

RENATA MARA DE SOUZA

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE 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  
2009

RENATA MARA DE SOUZA

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE 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: 13 de março de 2009.

---

Prof. Horacio Santiago Rostagno  
(Coorientador)

---

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino  
(Coorientador)

---

Prof. Paulo Borges Rodrigues

---

Prof. Rogério Pinto

---

Prof. Paulo Cezar Gomes  
(Orientador)

*A Deus e à Nossa Senhora, fontes inesgotáveis de graça e sabedoria*

*À minha mãe Tarcísia, pela dedicação*

*À Tia Bela (in memoriam), pelo exemplo*

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

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

Ao Professor Paulo Cezar Gomes, pela confiança, pelos ensinamentos e pelo exemplo profissional.

Aos Professores Horacio Santiago Rostagno e Luiz Fernando Teixeira Albino pelas sugestões e apoio na realização deste trabalho.

Ao Professor George Kling de Moraes pelo apoio na realização das análises de ácido úrico.

Aos professores Renato Ribeiro de Lima e Paulo Borges Rodrigues da Universidade Federal de Lavras, pelas sugestões e apoio no processamento dos dados.

Aos funcionários do Setor de Avicultura da UFV, em especial ao Joselino, Elísio, Mauro e Adriano pela amizade e colaboração.

Aos funcionários do Laboratório de Nutrição Animal da UFV, pelo apoio na realização das análises laboratoriais.

À funcionária Tina, do Laboratório de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras, pelo auxílio na realização das análises de amido.

Aos meus pais Tarcísia e Mizaél pela dedicação e ricos ensinamentos.

Aos meus irmãos Regina, Renato, Rui e Ricardo pela amizade e apoio em todos os momentos da minha vida.

Ao meu irmão Raimundo pela presença segura e incentivadora.

Aos meus sobrinhos Narjara, Érica, Débora, Ana Luíza, Cecília, Laura, Pedro, Lígia, Júlia e Luiz Felipe, motivação maior da minha vida.

Ao André, pelo carinho, paciência e colaboração nos meus projetos e ideais.

Aos amigos Tatiana, Heloisa, Gladstone, Arele, Rodrigo, Cleverson, Marcelle, Roque, Verônica e Reinaldo, pela colaboração na condução dos experimentos, análises laboratoriais e pela amizade.

Aos amigos Maurício, Sandra, Regina, Elayna, Carla, Fábio, Fellipe, Rafael, Eliane, Harvey, Thiago, Rafaela, Cynthia, Maria José, Alessandra e Antonieta pelo apoio e amizade.

Aos demais colegas da Pós-Graduação pelo convívio e amizade.

## **BIOGRAFIA**

RENATA MARA DE SOUZA, filha de Tarcísia Taciana de Souza e Mizael Ciriaco de Souza, nasceu em Belo Horizonte- MG, em 04 de dezembro de 1979.

Em abril de 1999, ingressou no curso de Graduação em Zootecnia na Universidade Federal de Viçosa, colando grau em janeiro de 2004.

Em fevereiro de 2004, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Lavras, submetendo-se a defesa da dissertação em agosto de 2005.

Em agosto de 2005, ingressou no Curso de Doutorado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se à defesa de tese em março de 2009.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	viii
ABSTRACT .....	xi
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Valores energéticos dos alimentos .....	3
2.2 Fatores que alteram a energia metabolizável dos alimentos .....	6
2.2.1 Composição química .....	6
2.2.2 Idade das aves .....	6
2.2.3 Processamento dos ingredientes.....	8
2.2.4 Métodos de determinação da Energia metabolizável.....	9
2.2.5 Balanço de nitrogênio .....	10
2.2.6 Presença de fatores antinutricionais .....	11
2.2.7 Níveis de minerais e vitaminas .....	12
2.2.9 Sexo, peso corporal e linhagem das aves.....	13
2.3 Equações de predição da energia metabolizável.....	14
2.4 Meta-análise .....	17
2.4.1 Modelagem da Variabilidade .....	18
2.4.2 Modelo de Regressão para meta-análise.....	19
2.4.3 Estrutura entre as variáveis e obtenção das equações de predição.....	21
2.4.4 Ponderação .....	21
2.4.5 Principais complicações da meta análise .....	22
CAPÍTULO 1._DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE ALGUNS ALIMENTOS PARA AVES .....	24
1. INTRODUÇÃO .....	24
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	26
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
3.1 Coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos.....	33
3.2 Equações de predição da energia metabolizável aparente corrigida através da composição química dos alimentos e digestibilidade de alguns nutrientes .....	40
4. CONCLUSÕES .....	55
CAPÍTULO 2._DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE ALGUNS ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL PARA AVES .....	57
1. INTRODUÇÃO .....	57
2.MATERIAL E MÉTODOS .....	59
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	65
3.1 Coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos.....	65

3.2 Equações de predição da energia metabolizável aparente corrigida.....	71
4. CONCLUSÕES .....	82
CAPÍTULO 3. PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS UTILIZANDO O PRINCÍPIO DA META- ANÁLISE.....	83
1 . INTRODUÇÃO .....	83
2. MATERIAL E MÉTODOS .....	85
2.1 Informações para obtenção das equações de predição através da meta-análise .....	85
2.2 Critérios utilizados na organização das informações e formação de grupos ...	86
2.3 Codificações dos dados para formação dos grupos e ponderação .....	87
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	89
3.1 Alimentos energéticos.....	89
3.2 Alimentos protéicos de origem vegetal.....	93
3.3 Alimentos proteicos de origem animal .....	97
4. CONCLUSÕES .....	100
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
APÊNDICE.....	117

## RESUMO

SOUZA, Renata Mara de, D.Sc, Universidade Federal de Viçosa, março de 2009.  
**Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves.**  
Orientador: Paulo Cezar Gomes. Coorientadores: Horacio Santiago Rostagno e Luiz Fernando Teixeira Albino.

Foram realizados dois experimentos a campo no Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa (UFV) com o objetivo de determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo e do extrato não nitrogenado de vinte alimentos utilizando frangos de corte em diferentes idades e galos adultos. A partir dos dados de digestibilidade dos nutrientes, da composição química dos alimentos e dos dados de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn), compilados de dissertações produzidas na UFV com os mesmos alimentos avaliados, foram obtidas equações para predizer os valores energéticos dos alimentos. Cada experimento foi composto por quatro ensaios com frangos de corte aos 10-17, aos 26-33 e aos 40-47 dias de idade e galos adultos. No primeiro experimento foram testados os alimentos milho, farelo de soja, sorgo, farelo de trigo, farelo de arroz, farinha de vísceras 1 e 2, farinha de penas 1 e 2 e plasma sanguíneo. No segundo experimento, foram testados os alimentos farelo de soja 45%, farelo de soja 48%, soja integral extrusada, soja integral desativada, soja integral micronizada, farinha de soja desativada, concentrado protéico de soja, farelo de glúten de milho 21%, gérmen de milho e quirera de arroz. Foi utilizado o método de coleta total de excretas, com frangos de corte machos nas idades de 10-17, 26-33, 40-47 dias e galos adultos, distribuídos num delineamento inteiramente casualizado, com dez

tratamentos, seis repetições e oito, seis e quatro aves por unidade experimental, respectivamente. Foram observadas diferenças nos coeficientes de digestibilidade em ambos os experimentos, havendo comportamentos distintos em relação à idade das aves para cada alimento e nutriente avaliado. No primeiro experimento, as melhores equações para estimar os valores energéticos dos alimentos de origem vegetal a partir da composição química para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 e galos foram, respectivamente:  $EMAn = -8755,28 + 164,26 PB - 321,47 FB + 47,37 FDN + 151,76 EE$  ( $R^2 = 99\%$ );  $EMAn = -5192,32 + 113,20 PB - 157,34 FB + 81,00 EE + 282,36 MM + 85,69 \text{ amido}$  ( $R^2 = 96\%$ );  $EMAn = 5351,92 - 35,40 PB - 234,63 FB - 143,71 FDA - 138,03 EE + 321,33 MM$  ( $R^2 = 99\%$ ) e  $EMAn = 2488,81 - 230,13 FB + 191,93 MM + 19,17 \text{ amido}$  ( $R^2 = 98\%$ ). Para os alimentos de origem animal as melhores equações para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias com frangos e com galos foram respectivamente:  $EMAn = 11053,3 - 69,93 PB - 41,99 EE - 255,80 MM$  ( $R^2=94\%$ );  $EMAn = -7184,50 + 112,91 PB + 113,33 EE + 118,90 MM$  ( $R^2 = 63\%$ );  $4600,32 - 15,32 PB + 27,13 EE$  ( $R^2 = 81\%$ ) e  $EMAn = 3064,16 + 62,81 EE$  ( $R^2 = 84\%$ ). As melhores equações determinadas a partir dos nutrientes digestíveis para os alimentos de origem vegetal para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias com frangos e com galos foram, respectivamente:  $EMAn = 663,75 + 4,43 PBD - 106,99 EED + 39,10 ENND$  ( $R^2 = 67\%$ );  $EMAn = -14495,90 + 510,87 PBD + 458,69 EED + 162,88 ENND$  ( $R^2 = 58\%$ );  $EMAn = 6230,63 + 270,89 PBD + 165,37 EED + 90,44 ENND$  ( $R^2 = 94\%$ ) e  $EMAn = -5117,63 + 27,74 PBD + 194,03 EED + 83,28 ENND$  ( $R^2 = 93\%$ ). Para os alimentos de origem animal, nenhuma variável foi significativa nas equações determinadas a partir dos nutrientes digestíveis para as fases de 26-33 e 40-47 dias dos frangos e para os galos. A melhor equação determinada para a fase de 10-17 dias dos frangos foi:  $EMAn = 91,65 + 65,41 PBD + 133,89 EED$  ( $R^2 = 96\%$ ). No segundo experimento, as melhores equações para estimar a EMAn para as fases de 10-17; 26-33; 40-47 e para os galos foram as seguintes, respectivamente:  $EMAn = 3836,04 - 9,35 PB - 29,21 FDA + 52,30 EE - 62,49 \text{ amido}$  ( $R^2 = 99\%$ );  $EMAn = 3199,76 - 19,53 FDA + 53,88 EE - 56,12 \text{ amido}$  ( $R^2 = 98\%$ );  $EMAn = 3266,74 - 29,31 FDA + 60,90 EE - 45,63 \text{ amido}$  ( $R^2 = 95\%$ ) e  $EMAn = 2553,39 - 39,94 FB - 18,41 FDA + 20,80 FDN + 69,09 EE$  ( $R^2 = 98\%$ ). As melhores equações estimadas a partir dos nutrientes digestíveis para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias de idade dos frangos e para os galos foram, respectivamente:  $EMAn = 2395,52 + 72,07 EED$  ( $R^2 = 94\%$ );  $EMAn = 1331,16 + 36,52 PBD + 85,29 EED$  ( $R^2 = 92\%$ );  $EMAn =$

$377,16 + 55,23 \text{ PBD} + 97,69 \text{ EED} + 17,51 \text{ ENND}$  ( $R^2 = 95\%$ ) e  $\text{EMAn} = 2048,18 + 20,32 \text{ PBD} + 78,43 \text{ EED}$  ( $R^2 = 98\%$ ). Um trabalho foi realizado com o objetivo de obter equações para estimar os valores de energia metabolizável de alguns alimentos utilizados em rações de frangos de corte utilizando-se o princípio da meta-análise, agrupando e ajustando os dados coletados a partir da análise de dissertações e teses desenvolvidas na UFV. Os dados foram devidamente catalogados e agrupados em energéticos, proteicos, proteicos de origem vegetal e proteicos de origem animal e dentro desses grupos classificados de acordo com a composição química novamente em completos e incompletos. Foram obtidas equações de predição dos valores de EMAn usando as informações de composição química dos alimentos. As equações que melhor se ajustaram para estimar a EMAn dos alimentos energéticos completos e incompletos foram, respectivamente  $\text{EMAn} = 4393,93 - 40,78 \text{ PB} - 112,23 \text{ FDA}$  ( $R^2 = 84,37\%$ ) e  $\text{EMAn} = 3960,34 + 30,83 \text{ EE} - 193,10 \text{ FB}$  ( $R^2 = 77,24\%$ ). Para os alimentos protéicos de origem vegetal completos, a equação que teve o melhor ajuste foi  $\text{EMAn} = 2780,64 + 60,70 \text{ EE} - 15,35 \text{ FDN} - 19,86 \text{ FDA}$  ( $R^2 = 86,58\%$ ). Para os alimentos protéicos incompletos a melhor equação foi  $\text{EMAn} = 3034,13 + 53,00 \text{ EE} - 85,66 \text{ MM} - 36,41 \text{ FB}$  ( $R^2 = 78,20\%$ ). A equação que teve melhor ajuste na determinação da EMAn dos alimentos protéicos de origem animal foi a  $\text{EMAn} = 8034,50 + 38,71 \text{ EE} - 52,46 \text{ PB} - 104,14 \text{ MM}$  ( $R^2 = 63\%$ ).

## ABSTRACT

SOUZA, Renata Mara de, D.Sc, Universidade Federal de Viçosa, March of 2009.  
**Prediction equations of energetic values of feedstuffs for poultry.** Adviser:  
Paulo Cezar Gomes. Co-Advisers: Horacio Santiago Rostagno and Luiz Fernando  
Teixeira Albino.

Two experiments were carried out in the field in the Animal Science Department of the Universidade Federal de Viçosa (UFV), MG, Brazil with the objective of determine the apparent digestibility coefficients of the dry matter, of the crude protein, of the ethereal extract and of the nitrogen free extract of twenty foods for broilers chickens of different ages and adult cockerels. From the data of digestibility of nutrients, the chemical composition of foods and data corrected apparent metabolizable energy (AMEn), compiled of dissertations produced in the UFV evaluated with the same food, were obtained equations to predict the energy values of foods. Each experiment was composed by four assays with broilers chickens to 10-17, 26-33 and 40-47 days of age and adult cockerels. In the first experiment there were tested the feedstuffs corn, soybean meal, sorghum, wheat bran, rice meal, viscera meals 1 and 2, feathers meals 1 and 2 and blood plasma. In the second experiment, they were tested the feedstuffs soybean meal 45%, soybean meal 48%, extruded full-fat soybean, deactivated full-fat soybean, micronized full-fat soybean, deactivated soybean meal, soybean protein concentrate, corn gluten meal 21%, corn germ and rice broken. The coefficients of digestibility were used the method of total collection of excreted ones for determination. The method of total excreta collection was used, with male broiler chickens in the ages of 10-17, 26-33, 40-47 days and roosters were distributed in a randomized design with ten treatments

and six replicates and eight, six and four birds per experimental unit, respectively. There were differences in digestibility coefficients in both experiments, with different behaviors in the age of birds for each food and nutrients. For the first experiment, the best equations to appreciate the AMEn of the feedstuffs of vegetable origin based on the chemical composition were  $AMEn = -8755,28 + 164,26 CP - 321,47 CF + 47,37 NDF + 151,76 EE$  ( $R^2 = 99\%$ );  $AMEn = -5192,32 + 113,20 CP - 157,34 CF + 81,00 EE + 282,36 ash + 85,69 starch$  ( $R^2 = 96\%$ );  $AMEn = 5351,92 - 35,40 CP - 234,63 CF - 143,71 ADF - 138,03 EE + 321,33 ash$  ( $R^2 = 99\%$ ) and  $AMEn = 2488,81 - 230,13 CF + 191,93 ash + 19,17 starch$  ( $R^2 = 98\%$ ). For the feedstuffs of animal origin, the best equations determined from the chemical composition were:  $AMEn = 11053,3 - 69,93 CP - 41,99 EE - 255,80 ash$  ( $R^2=94\%$ );  $AMEn = -7184,50 + 112,91 CP + 113,33 EE + 118,90 ash$  ( $R^2 = 63\%$ );  $4600,32 - 15,32 CP + 27,13 EE$  ( $R^2 = 81\%$ ) and  $AMEn = 3064,16 + 62,81 EE$  ( $R^2 = 84\%$ ). The best equations determined from digestible nutrients to foods of vegetable origin for the stages of 10-17, 26-33, 40-47 days with chickens and roosters were respectively:  $AMEn = 663,75 + 4,43 CPD - 106,99 EED + 39,10 ENND$  ( $R^2 = 67\%$ );  $EMAn = -14495,90 + 510,87 CPD + 458,69 EED + 162,88 NFED$  ( $R^2 = 58\%$ );  $AMEn = 6230,63 + 270,89 CPD + 165,37 EED + 90,44 NFED$  ( $R^2 = 94\%$ ) and  $AMEn = -5117,63 + 27,74 CPD + 194,03 EED + 83,28 NFED$  ( $R^2 = 93\%$ ). For food of animal origin, no variable was significant in some equations from the digestible nutrients for the stages of 26-33 and 40-47 days for the chickens and roosters. The best equation determined from digestibility coefficients for the phase of the 10-17 days was:  $AMEn = 91,65 + 65,41CPD + 133,89 EED$  ( $R^2 = 96\%$ ). In the second experiment, the best equations to appreciate the AMEn for the phases of the 10-17, 26-33, 40-47 and roosters, respectively were:  $AMEn = 3836,04 - 9,35 CP - 29,21 ADF + 52,30 EE - 62,49 starch$  ( $R^2 = 99\%$ );  $AMEn = 3199,76 - 19,53 ADF + 53,88 EE - 56,12 starch$  ( $R^2 = 98\%$ );  $AMEn = 3266,74 - 29,31 ADF + 60,90 EE - 45,63 starch$  ( $R^2 = 95\%$ ) and  $AMEn = 2553,39 - 39,94 CF - 18,41 ADF + 20,80 NDF + 69,09 EE$  ( $R^2 = 98\%$ ). The best equations estimated from digestible nutrients for the stages of 10-17, 26-33, 40-47 days of age of chickens and the roosters were, respectively:  $AMEn = 2395,52 + 72,07 EED$  ( $R^2 = 94\%$ );  $AMEn = 1331,16 + 36,52 CPD + 85,29 EED$  ( $R^2 = 92\%$ );  $AMEn = 377,16 + 55,23 CPD + 97,69 EED + 17,51 NFED$  ( $R^2 = 95\%$ ) and  $AMEn = 2048,18 + 20,32 CPD + 78,43 EED$  ( $R^2 = 98\%$ ). A work was carried with the objective of determine equations to appreciate the values

of metabolizable energy of some feedstuffs used in rations of broilers chickens, applying the meta-analysis principle, grouping and adjusting the data collected from studies realized in UFV in the last years. The data were catalogued and classified in energetic, proteins, proteins of vegetable origin and proteins of animal origin, completes and incompletes. The equations which best fitted to the completes and incompletes energetic feedstuffs were, respectively  $AMEn = 4393,93 - 40,78 CP - 112,23 ADF$  ( $R^2 = 84,37\%$ ) and  $AMEn = 3960,34 + 30,83 EE - 193,10 CF$  ( $R^2 = 77,24\%$ ). For the proteins completes foods of vegetable origin, the equation that had the best agreement was  $AMEn = 2780,64 + 60,70 EE - 15,35 NDF - 19,86 ADF$  ( $R^2 = 86,58\%$ ). For the proteins incomplete foods the best equation was  $AMEn = 3034,13 + 53,00 EE - 85,66 Ash - 36,41 CF$  ( $R^2 = 78,20\%$ ). The equation that had the best agreement for the proteins feedstuffs of animal origin was  $AMEn = 8034,50 + 38,71 EE - 52,46 CP - 104,14 Ash$  ( $R^2 = 63\%$ ).

## **1. INTRODUÇÃO**

A avicultura brasileira assumiu posição de destaque no setor agrícola brasileiro, destacando-se como uma das mais importantes e rentáveis atividades do setor. O país é o terceiro maior produtor mundial de carne de frango e ocupa atualmente a primeira posição no ranking das exportações mundiais. As exportações brasileiras de carne de frango alcançaram 3,6 milhões de toneladas em 2008, valor 11 % superior ao ano anterior e o aumento previsto para 2009 é de 5%, segundo a União Brasileira de Avicultura (UBA, 2009). A melhoria na nutrição, tecnologia, manejo, melhoramento genético, ambiência e condições sanitárias têm permitido o desenvolvimento constante da atividade avícola. Portanto, a formulação de rações economicamente viáveis e eficientes, atendendo as exigências nutricionais dos animais é de fundamental importância para que as aves expressem seu potencial produtivo.

Na avicultura, a disponibilidade dos ingredientes tem importância estratégica e representa uma significativa proporção nos custos de produção. Além disso, a alta variação no valor nutricional dos alimentos devido a diferentes tipos de solo, condições de plantio, variabilidade genética dos cultivares, formas de armazenamento e processamento torna importante a determinação do valor nutricional dos mesmos, permitindo a formulação de rações que atendam corretamente a necessidade dos animais.

Desse modo, vários trabalhos têm sido desenvolvidos com o objetivo de atualizar e tornar precisos os valores nutricionais dos alimentos comumente utilizados nas rações das aves e também conhecer o valor nutricional de novos

alimentos, atualizando as tabelas existentes e tornando-as completas e com valores precisos.

Para se obter sucesso na formulação de rações para aves, outro aspecto importante é o conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos, o que possibilita um fornecimento adequado de energia para as aves. A importância das equações de predição para estimar o valor energético dos alimentos está na facilidade de determinação da energia metabolizável através de equações geradas a partir de análises químicas simples, eliminando a necessidade da realização de ensaios biológicos dispendiosos e muitas vezes demorados.

Há algum tempo, a meta-análise, definida por GLASS (1976) como a “análise das análises” ou a “análise estatística de uma grande coleção de resultados de análises de estudos individuais com o propósito de completar as descobertas”, tem sido adotada nas áreas de ciências humanas e médicas, e recentemente em agronomia e zootecnia. Alguns trabalhos envolvendo a meta análise vêm sendo realizados com o objetivo de coletar informações de dados provenientes de diferentes condições comparando resultados de estudos distintos, porém relacionados.

Apesar das críticas e problemas enfrentados pela meta- análise, sua aplicação tem aumentado no campo da zootecnia, sendo um procedimento estatístico gradativamente aceito pela comunidade científica. Recentemente foi utilizado com o objetivo de se obter equações de predição dos valores em energéticos de alguns alimentos para aves, através do ajuste das equações a partir dos dados de composição química dos alimentos encontrados na literatura e devidamente agrupados.

Objetivou-se com este trabalho: determinar os coeficientes de digestibilidade de alguns nutrientes (proteína bruta, extrato etéreo, matéria mineral e extrato não nitrogenado) de vinte alimentos, sendo quinze de origem vegetal e cinco de origem animal, para frangos de corte de diferentes idades (10-17; 26-33 e 40-47 dias) e galos adultos (25 semanas de idade), e a partir dos dados de digestibilidade dos nutrientes e da composição química dos alimentos avaliados, obter equações para predizer os valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) destes alimentos. Utilizar o princípio da meta-análise para predizer os valores de energia metabolizável de alguns alimentos através da revisão de estudos produzidos na Universidade Federal de Viçosa nos últimos anos.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Valores energéticos dos alimentos**

A energia é um dos fatores limitantes do consumo, sendo utilizada nos mais diferentes processos, que envolvem desde a manutenção das aves até o máximo potencial produtivo. De acordo com o NRC (1994), a energia não é propriamente um nutriente, mas sim uma propriedade através da qual os nutrientes produzem energia quando oxidados pelo metabolismo.

A energia metabolizável (EM) é a forma mais utilizada no cálculo de rações para aves, o que torna sua determinação e precisão muito importantes. Segundo ALBINO et al. (1992), para se obter sucesso na formulação de rações para aves, um dos aspectos mais importantes é o conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos, o que possibilita um fornecimento adequado de energia para as mesmas.

