |
| 50 | 0,3 | 37 | 18,5 | 2 | 37,0 |
| 100 | 0,15 | 23 | 11,5 | 1 | 11,5 |
| Fundo | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | | 200 | 100 | | 305,0 |

Para determinar IU, somam-se os valores de %R das peneiras grossas (2,5 + 9,5)/10 = 1,2; médias (20 + 38)/10 = 5,8; e finas (18,5 + 11,5 + 0)/10 = 3,0. Estes valores correspondem a 12, 58 e 30% de partículas grossas, médias e finas, respectivamente.

MF é dado pelo cálculo do produto total obtido (305) dividido pelo total retido (100). $MF = 305,0/100 = 3,05$.

Assim:

$$DGM = 104,14 * (2)^{MF}$$

$$DGM = 104,14 * (2)^{3,05} = 862 \mu\text{m}.$$

Para análise da DGM, foram utilizadas as peneiras 6, 10, 16, 30, 60 e 140, com malhas de 3,36; 2,00; 1,20; 0,60; 0,25; e 0,105 mm, em substituição às peneiras citadas por ZANOTTO e BELLAVER (1996).

APÊNDICE B

Equações para calcular os valores de energia metabolizável

Equações propostas por MATTERSON et al. (1965) para cálculo dos valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida (EMA_n), verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMV_n).

As equações utilizadas no cálculo da EMA e EMA_n das rações-teste e dos alimentos foram:

$$EMA_{RT} = \frac{EBing. - EBexc.}{MSing.}$$

$$EMA_{ALIM} = EMA_{RR} + \frac{EMA_{RT} - EMA_{RR}}{g/g \text{ substituição}}$$

$$EMA_{nRT} = \frac{EBing. - EBexc. - 8,22 * BN}{MSing.}$$

$$EMA_{nALIM} = EMA_{nRR} + \frac{EMA_{nRT} - EMA_{nRR}}{g/g \text{ substituição}}$$

As equações utilizadas no cálculo da EMV e EMV_n das rações-teste e dos alimentos foram:

$$EMV_{RT} = \frac{EBing. - (EBexc. - EBend.)}{MSing.}$$

$$EMV_{ALIM} = EMV_{RR} + \frac{EMV_{RT} - EMV_{RR}}{g/g \text{ substituição}}$$

$$EMV_{nRT} = \frac{EBing. - (EBexc. - EBend.) - 8,22 * BN}{MSing.}$$

$$EMV_{nALIM} = EMV_{nRR} + \frac{EMV_{nRT} - EMV_{nRR}}{g/g \text{ substituição}}$$

em que:

EMA_{RT} = energia metabolizável aparente da ração-teste;

EMA_{ALIM} = energia metabolizável aparente do alimento;

EMA_{RR} = energia metabolizável aparente da ração-referência;

EMA_n = energia metabolizável aparente corrigida;

EMV_{RT} = energia metabolizável verdadeira da ração-teste;

EMV_{ALIM} = energia metabolizável verdadeira do alimento;

EMV_{RR} = energia metabolizável verdadeira da ração-referência;

EMV_n = energia metabolizável verdadeira corrigida;

$EB_{end.}$ = energia bruta endógena;

$EB_{ing.}$ = energia bruta ingerida;

$EB_{exc.}$ = energia bruta excretada;

MS_{ing} = matéria seca ingerida; e

BN = balanço de nitrogênio.

APÊNDICE C

Equações para calcular os coeficientes de digestibilidade aparente

Equações propostas por ROSTAGNO e FEATHERSTON (1977) para cálculo dos coeficientes de digestibilidade aparente ileal e total dos nutrientes.

1 – Fator de indigestibilidade ileal (FI_1)

$$FI_1 = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ digesta}}$$

2 – Coeficiente de digestibilidade aparente ileal de nutriente ($CD_{ap}NUT$)

$$CD_{ap}NUT = \frac{\text{mg NUT/g dieta} - \text{mg NUT / g } D_1 \times FI_1 \times 100}{\text{mg NUT / g dieta}}$$

Em que;

D_1 = digesta dos animais que receberam a dieta basal.

3 – Fator de indigestibilidade total (FI_1)

$$FI_1 = \frac{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ dieta}}{\text{Cr}_2\text{O}_3 \text{ excreta}}$$

4 – Coeficiente de digestibilidade aparente total de nutriente ($CD_{ap}NUT$)

$$CD_{ap}NUT = \frac{\text{mg NUT/g dieta} - \text{mg NUT / g } D_1 \times FI_1 \times 100}{\text{mg NUT / g dieta}}$$

Em que;

D_1 = excreta dos animais que receberam a dieta basal.