A quantidade de energia presente no alimento não determina quanto desta energia efetivamente foi utilizada pelo animal. Dessa forma, devem ser realizados bioensaios para determinação da EM dos alimentos. A energia da excreta é composta da energia proveniente de uma fração não assimilada do alimento e de uma fração de origem endógena e independente da dieta. Quando essa última fração não é considerada nos cálculos, denomina-se energia metabolizável aparente (EMA); entretanto, quando a mesma passa a ser considerada, define-se como energia metabolizável verdadeira (EMV).

A energia obtida da energia metabolizável subtraindo-se o incremento calórico, quantidade de energia produzida pelo organismo na metabolização do alimento, é chamada energia líquida (EL), que é a energia efetivamente utilizada pelo

organismo, podendo ser fracionada em energia para manutenção e energia para produção. Porém a EM é a forma mais utilizada para expressar o valor energético de ingredientes utilizados nas rações de aves.

MATTERSON et al. (1965) afirmaram preferir o uso de valores de EM a valores de EL como medida do valor energético dos alimentos porque a EM é reproduzível em diferentes laboratórios, é pouco afetada por balanço nutricional, é altamente relacionada com o desempenho animal, não é afetada por diferenças genéticas e é relativamente fácil de determinar, enquanto a EL não é prontamente reproduzível, é influenciada pelo balanço nutricional e pela alteração de densidade dos alimentos e grandemente influenciada pelas diferenças genéticas.

Vários fatores podem influenciar a composição dos ingredientes utilizados nas rações para aves. Da mesma forma, a metodologia para determinação do conteúdo energético desses ingredientes pode resultar em diferentes valores de EM (KATO, 2005).

Alguns métodos têm sido conduzidos na tentativa de obter uma metodologia que melhor estime o valor energético dos alimentos para aves. Basicamente estes métodos podem ser denominados diretos (biológicos) ou indiretos (não biológicos), sendo que os primeiros medem, através do animal, a diferença entre energia consumida e energia excretada. Já as equações de predição são métodos não biológicos, indiretos que determinam a energia através da composição química dos alimentos. Tais métodos permitem estimar os valores de EMA, EMAn, EMV e EMVn.

A metodologia de avaliação energética mais utilizada é aquela denominada de “tradicional”, que apresenta como característica primária a utilização de uma dieta basal administrada a um grupo de aves controle, na qual uma parte de seu peso é substituído pelo ingrediente a ser utilizado, além do consumo ser *ad libitum*. Segundo SCHANG (1997), esse procedimento assume que toda variação no resultado da EMA da dieta é devida ao ingrediente teste, não levando em consideração o nível de inclusão e o valor extra calórico de alguns alimentos.

Assim, devido às limitações da metodologia tradicional, SIBBALD (1976) sugeriu uma técnica, com base na metodologia de alimentação forçada, que consiste em alimentar forçosamente as aves com uma quantidade conhecida de alimento, controlando, dessa forma, o fator que mais influencia os resultados, o nível de consumo.

Segundo SIBBALD (1975), a EMA pode variar com o nível de ingestão porque, sob condições padronizadas, a excreção de energia fecal metabólica + urinária endógena é constante. Quando o nível de consumo é alto, a influência das perdas metabólicas é pequena, entretanto, quando o consumo é baixo essas perdas podem deprimir consideravelmente a EMA. O método proposto por SIBBALD (1976) considerava as perdas fecais metabólicas e urinárias endógenas, presumindo que as frações endógena e metabólica que compõe as excretas das aves alimentadas é a mesma que a das aves em jejum, e foi denominado de energia metabolizável verdadeira (EMV).

O maior interesse por essa metodologia, no entanto, tem sido pela sua rapidez nas determinações e por ser menos oneroso quando comparado ao sistema tradicional utilizado na determinação da EMA. Todavia, segundo OST (2005), essa metodologia de Sibbald sofre críticas de vários autores, entre elas, a maior excreção de nitrogênio pelas aves em jejum, a não consideração da variabilidade dos dados obtidos em aves em jejum, além da remoção de dados que se apresentam fora do desvio padrão.

Os valores de EMA e a energia metabolizável verdadeira (EMV) dos alimentos, avaliados pela metodologia da alimentação forçada (SIBBALD, 1976), podem ser afetados pelos níveis de consumo de alimentos. Pequenas quantidades de alimento consumido podem causar uma mobilização de tecidos que modificaria a quantidade de nitrogênio excretada. Além disso, pequenas quantidades de alimento podem aumentar o erro experimental. Assim, foi sugerida uma correção da EMV pelo balanço de nitrogênio (BN), denominando-a energia metabolizável verdadeira corrigida (EMVn). Entretanto, a correção pelo BN, por sua vez, também tem sido alvo de crítica de alguns autores que alegam que as aves em jejum teriam um metabolismo basal mais acentuado, elevando seu catabolismo protéico. Este aumento de excreção protéica superestimaria o nitrogênio e a energia das aves em jejum.

Estudos realizados por ALBINO et al. (1992), quando avaliaram rações formuladas com valores de EMAn e EMVn determinados com pintos e galos, mostraram que os valores determinados com pintos ajustaram-se melhor ao desempenho das aves no período de 1 a 28 dias de idade e, no período de 29 a 42 dias, os dois métodos foram adequados.

Os valores utilizados de composição energética (EMA) dos ingredientes utilizados nas formulações foram compilados de literaturas estrangeiras. Entretanto, esses valores podem sofrer influências de vários fatores (clima, genética, manejo,

época, etc.). Dessa maneira, pesquisadores nacionais vêm trabalhando com a avaliação dos ingredientes no Brasil, buscando obter um banco de dados nacional (EMBRAPA, 1990; ROSTAGNO et al., 2000 e ROSTAGNO et al., 2005), possibilitando o conhecimento dos ingredientes em condições brasileiras.

A energia é responsável pelo desenvolvimento das aves, sendo o principal fator limitante para um bom desempenho. Nesse sentido, a precisão na determinação dos valores de EM dos ingredientes pode influenciar diretamente no desempenho das mesmas (DALE & FULLER, 1982). Mas, este trabalho deve ser contínuo, uma vez que as aves mudam e o clima e os ingredientes também. BRUM et al. (2000) enfatizaram a importância da contínua avaliação dos nutrientes para manter atualizado um banco de dados, possibilitando melhorar os valores de EM e nutrientes que são utilizados nas formulações de rações para aves.

## **2.2 Fatores que alteram a energia metabolizável dos alimentos**

### **2.2.1 Composição química**

A composição química dos alimentos está diretamente relacionada ao seu valor nutricional. As possíveis variações relacionadas a variedades, solos, climas, armazenamento, amostragem e tipos de processamento industrial, podem representar grandes variações na composição energética dos alimentos, comprometendo a formulação das rações.

RODRIGUES et al. (2003) trabalhando com rações formuladas com milhos de diferentes variedades e regiões, concluíram que a procedência dos milhos influenciou a digestibilidade dos nutrientes e que os valores energéticos das rações estudadas variaram em função da composição dos milhos. VIEIRA et al. (2007), analisando os valores energéticos de 45 híbridos de milho para o uso em dietas para frangos de corte, concluíram que a EMAn variou de 3.405 a 4.013 kcal/kg de MS.

### **2.2.2 Idade das aves**

Os valores de digestibilidade de energia tendem a ser maiores em aves mais velhas, pois há um desenvolvimento do trato digestório havendo maior capacidade

digestiva, possibilitando a maior permanência do alimento em contato com enzimas digestivas e secreções gástricas melhorando aproveitamento dos nutrientes e da energia dos alimentos. Ao contrário, aves jovens possuem restrita capacidade de digestão e absorção de nutrientes por não estarem com o sistema digestivo completamente desenvolvido.

As enzimas digestivas estão presentes no trato digestório da ave jovem, no entanto, a presença de substrato parece induzir uma maior produção de enzimas. Sendo assim, a atividade das enzimas digestivas, tanto pancreáticas como de membrana, aumenta com a idade da ave, atingindo níveis mais elevados, em média, aos 10 dias de idade em frangos de corte (KATO, 2005).

A variação observada nos valores de EM com o avanço da idade demonstra o aumento da digestibilidade (SHIRES et al., 1980). Este aumento da digestibilidade dos ingredientes pode estar relacionado a uma diminuição no tempo de passagem dos mesmos pelo trato digestório. No caso de aves mais velhas, devido a um maior trato digestório, o ingrediente permanece mais tempo no trato, estando mais tempo exposto à adição das enzimas e secreções gástricas.

Segundo SAKOMURA et al. (2004), os menores valores de energia metabolizável determinados nas três primeiras semanas de idade das aves podem ser justificados pelos baixos coeficientes de digestibilidade da gordura verificados nessa fase, assim como pelas atividades da amilase e da lipase indicando que a capacidade de digestão das aves não está totalmente desenvolvida, limitando o aproveitamento dos nutrientes das dietas.

KATO (2005) determinou a energia metabolizável de alguns ingredientes utilizando frangos de corte de diferentes idades (1-7; 8-14; 15-21; 22-28; 29-35 e 36-42 dias de idade) e verificou aumento nos valores energéticos dos alimentos com a idade das aves até os 21 dias, a partir daí, até os 42 dias, as aves apresentaram a mesma capacidade de aproveitamento do conteúdo energético dos alimentos, o que segundo o autor é explicado pelo desenvolvimento completo do sistema digestório da ave a partir dos 21 dias de idade.

BRUMANO et al (2006) trabalhando com frangos de corte em diferentes idades, encontrou valores de EMA e EMAN dos alimentos estudados no período de 41 a 50 dias de idade superiores aos valores obtidos no período de 21 a 30 dias de idade em 12,95%.

### **2.2.3 Processamento dos ingredientes**

O processamento de determinados ingredientes ou subprodutos pode influenciar os valores de digestibilidade e metabolização dos nutrientes. A superfície de exposição dos ingredientes à ação enzimática, associada à alteração do tempo de passagem desse ingrediente pelo trato digestório da ave, pode alterar a digestibilidade e, conseqüentemente, a disponibilidade de nutrientes.

CARVALHO et al. (2004) trabalhando com milhos em diferentes temperaturas de secagem (80, 100 e 120°C) e diferentes tempos de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) observaram redução linear nos valores de energia metabolizável aparente e aparente corrigida para o balanço de nitrogênio com o aumento do tempo de armazenamento. Verificaram ainda que a secagem dos grãos a altas temperaturas influenciou os valores de energia metabolizável.

A utilização de produtos de origem animal como fonte alternativa de proteína nas rações é comum, porém a variabilidade na composição química e energética destes produtos devido à diferentes tipos de processamento é conhecida e tem sido alvo de pesquisas.

SCAPIM et al. (2003), observaram que farinhas de penas e de sangue, submetidas a diferentes processamentos térmicos, apresentaram diferenças significativas em seus valores energéticos, sendo menores os valores de EM com o aumento do tempo de processamento das farinhas.

A soja integral processada, em razão de sua alta qualidade protéica e alta concentração energética, tornou-se uma matéria-prima importante para a alimentação de aves. Entretanto, a necessidade de processamento para inativar os fatores antinutricionais presentes nos grãos crus e a manutenção da qualidade nutricional impulsionaram o desenvolvimento de vários métodos para se atingir esse objetivo, originando produtos com características nutricionais variáveis.

Segundo FREITAS et al. (2006), diferentes processamentos conferem à soja integral características nutricionais diferentes, principalmente quanto ao valor de EM.

CAFÉ et al. (2000), encontraram valores de EM superiores para a soja extrusada em comparação aos valores obtidos para a soja tostada pelo vapor e para o farelo de soja com adição de óleo.

#### **2.2.4 Métodos de determinação da Energia metabolizável**

Os métodos de determinação da EM podem afetar os resultados obtidos. São citados como bastante precisos os métodos de coleta total e o uso de óxido crômico como indicador, em relação ao método da alimentação forçada de Sibbald.

O método de coleta total de fezes e urina ou de excretas, no caso das aves, é um dos métodos mais utilizados para determinar a digestibilidade de nutrientes assim como os valores de energia digestível e metabolizável das rações ou dos ingredientes para aves, suínos e outros monogástricos.

BORGES et al. (2003) encontraram maiores valores de EMA do trigo e subprodutos do trigo quando determinados pelo método tradicional de coleta total de excretas quando comparado com o método de alimentação forçada. Esse dados são semelhantes àqueles apresentados por NASCIMENTO et al. (2002) também obtiveram maiores valores de EM das farinhas de vísceras e de penas utilizando o método tradicional em comparação com o método da alimentação forçada.

FREITAS et al (2006) observaram comportamento semelhante para a EMAn da soja extrusada em relação à soja desativada, determinados com diferentes metodologias, evidenciando o efeito do processamento na EMAn, onde para o método tradicional com pintos, observou-se que a soja extrusada apresentou valores de EMAn superiores à soja desativada. Para a determinação da EMAn com galos, utilizando os métodos tradicional e Sibbald, foi verificado comportamento igual, sendo em ambas metodologias, os valores de EMAn superiores para a soja extrusada.

Uma alternativa para o método de coleta total de excretas é a determinação da digestibilidade através de uma relação entre substâncias indigestíveis presentes no alimento e nas excretas. Essas substâncias indigestíveis, denominadas indicadores, são utilizadas para determinar um fator de indigestibilidade e, com este, estimar a quantidade de fezes ou excreta que corresponde a uma unidade de ração consumida. Posteriormente, calcula-se a quantidade de nutriente presente na dieta que foi digerida e absorvida pelo animal.

ZANELLA et al.(1998) realizou pesquisa com o objetivo de determinar os valores de EMA de dietas formuladas à base de soja, com e sem adição de enzimas. Foram utilizados os métodos de coleta total e de coleta parcial com o óxido crômico usado como indicador. A EMA das dietas obtidas com o óxido crômico foram inferiores aos valores obtidos pelo método de coleta total. Esses resultados sugerem

que o óxido crômico não foi totalmente recuperado nas excretas. Os maiores desvios-padrão da média para os valores de EMA determinados pela coleta parcial também indicam maior variação com o uso do indicador.

NASCIMENTO et al. (2002), utilizando quatro métodos para determinar o valor energético de farinhas de penas e farinhas de vísceras para aves, concluíram que o método de Sibbald de alimentação forçada, usando galos intactos ou cecectomizados, proporcionou valores energéticos semelhantes entre si, porém menores, quando comparados aos valores determinados pelo método tradicional usando pintos e galos intactos.

### **2.2.5 Balanço de nitrogênio**

Ao se determinar a EMA é comum corrigir os valores de EMA ou EMV para o balanço de nitrogênio (BN), o qual estima com precisão a retenção ou perda de nitrogênio pelo animal através da diferença entre a quantidade de nitrogênio ingerida e o nitrogênio excretado pelo animal. HILL & ANDERSON (1958) relataram que essa correção é usada para contabilizar os efeitos variáveis de crescimento e de deposição de proteína corporal entre as aves, e propuseram um valor de correção de 8,22 kcal por grama de nitrogênio retido, valor referente à energia equivalente ao ácido úrico quando este é completamente oxidado.

Durante o ensaio experimental o animal pode reter ou perder nitrogênio, o que poderá afetar os valores de energia excretada. De acordo com NERY (2005) o nitrogênio retido como tecido, se catabolizado, contribuirá para as perdas de energia urinária endógena, portanto, variações na retenção de nitrogênio contribuirão para variações nos valores de EMA.

Frangos em crescimento, normalmente, estão retendo nitrogênio para a deposição de proteína corporal e, portanto, o balanço de nitrogênio (BN) tende a ser positivo. Dessa forma, ANDREOTTI et al. (2004), observaram maior retenção de nitrogênio para frangos em crescimento com idade de 22 a 30 dias de idade quando comparados a frangos na fase final, de 42 a 50 dias de idade.

De acordo com RODRIGUES (2000) a retenção do nitrogênio pode ser afetada por vários fatores, dentre eles o consumo e a composição do alimento

fornecido. O uso da correção dos valores de EM pelo BN é recomendado, pois este estima, com precisão, a retenção ou perda de nitrogênio pelo animal.

### **2.2.6 Presença de fatores antinutricionais**

Alguns polissacarídeos solúveis (PNAs) têm mostrado propriedades antinutritivas em dietas para aves (BEDFORD & CLASSEN, 1992; CHOCT & ANNISON, 1992; CHOCT et al., 1996). Os PNAs (arabinoxilanos, D- xilanos, beta glucanos, substâncias pécticas entre outras) presentes em alguns alimentos não são digeridos pelas aves devido à presença de ligações beta, as quais não são degradadas pelas enzimas endógenas. Estas substâncias ainda interferem na utilização de todos os nutrientes pela formação de gel e aumento da viscosidade da digesta. De um modo geral, a viscosidade da digesta reduz o contato entre os nutrientes e as secreções digestivas, a ação das enzimas endógenas e dos sais biliares, prejudicando a absorção dos nutrientes.

O aproveitamento da energia metabolizável do farelo de soja pelas aves é cerca de 30% menor em relação aos suínos. Essa diferença na capacidade de utilizar energia pode ser atribuída à baixa capacidade em aproveitar PNAs. COON et al.(1990) relataram que a remoção dos oligossacarídeos estaquiose e rafinose do farelo de soja melhorou a energia metabolizável deste alimento, devido a um aumento da digestão deste conteúdo em fibras de pouca digestibilidade para aves.

Outros fatores antinutricionais como os taninos presentes no sorgo podem modificar os valores de energia metabolizável do alimento. ROSTAGNO et al. (1977) determinaram a energia metabolizável de dois tipos de sorgo (com tanino e sem tanino) e encontraram valores mais altos de EMAn para o sorgo sem tanino. Os pesquisadores recomendam pelo menos o uso de dois valores de energia metabolizável de acordo com os teores de tanino do sorgo.

RAVINDRAN & RAJAGARU (1985) avaliaram a EMn das farinhas de folha de mandioca sem detoxicar e detoxificada, encontrando maiores valores de energia para o alimento detoxificado, sugerindo a interferência dos glicosídeos cianogênicos presentes na mandioca na utilização da energia pelas aves.

### **2.2.7 Níveis de minerais e vitaminas**

Os valores de EM dos alimentos são influenciados pela deficiência de aminoácidos e vitaminas, níveis de cálcio e fósforo, nível de inclusão do ingrediente-teste, entre outros fatores (COELHO, 1983). Portanto, é possível que a deficiência de alguns nutrientes influencie os valores de energia determinados em ensaios cujas rações testes não são corrigidas para as deficiências nutricionais.

ÁVILA et al. (2006) avaliaram a influência dos teores de vitaminas e microminerais da ração-teste na determinação dos valores da EMA e da EMAn do farelo de soja e verificaram que a correção das quantidades de cloreto de colina e dos premixes vitamínico e micromineral na ração-teste, resultou em maiores valores de EMA e EMAn, quando comparados aos valores determinados com uso da ração sem correção.

### **2.2.8 Consumo e níveis de substituição do alimento**

Os diferentes níveis de consumo das aves na determinação da EM também podem contribuir para variações nos valores de energia dos alimentos.

WOLYNETZ & SIBBALD (1984) verificaram que a precisão nos valores de EM são afetados pelo consumo de alimento e pela retenção de nitrogênio, e que o aumento do consumo proporciona menor variação nesses valores. Porém, COELHO (1983) afirmou que em níveis normais de consumo de alimento, as perdas de energia endógenas são pequenas em relação à excreção de energia proveniente do alimento, tendo pouca influência nos valores de EMA e EMAn, obtidos pelo método tradicional.

Segundo ALBINO (1991) as variações do conteúdo de energia dos alimentos estão diretamente relacionadas com o consumo de alimento, desta forma, valores de EMA são subestimados quando há redução do consumo do alimento.

BORGES et al. (2004) conduziram um trabalho com o objetivo de avaliar o efeito dos níveis de consumo do alimento (25 e 50 g) sobre os valores de EM para frangos de corte e verificaram que os valores de EMA e EMAn foram superiores nos níveis de maior consumo. Isso se deve ao fato de que quando o consumo é alto a influência das perdas endógenas torna-se pequena, por outro lado, quando o consumo é baixo, as perdas endógenas podem reduzir a EMA.

Os níveis de substituição do alimento teste podem interferir nos valores de energia metabolizável. Geralmente variam de 20 a 40% dos ingredientes de origem vegetal e animal nas rações referência, podendo gerar, dependendo do ingrediente, rações desbalanceadas nutricionalmente, que podem interferir na determinação dos valores corretos (PAULA et al., 2002).

NASCIMENTO et al. (2000a) verificaram que os valores de EMAn da farinha de vísceras diminuíram com o aumento do nível de inclusão de 5 para 20% (4.002 e 3.712 kcal/kg). Nos níveis de 30 e 40% os valores foram semelhantes (3.667 e 3.638 kcal/kg). Portanto, o aumento no nível de inclusão da farinha de vísceras à dieta referência, em determinados níveis, implicou numa diminuição do seu valor energético.

### **2.2.9 Sexo, peso corporal e linhagem das aves**

Podem ocorrer diferenças nos valores de EMA de um mesmo alimento para aves de sexo diferente. NASCIF et al. (2004), estudando os valores energéticos de alguns óleos para aves, verificaram que os valores de EMA e de EMAn foram estatisticamente superiores para os machos em relação às fêmeas, sendo os valores encontrados para as fêmeas 98% dos encontrados para os machos. Entretanto, PARSONS et al. (1985) não observaram diferenças significativas nos valores de energia metabolizável determinados com frangos de corte machos e fêmeas.

RANVINDRAN et al. (2004), avaliando o efeito do sexo das aves sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida, verificaram maiores valores para machos em relação às fêmeas.

O peso corporal do animal também interfere na utilização de energia. Segundo NOBLET & MILGEN (2004) citam que a digestão da fibra dietética se torna mais eficiente com o aumento do peso corporal, causando diferenças no conteúdo energético dos alimentos. Este fator está associado à idade, visto que animais mais velhos tendem a apresentar maior peso corporal.

A evolução na genética promoveu uma mudança nas taxas metabólicas basais, em função das altas taxas de produção de ovos, ganho de peso, deposição de proteínas e gorduras na carcaça. SHIRES et al. (1980) observaram variação nos valores de EM em função da genética das aves. No entanto, os autores relatam que

estes valores sofreram menor influência quando comparados à variação encontrada em função da idade das aves.

### **2.3 Equações de predição da energia metabolizável**

Para se formular rações mais eficientes é necessário conhecer com maior precisão os valores energéticos dos alimentos, os quais podem ser determinados por métodos diretos e indiretos. Segundo ZONTA et al. (2004), os métodos diretos ou convencionais para determinação da energia metabolizável dos alimentos requerem a utilização de uma bomba calorimétrica e ensaios metabólicos, sendo metodologias trabalhosas, demoradas e dispendiosas. Como método indireto, surgem as equações de predição, que são baseadas na composição proximal dos alimentos e obtidas rotineiramente em laboratórios e é considerada uma alternativa rápida, prática e econômica na avaliação nutricional dos alimentos.

Desde 1946, já se utilizavam equações para predizer 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 por JANSEN (1989) na elaboração da Tabela Européia de Valores Energéticos de Alimentos para Aves. Portanto, as equações de predição são importantes para complementar os valores das tabelas, também se aplicando ao conhecimento dos alimentos nacionais, os quais apresentam grande variabilidade na sua composição química.

Outro ponto importante da utilização das equações de predição do valor energético é quanto aos produtos de origem animal, sendo esta uma alternativa viável e prática para corrigir as alterações na composição química desses ingredientes, que são inerentes ao processo de produção e ajustam-se bem aos procedimentos de controle de qualidade de rotina, apresentando valores de energia metabolizável mais profícuos que os dados estimados diretamente de tabelas (OST et al., 2005).

Algumas críticas são feitas às equações de predição, dentre elas, o fato de que todas as proteínas, carboidratos e gorduras são considerados igualmente digestíveis; dificuldade de comparação entre equações, uma vez que a digestibilidade dos nutrientes é obtida com dietas e condições fisiológicas distintas, além disso, a qualidade da mensuração é totalmente dependente da composição química do alimento, fator bastante variável e por último, a deficiente validação das equações em

ensaios posteriores, visando comparar as equações estimadas com valores determinados posteriormente, aumentando a sua confiabilidade.

Normalmente, a composição dos alimentos utilizados na elaboração das rações é obtida através de tabelas nacionais (ROSTAGNO et al., 2000; ROSTAGNO et al., 2005) e estrangeiras (NRC, 1994). Portanto, em função da variabilidade na composição química dos ingredientes em função da variedade do grão, tipos de processamento, etc., torna-se inseguro para a indústria utilizar os valores de tabelas e, ao mesmo tempo, oneroso e difícil submeter todas as matérias-primas utilizadas a ensaios *in vivo*. Desse modo, a utilização de equações que possam prever a energia metabolizável através de análises químicas simples é de grande relevância.

SAKOMURA & SILVA (1998) citam vários pesquisadores que têm obtido equações para estimar o conteúdo em energia metabolizável dos alimentos com base na composição química.

LODHI et al. (1976) elaboraram equações de predição da energia metabolizável de alguns alimentos proteicos para aves a partir de dados obtidos da análise bromatológica dos alimentos. A quantidade de proteína, digestibilidade e o conteúdo em fibra bruta foram os fatores primários na elaboração das equações de regressão simples e múltipla.

A regressão simples obtida foi  $EM (Kcal/kg) = 32,95 (\%PB + \% EE + \% \text{ de carboidratos disponíveis}) - 29,20$ , sendo o carboidrato disponível a soma dos carboidratos solúveis mais o amido residual. Já a regressão múltipla apresentou-se da seguinte forma:  $EM (Kcal/kg) = 370,29 + 24,47PB + 65,77EE + 44,07\text{carboidrato disponível} - 8,15 FB$ . Os coeficientes de correlação das regressões lineares simples e múltiplas foram 0,72 e 0,73, respectivamente, indicando que a vantagem em utilizar a regressão linear múltipla em relação à simples foi pequena. Os autores observaram que a utilidade das equações para avaliações de rotina em alimentos para aves foi visível, uma vez que os parâmetros requeridos para a predição da energia metabolizável poderiam ser analisados muito rapidamente.

SIBBALD & PRICE (1977) discordaram da afirmação acima, baseados em um experimento em que foram obtidas a EMA e EMV de 30 amostras de trigo e 28 de aveia, as quais foram comparadas com valores de EM preditos por dados químicos e físicos obtidos dos grãos. Os autores afirmam que as comparações entre os valores preditos e observados para o trigo, tanto para a EMA quanto para EMV,

mostram que as predições apresentaram pouca precisão e acurácia para uma aplicação prática.

CARRÉ et al. (1984) avaliaram 48 dietas com diferentes valores nutricionais com o objetivo de desenvolver equações de predição para a energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de alimentos utilizados para aves. Além disso, foi avaliada a eficiência de diferentes indicadores de fibra (fibra bruta - FB, fibra detergente ácido - FDA, lignina, fibra detergente neutro - FDN e parede celular - PC) como preditores dos valores de EMAn. A medida mais eficiente foi obtida utilizando-se o conteúdo de parede celular, obtida por procedimento enzimático (pronase e alfa-amilase). As melhores combinações de variáveis foram EB, PB e PC; EE, cinzas e PC; e, por último, EE, PC, amido e açúcar.

DOLZ & DE BLAS (1992) obtiveram melhores predições quando utilizaram duas variáveis (proteína bruta e extrato etéreo), as quais foram responsáveis por mais de 96% da variabilidade total nas estimativas dos valores de EMAn e EMVn para a farinha de carne e ossos.

AZEVEDO (1996) através dos valores analisados de proteína bruta, matéria mineral, extrato etéreo, proteína digestível em pepsina a 0,2 e a 0,02%, obteve equações de predição dos valores de EMA e EMAn da farinha de carne e ossos. Este autor observou que quando se exclui a variável proteína bruta, o valor do coeficiente de determinação é reduzido em aproximadamente 0,12 e que a melhor equação foi obtida com os valores de proteína bruta e proteína digestível em pepsina a 0,02%.

BORGES et al. (1999) estimaram equações para predição do conteúdo energético (EMA, EMAn, EMV, EMVn) do trigo e subprodutos a partir da composição química. Verificaram que a FB foi a variável que melhor relacionou-se com os valores de energia metabolizável. Porém, este valor isolado não foi suficiente para uma boa estimativa dos valores energéticos ( $R^2$  abaixo de 80%). Quando somada ao EE e à PB aumentou-se a precisão das equações, com valores para o  $R^2$  acima de 90% na maioria das equações. Entretanto, NUNES et al. (2001) também estimou equações para predizer a EMA e EMAn do trigo e alguns subprodutos, observando que a equação composta pela PB e FDN foi a que melhor se ajustou na predição dos valores de EMA e EMAn. O autor ainda ressalta que equações com duas a quatro variáveis podem ser usadas com maior facilidade, já que necessitam de menor número de análises laboratoriais.

RODRIGUES et al. (2001) determinaram a EMA e EMV de 11 alimentos (amostras de milho e subprodutos e do milheto) utilizando-se o método tradicional de coleta de excretas com pintos e o de alimentação forçada, com galos adultos, concluindo que as equações ajustadas com duas a quatro variáveis proporcionaram boas previsões dos valores energéticos dos alimentos do grupo do milho, com valores de R<sup>2</sup> superiores a 91%. Observaram também que as equações contendo a FDN e MM ou FB e MM seriam boas preditoras dos valores de EMAn obtidos com pintos e EMVn com galos, para o milho e seus subprodutos.

RODRIGUES et al. (2002) elaboraram equações para prever a EMAn e EMVn da soja e subprodutos utilizando frangos de corte e galos respectivamente, verificando que as equações ajustadas com duas a quatro variáveis fizeram boas previsões dos valores energéticos dos alimentos do grupo da soja, com valores de R<sup>2</sup> superiores a 92%; as equações com as variáveis FB e EE podem ser utilizadas para estimar os valores energéticos destes alimentos, sendo: EMAn = 2822,2 - 90,13FB + 49,96EE (R<sup>2</sup> = 93%) e EMVn = 2857,3 - 38,29FB + 61,02EE (R<sup>2</sup> = 98%).

Como observado, os nutrientes incluídos nas equações variam muito, principalmente de alimento para alimento. Isso evidencia a necessidade de se trabalhar com equações distintas para cada alimento ou para grupos de alimentos semelhantes.

## **2.4 Meta-análise**

O termo meta-análise foi definido por GLASS (1976) como a análise estatística de uma revisão quantitativa e resumida de estudos individuais, porém relacionados. A meta-análise permite aumentar o número de observações e o poder estatístico dos testes de hipóteses, possibilitando a generalização de conclusões para uma amplitude variada de estudos (FAGARD et al., 1996).

As principais etapas envolvidas na meta-análise são: pesquisa bibliográfica, transformação dos resultados de cada estudo numa métrica comum, verificação da homogeneidade dos resultados, modelagem da variação entre estudos e análise de sensibilidade (WANG & BUSHMAN, 1999).

A aplicação da meta-análise se desenvolveu inicialmente nas ciências sociais e educação, tendo-se estendido a várias áreas inclusive à agricultura. Entretanto, apesar da evolução da sua utilização, este procedimento tem sido alvo de algumas

críticas havendo alguns problemas em relação à natureza diversa dos estudos a serem utilizados e à extensão da revisão de literatura dos artigos a serem incluídos no processo.

Embora os estudos analisados em conjunto tratem do mesmo assunto, muitas vezes há heterogeneidade entre eles em relação a critérios como número, idade e sexo dos animais, época e local de realização dos experimentos, número de repetições, metodologia utilizada e outros, tornando-se conveniente a escolha do sistema de ponderação dos experimentos, o que permite considerar esses diferentes efeitos na análise.

Apesar dos problemas e críticas enfrentados, houve uma evolução significativa nos últimos anos das publicações relacionadas à meta-análise em diferentes áreas do conhecimento. Segundo LOVATTO et al. (2007), houve um crescimento exponencial das publicações, passando de 23 em 1980 para mais de 3700 em 2006, embora o cenário nacional não tenha seguido essa tendência, tendo os dois primeiros artigos sobre o tema surgindo em 1999 alcançando em 2006 oito publicações.

Na zootecnia a meta-análise tem sido aplicada à nutrição animal (OETZEL, 1991); reprodução (PETERS et al. , 2000), melhoramento animal (GIANOTTI et al., 2002) e mais recentemente na elaboração de equações de predição da energia metabolizável para aves (NASCIMENTO, 2007).

#### **2.4.1 Modelagem da Variabilidade**

A natureza diversa entre os estudos é um aspecto fundamental na meta-análise, pois quanto mais homogêneos forem os resultados a serem combinados, mais confiável será a estimativa combinada. Na implementação da meta-análise, testes de homogeneidade são formulados e, com base nos seus resultados, opta-se por modelar a variância entre os estudos, quando há ausência de homogeneidade, ou por combiná-los sem considerar a variância entre eles (WANG & BUSHMAN, 1999).

A técnica multivariada de análise de agrupamento é uma maneira de se obter grupos homogêneos, por um esquema que possibilite reunir os dados em questão em um determinado número de grupos, de modo que exista grande homogeneidade dentro de cada grupo e heterogeneidade entre eles (JONHSON & WICHERN, 1998).

Segundo NASCIMENTO (2007) outra forma para a formação dos grupos seria considerar fatores que influenciam na variabilidade dos resultados e, assim,

definir grupos que tenham em comum os mesmos níveis dos fatores. No caso específico da predição dos valores energéticos dos alimentos para aves, estes são influenciados por alguns fatores como sexo, idade das aves, metodologia empregada, etc. Assim, tem-se interesse que os trabalhos sejam agrupados de acordo com a combinação de níveis destes fatores.

#### 2.4.2 Modelo de Regressão para meta-análise

Segundo GIANOTTI (2000) a análise de regressão pode ser usada para determinar a relação entre estudos com características contínuas e estimativas do tamanho do efeito.

Deve-se considerar, segundo HEDGES & OLKIN (1985), uma série de  $k$  estudos independentes no qual o  $i$ -ésimo estudo produz uma estimativa  $\hat{\theta}_i$  do tamanho do efeito  $\theta_i = 1, \dots, k$ . O termo “tamanho do efeito”, bastante utilizado na meta análise, do inglês *effect size*, refere-se, no caso de experimentos, à diferença entre médias, padronizada ( $\theta_i$ ). Para o caso de um modelo linear geral, assume-se que a  $\theta_i$ , para o  $i$ -ésimo experimento seja dependente de um vetor de variáveis fixas (variáveis independentes),  $X_i$ , tal que  $X_i' = [X_{i1}, X_{i2} \dots X_{ip}]$ .

Considerando  $k$  estudos independentes, pode-se definir:

$$\begin{aligned}\theta_1 &= \beta_1 X_{11} + \beta_2 X_{12} + \dots + \beta_p X_{1p}, \\ \theta_2 &= \beta_1 X_{21} + \beta_2 X_{22} + \dots + \beta_p X_{2p}, \\ &\vdots \\ \theta_k &= \beta_1 X_{k1} + \beta_2 X_{k2} + \dots + \beta_p X_{kp},\end{aligned}$$

em que:  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_p$  são coeficientes de regressão desconhecidos.

Portanto, assume um modelo de regressão linear,  $\theta = X\beta$  (1), em que:  $\theta$  é um vetor coluna, tal que  $\theta' = [\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k]$ ,  $X$  é uma matriz de delineamento  $k \times p$ , assumida como não tendo colunas linearmente dependentes e  $\beta$  um vetor coluna  $p \times 1$ , com os coeficientes de regressão, isto é,  $\beta' = [\beta_1, \beta_2 \dots \beta_k]$ .

A partir do modelo acima, pode-se definir o modelo:

$$\hat{\theta} = X\beta + \varepsilon \quad (2)$$

Em que  $\hat{\varepsilon} = \theta - \theta$ , é um vetor de erros. A distribuição de  $\varepsilon$  nesse caso é aproximadamente normal ou multivariada, com vetor de médias zero e matriz de covariância diagonal  $\Sigma$  dada por:

$$\Sigma = \begin{bmatrix} \sigma_{\theta_1}^2 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & \sigma_{\theta_2}^2 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & \sigma_{\theta_k}^2 \end{bmatrix}.$$

Assim, os elementos de  $\varepsilon$  são independentes, mas não são identicamente distribuídos. Não é possível a partir do modelo 2 estimar o  $\hat{\beta}$ , porque  $\Sigma$  depende do vetor de parâmetros desconhecidos  $\hat{\theta}$ . Porém, pode-se obter  $\hat{\beta}$  utilizando-se  $\Sigma$ , obtida substituindo-se  $\sigma_{\theta_i}^2$  na matriz  $\Sigma$ , por  $\sigma_{\theta_i}^2$ .

Assim, o estimador de mínimos quadrados generalizados de  $\theta$ ,  $\hat{\theta}$  é dado por:

$$\hat{\beta} = (X' \hat{\Sigma}^{-1} X)^{-1} X' \hat{\Sigma}^{-1} \hat{\theta} \quad (3)$$

Se o tamanho amostral for suficientemente grande, pode-se aplicar testes de hipóteses ou obter intervalos de confiança para componentes do vetor  $\beta$ , considerando que  $\hat{\beta}$  tenha distribuição aproximadamente normal. Uma alternativa mais simples de se estimar  $\beta$  é aplicar testes de hipóteses ou obter intervalos de confiança consiste em efetuar as análises considerando os mínimos quadrados ponderados.

Na análise de mínimos quadrados ponderados, definindo  $X$  como a matriz de delineamento,  $y$  como o vetor de observações e  $W$  como uma matriz diagonal com os pesos, tem-se que o estimador de mínimos quadrados ponderados de  $\beta_w$ , partindo-se do modelo linear  $y = X\beta$ , é dado por:

$$\hat{\beta}_w = (X' W X)^{-1} X' W y \quad (4)$$

Comparando-se as equações (3) e (4), observa-se que  $\hat{\beta}$  é um caso particular de  $\hat{\beta}_w$ , apenas substituindo a matriz  $W$ , em (4) por  $\hat{\Sigma}^{-1}$  e  $y$  por  $\hat{\theta}$ .

### 2.4.3 Estrutura entre as variáveis e obtenção das equações de predição

Para conhecer a estrutura de relações entre as variáveis de composição química e de valores energéticos de cada alimento, são estimadas as correlações de Pearson. As medidas de dissimilaridades a serem utilizadas para compor a matriz de distâncias para todas as variáveis são estimadas pelo método do vizinho mais próximo e o dendograma é obtido, para uma melhor visualização da relação existente entre as variáveis.

O modelo de regressão linear múltipla ajustado pode ser dado por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \beta_6 X_{i6} + \varepsilon_i$$

em que  $Y_i$  refere-se ao valor da EMAN do alimento, determinado em ensaio metabólico, o  $i$ -ésimo estudo;  $X_{i1} \dots; X_{i6}$ , representam as variáveis de composição química do alimento, no  $i$ -ésimo estudo e  $\varepsilon_i$  é o erro associado à  $i$ -ésima observação, com distribuição normal, média 0 e variância  $\sigma^2_i$ .

Para se avaliar a importância das variáveis de composição química no valor energético dos alimentos, estima-se o coeficiente de determinação de cada variável no modelo completo e adota-se o modelo de equações ajustadas denominado Stepwise (DRAPER & SMITH, 1981).

### 2.4.4 Ponderação

Os experimentos agrupados na meta análise são geralmente muito variados em relação a critérios como números de animais, dispositivo experimental e variação residual (desvio padrão) após o tratamento estatístico, sendo necessário considerar essa diversidade no momento da análise.

O fator de ponderação determina a variância existente para a variável dependente do modelo de regressão linear múltipla dentro dos grupos. De acordo com LOVATTO et al. (2007), no modelo linear geral, onde as variâncias das observações são diferentes e conhecidas, os estimadores do máximo de verossimilhança são obtidos ponderando cada observação pelo inverso da variância do resultado do experimento  $i$ , ou seja  $(1/s^2_i)$ .

Há outros tipos de ponderações, porém apresentam a inconveniência de modificar os valores de parâmetros, como o desvio padrão residual, tornando-se difícil o interesse estatístico pelas mesmas.

#### **2.4.5 Principais complicações da meta análise**

A aplicação da meta-análise vem evoluindo nos últimos anos em razão, principalmente, da possibilidade da obtenção de um tamanho amostral grande, pela reunião de estudos menores, proporcionando uma resposta mais precisa.

O interesse em encontrar uma medida resumida se deve, principalmente, ao grande número de artigos científicos publicados nas diversas áreas de pesquisa, trazendo, em algumas situações, conclusões contraditórias sobre um mesmo assunto. Os métodos estatísticos empregados na meta análise asseguram a obtenção de uma resposta combinada precisa, uma vez que há aumento do número de observações e, conseqüentemente, do poder estatístico.

Porém, apesar do aumento crescente do uso de técnicas de meta-análise para sintetizar resultados de pesquisas e da confirmação da obtenção de uma resposta precisa através da combinação de estudos, algumas questões ainda estão pendentes em relação à aplicação desta técnica estatística.

Embora os estudos combinados envolvam o mesmo assunto, há diferenças entre eles, em relação a delineamentos, metodologias, número de animais, etc. A heterogeneidade é um problema comum em meta análise e uma solução encontrada para resolvê-la foi a incorporação da variabilidade existente entre os estudos.

Segundo COSTA (1999), o primeiro problema encontrado quando se deseja sumarizar um conjunto de pesquisas é a identificação do corpo de trabalhos que, de alguma forma, diz respeito às questões levantadas. Isso requer que o propósito da meta-análise seja claramente articulado. Assim, qual seja o objetivo da revisão, a seleção dos estudos a serem integrados será o suporte da conclusão procurada.

A seleção é uma questão de inclusão ou exclusão, e os julgamentos requeridos são problemáticos. Existem várias posições em relação a que tipo de estudo deve ser incluído na análise sendo que o problema mais difícil na formação de um critério de inclusão são os estudos provenientes de pesquisas de qualidade duvidosa. Alguns autores consideram que todos os estudos devem ser incluídos,

porém, a tendência, é adotar uma regra de decisão clara e coerente com os objetivos do pesquisador que realizará a meta análise (GIANNOTTI, 2000).

Outro problema da meta-análise são os chamados vícios de publicação. Alguns estudos realizados nunca são publicados e se a razão para que tais pesquisas não sejam publicadas for o resultado obtido, resultará numa meta análise viesada, por exemplo, estudos com resultados positivos ou negativos dependendo da resposta esperada, têm maior probabilidade de serem publicados do que aqueles com resultados contrários aos que o pesquisador esperava. Estudos patrocinados por empresas particulares só serão publicados se os resultados forem de interesse deles e, estudos vindos de grandes centros de pesquisa têm maiores chances de publicação do que os vindos de centros menores (EGGER et al., 1997).

O arquivamento de artigos com resultados diferentes do esperado, o chamado “File Drawer Problem” também é um problema encontrado na meta análise. A solução seria a combinação de resultados experimentais fazendo uma soma de variáveis normais padrão.

De acordo com COSTA (1999), algumas condições devem ser postas, ou suposições devem ser assumidas para que uma inferência estatística possa ser propriamente legitimada. A principal característica da inferência estatística é o argumento da amostra da população. A amostra deve ser o resultado de um procedimento aleatório e a população deve poder ser identificável. Entretanto, na meta análise, as duas características não são dadas diretamente.

Dados de diferentes estudos podem ser desse modo, combinados - o geralmente chamado “problem of apples and oranges” (GLASS, 1981), “maças e laranjas podem legitimamente serem combinados no estudo de frutas.

Porém, segundo COSTA (1999), dois caminhos podem ser apontados para uma solução deste problema. Um é o de buscar fazer a meta análise tendo estudos individuais bastante homogêneos, com os cuidados de que as suposições de amostra aleatória sejam cumpridas. Outra é o de admitir que o procedimento meta analítico não precise, necessariamente, trabalhar com amostras aleatórias, e que as interferências a serem feitas sejam mais restritas e que também admitam um certo grau de imprecisão. O autor ainda sugere que o trabalho com meta análise inclua, além do tamanho do efeito e dos “p-value”, também o tamanho da amostra para determinação de probabilidades de relevância.

## **CAPÍTULO 1**

### **DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE ALGUNS ALIMENTOS PARA AVES**

#### **1. INTRODUÇÃO**

A produção agroindustrial no Brasil representa uma parcela significativa do Produto Interno Bruto e nesta participação a indústria avícola ocupa lugar de destaque, gerando riquezas e realizando um papel social importante na geração de empregos.

A formulação de uma dieta que atenda às exigências nutricionais dos animais otimizando custos é de fundamental importância para o êxito da atividade avícola. Portanto, o conhecimento dos valores de energia metabolizável bem como da digestibilidade dos nutrientes dos alimentos é muito importante na formulação de rações para aves, sendo sua utilização imprescindível para se obter excelente produtividade e rentabilidade.

Além da variação naturalmente existente na composição química dos ingredientes, a determinação dos valores energéticos e da digestibilidade dos nutrientes utilizando aves de diferentes idades contribui para a variação dos valores observados nas diferentes tabelas utilizadas como referência, tanto nacionais como

internacionais, havendo necessidade de avaliações constantes para a atualização dos bancos de dados sobre a composição nutricional dos ingredientes, levando em consideração as distintas idades das aves.

Vários métodos têm sido conduzidos na tentativa de se obter uma metodologia que melhor estime o valor energético dos alimentos. Basicamente estes métodos podem ser denominados diretos ou indiretos, sendo que o primeiro mede, utilizando o animal, a diferença entre a energia consumida e a excretada. O método indireto utiliza as equações de predição para determinar a energia metabolizável dos alimentos, envolvendo o conhecimento da composição química dos alimentos ou os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e correlacionando-as aos valores obtidos em ensaios biológicos.

Segundo ALBINO & SILVA (1996), a importância de equações de predição para estimar o valor energético dos alimentos está na dificuldade de realizar bioensaios, muitas vezes dispendiosos e demorados, e também porque a maioria dos laboratórios não dispõe de calorímetros. Neste caso, trabalhar com equações geradas a partir de análises químicas simples, como fibra bruta, extrato etéreo, proteína bruta, cinzas e amido, poderiam auxiliar o nutricionista.

Além disso, a necessidade da regulamentação da produção animal segundo as leis do bem-estar animal tem sido cada vez mais evidente, afetando de modo significativo as práticas experimentais com animais, sendo alguns métodos já proibidos em alguns países. Desse modo, a utilização das equações de predição seria um método alternativo de grande relevância para determinação da energia metabolizável de alimentos para aves.

Deste modo, objetivou-se com este trabalho, determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo e do extrato não nitrogenado de alimentos com frangos de corte de diferentes idades e com galos adultos e a partir destes dados, juntamente com a composição química dos alimentos avaliados, obter equações para predizer os valores de energia metabolizável aparente corrigida destes alimentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados quatro ensaios no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa no período de março a junho de 2006.

Os ensaios foram conduzidos com frangos de corte nas idades de 10-17, 26-33 e 40-47 dias e galos com 25 semanas de idade. Os alimentos testados foram milho, farelo de soja, farelo de trigo e farelo de arroz.

O período experimental foi de oito dias (três dias de adaptação e cinco dias de coleta das excretas de cada unidade experimental), a qual foi realizada duas vezes ao dia. Utilizou-se o método de coleta total de excretas. As rações e a água foram fornecidas à vontade durante as fases de adaptação e de coleta.

Foram utilizados frangos de corte machos da linhagem Ross, sendo 528 pintos com 10 a 17 dias de idade e peso de  $160 \pm 0,3$  gramas no primeiro ensaio, 396 aves com 26-33 dias de idade e  $869 \pm 1,4$  gramas no segundo ensaio e 264 frangos de corte com 40-47 dias peso médio de  $2037 \pm 7,5$  gramas no terceiro ensaio. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado, com onze tratamentos, seis repetições e oito, seis e quatro aves, por unidade experimental, para os ensaios 1, 2 e 3 respectivamente.

As aves foram criadas até o início da primeira fase experimental e nos intervalos entre cada fase em círculos de proteção, período no qual receberam uma ração à base de milho e de farelo de soja, formulada de acordo com as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para cada fase avaliada. Antes da transferência às gaiolas metabólicas, em cada fase experimental, as aves foram devidamente pesadas.

No quarto ensaio foram utilizados 132 galos Leghorn, com peso médio de  $2523 \pm 24$  gramas, distribuídos no delineamento inteiramente casualizado, com onze tratamentos, seis repetições e duas aves por unidade experimental. As aves foram criadas em piso até 25 semanas de idade, recebendo ração segundo as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para a fase avaliada, posteriormente foram pesadas e transferidas para as gaiolas metabólicas iniciando o período experimental.

Foram testados dez alimentos e duas rações referências, sendo uma para os frangos (Tabela 1) e outra para os galos (Tabela 2). Os tratamentos foram constituídos de uma ração referência e os alimentos teste de origem vegetal (milho, farelo de soja, sorgo, farelo de trigo e farelo de arroz), os quais substituíram em 40 % a ração referência e os alimentos de origem animal (farinhas de vísceras 1 e 2, farinha de penas 1 e 2 e plasma sanguíneo), que substituíram em 25% a ração referência.

Tabela 1 - Composição da ração referência utilizada no 1º, 2º e 3º ensaios, em percentagem da matéria natural.

Ingredientes	%
Milho (7,8 % PB)	55,87
Farelo de soja (45% PB)	37,00
Fosfato Bicálcico	1,80
Óleo de soja	3,00
Calcário	1,10
Sal comum	0,50
DL- metionina (99%)	0,21
L- lisina HCl (98%)	0,20
Mistura Vitamínica	0,10
Mistura Mineral	0,05
Salinomicina 12%	0,05
Cloreto de colina 60%	0,10
Avilamicina 10%	0,01
Antioxidante (BHT)	0,01
Total	100,00
<b>Composição calculada</b>	
Energia metabolizável (kcal/kg)	2.987
Proteína bruta (%)	21,00
Lisina digestível (%)	1,20
Metionina digestível (%)	0,50
Metionina + cistina digestível (%)	0,80
Treonina digestível (%)	0,73
Triptofano digestível (%)	0,24
Cálcio (%)	1,00
Fósforo disponível (%)	0,42
Sódio (%)	0,21

<sup>1</sup> Composição por kg do produto: vit. A, 12.000.000 UI; vit. D3, 2.200.000 UI; vit. E 30.000 UI; vit. B1, 2.200mg; vit B2, 6.000 mg; vit. B6, 3.300mg; ác. pantotênico, 13.000mg; biotina, 110mg; vit. K3, 2.500 mg; ácido fólico, 1.000mg; ácido nicotínico 53.0000 mg; niacina, 25.000 mg;vit. B12, 16.000 µg; selênio, 0,25 g; antioxidante 120.000 mg; e veículo QSP., 1.000g.

<sup>2</sup> Composição por kg do produto: manganês, 75.000 mg; ferro, 20.000 mg; zinco, 50.000 mg; cobre, 4.000 mg; cobalto, 200 mg; iodo 1.500 mg e veículo qsp, 1.000 g.

Tabela 2 - Composição da ração referência utilizada no ensaio com galos, em percentagem da matéria natural.

Ingredientes	%
Milho (7,8 % PB)	81,35
Farelo de soja (45% PB)	15,12
Fosfato Bicálcico	1,39
Calcário	0,46
Sal comum	0,41
DL- metionina (99%)	0,24
L- lisina HCl (98%)	0,43
L-treonina	0,19
L-triptofano	0,11
Mistura Vitamínica	0,10
Mistura Mineral	0,05
Salinomicina 12 %	0,05
Cloreto de colina 60%	0,10
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada</b>	
Energia metabolizável (kcal/kg)	3.091
Proteína bruta (%)	13,15
Lisina digestível (%)	0,50
Metionina + cistina digestível (%)	0,50
Treonina digestível (%)	0,40
Triptofano digestível (%)	0,15
Cálcio (%)	0,60
Fósforo disponível (%)	0,35
Sódio (%)	0,20

<sup>1</sup> Composição por kg do produto: vit. A, 12.000.000 UI; vit. D3, 2.200.000 UI; vit. E 30.000 UI; vit. B1, 2.200mg; vit B2, 6.000 mg; vit. B6, 3.300mg; ác. pantotênico, 13.000mg; biotina, 110mg; vit. K3, 2.500 mg; ácido fólico, 1.000mg; ácido nicotínico 53.0000 mg; niacina, 25.000 mg;vit. B12, 16.000 µg; selênio, 0,25 g; antioxidante 120.000 mg; e veículo QSP., 1.000g.

<sup>2</sup> Composição por kg do produto: manganês, 75.000 mg; ferro, 20.000 mg; zinco, 50.000 mg; cobre, 4.000 mg; cobalto, 200 mg; iodo 1.500 mg e veículo qsp, 1.000 g.

Para coleta das excretas de cada unidade experimental foram utilizadas bandejas forradas por plásticos sob cada gaiola para facilitar a coleta e evitar perdas. O consumo de ração de cada unidade experimental, durante o período de coleta, foi registrado e as excretas coletadas, em toda a fase experimental, acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenadas em freezer até o período final de coleta.

No final do período experimental, as excretas foram descongeladas, à temperatura ambiente e homogeneizadas por repetição. As amostras foram posteriormente pré secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas para a realização das análises laboratoriais.

Para cada alimento e ração referência foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), matéria mineral (MM), cálcio e fósforo segundo as técnicas descritas por SILVA (2002). Foram também realizadas análises de MS, PB e EE das excretas. No cálculo do extrativo não nitrogenado (ENN) foi utilizada a equação descrita por JANSSEN (1989), onde  $ENN = \text{matéria seca} - (\text{proteína bruta} + \text{gordura} + \text{fibra bruta} + \text{matéria mineral})$ .

O amido foi determinado pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, descrito por NELSON (1944).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, com exceção do amido, o qual foi analisado no Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Para todos os ensaios foram determinados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, da proteína, do extrato etéreo e do extrato não nitrogenado para cada alimento testado. Uma vez obtidos os resultados de análises laboratoriais das rações e das excretas, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos segundo as equações propostas por MATTERSON (1965):

$$CDRT = \frac{Nut\ ing - Nut\ exc}{Nut\ ing} \times 100$$

$$CDRR = \frac{Nut\ ing - Nut\ exc}{Nut\ ing} \times 100$$

$$CD\ alimento = CDRR + \frac{CDRT - CDRR}{\%substituição}$$

Onde:

CDRT = coeficiente de digestibilidade da ração teste

CDRR = coeficiente de digestibilidade da ração referência

Nut ing = nutriente ingerido

Nut exc = nutriente excretado

Para correção dos valores de excreção de proteína foi determinado o conteúdo em ácido úrico presente nas excretas, através do procedimento descrito por

RODRIGUEIRO (2001). A quantidade de nitrogênio presente no ácido úrico foi subtraída do teor de nitrogênio das excretas, conforme as equações a seguir:

$$\text{N ácido úrico} = \text{ácido úrico} \times \frac{33.31}{100}$$

$$\text{N corrig. ácido úrico} = \text{N ASA} - \text{N ácido úrico}$$

$$\text{Proteína excreta corrig. ácido úrico} = \text{N corrig. ácido úrico} \times 6,25$$

Onde:

N ác. úrico = teor de nitrogênio presente no ácido úrico

N corrig. ác. úrico = nitrogênio corrigido para o ácido úrico

NASA = teor de nitrogênio da amostra seca ao ar

As análises estatísticas foram processadas por meio do software estatístico SISVAR descrito por FERREIRA (2000). Foi realizada uma análise de variância conjunta dos dados, para verificação dos possíveis efeitos das diferentes idades, fixando os tratamentos, sobre os valores dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e extrato não nitrogenado, foi utilizado o teste de Student Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Após determinada a composição química dos alimentos, a digestibilidade aparente e obtidos os valores energéticos (EMAn) determinados nos ensaios 1, 2, 3 e 4 respectivamente, foram estimadas equações para predizer a energia metabolizável aparente corrigida desse grupo de alimentos. Os valores de EMAn utilizados foram compilados de MELLO (2007).

As equações foram determinadas a partir dos dados de composição química dos alimentos e dos valores de nutrientes digestíveis, calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da composição química dos alimentos.

Foram determinadas as equações a partir de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando-se o Método de Eliminação Indireta ou Backward, através do pacote SAEG- versão 9.1 (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas - UFV, 2005). As equações foram desenvolvidas passo a passo pelo método citado, e somente foram consideradas aquelas em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo. Adotou-se o Teste T e significância de 5%

de probabilidade para cada variável componente do modelo. Somente foram consideradas as equações em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo.

Os alimentos foram divididos em dois grupos para melhor elaboração das equações de predição, sendo um grupo os alimentos de origem vegetal (milho, farelo de soja, sorgo, farelo de trigo e farelo de arroz) e em outro grupo os alimentos de origem animal (farinha de vísceras 1, farinha de vísceras 2, farinha de penas 1, farinha de penas 2 e plasma sanguíneo).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos

Na Tabela 3 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente da MS do milho, farelo de soja, sorgo, farelo de trigo, farelo de arroz, farinhas de vísceras 1 e 2, farinha de penas 1 e 2 e plasma sanguíneo.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS) de alguns alimentos determinados com frangos de corte aos 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos adultos<sup>1</sup>.

Alimento	CDMS				
	Idade das aves			Galos	Média RR
10-17	26-33	40-47			
Milho	75,42ab	74,61ab	71,83b	78,07a	75,46
Farelo de Soja	54,22b	55,88b	62,57a	60,76 <sup>a</sup>	59,28
Sorgo	73,28b	76,04ab	74,23b	79,84a	75,85
Farelo de Trigo	63,43a	64,53a	64,17a	62,24a	60,70
Farelo de Arroz	69,31a	64,37a	64,03a	64,05a	63,20
Farinha de Vísceras 1	72,42a	72,65a	64,45b	68,24ab	69,42
Farinha de Vísceras 2	74,83a	71,61a	65,05b	66,99b	68,82
Farinha de Penas 1	69,37a	67,04a	65,89a	66,17a	66,37
Farinha de Penas 2	70,00ab	73,42a	65,64b	66,27b	69,30
Plasma Sanguíneo	72,44a	74,28a	72,74a	73,08a	73,46
CV (%)	3,77				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls (P<0,05).

Para os alimentos milho, sorgo, farelo de trigo, farelo de arroz, farinha de penas 1 e plasma sanguíneo, não houve diferenças significativas ( $P > 0,05$ ) nos CDMS para os frangos de corte nas diferentes idades estudadas. Do contrário, houve diferenças significativas ( $P < 0,05$ ) nos CDMS para os alimentos farelo de soja, farinhas de vísceras 1 e 2 e farinha de penas 2. O CDMS foi superior para as aves de 40-47 dias em relação às demais idades com frangos de corte apenas para o farelo de soja. As farinhas de vísceras apresentaram melhores valores de digestibilidade para aves mais jovens em relação às aves mais velhas. O CDMS da farinha de penas 2 foi semelhante entre as fases de 10-17 e 27-33 dias e entre as fases de 10-17 dias e 40-47 dias de idade dos frangos de corte. As aves com 40-47 dias de idade apresentaram CDMS inferior às aves com 27-33 dias para este alimento.

Para os galos, os CDMS do farelo de trigo, farelo de arroz, farinha de vísceras 1, farinha de penas 1 e plasma sanguíneo foram iguais estatisticamente a todas as idades com frangos. O CDMS do milho foi superior à fase de 40-47 dias e iguais às demais idades dos frangos. O farelo de soja e a farinha de vísceras 2 apresentaram CDMS iguais estatisticamente em relação às fases com frangos de 40-47 dias e superiores às fases de 10-17 e 26-33 dias. O CDMS do sorgo para os galos foi superior às fases de 10-17 e 40-47 dias e igual à fase de 26-33 dias dos frangos de corte. A farinha de penas 2 apresentou CDMS iguais às fases de 10-17 e 40-47 dias e inferior à fase de 26-33 dias de idade dos frangos.

Os valores dos coeficientes de digestibilidade do farelo de soja, milho, sorgo, farelo de trigo foram inferiores aos valores 87,97; 89,15; 89,67; 82,56 % respectivamente, determinados por NUNES (2003).

As farinhas de vísceras e a farinha de penas também apresentaram CDMS inferiores aos observados por NUNES (2003), 87,28% e 87,15%, respectivamente. A baixa digestibilidade da farinha de penas tem sido atribuída às pontes de hidrogênio e interações hidrofóbicas dentro da molécula de queratina, também às pontes de enxofre presentes na cistina, as quais contribuem para manter uma maior estabilidade da proteína, quando atacada por enzimas. Além disso, segundo ALBINO & SILVA (1996), os produtos de origem animal apresentam diferenças 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 diferenciados para cada nutriente em estudo.

Os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta dos alimentos com frangos de corte e galos podem ser vistos na Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDPB) de alguns alimentos determinados com frangos de corte aos 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos adultos <sup>1</sup>.

Alimento	CDPB				
	Idade das aves				
	10-17	26-33	40-47	Galos	Média RR
Milho	79,33a	70,33b	70,00b	62,33c	70,70
Farelo de Soja	53,00a	41,00b	40,00b	32,00c	41,31
Sorgo	77,00a	68,33b	70,33b	60,33c	69,62
Farelo de Trigo	70,33a	69,00a	55,00b	44,00c	59,28
Farelo de Arroz	72,67a	68,00b	71,00ab	55,00c	66,53
Farinha de Visceras 1	55,00a	47,67b	41,00c	43,33c	50,23
Farinha de Visceras 2	60,67a	50,00b	50,67b	34,33c	50,25
Farinha de Penas 1	59,00a	52,67ab	55,33b	37,00c	51,00
Farinha de Penas 2	62,67a	53,00b	55,00b	41,00c	52,92
Plasma Sanguíneo	55,00a	54,33a	55,33a	56,33a	54,49
CV (%)	4,20				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls (P<0,05).

Para os frangos de corte, houve diferenças significativas (P<0,05) entre os CDPB para todos os alimentos exceto para o plasma sanguíneo.

Houve piora da digestibilidade da proteína bruta à medida que se aumentou a idade das aves. O fato da digestibilidade da proteína ter diminuído com a idade das aves pode ser atribuído a uma maior excreção proteica existente nas aves mais velhas, o que pode ter influenciado negativamente os valores dos coeficientes de digestibilidade. Frangos em crescimento, normalmente, estão retendo nitrogênio para a deposição de proteína corporal e, portanto, o balanço de nitrogênio (BN) tende a ser positivo. De acordo com NERY (2005) o nitrogênio retido como tecido, se catabolizado, contribuirá para as perdas de energia urinária endógena. Portanto, variações na retenção de nitrogênio contribuirão para variações nos valores dos coeficientes de digestibilidade da proteína.

Para os galos, os CDPB foram estatisticamente diferentes para todos os alimentos avaliados, em relação aos frangos de corte, com exceção do plasma sanguíneo. Foi observada redução dos coeficientes de digestibilidade a partir da fase de 40-47 dias com frangos de corte para todos os alimentos em que houve diferença, exceto para a farinha de vísceras 1, o qual teve o CDPB reduzido a partir da idade de 26-33 dias de idade dos frangos.

Os coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDEE) de alguns alimentos determinados com frangos de corte aos 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos adultos <sup>1</sup>.

Alimento	CDEE				
	Idade das aves			Galos	Média RR
	10-17	26-33	40-47		
Milho	79,81a	78,93a	70,68b	83,59a	76,78
Farelo de Soja	90,10a	89,16a	77,56b	81,21b	88,48
Sorgo	83,41a	86,70a	80,79a	83,99a	83,88
Farelo de Trigo	70,52a	64,02ab	61,93b	71,61a	65,80
Farelo de Arroz	81,08a	59,33c	51,63d	66,42b	59,55
Farinha de Vísceras 1	86,54a	76,75b	85,48a	88,21a	76,41
Farinha de Vísceras 2	71,77b	69,81b	66,99b	90,74a	77,98
Farinha de Penas 1	77,55bc	72,61c	82,53ab	88,00a	74,13
Farinha de Penas 2	85,22b	80,22b	78,80b	94,40a	84,06
Plasma Sanguíneo	86,84ab	81,72ab	80,75b	89,24a	84,53
CV (%)	5,02				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls (P<0,05).

Os CDEE foram estatisticamente diferentes (P<0,05) para o milho, farelo de soja, farelo de trigo, farelo de arroz, farinha de vísceras 1 e farinha de penas de acordo com a variação nas idades dos frangos de corte. Observou-se redução significativa dos CDEE dos alimentos milho, farelo de soja, farelo de trigo e farelo de arroz de acordo com o aumento da idade das aves. Estes resultados estão de acordo com SAKOMURA et al. (2004), os quais encontraram aumento linear da atividade da amilase, da tripsina e da lipase com o avançar da idade da ave, e a fase

de maior aumento ocorreu entre a 1ª e a 2ª semana de idade, coincidindo com o máximo crescimento alométrico do pâncreas. BATAL e PARSONS (2002) afirmaram que a digestibilidade do amido e da gordura aumentam com a idade, causando o aumento da EMAn. Da mesma forma, MOSSAB et al. (2000) verificaram que a digestibilidade da gordura aumentou na terceira semana de idade dos frangos, e atribuiu a baixa digestibilidade da gordura na primeira semana de idade das aves à limitada secreção de sais biliares e à baixa atividade da lipase. Houve melhoria do CDEE da farinha de penas 1 com o aumento da idade das aves.

Avaliando os CDEE dos alimentos para os galos, observa-se superioridade em relação à fase de 40-47 dias dos frangos para os alimentos milho, farelo de trigo, farelo de arroz, farinha de vísceras 2, farinha de penas 2 e plasma sanguíneo. Para os alimentos farelo de soja, farinha de vísceras 1 e farinha de penas 1 os coeficientes foram iguais estatisticamente entre os galos e os frangos com 40-47 dias de idade.

Na Tabela 6, estão apresentados os coeficientes de digestibilidade do extrato não nitrogenado dos alimentos milho, farelo de soja, sorgo, farelo de trigo e farelo de arroz.

Tabela 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato não nitrogenado (CDENN) de alguns alimentos determinados com frangos de corte aos 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos <sup>1</sup>.

Alimento	CDENN				
	Idade das aves			Galos	Média RR
10-17	26-33	40-47			
Milho	95,89b	95,42b	94,16b	97,83a	95,80
Farelo de Soja	95,25b	96,08b	96,94b	98,74a	96,77
Sorgo	96,75ab	96,22b	97,66ab	98,74a	97,33
Farelo de Trigo	93,57b	93,38b	91,41c	96,74a	93,77
Farelo de Arroz	95,34b	95,11b	92,23c	97,19a	94,97
CV (%)	1,06				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls (P<0,05).

Os CDENN foram influenciados pela idade dos frangos de corte (P<0,05) para os alimentos farelo de trigo e farelo de arroz.

Os CDENN do milho (95,89; 95,42 e 94,16%) e farelo de trigo (93,57; 93,38 e 91,41%) para as idades de 10-17, 26-33 e 40-47 dias dos frangos de corte,

respectivamente, foram superiores aos encontrados por NUNES (2003), com frangos de corte na idade de 21-33 dias de idade, 95,29 e 93,00% para o milho e 78,45 e 84,25% para o farelo de trigo.

Os CDENN foram superiores para os galos em relação à todas as fases com frangos de corte para os alimentos milho, farelo de soja, farelo de trigo e farelo de arroz. O sorgo apresentou coeficientes iguais para os galos em relação às demais fases com frangos.

Para o farelo de soja, os CDENN determinados com frangos de corte nas respectivas idades (95,25; 96,08 e 96,94%) foram inferiores ou semelhantes a um dos dois valores determinados com frangos de corte por NUNES (2003), 99,68 e 95,76%.

Os dados de composição química e EMAn, compilados de MELLO (2007), utilizados na elaboração das equações de predição dos valores energéticos dos alimentos, encontram-se nas Tabelas 7 e 8, respectivamente.

Tabela 7 - Composição química dos alimentos com base na matéria natural<sup>1,2</sup>.

Alimento	MS	PB	EE	MM	Ca	P	FB	FDN	FDA	ENN	EB	Amido <sup>3</sup>
Milho	88,83	7,91	5,54	1,09	0,02	0,23	2,20	15,74	2,20	72,09	4009	74,93
Farelo de Soja	87,45	44,38	1,3	5,01	0,15	0,35	6,20	10,66	6,92	30,56	4017	14,22
Sorgo	88,40	9,72	2,19	1,04	0,03	0,34	1,99	11,35	5,63	73,46	3757	73,93
Farelo de Trigo	89,19	15,28	2,32	4,67	0,09	0,84	8,45	38,43	11,78	58,12	3945	53,78
Farelo de Arroz	90,71	13,36	13,13	9,50	0,08	1,49	8,80	22,11	10,84	46,27	4482	35,02
Farinha de Vísceras 1	97,89	60,47	16,53	13,86	5,70	1,70	-----	-----	-----	-----	5225	-----
Farinha de Vísceras 2	97,91	60,02	15,33	13,61	5,10	1,89	-----	-----	-----	-----	5204	-----
Farinha de Penas 1	93,91	80,31	3,63	2,87	0,39	0,31	-----	-----	-----	-----	5242	-----
Farinha de Penas 2	94,24	82,14	4,03	2,66	0,38	0,35	-----	-----	-----	-----	5278	-----
Plasma sanguíneo	91,14	71,68	1,32	8,55	0,15	0,49	-----	-----	-----	-----	4604	-----

<sup>1</sup> Análises realizadas no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Federal de Viçosa.

<sup>2</sup> MS- matéria seca; PB- proteína bruta; EE- extrato etéreo; MM- matéria mineral; Ca- cálcio, P- fósforo; FB- fibra bruta; FDN - fibra em detergente neutro; FDA - fibra em detergente ácido; ENN- extrato não nitrogenado; EB- energia bruta.

<sup>3</sup> Análise realizada no Laboratório do Departamento de Ciência dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras.

Tabela 8 - Valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) dos alimentos de acordo com a idade das aves (dados expressos na matéria seca).

Alimentos	EMAn (kcal/kg)				
	10-17	26-33	40-47	Galos	Média
Milho	3566	3529	3815	3787	3674
Farelo de soja	1999	2507	2557	2462	2381
Sorgo	3091	3408	3493	3728	3430
Farelo de trigo	1771	1818	1948	2154	1923
Farelo de arroz integral	2320	2356	2257	2879	2453
Farinha de penas 1	3943	3975	4078	4096	4023
Farinha de penas 2	4044	3904	3918	3957	3956
Farinha de vísceras 1	2777	3236	3331	3424	3192
Farinha de vísceras 2	2758	3434	3314	3406	3228
Plasma sanguíneo	3046	3961	3532	3250	3447
Média Ração Referência	2908	2944	2988	3282	

Fonte: MELLO (2007).

### 3.2 Equações de predição da energia metabolizável aparente corrigida através da composição química dos alimentos e digestibilidade de alguns nutrientes

Na Tabela 9 são apresentadas as equações estimadas para predizer a EMAn determinadas com aves nas idades de 10-17 e 26-33 dias de idade a partir do grupo de alimentos de origem vegetal.

Tabela 9 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de alimentos de origem vegetal determinados com pintos em crescimento (10-17 e 26-33 dias), em função da composição química<sup>1</sup> dos alimentos com suas respectivas correlações (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	PB	FB	FDA	FDN	EE	MM	Amido	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 10-17 dias)								
-6383,57	129,92	-306,49	-43,84	43,87	105,34	388,19	93,17	0,98
-8755,28	164,26	-321,47	-----	47,37	151,76	386,95	112,34	0,99
-1671,55	73,17	-163,58	-----	19,78	159,07	-----	44,86	0,96
-3573,25	91,43	-39,65	-----	-----	172,64	-----	64,94	0,96
-5134,02	111,88	-----	-----	-----	197,11	-----	78,58	0,96
1219,14	-----	-----	-----	-----	32,00	-----	21,80	0,47
1428,83	-----	-----	-----	-----	-----	-----	21,22	0,49
Correlações	-0,5368	-0,8798	-0,8628	-0,4785	0,1317	-0,6407	0,7367	
EMAn (Frangos de corte 26-33 dias)								
-8999,13	168,05	-169,30	71,96	3,65	158,27	268,93	116,47	0,93
-8667,45	162,83	-147,71	68,40	-----	156,25	250,70	113,79	0,96
-5192,32	113,20	-157,34	-----	-----	81,00	282,36	85,69	0,96
1911,80	28,13	-168,22	-----	-----	72,54	-----	16,01	0,94
3733,98	3,77	-210,97	-----	-----	42,66	-----	-----	0,95
3796,26	-----	-203,74	-----	-----	36,75	-----	-----	0,95
3906,91	-----	-188,82	-----	-----	-----	-----	-----	0,88
Correlações	-0,3313	-0,9441	-0,8964	-0,7014	-0,0102	-0,6692	0,6152	-----

<sup>1</sup> PB= proteína bruta; FB= fibra bruta; FDA= fibra em detergente ácido; FDN= fibra em detergente neutro; EE= extrato etéreo, MM= matéria mineral.

Verificou-se que as equações com uma ou duas variáveis não apresentaram bons ajustes para os frangos de corte na fase de 10-17 dias, apresentando coeficientes de determinação variando de 47% para as equações contendo duas variáveis a 49% nas equações contendo apenas uma variável. As equações com três ou mais variáveis apresentaram os melhores coeficientes de determinação, os quais variaram de 95% (26-33 dias) a 96% (10-17 dias) para as equações com três variáveis. As equações com sete variáveis no modelo apresentaram  $R^2$  de 98 e 93% para as fases de 10-17 e 26-33 dias de idade das aves, respectivamente.

As equações com três variáveis continham como variáveis a PB, EE e amido ( $R^2= 96\%$ ) e PB, FB e EE ( $R^2= 95\%$ ) para as fases de 10-17 e 26-33 dias, respectivamente. Estes resultados concordam com RODRIGUES et al. (2001), que ao elaborarem equações para prever a EMAn do milheto, do milho e de subprodutos observaram que as equações com as variáveis PB, FB ou FDN, MM e amido apresentaram bons ajustes, com elevados valores de  $R^2$ , mostrando que mais de 96 % da variabilidade nos valores de EMAn determinados com pintos em crescimento foi explicada por estas variáveis.

NUNES et al. (2001) relatou que o uso de equações com duas a quatro variáveis podem ser utilizadas com maior facilidade pelo fato da realização de menor número de análises laboratoriais economizarem tempo e custo. Entretanto, deve-se considerar que se incluem as análises de rotina, facilmente determinadas.

Entre os parâmetros utilizados para determinação das equações de predição, apenas o EE, o qual apresentou correlação baixa, e o amido apresentaram correlações positivas, as quais foram de 13,17 e 73,67% respectivamente, com os valores de EMAn estimados para a fase de 10-17 dias dos frangos de corte. Na fase de 26-33 dias, a única variável que se correlacionou positivamente com a EMAn foi o amido, apresentando uma correlação de 61,52%.

Estes resultados estão de acordo com os obtidos por NUNES et al. (2001), que avaliando equações de predição da EMAn do trigo e subprodutos, verificou correlação positiva, porém baixa (32%), entre o EE e a EMAn.

Para as demais variáveis independentes, as que apresentaram maior correlação com os valores de EMAn, porém correlações negativas, foram a FB (87,98 e 94,41%) e a FDA (86,28 e 89,64%) para as fases de 10-17 e 26-33 dias, respectivamente. Estes resultados estão de acordo com NUNES et al. (2001), que avaliando equações de predição da EMAn do trigo e subprodutos, também

verificaram correlação negativa da FDN (95%) e FB (93%) com os valores de EMAn.

Na Tabela 10 são apresentadas as equações estimadas para prever a EMAn de alguns alimentos de origem vegetal determinadas com frangos de corte aos 40-47 dias de idade e galos adultos.

Observou-se que as equações contendo três ou mais variáveis fizeram melhores previsões da EMAn se comparadas àquelas contendo duas ou uma variável apenas, explicando 97% a 99% e 97% a 98% da variação nos valores de EMAn determinados com frangos de corte aos 40-47 dias de idade e galos adultos, respectivamente.

As variáveis PB, FB e MM ( $R^2 = 97\%$ ) fizeram parte da equação de previsão da EMAn contendo três variáveis para os frangos de corte com 40-47 dias de idade. Para os galos, a equação continha como variáveis FB, MM e amido ( $R^2 = 98\%$ ). Estes resultados estão de acordo com NUNES et al. (2001) e RODRIGUES et al. (2002), os quais verificaram, que as equações contendo as variáveis PB, FDN e FDA; PB, FDA e amido mostraram boa previsão dos valores energéticos, explicando respectivamente 98% e 94% da variação nos valores energéticos determinados, respectivamente.

A PB (53,38%) e o amido (70,25%), apresentaram correlações positivas com os valores de EMAn estimados para a fase de 40-47 dias. Para os galos verificou-se correlações positivas entre a EMAn e o EE (25,42%) e o amido (78,66%). RODRIGUES et al. (2001) também verificaram correlações positivas entre a PB (16,49%) e o amido (18,37%) com a EMAn.

Foram observadas correlações negativas entre a EMAn predita e as variáveis FB (49,01%), FDA (42,13%), FDN (87,77%), EE (47,54) e MM (31,43%) para a fase de 40-47 dias dos frangos e PB (69,61%), FB (80,65%), FDA (66,14%), FDN (41,24%) e MM (52,73%) para os galos. RODRIGUES et al. (2001) verificaram altas correlações negativas entre a EMAn e a FB (91,92%), FDA (13,28%), FDN (97,02%) e MM (92,89%), porém observaram correlação positiva entre a EMAn e o EE (17,85%). RODRIGUES et al. (2002) obtiveram correlações semelhantes às encontradas neste trabalho com valores negativos para a FB, FDA e MM (51,53; 5,34 e 89,11%).

Tabela 10 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de alimentos de origem vegetal determinados com frangos de corte (40-47 dias) e galos adultos, em função da composição química<sup>1</sup> dos alimentos com suas respectivas correlações (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	PB (%)	FB (%)	FDA (%)	FDN (%)	EE (%)	MM (%)	Amido (%)	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 40-47 dias)								
8009,57	-67,29	-307,06	-163,14	9,51	-172,52	315,29	-24,72	0,99
8424,75	-74,97	-248,29	-169,78	-----	-173,28	275,78	-27,61	0,99
5351,92	-35,40	-234,63	-143,71	-----	-138,03	321,33	-----	0,99
4214,10	-7,06	-211,81	-26,24	-----	-----	45,87	-----	0,96
4162,23	-5,91	-234,89	-----	-----	-----	47,68	-----	0,97
4090,72	-----	-250,10	-----	-----	-----	46,06	-----	0,95
4055,96	-----	-209,08	-----	-----	-----	-----	-----	0,94
Correlações	0,5338	-0,4901	-0,4213	-0,8477	-0,4754	-0,3143	0,7025	-----
EMAn (Galos)								
56,42	39,25	-295,15	73,74	11,03	69,17	159,17	36,11	0,97
537,66	30,35	-227,04	66,04	-----	68,29	113,36	32,75	0,98
2804,94	-----	-237,77	38,02	-----	32,66	102,33	13,19	0,98
2507,02	-----	-242,41	10,03	-----	-----	191,03	18,79	0,98
2488,81	-----	-230,13	-----	-----	-----	191,93	19,17	0,98
3058,96	-----	-101,83	-----	-----	-----	-----	11,24	0,69
4073,32	-----	-162,33	-----	-----	-----	-----	-----	0,61
Correlações	-0,6961	-0,8065	-0,6614	-0,4124	0,2542	-0,5273	0,7866	-----

<sup>1</sup> PB- proteína bruta (%);; FB- fibra bruta (%);FDA- fibra em detergente ácido (%); FDN- fibra em detergente neutro(%); EE- extrato etéreo (%), MM- matéria mineral (%).

Nas Tabelas 11 e 12 estão apresentadas as estimativas dos valores de EMAn juntamente com a média da soma do quadrado dos desvios destas estimativas para frangos de corte com 10-17, 26-33 e 40-47 dias de idade e para os galos adultos.

Observou-se que a equação contendo o menor número de variáveis no modelo apresentou melhor valor estimado, comparado ao determinado *in vivo*, apresentando menor média da soma do quadrado dos desvios para a fase de 10-17 dias de idade das aves. Comparando-se os valores de EMAn estimados pela equação  $EMAn = -3573,25 + 91,43 PB - 39,65 FB + 172,64 EE + 64,94 \text{ amido}$  ( $R^2 = 96\%$ ) e os determinados *in vivo*, pode-se concluir que a EMAn variou 3,56% a 10,26%, sendo a menor e maior variação atribuídas aos alimentos sorgo e farelo de trigo, respectivamente.

No período de 26-33 dias, o melhor valor estimado, com a menor soma do quadrado dos desvios, também foi encontrado para a equação com menor número de variáveis no modelo (PB, FB, EE e amido) e  $R^2 = 94\%$ . A menor variação observada entre os valores estimados e os determinados *in vivo* através da equação  $EMAn = 1911,80 + 28,13 PB - 168,22 FB + 72,54 EE + 16,01 \text{ amido}$  ( $R^2 = 94\%$ ) foi de apenas 8 kcal para o farelo de soja, sendo que a maior diferença foi de 71 kcal para o farelo de arroz.

A equação  $EMAn = 4214,10 - 7,06 PB - 211,81 FB - 26,24 FDA + 45,87 MM$  ( $R^2 = 96\%$ ), apresentou melhor estimativa da EMAn para a fase de 40-47 dias com frangos, apresentando a menor média da soma do quadrado dos desvios. Comparando os valores estimados pela equação que forneceu a melhor estimativa com os resultados *in vivo*, observa-se maior e menor diferença para o farelo de soja e sorgo, com variações de 5,86 e 0,66%, respectivamente.

Para os galos, a melhor estimativa da energia foi dada pela equação  $EMAn = 2507,02 - 242,41 FB + 10,03 FDA + 191,03 MM + 18,79 \text{ amido}$  ( $R^2 = 98\%$ ). A menor diferença entre os valores estimados e os observados *in vivo* foi para o farelo de trigo, o qual variou em apenas 4 kcal. O farelo de arroz apresentou a maior variação, 219 kcal.

Tabela 11 - Estimativas dos valores de EMAn de alguns alimentos de origem vegetal, determinados com frangos de corte nas idades de 10-17 e 26-33 dias, usando as equações de predição em função da composição química dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca).

10-17 dias				
EMAn1 = -8755,28 + 164,26 PB - 321,47 FB + 47,37 FDN + 151,76 EE + 386,95 MM + 112,34 amido R <sup>2</sup> = 0,99				
EMAn2 = 1671,55 + 73,17 PB - 163,58 FB + 19,78 FDN + 159,07 EE + 44,86 MM R <sup>2</sup> = 0,96				
EMAn3 = -3573,25 + 91,43 PB - 39,65 FB + 172,64 EE + 64,94 amido R <sup>2</sup> = 0,96				
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Milho	3566	3649	3757	3698
Farelo de Soja	1999	2148	2346	2098
Farelo de Arroz	2320	2411	2869	2410
Sorgo	3091	3162	3217	3201
Farelo de Trigo	1784	2123	2174	1967
Média EMAn	2552	2699	2873	2675
SQD <sup>3</sup>		157.221	626.047	80.972
Média SQD <sup>4</sup>		31.444	125.209	16.194
26-33 dias				
EMAn1 = -8667,45 + 162,83 PB -147,71 FB + 68,40 FDA+156,25 EE + 250,70 MM + 113,79 amido R <sup>2</sup> = 0,96				
EMAn2= -5192,32 +113,20 PB - 157,34 FB + 81,00 EE + 282,36 MM + 85,69 amido R <sup>2</sup> = 0,96				
EMAn3 = 1911,80+ 28,13 PB - 168,22 FB + 72,54 EE + 16,01 amido R <sup>2</sup> = 0,94				
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Milho	3529	3467	3506	3549
Farelo de Soja	2507	2609	2568	2515
Farelo de Arroz	2356	2453	2447	2427
Sorgo	3408	3424	3397	3361
Farelo de Trigo	1809	2149	2051	1888
Média EMAn	2722	2820.4	2793.8	2748
SQD <sup>3</sup>		139.153	71.216	13.976
Média SQD <sup>4</sup>		27.831	14.243	2.795

1 Energia metabolizável aparente corrigida, observada “in vivo” no ensaio com frangos de corte.

2 Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

3 Soma do quadrado dos desvios.

4 Média da soma do quadrado dos desvios.

Tabela 12 - Estimativas dos valores de EMAn de alguns alimentos de origem vegetal, determinados com frangos de corte nas idades de 40-47 dias e galos adultos, utilizando equações de predição em função da composição química dos alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

40-47 dias				
EMAn1= 8424,75 -74,97 PB -248,29 FB - 169,78 FDA - 173,28 EE R <sup>2</sup> = 0,99 + 275,78 MM -27,61 amido				
EMAn2= 5351,92 - 35,40 PB - 234,63 FB - 143,71 FDA- 138,03 EE R <sup>2</sup> = 0,99 + 323,33 MM				
EMAn3 = 4214,10 - 7,06 PB - 211,81 FB -26,24 FDA + 45,87 MM R <sup>2</sup> = 0,96				
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Milho	3815	3650	3636	3618
Farelo de Soja	2557	2390	2402	2409
Farelo de Arroz	2257	2293	2316	2303
Sorgo	3493	3546	3558	3546
Farelo de Trigo	1922	1777	1867	1897
Média EMAn	2809	2731	2756	2755
SQD <sup>2</sup>		80.299	66.961	66.428
Média SQD <sup>2</sup>		16.060	13.392	13.286
Galos				
EMAn1 = 537,66 + 30,35 PB - 227,04 FB + 66,04 FDA + 68,29 EE + R <sup>2</sup> = 0,98 113,36 MM + 32,75 amido				
EMAn2 = 2804,94 - 237,77 FB + 38,02 FDA + 32,66EE + 102,33 R <sup>2</sup> = 0,98 amido				
EMAn3= 2507,02 - 242,41 FB+ 10,03 FDA+ 191,03 MM + 18,79 R <sup>2</sup> = 0,98 amido				
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Milho	3787	3737	3752	3751
Farelo de Soja	2462	2274	2269	2268
Farelo de Arroz	2879	3099	3098	3095
Sorgo	3728	3822	3816	3821
Farelo de Trigo	2373	2436	2377	2381
Média EMAn	3046	3074	3062	3063
SQD <sup>2</sup>		98.960	94.113	94.421
Média SQD <sup>2</sup>		19.792	18.823	18.884

1 Energia metabolizável aparente corrigida, observada “in vivo” no ensaio com frangos de corte e galos.

2 Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

3 Soma do quadrado dos desvios.

4 Média da soma do quadrado dos desvios.

Na Tabela 13 estão apresentadas as equações de predição da EMAn determinadas com frangos de corte nas fases de 10-17; 26-33 e 40-47 dias de idade e com galos adultos a partir de alguns alimentos de origem animal.

Tabela 13 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) a partir da composição química<sup>1</sup> de alguns alimentos de origem animal, determinados com pintos em crescimento e galos adultos, em função da composição dos alimentos (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	PB	EE	MM	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 10-17 dias)				
11053,3	-69,93	-41,99	-255,80	0,94
6063,82	-16,34	-----	-182,05	0,93
4528,29	-----	-----	-146,05	0,93
Correlações	0,9175	-0,7432	-0,9699	
EMAn (Frangos de corte 26-33 dias)				
-7184,50	112,91	113,33	118,90	0,63
3385,96	-----	45,18	12,09	0,51
3436,50	-----	51,92	-----	0,57
Correlações	-0,6884	0,7837	0,6558	
EMAn (Frangos de corte 40-47 dias)				
5221,16	-21,95	23,61	-11,25	0,78
4600,32	-15,32	27,13	-----	0,81
3270,87	-----	49,76	-----	0,79
Correlações	-0,8971	0,9005	0,8160	
EMAn (Galos)				
-2925,64	64,20	101,60	100,46	0,84
2630,10	5,00	70,20	-----	0,82
3064,16	-----	62,81	-----	0,84
Correlações	-0,7970	0,9252	0,7950	

<sup>1</sup> PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral.

As equações contendo as variáveis PB, EE e MM no modelo apresentaram os melhores coeficientes de determinação para as fases de 10-17 e 26-33 dias. Estes resultados são semelhantes aos apresentados por DOLZ & BLASS (1992), avaliando o valor energético da farinha de carne e ossos a partir de equações de predição, observaram melhor coeficiente de determinação para a equação contendo como variáveis independentes a PB e o EE.

NASCIMENTO et al. (2000b), ao elaborarem equações para predizer a EMAn de algumas farinhas de penas, observaram melhor coeficiente de determinação (R<sup>2</sup> = 98%) para a equação que continha as variáveis MM, cálcio e diâmetro geométrico médio.

A PB mostrou correlacionar-se de forma alta e positiva com a EMAn na fase de 10-17 dias (91,75%), porém, negativamente na fase de 26-33 dias (68,84%). O EE apresentou alta correlação com os valores energéticos nas fases de 10-17 e 26-33 dias, apresentando altas correlações, negativa para a fase de 10-17 dias (74,32%) e

positiva para a fase subsequente (78,37%). A MM apresentou alta correlação negativa para a fase de 10-17 dias (96,99%), porém negativa para a fase de 26-33 dias (65,58%). DOLZ e BLAS (1992), estudando o valor energético da farinha de carne e ossos através de equações de predição, também observaram maiores correlações com o valor de EMAn para a MM (85%), EE (60%) e PB (71%).

Para os frangos de corte na fase de 40-47 dias, o coeficiente de determinação foi melhor para a equação contendo apenas as variáveis PB e EE. Para os galos, os coeficientes de determinação foram iguais nas equações contendo uma variável (EE) ou três variáveis (PB, EE e MM) no modelo.

Foram observadas correlações positivas para as fases de 40-47 dias de idade dos frangos e para os galos, entre a EMAn e o EE (90,05 e 92,52%) e também entre a MM (81,60 e 79,50%).

Nas Tabelas 14 e 15 são observadas as estimativas da EMAn dos alimentos de origem animal e as médias das somas do quadrado dos desvios das estimativas para os frangos de corte nas idades de 10-17, 26-33 e 40-47 dias de idade e para os galos adultos.

Tabela 14 - Estimativas dos valores de EMAn de alguns alimentos de origem animal, determinados com frangos de corte nas idades de 10-17 e 26-33 dias, através das equações de predição em função da composição química dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca).

10-17 dias				
EMAn1= 11053,3 - 69,93 PB - 41,99 EE - 255,80 MM				R <sup>2</sup> = 0,94
EMAn2= 6063,82 - 16,34 PB - 182,05 MM				R <sup>2</sup> = 0,93
EMAn3= 4528,29 - 146,05 MM				R <sup>2</sup> = 0,93
Alimento	EMAn1	EMAn2 <sub>1</sub>	EMAn2 <sub>2</sub>	EMAn2 <sub>3</sub>
Farinha de penas 1	3943	4129	4110	4082
Farinha de penas 2	4044	4057	4126	4116
Farinha de vísceras 1	2777	2403	2477	2460
Farinha de vísceras 2	2758	2553	2532	2498
Plasma sanguíneo	3040	3093	3071	3158
Média EMAn	3312	3247	3263	3263
SQD <sup>2</sup>		219598	176923	206232
Média SQD <sup>2</sup>		43920	35385	41246
26-33 dias				
EMAn1= -7184,50 + 112,91 PB + 113,33 EE + 118,90 MM				R <sup>2</sup> = 0,63
EMAn2= 3385,96 + 45,18 EE + 12,09 MM				R <sup>2</sup> = 0,51
EMAn3= 3436,50 + 51,92 EE				R <sup>2</sup> = 0,57
Alimento	EMAn1	EMAn2 <sub>1</sub>	EMAn2 <sub>2</sub>	EMAn2 <sub>3</sub>
Farinha de penas 1	3975	3273	3637	3598
Farinha de penas 2	3904	3477	3659	3613
Farinha de vísceras 1	3236	3388	4313	4320
Farinha de vísceras 2	3434	3164	4249	4261
Plasma sanguíneo	3961	2975	3512	3565
Média EMAn	3702	3255	3874	3871
SQD <sup>2</sup>		1742900	2201600	2243748
Média SQD <sup>2</sup>		348.580	440.320	448.750

1 Energia metabolizável aparente corrigida, observada “in vivo” no ensaio com frangos de corte.

2 Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

3 Soma do quadrado dos desvios.

4 Média da soma do quadrado dos desvios.

Verificou-se que a equação contendo as variáveis PB e MM no modelo apresentaram melhor valor estimado, comparado ao determinado in vivo, apresentando menor média da soma do quadrado dos desvios para a fase de 10-17 dias de idade das aves. Comparando os valores estimados pela equação que forneceu a melhor estimativa com os resultados *in vivo*, observa-se maior e menor diferença

para a farinha de vísceras 1 e plasma sanguíneo, com variações de 300 e 31 kcal, respectivamente.

Para a fase de 26-33 dias a equação com o maior número de variáveis no modelo (PB, EE e MM) apresentou a melhor estimativa da EMAn, com menor média da soma do quadrado dos desvios, sendo também a equação com maior coeficiente de determinação ( $R^2 = 63\%$ ). A menor diferença observada para a estimativa fornecida pela equação  $EMAn = -7184,50 + 112,91 PB + 113,33 EE + 118,90 MM$ , foi de 152 kcal para a farinha de vísceras 2. A farinha de vísceras 1 apresentou maior diferença entre os valores estimados e observados, a qual foi de 986 kcal.

Tabela 15 - Estimativas dos valores de EMAn de alguns alimentos de origem animal, determinados com frangos de corte na idade de 40 a 47 dias e galos adultos usando as equações de predição em função da composição química dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca).

40-47 dias				
EMAn1= 5221,16 - 21,95 PB + 23,61 EE - 11,25 MM				R <sup>2</sup> = 0,78
EMAn2= 4600,32 - 15,32 PB + 27,13 EE				R <sup>2</sup> = 0,81
EMAn3= 3270,87 + 49,76 EE				R <sup>2</sup> = 0,79
Alimento	EMAn1	EMAn2 <sub>1</sub>	EMAn2 <sub>2</sub>	EMAn2 <sub>3</sub>
Farinha de penas 1	4078	3401	3406	3463
Farinha de penas 2	3918	3377	3723	3484
Farinha de vísceras 1	3331	4105	4079	4111
Farinha de vísceras 2	3314	4089	3700	4050
Plasma sanguíneo	3552	3423	3395	3343
Média EMAn	3639	3679	3661	3690
SQD <sup>2</sup>		1966375	1222266	1760586
Média SQD <sup>2</sup>		393275	244453	352117
Galos				
EMAn1= -2925,64 + 64,20 PB + 101,60 EE + 100,46 MM				R <sup>2</sup> = 0,84
EMAn2= 2630,10 + 5,00 PB + 70,20 EE				R <sup>2</sup> = 0,82
EMAn3= 3064,16 + 62,81 EE				R <sup>2</sup> = 0,84
Alimento	EMAn1	EMAn2 <sub>1</sub>	EMAn2 <sub>2</sub>	EMAn2 <sub>3</sub>
Farinha de penas 1	4096	3264	3329	3307
Farinha de penas 2	3957	3388	3366	3333
Farinha de vísceras 1	3424	4178	4124	4125
Farinha de vísceras 2	3406	3997	4036	4048
Plasma sanguíneo	3250	3213	3125	3155
Média EMAn	3627	3608	3596	3594
SQD <sup>2</sup>		1934952	1840127	1924032
Média SQD <sup>2</sup>		386990	368025	384806

1 Energia metabolizável aparente corrigida, observada “in vivo” no ensaio com frangos de corte e galos.

2 Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

3 Soma do quadrado dos desvios.

4 Média da soma do quadrado dos desvios.

As melhores estimativas foram feitas pelas equações contendo as variáveis PB e EE para os frangos na idade de 40-47 dias de idade e para os galos, apresentando a menor média da soma do quadrado dos desvios.

Comparando os valores estimados pelas equações que forneceram as melhores estimativas nas duas fases com os resultados *in vivo*, observou-se que as menores diferenças foram para o plasma sanguíneo para ambas as fases, 157 e 125 kcal para as fases de 40-47 dias com frangos de corte e para os galos,

respectivamente. As maiores diferenças foram obtidas com a farinha de penas 1, de 672 e 767 kcal para os frangos de corte aos 40-47 dias de idade e galos, respectivamente.

Na Tabela 16 estão apresentadas as equações de predição dos valores energéticos dos alimentos de origem vegetal, a partir dos valores dos nutrientes digestíveis da PB, EE e ENN, para os frangos de corte e galos.

Tabela 16 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de alimentos de origem vegetal determinados com pintos em crescimento e galos adultos, em função dos nutrientes digestíveis.

Constante	PBD	EED	ENND	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 10-17 dias)				
663,75	4,43	-106,99	39,10	0,67
813,46	-----	-107,22	37,58	0,71
729,38	-----	-----	31,75	0,51
Correlações	-0,6112	-0,2268	0,7510	
EMAn (Frangos de corte 26-33 dias)				
-14495,90	510,87	458,69	162,88	0,58
Correlações	-0,5255	0,0598	0,6303	
EMAn (Frangos de corte 40-47 dias)				
6230,63	270,89	165,37	90,49	0,94
2089,99	136,43	-----	55,54	0,69
Correlações	-0,3261	-0,1324	0,6604	
EMAn (Galos)				
-5117,63	27,74	194,03	83,28	0,93
901,07	-----	57,68	30,85	0,69
1177,12	-----	-----	30,20	0,64
Correlações	-0,7114	0,2283	0,8252	

<sup>1</sup>PBD= proteína bruta digestível, EED = extrato etéreo digestível, ENND = extrato não nitrogenado digestível.

As equações com apenas duas variáveis, EED e ENND, apresentaram a melhor estimativa da energia metabolizável para os frangos de corte na fase de 10-17 dias de idade, explicando 71% da variação, mostrando que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser aplicado na estimativa da energia dos alimentos. Para a fase de 26-33 dias, apenas uma equação apresentou variáveis significativas pelo teste T a 5% de significância, apresentando um R<sup>2</sup> de apenas 58%.

A PBD correlacionou-se negativamente com a EMAn estimada pelas equações nas fases de 10-17 dias (61,12%) e 26-33 dias (52,55%). O EED apresentou correlação positiva para a fase de 26-33 dias (5,98%) e negativa para 10-

17 dias (22,62%). O ENND correlacionou-se positivamente com a energia estimada (75,10%) para a fase de 10-17 dias. Na fase subsequente, a correlação foi de 63,03%.

Os melhores coeficientes de determinação foram observados para as equações contendo as variáveis PBD, EED e ENND ( $R^2 = 94\%$ ) para a fase de 40-47 dias dos frangos e PBD, EED e ENND ( $R^2 = 93\%$ ), para os galos. Correlações negativas foram observadas entre a EMAn e a PBD, 32,61% e 71,14%, para a fase de 40-47 dias dos frangos e para os galos, respectivamente. O EED apresentou correlação negativa com a EMAn para os frangos com 40-47 dias (13,24%) e positiva para os galos (22,83%). O ENND apresentou correlações positivas, 66,04% e 82,52%, para os frangos de corte dos 40-47 dias e galos, respectivamente.

Na Tabela 17 estão apresentadas as equações de predição dos valores energéticos dos alimentos de origem animal, a partir dos valores dos nutrientes digestíveis da PB, EE e ENN, para os frangos de corte na fase de 10-17 dias de idade.

Tabela 17 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de alimentos de origem animal determinados com frangos de corte aos 10-17 dias de idade, em função dos nutrientes digestíveis.

Constante	PBD	EED	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 10-17 dias)			
91,65	65,41	133,89	0,96
2415,38	-----	125,60	0,72
Correlações	0,3570	0,8667	

<sup>1</sup>PBD= proteína bruta digestível, EED = extrato etéreo digestível.

As equações preditas para os frangos de corte nas fases de 26-33 e 40-47 dias de idade e para os galos, a partir dos alimentos de origem animal, não apresentaram nenhuma variável significativa pelo Teste T a 5 % de significância.

Melhores coeficientes de determinação foram observados para a equação contendo todas as variáveis no modelo, com  $R^2$  de 96%. Ambas as variáveis componentes das equações definidas tiveram correlação positiva com a energia metabolizável, sendo 35,70% para a PBD e 86,67% para o EED.

#### 4. CONCLUSÕES

Foram observadas diferenças nos coeficientes de digestibilidade para os nutrientes matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e extrato não nitrogenado de acordo com a idade das aves. Os coeficientes se comportaram de maneira distinta em relação à idade das aves em cada alimento avaliado para cada nutriente estudado.

As melhores equações para estimar os valores de energia metabolizável dos alimentos de origem vegetal a partir da composição química para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias dos frangos de corte e para os galos, respectivamente, foram:  $EMAn = -8755,28 + 164,26 PB - 321,47 FB + 47,37 FDN + 151,76 EE$  ( $R^2 = 99\%$ );  $EMAn = -5192,32 + 113,20 PB - 157,34 FB + 81,00 EE + 282,36 MM + 85,69$  amido ( $R^2 = 96\%$ );  $EMAn = 5351,92 - 35,40 PB - 234,63 FB - 143,71 FDA - 138,03 EE + 321,33 MM$  ( $R^2 = 99\%$ ) e  $EMAn = 2488,81 - 230,13 FB + 191,93 MM + 19,17$  amido ( $R^2 = 98\%$ ).

Para os alimentos de origem animal as melhores equações para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias com frangos e com galos foram respectivamente:  $EMAn = 11053,3 - 69,93 PB - 41,99 EE - 255,80 MM$  ( $R^2 = 94\%$ );  $EMAn = -7184,50 + 112,91 PB + 113,33 EE + 118,90 MM$  ( $R^2 = 63\%$ );  $4600,32 - 15,32 PB + 27,13 EE$  ( $R^2 = 81\%$ ) e  $EMAn = 3064,16 + 62,81 EE$  ( $R^2 = 84\%$ ).

As melhores equações determinadas a partir dos nutrientes digestíveis para os alimentos de origem vegetal para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias com frangos e com galos foram, respectivamente:  $EMAn = 663,75 + 4,43 PBD - 106,99 EED + 39,10 ENND$  ( $R^2 = 67\%$ );  $EMAn = -14495,90 + 510,87 PBD + 458,69 EED + 162,88 ENND$  ( $R^2 = 58\%$ );  $EMAn = 6230,63 + 270,89 PBD + 165,37 EED + 90,44$

ENND ( $R^2 = 94\%$ ) e EMAn =  $-5117,63 + 27,74 \text{ PBD} + 194,03 \text{ EED} + 83,28 \text{ ENND}$  ( $R^2 = 93\%$ ).

Para os alimentos de origem animal, nenhuma variável foi significativa nas equações determinadas a partir dos nutrientes digestíveis para as fases de 26-33 e 40-47 dias dos frangos e para os galos. A melhor equação determinada para a fase de 10-17 dias dos frangos foi: EMAn =  $91,65 + 65,41 \text{ PBD} + 133,89 \text{ EED}$  ( $R^2 = 96\%$ ).

## **CAPÍTULO 2**

### **DIGESTIBILIDADE DOS NUTRIENTES E EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE ALGUNS ALIMENTOS DE ORIGEM VEGETAL PARA AVES**

#### **1. INTRODUÇÃO**

O desenvolvimento da avicultura brasileira se deve à evolução genética alcançada pelas linhagens atuais de frangos de corte, às melhorias no manejo e ambiência e, principalmente, ao conhecimento do conteúdo nutricional dos ingredientes utilizados nas formulações das rações e das exigências nutricionais das aves.

A importância da contínua avaliação de ingredientes baseia-se na necessidade de se manter atualizado um banco de dados que permita melhorar as estimativas das médias dos nutrientes que estão suprindo as dietas das aves. Portanto, é necessário o contínuo desenvolvimento de pesquisas com o objetivo de determinar o valor nutricional dos alimentos proporcionando, assim, informações que permitam aos nutricionistas formularem rações mais eficientes e que possibilitem às aves expressar todo o seu potencial genético.

A possibilidade de se utilizarem equações para predizer os valores energéticos dos alimentos tem sido objetivo de pesquisas, ou seja, vários

pesquisadores têm desenvolvido equações para estimar a energia metabolizável através de sua composição proximal. Portanto, as equações de predição são importantes para complementar os valores das tabelas, também se aplicando como complementares ao conhecimento dos ingredientes existentes no Brasil, já que os valores obtidos na análise dos ingredientes diferem, em alguns pontos, dos valores obtidos nas tabelas estrangeiras.

Assim, a disponibilidade de equações de predição, método indireto de determinação de EM, através do uso de parâmetros químicos e físicos dos alimentos, pode ser importante para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, de tal forma que se possam corrigir os valores energéticos, de acordo com as variações da composição química das rações.

Deste modo, objetivou-se com este trabalho, determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo e do extrato não nitrogenado de alguns alimentos, com frangos de corte de diferentes idades e com galos adultos. A partir destes dados, juntamente com a composição química dos alimentos avaliados, obter equações para predizer os valores de energia metabolizável aparente corrigida destes alimentos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados quatro ensaios de metabolismo no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de novembro de 2006 a fevereiro de 2007.

Três ensaios foram conduzidos com frangos de corte aos 10-17; aos 26-33 e aos 40-47 dias de idade e um ensaio com galos na 25<sup>a</sup> semana de idade. O período experimental foi de oito dias, sendo três de adaptação às rações e gaiolas e cinco de coleta das excretas de cada unidade experimental, a qual foi realizada duas vezes ao dia. Foi utilizado o método de coleta total de excretas. As rações e água foram fornecidas à vontade durante as fases de adaptação e de coleta.

As aves foram criadas até o início da primeira fase experimental e nos intervalos entre cada fase, em círculos de proteção, período no qual receberam uma ração à base de milho e de farelo de soja, formulada de acordo com as recomendações de ROSTAGNO et al. (2005) para cada fase avaliada. Antes da transferência às gaiolas metabólicas em cada fase experimental, as aves foram devidamente pesadas.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado. Foram testados dez alimentos e uma ração referência (Tabela 1) com um total de onze tratamentos. Foram utilizadas seis repetições por tratamento. Os tratamentos foram constituídos de uma ração referência e os alimentos teste farelo de soja 45%, farelo de soja 48%, soja integral extrusada, soja integral desativada, soja integral micronizada, farinha de soja desativada, concentrado protéico de soja, farelo de

glúten de milho 21%, gérmen de milho e quirera de arroz, os quais substituíram em 30 % a ração referência.

Foram utilizados pintos de corte machos da linhagem Cobb, sendo 528 aves com peso médio de 239 gramas no primeiro ensaio; 396 aves com peso médio de 1130 gramas no segundo ensaio e 198 aves com peso médio de 2318 gramas no terceiro ensaio. Utilizaram-se oito, seis e quatro aves por unidade experimental, respectivamente para o primeiro, segundo e terceiro ensaios experimentais.

Tabela 1 - Composição da ração referência utilizada no 1º, 2º e 3º ensaios, em percentagem da matéria natural.

Ingredientes	%
Milho	61,49
Farelo de Soja	32,41
Óleo de Soja	1,93
Fosfato Bicálcico	1,85
Calcário	0,91
Sal Comum	0,51
L-lisina HCl (98%)	0,32
DL-metionina (99%)	0,26
Mistura Vitamínica <sup>1</sup>	0,10
Cloreto de Colina 60%	0,10
Mistura Mineral <sup>2</sup>	0,05
Salinomicina 12 % <sup>3</sup>	0,05
Avilamicina 10% <sup>4</sup>	0,01
Antioxidante (BHT)	0,01
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada</b>	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.000
Proteína Bruta (%)	20,00
Lisina digestível (%)	1,2
Metionina digestível (%)	0,54
Metionina + Cistina digestível (%)	0,82
Treonina digestível (%)	0,67
Triptofano digestível (%)	0,22
Cálcio (%)	0,90
Fósforo disponível (%)	0,45
Sódio (%)	0,22

<sup>1</sup> Composição por kg do produto: vit. A, 12.000.000 UI; vit. D3, 2.200.000 UI; vit. E 30.000 UI; vit. B1, 2.200mg; vit B2, 6.000 mg; vit. B6, 3.300mg; ác. pantotênico, 13.000mg; biotina, 110mg; vit. K3, 2.500 mg; ácido fólico, 1.000mg; ácido nicotínico 53.0000 mg; niacina, 25.000 mg; vit. B12, 16.000 µg; selênio, 0,25 g; antioxidante 120.000 mg; e veículo QSP., 1.000g.

<sup>2</sup> Composição por kg do produto: manganês, 75.000 mg; ferro, 20000 mg; zinco, 50.000 mg; cobre, 4.000 mg; cobalto, 200 mg; iodo 1.500 mg e veículo qsp, 1.000 g

<sup>3</sup> Anticoccidiano (coxistac).

<sup>4</sup> Promotor de crescimento (Surmax).

No quarto ensaio foram utilizados 132 galos Leghorn, com peso médio de 2.172 gramas, também distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com onze tratamentos, seis repetições e duas aves por unidade experimental. As aves foram criadas em piso até 25 semanas de idade, recebendo ração para cada fase, segundo ROSTAGNO et al. (2005), quando então foram transferidas para as gaiolas metabólicas iniciando o período experimental. As aves receberam as rações experimentais com os alimentos a serem testados e a ração referência (Tabela 2).

Tabela 2 - Composição da ração referência utilizada no ensaio com galos, em percentagem da matéria natural.

Ingredientes	%
Milho	81,34
Farelo de soja	15,12
Fosfato Bicálcico	1,39
Calcário	0,46
L-lisina HCl (98%)	0,43
Sal Comum	0,41
DL-metionina (99%)	0,24
L-treonina	0,20
L-triptofano	0,10
Mistura Vitamínica <sup>1</sup>	0,10
Cloreto de Colina 60%	0,10
Mistura Mineral <sup>2</sup>	0,05
Salinomicina 12 % <sup>3</sup>	0,05
Antioxidante (BHT)	0,01
<b>Total</b>	<b>100,00</b>
<b>Composição calculada</b>	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	2.750
Proteína Bruta (%)	14,03
Lisina digestível (%)	0,50
Metionina + cistina digestível (%)	0,50
Treonina digestível (%)	0,40
Triptofano digestível (%)	0,15
Cálcio (%)	0,60
Fósforo disponível (%)	0,35
Sódio (%)	0,20

<sup>1</sup> Composição por kg do produto: vit. A, 12.000.000 UI; vit. D3, 2.200.000 UI; vit. E 30.000 UI; vit. B1, 2.200mg; vit B2, 6.000 mg; vit. B6, 3.300mg; ác. pantotênico, 13.000mg; biotina, 110mg; vit. K3, 2.500 mg; ácido fólico, 1.000mg; ácido nicotínico 53.0000 mg; niacina, 25.000 mg;vit. B12, 16.000 µg; selênio, 0,25 g; antioxidante 120.000 mg; e veículo QSP., 1.000g.

<sup>2</sup> Composição por kg do produto: manganês, 75.000 mg; ferro, 20000 mg; zinco, 50.000 mg; cobre, 4.000 mg; cobalto, 200 mg; iodo 1.500 mg e veículo qsp, 1.000 g.

<sup>3</sup> Anticoccidiano (coxistac).

Foram determinados, em todos os ensaios, os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína, extrato etéreo e extrato não nitrogenado de cada alimento testado. Para facilitar a coleta e evitar perdas, foram utilizadas bandejas forradas por plásticos, colocadas sob cada gaiola. O consumo de ração de cada unidade experimental, durante o período de coleta, foi registrado e as excretas coletadas, em toda a fase experimental, acondicionadas em sacos plásticos, devidamente identificados e armazenadas em freezer até o período final de coleta.

No final do período experimental, as excretas foram descongeladas, à temperatura ambiente, e homogeneizadas por repetição. As amostras foram posteriormente pré-secas em estufa com ventilação forçada a 55°C por 72 horas para a realização das análises laboratoriais.

Para cada alimento e a ração referência foram determinados os teores de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), fibra bruta (FB), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), matéria mineral (MM), cálcio e fósforo segundo as técnicas descritas por SILVA & QUEIROZ (2002). Foram também realizadas análises de MS, PB e EE das excretas. No cálculo do extrativo não nitrogenado (ENN) foi utilizada a equação descrita por Janssen (1989), onde ENN = matéria seca - (proteína bruta + gordura + fibra bruta + matéria mineral). O amido foi determinado pelo método colorimétrico de Somogy-Nelson, descrito por NELSON (1944).

Todas as análises foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, com exceção do amido, o qual foi analisado no Departamento de Ciências dos Alimentos da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

Para todos os ensaios foram determinados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína, extrato etéreo e extrato não nitrogenado para cada alimento avaliado. Uma vez obtidos os resultados de análises laboratoriais das rações e das excretas, foram calculados os coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos segundo as equações propostas por MATTERSON (1965):

$$\text{CDRT} = \frac{\text{Nut ing} - \text{Nut exc}}{\text{Nut ing}} \times 100$$

$$\text{CDRR} = \frac{\text{Nut ing} - \text{Nut exc}}{\text{Nut ing}} \times 100$$

$$\text{CD alimento} = \text{CDRR} + \frac{\text{CDRT} - \text{CDRR}}{\% \text{substituição}}$$

Onde:

CDRT = coeficiente de digestibilidade da ração teste

CDRR = coeficiente de digestibilidade da ração referência

Nut ing = nutriente ingerido

Nut exc = nutriente excretado

Para correção dos valores de excreção de proteína foi determinado o conteúdo em ácido úrico presente nas excretas, através do procedimento descrito por RODRIGUEIRO (2001). A quantidade de nitrogênio presente no ácido úrico foi subtraída do teor de nitrogênio das excretas, conforme as equações a seguir:

$$\text{N ácido úrico} = \text{ácido úrico} \times \frac{33.31}{100}$$

$$\text{N corrig. ácido úrico} = \text{N ASA} - \text{N ácido úrico}$$

$$\text{Proteína excreta corrig. ácido úrico} = \text{N corrig. ácido úrico} \times 6,25$$

Onde:

N ác. úrico = teor de nitrogênio presente no ácido úrico

N corrig. ác. úrico = nitrogênio corrigido para o ácido úrico

NASA = teor de nitrogênio da amostra seca ao ar

As análises estatísticas foram processadas por meio do software estatístico SISVAR descrito por FERREIRA (2000). Foi realizada uma análise de variância conjunta dos dados, para verificação dos possíveis efeitos das diferentes idades, fixando os tratamentos, sobre os valores dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e extrato não nitrogenado, foi utilizado o teste de Student Newman-Keuls a 5% de probabilidade.

Após determinada a composição química dos alimentos, a digestibilidade aparente e obtidos os valores energéticos (EMAn) determinados nos ensaios 1, 2, 3 e 4 respectivamente, foram estimadas equações para prever a energia metabolizável

aparente corrigida desse grupo de alimentos. Os valores de EMAn utilizados foram compilados de CALDERANO (2008).

As equações foram determinadas a partir dos dados de composição química dos alimentos e dos valores de nutrientes digestíveis, calculados a partir dos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e da composição química dos alimentos.

Foram determinadas as equações a partir de regressões lineares simples e múltiplas, utilizando-se o Método de Eliminação Indireta ou Backward, através do pacote SAEG- versão 9.1 (Sistema para Análises Estatísticas e Genéticas – UFV, 2005). As equações foram desenvolvidas passo a passo pelo método citado, e somente foram consideradas aquelas em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo. Adotou-se o Teste T e significância de 5% de probabilidade para cada variável componente do modelo. Somente foram consideradas as equações em que todas as variáveis independentes apresentassem significância no modelo.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **3.1 Coeficientes de digestibilidade aparente dos alimentos**

Na Tabela 3 estão apresentados os coeficientes de digestibilidade total da matéria seca (CDMS) dos alimentos testados.

Tabela 3 - Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDMS) de alguns alimentos de origem vegetal determinados com frangos de corte aos 11-17; 27-33; 41-47 dias de idade e com galos adultos<sup>1</sup>.

Alimento	CDMS				
	Idade das aves			Galos	Média RR
10-17	26-33	40-47			
Milho	70,28a	72,11a	73,03a	71,45a	71,71
Farelo de Soja	70,95a	71,69a	73,50a	71,60 <sup>a</sup>	71,93
Sorgo	72,27ab	71,57b	74,56a	73,03ab	72,85
Farelo de Trigo	69,23b	72,61a	73,99a	73,67a	72,36
Farelo de Arroz	72,64b	74,26ab	76,53a	75,14ab	74,63
Farinha de Vísceras 1	69,54b	71,55ab	73,77a	71,69ab	71,62
Farinha de Vísceras 2	70,13b	71,22b	74,75a	70,48b	71,38
Farinha de Penas 1	68,65b	70,22b	72,74a	69,74b	70,33
Farinha de Penas 2	73,38b	75,01ab	76,59a	69,74c	74,79
Plasma Sanguíneo	81,19a	83,57b	85,34b	84,02b	83,53
CV (%)	1,87				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls (P<0,05).

Com exceção dos farelos de soja 45 e 48%, todos os outros CDMS foram estatisticamente diferentes em função da idade, ao nível de 5% de significância pelo teste de Student Newman Keuls, para os frangos de corte, sendo que os valores foram superiores para aves mais velhas.

Sabe-se que a capacidade digestiva das aves varia em função da idade, ocorrendo uma melhoria do aproveitamento dos nutrientes com o avanço da idade, em função do desenvolvimento do sistema digestivo.

NUNES et al. (2003) encontraram valores superiores de CDMS aos encontrados neste trabalho para duas amostras de farelo de soja (87,97; 89,20) e para o glúten de milho 21% (84,41). No entanto, essas variações observadas nos CDMS entre o presente trabalho e a literatura possivelmente podem ter sido resultado dos diferentes tipos de processamento para extração do farelo de soja, o que pode levar a resultados variados de digestibilidade dos nutrientes.

Observando os CDMS para os galos, percebe-se que os valores de CDMS foram iguais estatisticamente a todas as idades com frangos para os alimentos farelo

de soja 45%, farelo de soja 48%, soja integral extrusada, soja integral micronizada e farinha de soja desativada. Para os demais alimentos, os CDMS apresentaram comportamentos diferentes, sendo inferiores da fase de 40-47 dias e iguais às demais fases com frangos para o concentrado protéico de soja e o glúten de milho; igual à fase de 26-33 e 40-47 dias e superior à fase de 10-17 dias para a soja integral desativada; semelhante às fases de 26-33, 40-47 e inferior à fase de 10-17 dias para a quirera de arroz e, por último, inferior à todas as fases com frangos para o gérmen de milho.

Na Tabela 4, estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDPB), determinados com frangos de corte nas idades de 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos adultos.

Tabela 4 - Coeficientes de digestibilidade aparente da proteína bruta (CDPB) de alimentos de origem vegetal determinados com frangos de corte aos 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos adultos <sup>1</sup>.

Alimento	CDPB				
	Idade das aves			Galos	Média RR
10-17	26-33	40-47			
Milho	56,56b	61,45a	61,40a	41,14c	52,21
Farelo de Soja	52,50a	56,49a	54,02a	36,26b	49,60
Sorgo	52,46c	67,52a	61,87b	53,75c	56,00
Farelo de Trigo	49,32b	64,37a	64,61a	47,19b	55,80
Farelo de Arroz	54,09c	69,38a	69,38a	58,48b	58,94
Farinha de Visceras 1	40,36c	60,65a	61,58a	44,42b	50,30
Farinha de Visceras 2	52,54b	53,78b	57,98a	53,51b	51,80
Farinha de Penas 1	64,31b	75,62a	73,11a	58,20c	66,53
Farinha de Penas 2	73,39c	87,12a	77,67b	65,80d	70,50
Plasma Sanguíneo	75,43b	88,04a	86,03a	67,97c	79,39
CV (%)	3,68				

<sup>1</sup> Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls (P<0,05).

Para os frangos de corte, houve efeito da idade (P<0,05) sobre os CDPB para o farelo de soja 45%, soja integral extrusada, soja integral desativada, soja integral micronizada, farinha de soja desativada, concentrado protéico de soja, glúten de

milho 21, gérmen de milho e quirera de arroz, sendo que aves mais velhas apresentaram melhores CDPB, exceto para a soja integral extrusada e o gérmen de milho, os quais apresentaram melhor CDPB para a fase de 26-33 dias de idade.

Segundo SOARES et al. (2005), os pintos nas primeiras semanas de vida, ainda não estão completamente desenvolvidos fisiologicamente e, dessa forma, apresentam melhor digestibilidade dos nutrientes com o avançar da idade, o que influencia na superioridade dos valores energéticos. Essa maior digestibilidade dos nutrientes pelas aves adultas está provavelmente relacionada ao maior tempo de permanência dos nutrientes sob a ação enzimática.

Os galos apresentaram piores coeficientes de digestibilidade que aves mais jovens.

Os coeficientes de digestibilidade total da proteína bruta do farelo de soja 45% foram inferiores aos encontrados por NUNES (2003), o qual relata digestibilidades da PB para aves de 92,04% e 93,33% para tal alimento. O glúten de milho 21% apresentou CDPB superior ao encontrado por NUNES (2003), de 84,81%.

Na Tabela 5, podem-se observar os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDEE) dos alimentos avaliados.

Tabela 5 - Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato etéreo (CDEE) de alguns alimentos, determinados com frangos de corte aos 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos adultos <sup>1</sup>.

Alimento	CDEE				
	Idade das aves				
	10-17	26-33	40-47	Galos	Média RR
Milho	90,12ab	92,25a	84,62b	91,10ab	88,10
Farelo de Soja	89,06a	87,54a	86,36a	90,10a	88,50
Sorgo	84,16a	84,48a	82,45a	87,93a	81,77
Farelo de Trigo	84,10a	78,56a	84,53a	84,35a	84,25
Farelo de Arroz	87,12a	84,51a	84,72a	86,46a	83,51
Farinha de Visceras 1	96,10a	85,01b	90,17ab	90,43ab	90,28
Farinha de Visceras 2	91,31a	86,37a	93,47a	92,78a	91,14
Farinha de Penas 1	82,31a	86,37a	85,57a	87,09a	83,89
Farinha de Penas 2	85,65a	87,52a	81,25a	83,77a	84,67
Plasma Sanguíneo	89,53a	88,22a	91,44a	92,77a	89,64
CV (%)	3,87				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls (P<0,05).

Para os frangos de corte, houve efeito da idade apenas nos CDEE dos alimentos farelo de soja 45% e farinha de soja desativada. Os CDEE foram iguais entre as fases de 10-17 e 26-33 dias e entre as fases de 10-17 e 40-47 dias. A fase de 40-47 dias apresentou coeficiente inferior a 26-33 dias.

Os galos apresentaram coeficientes iguais estatisticamente às demais fases com frangos de corte.

Na Tabela 6, estão apresentados os coeficientes de digestibilidade aparente do extrato não nitrogenado (CDENN) dos alimentos, determinados com frangos de corte e galos.

Tabela 6 - Coeficientes de digestibilidade aparente do extrato não nitrogenado (CDENN) de alimentos de origem vegetal, determinados com frangos de corte aos 10-17; 26-33; 40-47 dias de idade e com galos adultos (valores expressos com base na matéria seca).

Alimento	CDENN				
	Idade das aves				Média RR
	10-17	26-33	40-47	Galos	
Milho	96,84c	98,06b	98,79ab	99,51a	98,31
Farelo de Soja	96,59c	98,11b	99,30a	99,62a	98,41
Sorgo	96,96c	97,22c	98,43b	99,47a	98,04
Farelo de Trigo	96,30d	97,63c	98,50b	99,58a	98,02
Farelo de Arroz	96,46b	97,05b	98,39a	99,14a	97,78
Farinha de Visceras 1	96,43c	97,44b	98,72a	99,49a	98,03
Farinha de Visceras 2	98,06b	98,99a	99,65a	99,04a	98,94
Farinha de Penas 1	94,16b	95,16b	96,70a	97,05a	95,74
Farinha de Penas 2	95,02c	96,00b	97,30a	97,45a	96,44
Plasma Sanguíneo	98,05b	98,55ab	98,52ab	99,33a	98,21
CV (%)	0,5				

<sup>1</sup>Médias seguidas por letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste Student Newman-Keuls ( $P < 0,05$ ).

Os CDENN do farelo de soja 45% foram inferiores aos observados por NUNES (2003), de 99,68 e 100%. Do contrário, o glúten de milho 21% apresentou CDENN superior ao observado por NUNES (2003), de 84,68%.

O ENN é composto por amido, pectina e hemicelulose. Portanto, os alimentos fibrosos apresentam fração significativa destas substâncias, o que pode levar à superestimação dos valores de ENN quantificados nos alimentos. Os valores encontrados neste trabalho possivelmente estão superestimados, necessitando de novas experimentações.

Para os frangos de corte, em todos os alimentos avaliados, exceto a quirera de arroz, houve diferença significativa ( $P < 0,05$ ) dos coeficientes de digestibilidade em relação à idade das aves. Aves mais velhas apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade. Estes resultados corroboram com os resultados obtidos por BATAL e PARSONS (2002), os quais afirmaram que a digestibilidade dos nutrientes aumenta com a idade, causando o aumento da EMAn. Aves mais jovens, por possuírem o sistema digestivo ainda em desenvolvimento, apresentam menor capacidade de produção de enzimas e secreções gastrintestinais. SAKOMURA et al. (2004) observaram aumento na atividade da amilase, da tripsina e da lipase com o avançar

da idade das aves, onde a fase de maior aumento de atividade ocorreu entre a 1<sup>a</sup> e 2<sup>a</sup> semanas de idade. Segundo os autores esse aumento de atividade pode ser associado ao crescimento alométrico do pâncreas, aumentando a produção das enzimas digestivas e conseqüentemente melhorando o aproveitamento da energia dos alimentos.

### **3.2 Equações de predição da energia metabolizável aparente corrigida**

Nas Tabelas 7 e 8, respectivamente, podem ser observados a composição química e os valores de EMAn utilizados na elaboração das equações de predição da energia metabolizável dos alimentos estudados, compilados de CALDERANO (2008).

Tabela 7- Composição química e valores de energia bruta dos alimentos, expressos na matéria natural <sup>1</sup>

Alimentos	MS (%)	PB (%)	EE (%)	MM (%)	Ca (%)	P (%)	FB (%)	FDN (%)	FDA (%)	EB (kcal/kg)	Amido (%)	ENN
Farelo de Soja 45%	89,54	45,61	1,91	5,56	0,23	0,55	5,71	13,75	7,19	4154	12,79	30,75
Farelo de Soja 48%	89,25	48,14	1,46	6,02	0,30	0,60	4,64	10,25	8,07	4164	8,54	28,99
Soja Integral Extrusada	93,95	37,07	17,67	4,41	0,21	0,45	7,72	16,76	10,67	5139	9,16	27,08
Soja Integral Desativada	90,67	36,24	18,69	4,48	0,21	0,43	9,89	26,01	18,51	5182	8,63	21,37
Soja Integral Micronizada	93,83	39,28	21,72	4,60	0,17	0,50	1,46	11,70	5,46	5348	8,63	26,77
Farinha de Soja Desativada	93,00	50,39	0,97	6,16	0,23	0,53	1,76	9,23	5,43	4254	10,20	33,72
Concentrado Protéico de Soja	90,79	63,42	0,50	5,74	0,27	0,76	4,82	15,82	3,15	4327	8,31	16,31
Farelo de Glúten de Milho 21%	90,66	19,54	2,96	4,63	0,04	0,62	8,44	38,26	11,81	4042	41,97	55,09
Gérmen de Milho	90,05	10,39	12,09	2,74	0,04	0,43	6,42	38,01	8,35	4407	52,52	58,41
Quirera de Arroz	88,01	6,77	0,62	0,65	0,03	0,19	0,46	7,65	2,09	3660	74,66	79,51

<sup>1</sup> Matéria Seca (MS), Proteína Bruta (PB), Extrato Etéreo (EE), Matéria Mineral (MM), Cálcio (Ca), Fósforo (P), Fibra Bruta (FB), Fibra em Detergente Neutro (FDN), Fibra em Detergente Ácido (FDA), Energia Bruta (EB), Extrato não nitrogenado (ENN).

Tabela 8 - Valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de acordo com a idade das aves, expressos na matéria seca.

Alimentos	EMAn (Kcal/kg)			Galos	Média
	10 -17 dias	26 – 33 dias	40 – 47 dias		
Farelo de Soja 45%	2310	2399	2538	2492	2435
Farelo de Soja 48%	2481	2493	2599	2518	2523
Soja Integral Extrusada	3536	3545	3625	3718	3606
Soja Integral Desativada	3326	3382	3462	3736	3477
Soja Integral Micronizada	3791	3877	4079	4123	3968
Farinha de Soja Desativada	2465	2525	2708	2690	2597
Concentrado Protéico de Soja	2594	2642	2763	2738	2684
Farelo de Glúten de Milho 21%	2014	2076	2327	2142	2140
Gérmen de Milho	2893	3069	3248	3145	3089
Quirera de Arroz	3371	3442	3518	3438	3442
Média Ração Referência	3082	3060	3164	3186	

Fonte: CALDERANO (2008).

As equações elaboradas a partir dos dados de composição química podem ser vistas nas Tabelas 9 e 10.

Tabela 9 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de farelos de soja e sojas processadas, determinados com frangos de corte aos 10-17 e 26-33 dias de idade, em função da composição dos alimentos<sup>1</sup> (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	PB	FB	FDA	FDN	EE	MM	Amido	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 10-17 dias)								
4216,57	- 10,07	-1,36	-29,21	1,34	47,18	-45,37	-66,97	0,98
4224,63	-10,53	-----	-30,16	1,30	47,23	-41,08	-67,81	0,98
4170,26	-9,35	-----	-2,86	-----	47,96	-44,88	-66,18	0,99
3836,04	-9,35	-----	-29,21	-----	52,30	-----	-62,49	0,99
3057,47	-----	-----	-24,97	-----	60,74	-----	-44,31	0,98
2580,64	-----	-----	-26,81	-----	64,39	-----	-----	0,97
2402,22	-----	-----	-----	-----	57,24	-----	-----	0,92
Correlações	-0,7513	0,0646	0,2763	0,2530	0,9627	-0,9226	-0,5240	-----
EMAn (Frangos de corte 26-33 dias)								
1950,59	8,87	-3,57	-11,12	-4,77	69,24	76,78	-33,28	0,97
1972,49	7,57	-----	-13,63	-4,87	69,34	87,96	-35,48	0,98
2177,01	3,16	-----	-19,53	-----	66,58	102,13	-41,57	0,98
2441,21	-----	-----	-20,96	-----	63,70	101,94	- 47,73	0,98
3199,76	-----	-----	-19,53	-----	53,88	-----	-56,12	0,98
2595,85	-----	-----	-21,86	-----	58,49	-----	-----	0,95
2450,38	-----	-----	-----	-----	52,66	-----	-----	0,91
Correlações	-0,7135	0,0980	0,2972	0,3044	0,9602	-0,8991	-0,5599	-----

<sup>1</sup> PB = proteína bruta, FB= fibra bruta, FDA= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido, EE= extrato etéreo, MM = matéria mineral.

Tabela 10 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de farelos de soja e sojas processadas, determinados com frangos de corte (40-47 dias) e galos adultos, em função da composição dos alimentos<sup>1</sup> (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	PB	FB	FDA	FDN	EE	MM	Amido	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 40-47 dias)								
2830,99	7,95	-29,82	-9,20	-0,63	63,96	-32,89	-26,82	0,93
2857,14	7,40	-29,86	-9,94	-----	63,60	-31,19	-27,58	0,94
2699,39	6,53	-27,46	-12,02	-----	65,91	-----	-27,21	0,95
3250,62	-----	-18,61	-19,60	-----	60,29	-----	-41,74	0,95
3266,74	-----	-----	-29,31	-----	60,90	-----	-45,63	0,95
2775,67	-----	-----	-31,22	-----	64,65	-----	-----	0,94
2567,95	-----	-----	-----	-----	56,33	-----	-----	0,88
Correlações	-0,7108	0,0193	0,2363	0,2381	0,9416	-0,8945	-0,5219	-----
EMAn (Galos)								
3120,82	-2,86	-29,92	-22,26	18,68	64,47	-4,03	-33,22	0,98
3105,96	-3,06	-29,64	-22,62	18,78	64,69	-----	-33,29	0,98
2875,25	-----	-30,92	-18,98	16,69	67,47	-----	-27,66	0,98
2553,39	-----	-39,94	-18,41	20,80	69,09	-----	-----	0,98
2545,50	-----	-60,18	-----	19,70	66,32	-----	-----	0,97
2687,30	-----	-33,24	-----	-----	68,78	-----	-----	0,97
2524,03	-----	-----	-----	-----	65,73	-----	-----	0,94
Correlações	-0,7518	0,1132	0,3213	0,3390	0,9728	-0,9269	-0,4982	-----

<sup>1</sup> PB = proteína bruta, FB= fibra bruta, EE= extrato etéreo, FDA= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido, EE= extrato etéreo, MM = matéria mineral.

Verifica-se, nas equações determinadas, que o EE apresentou alta correlação com a EMAn, a qual variou de 94,16 % a 97,28 % nas quatro fases avaliadas. Em seguida, a FDN e FDA, também apresentaram correlação positiva com a EMAn estimada, apesar de mais baixos valores. O FDN apresentou correlação variando de 23,81% na fase de 40-47 dias a 33,90% para os galos. Já o FDA apresentou correlação variando de 23,63 % na fase de 41-47 dias a 32,13 % nos galos.

RODRIGUES et al. (2002) também verificaram alta correlação positiva (88,55%) entre o EE e a EMAn estimadas para a soja e subprodutos.

No presente trabalho, as variáveis combinadas em todas as equações explicaram mais de 88% da variabilidade nos valores de EMAn. A PB, a MM e o amido apresentaram uma correlação negativa com os valores energéticos variando entre PB (71,08 a 75,18%); MM de 89,45% a 92,69% e por último o amido variou de 49,82 a 55,99%.

As equações compostas por quatro ou mais variáveis no modelo explicaram 95% ou mais da variação nos valores de EMAn. Entretanto, as equações compostas por apenas duas variáveis, FDA e EE nas fases de 10-17; 26-33 e 40-47 dias e FB e EE nos galos, explicaram respectivamente 97, 95, 94 e 97 % das variações, mostrando que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos.

RODRIGUES et al. (2002), estimando equações para determinar a EMAn de alguns farelos de soja e sojas processadas para frangos de corte em crescimento (22 a 26 dias de idade) verificaram que as equações compostas por quatro variáveis explicaram 94% ou mais da variação nos valores de EMAn e que as equações compostas por duas variáveis (EE e FB) explicaram 93% das variações, concluindo que o ajuste de um modelo com duas variáveis independentes pode ser bem aplicado na estimativa da energia dos alimentos.

Nas Tabelas 11 e 12 estão apresentadas as estimativas dos valores de EMAn dos alimentos avaliados, juntamente com a média da soma do quadrado dos desvios das estimativas.

Tabela 11 - Estimativas dos valores de EMAn de alguns alimentos de origem vegetal, determinados com frangos de corte nas idades de 10 a 17 e 26 a 33 dias de idade, através das equações de predição em função da composição química dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca).

10-17 dias				
EMAn1= 4224,63 - 10,53 PB - 30,16 FDA + 1,3 FDN + 47,23 EE - 41,08 MM - 66,97 amido $R^2 = 0,98$				
EMAn2= 4170,26 - 9,35 PB - 2,86 FDA + 47,96 EE- 44,88 MM - 66,18 amido $R^2 = 0,98$				
EMAn3= 3836,04- 9,35 PB - 29,21 FDA + 52,3 EE - 62,49 amido $R^2 = 0,99$				
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Farelo de Soja 45	2555	2343	2549	2343
Farelo de Soja 48	2775	2550	2782	2554
Soja integral extrusada	3792	3524	3815	3509
Soja integral desativada	3565	3350	3875	3348
Soja integral micronizada	4080	3893	4043	3909
Farinha de soja desengordurada	2793	2525	2674	2527
Concentrado protéico de soja	2949	2552	2644	2537
Média EMAn	3216	2962	3197	2961
SQD <sup>2</sup>		477.990	205.324	490.471
Média SQD <sup>2</sup>		68.284	29.332	70.067
26-33 dias				
EMAn1= 1972,49 + 7,57 PB - 13,63 FDA- 4,87 FDN + 69,34 EE + 87,96 MM -35,48 amido $R^2 = 0,98$				
EMAn2 = 2177,01 + 3,16 PB - 19,53 FDA+ 63,58 EE + 102,13 MM - 41,57amido $R^2 = 0,98$				
EMAn3= 2441,21 -20,96 FDA + 63,7 EE + 101,94 MM - 47,73 amido $R^2 = 0,98$				
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Farelo de Soja 45	2672	2361	2363	2528
Farelo de Soja 48	2796	2569	2571	2776
Soja integral extrusada	3809	3401	3406	3652
Soja integral desativada	3619	3383	3386	3803
Soja integral micronizada	4188	3859	3855	3976
Farinha de soja desengordurada	2855	2521	2524	2660
Concentrado protéico de soja	2968	2638	2632	2684
Média EMAn	3272	2962	2962	3154
SQD <sup>2</sup>		699.131	695.825	243.497
Média SQD <sup>2</sup>		99.876	173.956	60.874

1 Energia metabolizável aparente corrigida, observada “in vivo” no ensaio com frangos de corte.

2 Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

3 Soma do quadrado dos desvios.

4 Média da soma do quadrado dos desvios.

Tabela 12 - Estimativas dos valores de EMAn de alguns alimentos de origem vegetal, determinados com frangos de corte nas idades de 40-47 dias e galos adultos, através das equações de predição em função da composição química dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca).

40-47 dias				
EMAn1 = 2857,14 + 7,4 PB - 29,86 FB - 9,94 FDA + 63,6 EE - 31,19 MM - 27,58 amido				R <sup>2</sup> = 0,94
EMAn2 = 2699,39 + 6,53PB -27,46 FB- 12,02 FDA + 65,91 EE - 27,21 amido				R <sup>2</sup> = 0,95
EMAn3 = 3250,62 - 18,61 FB- 19,6 FDA + 60,29 EE - 41,74 amido				R <sup>2</sup> = 0,95
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Farelo de Soja 45	2792	2512	2627	2507
Farelo de Soja 48	2860	2641	2732	2676
Soja integral extrusada	3868	3572	3736	3602
Soja integral desativada	3684	3519	3756	3493
Soja integral micronizada	4383	4128	4120	4119
Farinha de soja desengordurada	3018	2701	2694	2706
Concentrado protéico de soja	3126	2766	2843	2735
Média EMAn	3390	3120	3215	31120
SQD <sup>2</sup>		536.532	320.363	542.412
Média SQD <sup>2</sup>		134.133	80.091	135.603
Galos				
EMAn1 = 3105,96 - 3,06 PB - 29,64 FB - 22,62 FDA + 18,78 FDN+ 64,69 EE - 33,29 amido				R <sup>2</sup> = 0,98
EMAn2 = 2875,25 - 30,92 FB - 18,98 FDA + 16,69 FDN + 67,47 EE- 27,66 amido				R <sup>2</sup> = 0,98
EMAn3 = 2553,39 - 39,94 FB - 18,41 FDA + 20,8 FDN+ 69,09 EE				R <sup>2</sup> = 0,98
Alimento	EMAn <sup>1</sup>	EMAn <sup>2</sup> <sub>1</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>2</sub>	EMAn <sup>2</sup> <sub>3</sub>
Farelo de Soja 45	2621	2530	2531	2618
Farelo de Soja 48	2638	2585	2580	2531
Soja integral extrusada	3824	3712	3703	3687
Soja integral desativada	3832	3754	3757	3763
Soja integral micronizada	4311	4225	4232	4243
Farinha de soja desengordurada	2831	2641	2639	2649
Concentrado protéico de soja	2911	2714	2720	2678
Média EMAn	3281	3166	3166	3167
SQD <sup>2</sup>		111858	111624	127246
Média SQD <sup>2</sup>		27964	27906	31812

1 Energia metabolizável aparente corrigida, observada “in vivo” no ensaio com frangos de corte e galos.

2 Estimativas da EMAn pelas equações de predição.

3 Soma do quadrado dos desvios.

4 Média da soma do quadrado dos desvios.

Nota-se que as equações contendo cinco variáveis no modelo apresentaram melhores estimativas dos valores estimados comparados com os determinados nos

ensaios *in vivo* para as idades de 10-17 dias (Tabela 12), 40-47 dias e para os galos (Tabela 13), o que pode ser observado pela menor média da soma do quadrado dos desvios (29332, 80091 e 27906) respectivamente.

Na fase de 26-33 dias (Tabela 12), a equação contendo quatro variáveis apresentou a melhor estimativa com uma menor soma de quadrado dos desvios (60874) em relação às demais equações, com desvios de 99.876 e 173.956 para as equações contendo seis e cinco variáveis, respectivamente.

Quando se comparam os valores estimados pelas equações contendo as variáveis PB, FDA, EE, MM e amido com os determinados “*in vivo*”, pode-se constatar que a estimativa para o farelo de soja 45% diferiu apenas 6 kcal daquele obtido no ensaio “*in vivo*” para frangos de corte na idade de 10-17 dias, mostrando boas predições dos valores energéticos. A maior variação no mesmo alimento para esta fase foi observada entre a equação contendo as variáveis FB, FDA, EE e Amido e o valor determinado “*in vivo*”, o qual foi de 8,3%.

Na Tabela 13, podem ser vistas as equações de predição dos valores energéticos a partir dos coeficientes de digestibilidade da soja e subprodutos para frangos de corte nas fases de 10-17 e 26-33 dias de idade.

Tabela 13 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de farelos de soja e sojas processadas determinados com pintos em crescimento em função dos nutrientes digestíveis.

Constante	PBD	EED	ENND	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 10-17 dias)				
1879,76	14,50	78,39	4,97	0,93
2138,13	9,71	75,89	-----	0,94
2395,52	-----	72,07	-----	0,94
Correlações	-0,5705	0,9723	-0,2008	
EMAn (Frangos de corte 26-33 dias)				
1507,36	33,61	83,75	-0,32	0,91
1331,16	36,52	85,29	-----	0,92
2450,30	-----	72,49	-----	0,90
Correlações	-0,5780	0,9521	-0,2974	

<sup>1</sup> PBD = proteína bruta digestível, EED = extrato etéreo digestível, ENND = extrato não nitrogenado digestível.

As equações estimadas apresentaram R<sup>2</sup> semelhantes para as fases de 10-17 e 26-33 dias dos frangos de corte, os quais variaram de 93 a 94% para a fase de 10-17 dias e 90 a 92% para a fase de 26-33 dias. As equações contendo apenas a variável EED fizeram boas previsões da EMAn, com R<sup>2</sup> de 94 e 90% para as fase de 10-17 e 26-33 dias, respectivamente.

RODRIGUES et al. (2002) estimando equações de predição para a soja e subprodutos verificaram que as equações com duas a quatro variáveis fizeram boas previsões dos valores energéticos dos alimentos , com valores de R<sup>2</sup> superiores a 92%. O autor concluiu que as equações com as variáveis FB e EE podem ser utilizadas para estimar os valores energéticos do grupo de alimentos avaliados, sendo: EMAn = 2822,2 - 90,13FB + 49,96EE (R<sup>2</sup> = 93%).

Houve correlações altas e positivas entre o EED e a EMAn, 97,23 e 95,32% para a primeira e segunda fases, respectivamente. Correlações negativas foram observadas entre a PBD e ENND e a EMAn para ambas as fases. RODRIGUES et al.(2002) também verificaram alta correlação positiva entre o EE e a EMAn, de 88,55%.

Na Tabela 14, estão apresentadas as equações de predição dos valores energéticos a partir dos nutrientes digestíveis da soja e subprodutos para frangos de corte na fase de 40-47 dias e galos.

Tabela 14 - Equações de predição dos valores energéticos (EMAn) de farelos de soja e sojas processadas determinados frangos de corte dos 40-47 dias e galos em função dos nutrientes digestíveis.

Constante	PBD	EED	ENND	R <sup>2</sup>
EMAn (Frangos de corte 40-47 dias)				
377,66	55,23	97,69	17,51	0,95
1421,12	36,84	88,04	-----	0,94
2558,29	-----	73,57	-----	0,90
Correlações	-0,4985	0,9537	-0,2245	
EMAn (Galos)				
1571,95	28,54	81,21	11,05	0,98
2048,18	20,32	78,43	-----	0,98
2523,35	-----	74,78	-----	0,95
Correlações	-0,1324	0,9785	-0,2582	

<sup>1</sup> PBD = proteína bruta digestível, EED = extrato etéreo digestível, ENND = extrato não nitrogenado digestível.

A equação contendo o maior número de variáveis (PBD, EED e ENND), apresentou o melhor  $R^2$  (95%) para os frangos de 40-47 dias. Correlação alta e positiva foi observada entre o EED e a EMAn (95,35%). Do contrário, a PBD e o ENND mostraram correlação negativa com a EMAn para esta fase, de 49,85 e 22,45% respectivamente.

Para os galos, iguais  $R^2$  foram observados para as equações contendo três e duas variáveis (98%). A equação contendo apenas a variável EED apresentou  $R^2$  de 95%. O EED apresentou correlação positiva com a energia metabolizável, de 97,85%. A PBD e o ENND apresentaram correlação negativa com a EMAn, de 13,24 e 25,82%, respectivamente.

#### 4. CONCLUSÕES

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, da proteína bruta, do extrato etéreo e do extrato não nitrogenado foram diferentes em relação à idade das aves. Porém, os coeficientes apresentaram comportamentos diferentes em relação à idade das aves, para cada alimento e nutriente avaliado.

As melhores equações para estimar a EMAn para as fases de 10-17; 26-33; 40-47 e galos foram, respectivamente:  $EMAn = 3836,04 - 9,35 PB - 29,21 FDA + 52,30 EE - 62,49 \text{ amido}$  ( $R^2 = 99\%$ );  $EMAn = 3199,76 - 19,53 FDA + 53,88 EE - 56,12 \text{ amido}$  ( $R^2 = 98\%$ );  $EMAn = 3266,74 - 29,31 FDA + 60,90 EE - 45,63 \text{ amido}$  ( $R^2 = 95\%$ ) e  $EMAn = 2553,39 - 39,94 FB - 18,41 FDA + 20,80 FDN + 69,09 EE$  ( $R^2 = 98\%$ ).

As melhores equações estimadas a partir dos nutrientes digestíveis para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias de idade dos frangos e para os galos foram, respectivamente:  $EMAn = 2395,52 + 72,07 EED$  ( $R^2 = 94\%$ );  $EMAn = 1331,16 + 36,52 PBD + 85,29 EED$  ( $R^2 = 92\%$ );  $EMAn = 377,16 + 55,23 PBD + 97,69 EED + 17,51 ENND$  ( $R^2 = 95\%$ ) e  $EMAn = 2048,18 + 20,32 PBD + 78,43 EED$  ( $R^2 = 98\%$ ).

## **CAPÍTULO 3**

### **PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS UTILIZANDO O PRINCÍPIO DA META- ANÁLISE**

#### **1. INTRODUÇÃO**

Existem variações na composição dos alimentos devido às condições de plantio, fertilidade de solo, variabilidade genética dos cultivares, às formas de armazenamento e ao processamento dos grãos, além da composição e da forma de obtenção de produtos de origem animal. Estes fatores influenciam nos valores nutricionais dos alimentos, considerando que a precisão na formulação das rações está ligada à acurácia com que se determinam estes valores.

A energia, aliada a outros fatores, é o principal fator limitante para um ótimo desempenho das aves. A precisão na determinação dos valores de energia metabolizável (EM) pode refletir em acréscimos na eficiência alimentar e no desempenho das aves.

Devido às dificuldades de se determinar a EM dos alimentos, a utilização de tabelas e/ou equações de predição podem ser alternativas para obter valores de EM. As equações de predição utilizam parâmetros químicos dos alimentos e podem aumentar a precisão no processo de formulação de rações, por meio da correção dos

valores energéticos. Conseqüentemente, a sua utilização é mais apropriada, quando a composição química dos alimentos tem grande variabilidade.

Uma maneira de minimizar os efeitos da variabilidade encontrada nos alimentos, para determinação dos valores energéticos a partir de equações de predição, é a utilização da meta-análise, a qual combina resultados de estudos distintos, produzindo conclusões mais amplas do que aquelas disponíveis em cada fonte de informação. GLASS (1976) define a meta-análise como um procedimento estatístico que consiste numa revisão quantitativa e resumida de resultados distintos, porém relacionados, com o objetivo de combinar e comparar os resultados de diferentes trabalhos publicados, com o intuito de se obter uma conclusão geral sobre o tema em estudo.

Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, obter equações para estimar os valores de energia metabolizável de alguns alimentos utilizados em rações de frangos de corte, aplicando o princípio da meta-análise, agrupando e ajustando os dados coletados a partir da análise de algumas dissertações e teses produzidas no Departamento de Zootecnia (DZO) da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Informações para obtenção das equações de predição usando a meta- análise**

Foram utilizados dados provenientes da revisão dos estudos produzidos na UFV nos últimos anos, referentes à energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn), determinadas em ensaios com frangos de corte e da composição química de alimentos utilizados na formulação das rações utilizadas nos respectivos experimentos.

As informações foram obtidas de uma minuciosa revisão que incluiu todas as teses e dissertações produzidas na UFV referentes ao assunto desde o ano de 1977 até 2008. Os dados foram devidamente catalogados e denominados de energéticos, protéicos, proteicos de origem vegetal e proteicos de origem animal e dentro desses grupos classificados de acordo com a composição química novamente em completos e incompletos.

Os alimentos energéticos considerados completos apresentaram a seguinte composição química: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) e os incompletos somente PB, EE, MM e FB.

Os alimentos catalogados como energéticos foram aqueles com composição química em FB inferior a 18% e PB inferior a 20% com base na matéria seca. Os alimentos considerados proteicos foram os que apresentaram menos de 18% de FB e mais de 20% de PB com base na matéria seca.

Os alimentos proteicos de origem animal foram classificados em apenas completos, contendo a composição química a seguir: PB, EE, MM, cálcio e fósforo.

Alimentos proteicos de origem vegetal completos apresentaram a composição: PB, EE, MM, FB, FDN e FDA e os incompletos PB, EE, MM e FB.

Foram obtidas equações de predição dos valores energéticos através das informações de composição química dos alimentos. Para a obtenção das equações dos alimentos energéticos foram utilizadas 77 informações, sendo 41 completas e 36 incompletas. No caso das equações dos alimentos proteicos de origem vegetal, um total de 50 informações foram utilizadas, sendo 43 completas e 7 incompletas. Por último, utilizou-se 76 dados completos para se gerar as equações dos alimentos proteicos de origem animal (Tabela 1).

Tabela 1 - Quantidade de informações cadastradas para realização da meta-análise em função da composição química e do valor energético dos alimentos.

Alimentos <sup>2</sup>	Informações <sup>1</sup>		
	Completas	Incompletas	Total
Energéticos	41	36	77
Protéicos (origem vegetal)	43	7	50
Protéicos (origem animal)	76	-----	76

<sup>1</sup> Número de informações cadastradas na pesquisa.

<sup>2</sup> Alimentos presentes nos experimentos revisados.

## 2.2 Critérios utilizados na organização das informações e formação de grupos

As informações obtidas com a revisão bibliográfica foram tabuladas de acordo com o alimento, o sexo e a idade dos animais utilizados nos experimentos. A composição química e energética dos alimentos também foi tabulada.

A revisão de literatura seguiu alguns critérios para uma melhor organização das informações e para maior viabilização das análises estatísticas:

- 1- Trabalhos realizados com frangos de corte na Universidade Federal de Viçosa nos últimos anos, independente da idade ou sexo desses animais.
- 2- Trabalhos em que houve a determinação da EMAn e composição química dos alimentos utilizados.

- 3- Catalogação da composição química e energia metabolizável dos alimentos com base na matéria seca.

### 2.3 Codificações dos dados para formação dos grupos e ponderação

Foram considerados os efeitos que influenciam o valor energético dos alimentos diretamente como sexo e idade dos animais experimentais.

Atribuiu-se códigos para cada efeito e a partir daí foram formados grupos os quais foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados com o objetivo de minimizar os efeitos citados e realizar o procedimento da meta-análise.

Para o efeito sexo foram atribuídos os códigos 1, 2 e 3 para machos, fêmeas e animais mistos, respectivamente. Para a idade foram atribuídos quatro códigos (1 = 1ª e 2ª semanas de idade; 2 = 2ª a 3ª semanas; 3 = 3ª a 4ª semanas e 4, quando acima dessas idades. Foi realizado um fatorial entre o código dos efeitos (3x4), podendo totalizar até 12 grupos, os quais foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados, efetuando-se a meta-análise.

Para facilitar o procedimento, as análises estatísticas foram realizadas de modo a obter equações de predição da EMAn para os alimentos energéticos completos; energéticos incompletos + completos; proteicos de origem vegetal completos; proteicos de origem vegetal incompletos + completos e por último proteicos de origem animal completos. Os resultados foram observados separadamente, levando-se em consideração o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para as equações de predição ajustadas.

O fator de ponderação utilizado na meta análise foi o inverso da variância ( $1/s^2_i$ ) para cada grupo. Esse fator de ponderação determina a variância existente para a variável dependente do modelo de regressão linear múltipla dentro de cada grupo, no caso, a EMAn dos alimentos utilizados.

Foi utilizado o procedimento estatístico do SAS denominado *Stepwise*. Neste procedimento, após cada etapa de incorporação de uma variável, há uma etapa em que uma das variáveis já selecionadas pode ser descartada e o procedimento chega ao final quando nenhuma variável é incluída ou descartada.

Ajustou-se o modelo de regressão múltipla dado por:

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_{i1} + \beta_2 X_{i2} + \beta_3 X_{i3} + \beta_4 X_{i4} + \beta_5 X_{i5} + \beta_6 X_{i6} + \epsilon_i$$

Em que:

$Y_i$  = EMAn do alimento, determinado em ensaio metabólico, no  $i$ -ésimo estudo

$X_{i1} \dots X_{i6}$  = variáveis da composição química, no  $i$ -ésimo estudo

$\epsilon_i$  = erro associado à  $i$ -ésima observação, com distribuição normal, média 0 e variância  $\sigma^2_i$ .

Através do procedimento estatístico STEPWISE do SAS foi possível obter equações de predição da EMAn para os alimentos. Primeiramente foram realizadas as análises estatísticas para os dados completos e posteriormente para todos os dados (incompletos + completos), observando-se os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) para cada equação de predição ajustada.

Através do procedimento estatístico para a meta análise, foram obtidas informações para se obter equações de predição para estimar os valores de EMAn dos alimentos proteicos de origem vegetal. Primeiramente foi realizado o procedimento estatístico para as informações completas (aquelas contendo as variáveis PB,

Através de informações obtidas pelo procedimento da meta-análise foram obtidas informações para se obter equações de predição dos valores energéticos de alimentos proteicos de origem animal. As informações consideradas foram as que continham alimentos com as variáveis analisadas PB, EE, MM, Cálcio (Ca) e Fósforo (P). Os resultados foram observados separadamente, levando-se em consideração o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) para cada equação de predição obtida.

Para determinar a estrutura das relações entre as variáveis de composição química e os valores energéticos de cada alimento, entre todos os pares possíveis, foram estimadas Correlações de Pearson através do Programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Alimentos energéticos

Considerando as 41 informações completas, a equação de predição obtida que teve o melhor ajuste para a EMAn dos alimentos energéticos (Tabela 2), foi a que apresentou PB e FDA na sua composição e coeficiente de determinação de 84,37 %, sendo também a equação com o maior número de variáveis no modelo. Esta observação está de acordo com aquela verificada por NASCIMENTO (2007), o qual afirma que, geralmente, as equações com maior número de variáveis apresentam melhor ajuste, ou seja, o R<sup>2</sup> da equação aumenta com o número de variáveis independentes no modelo.

Tabela 2 - Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn em função da composição química<sup>1</sup> de alguns alimentos energéticos obtidos com a meta-análise.

Constante	PB	EE	MM	FB	FDN	FDA	R <sup>2</sup>
4393,93	-40,78	-----	-----	-----	-----	-112,23	84,37
4051,95	-----	-----	-----	-----	-----	-134,60	79,93

<sup>1</sup> PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, MM = matéria mineral , FB= fibra bruta, FDN= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido,.

RODRIGUES et al. (2001), obtendo equações de predição da EMAn da soja e subprodutos também observaram que as equações com todas as variáveis apresentaram melhores ajustes, com  $R^2$  mais elevados, sendo 98% com equações apenas uma variável, o  $R^2$  foi reduzido para 92%. Deve-se salientar, porém, que equações com grande número de variáveis, apesar de mais precisas nas estimativas, podem se tornar inviabilizadas, já que a determinação de alguns componentes, em condições práticas, muitas vezes não é possível. Assim, o uso de equações com menor número de variáveis apresenta, em relação às outras, maior facilidade por necessitarem de análises muitas vezes de rotina em laboratórios, que demandam menor tempo e facilidade na determinação.

RODRIGUES et al (2001) obtiveram boas predições da EMAn de alguns alimentos energéticos (milho, milho e subprodutos do milho) com pintos e galos, sendo as variáveis EE, FDN e FDA incluídas em alguns modelos com bons coeficientes de determinação. Diferente do observado neste trabalho, a PB também aparece em algumas equações obtidas por RODRIGUES et al (2001), com coeficientes de determinação superiores a 97%. NUNES et al. (2001), calculando equações de predição da EMAn do trigo e subprodutos, também observaram bons resultados com as equações contendo EE ( $R^2 = 94\%$ ) ou FDN ( $R^2 = 98\%$ ).

As correlações de Pearson entre todas as variáveis da composição química e a EMAn encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 - Coeficientes de correlação entre as variáveis da composição química e EMAn dos alimentos energéticos<sup>1</sup>.

	EMAn	PB	EE	MM	FB	FDN	FDA
EMAn	1,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PB	-0,870	1,000	-----	-----	-----	-----	-----
EE	-0,064	-0,037	1,000	-----	-----	-----	-----
MM	-0,686	0,565**	0,655	1,000	-----	-----	-----
FB	-0,892	0,853	0,334*	0,777	1,000	-----	-----
FDN	-0,809	0,756	0,202	0,502**	0,896	1,000	-----
FDA	-0,903	0,860	0,215	0,711	0,960	0,878	1,000

<sup>1</sup>EMAn = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FB = fibra bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido.

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t (P<0,05).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t (P<0,01).

Pode-se observar que não houve correlações estatisticamente significativas (P>0,05) entre as variáveis analisadas e a EMAn no grupo dos alimentos energéticos. Correlações altamente significativas (P<0,01), foram observadas entre a MM e a PB (0,565) e entre a MM e o FDN (0,502), porém não influenciaram diretamente a energia metabolizável.

A FB e o EE apresentaram correlação positiva (0,334) e estatisticamente significativa (P<0,05). Portanto, um aumento da FB destes alimentos resultará em aumento também do EE.

A partir de 36 informações incompletas para os alimentos considerados energéticos foram realizados os procedimentos da meta análise e a partir daí ajustadas as equações de predição da EMAn com base na composição em PB, EE, MM e FB dos alimentos, conforme pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4 - Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn de alimentos energéticos, em função de suas composições químicas<sup>1</sup> (valores expressos com base na matéria seca).

Constante	PB	EE	MM	FB	R <sup>2</sup>
+ 4121,13	-----	-----	-----	-189,36	75,40
+ 3960,34	-----	30,83	-----	-193,10	77,24

<sup>1</sup> PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, MM = matéria mineral , FB = fibra bruta.

A equação que apresentou melhor ajuste para determinar a EMAn dos alimentos energéticos incompletos foi a  $EMAn = +3960,34 + 30,83 EE - 193,10 FB$  com  $R^2 = 77,24\%$ . Este ajuste com um  $R^2$  inferior ao encontrado para os dados completos pode ter sido em função da retirada das variáveis FDN e FDA das análises.

As duas equações ajustadas com coeficientes de determinação semelhantes (75,40 e 77,24%) devem ser testadas futuramente através de ensaios metabólicos. Segundo NAGATA et al. (2004), caso a resposta seja idêntica e confiável estatisticamente nas duas situações, poderá ser adotada a equação com menos variáveis.

A FB e o EE mostraram-se importantes na variação da EMAn do grupo de alimentos analisados, sendo a FB a variável mais importante, uma vez que sua inclusão possibilitou um aumento no  $R^2$ , que passou de 75,40 para 77,24%. Este fato pode ser devido à ausência das variáveis FDN e FDA no banco de dados. Segundo NASCIMENTO (2007), a FB além de atuar diretamente sobre a EMAn dos alimentos energéticos, também participa, provavelmente de forma direta e considerável, sobre todas as outras variáveis da composição química, as quais também atuam diretamente sobre os valores energéticos.

Na Tabela 5 podem ser vistos os coeficientes de correlação entre a composição química e a EMAn estimada.

Tabela 5 - Coeficientes de correlações entre todas as variáveis de composição química e os valores de EMAn dos alimentos.

	EMAn <sup>1</sup>	PB <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	MM <sup>2</sup>	FB <sup>2</sup>
EMAn	1,000	-----	-----	-----	-----
PB	-0,751	1,000	-----	-----	-----
EE	0,365*	0,189	1,000	-----	-----
MM	-0,790	0,710	-0,264	1,000	-----
FB	-0,933	0,889	-0,176	0,860	1,000

<sup>1</sup> EMAn = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio

<sup>2</sup> PB= proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FB = fibra bruta.

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t (P<0,05).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t (P<0,01).

Observando os coeficientes de correlação entre a EMAn dos alimentos e a composição química têm-se que o EE apresentou correlação positiva e significativa ( $P < 0,05$ ) com a EMAn dos alimentos, onde quanto maior o teor de EE dos alimentos maior será o valor da EMAn. As demais variáveis de composição química não apresentaram correlação significativa com a EMAn.

Estes resultados são semelhantes aos apresentados por NUNES et al. (2001), os quais verificaram, entre todos os parâmetros utilizados na elaboração das equações de predição da energia de alguns alimentos energéticos, que o EE foi o único que se correlacionou positivamente com os valores de EMAn. Já para as demais variáveis independentes, as que apresentaram maior correlação com os valores de EMAn, porém negativa, foram FDN (0,95), MM (0,94), FB (0,93), P (0,93), Ca (0,90), FDA (0,84) e PB (0,49). Também, BORGES (1999), ao estimar equações para prever o conteúdo energético do trigo e subprodutos, através de equações de predição, observou que o EE aliado à FB e à PB, foram as variáveis que melhor se correlacionaram com os valores de energia metabolizável estimados. Entretanto, NASCIMENTO (2005), não observou correlação entre o EE e os valores energéticos dos alimentos, mas correlação direta e negativa das variáveis FDN (-0,86), FB (-0,86), PB (-0,82), MM (-0,80) e FDA (-0,58), os quais resultariam em prejuízos aos valores energéticos dos alimentos à medida do aumento dos seus teores na composição dos alimentos.

### **3.2 Alimentos protéicos de origem vegetal**

Na Tabela 6, podem ser observadas as equações de predição obtidas através das informações completas. A equação que teve o melhor ajuste para determinar a EMAn dos alimentos proteicos de origem vegetal foi a  $EMAn = 2780,64 + 60,70 EE - 15,35 FDN - 19,86 FDA$  ( $R^2 = 86,58$ ).

Tabela 6 - Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn em função da composição química de alguns alimentos proteicos de origem vegetal obtidos através da meta análise.

Constante	PB	EE	MM	FB	FDN	FDA	R <sup>2</sup>
+2347,52	-----	+ 55,58	-----	-----	-----	-----	67,51
+2689,59	-----	+58,09	-----	-----	-----	-34,58	84,89
+2780,64	-----	+60,70	-----	-----	-15,35	-19,86	86,58

<sup>1</sup> PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, FB= fibra bruta, FDA= fibra em detergente neutro, FDA= fibra em detergente ácido, MM = matéria mineral.

As equações com maiores coeficientes de determinação foram aquelas contendo três (FDN, FDA e EE ), R<sup>2</sup>= 86,58% e duas (FDA e EE) variáveis, R<sup>2</sup>= 84,69%, respectivamente. Estes resultados corroboram os de ZONTA et al. (2004), a qual observou bons ajustes da EMAn com a combinação de duas e quatro variáveis, consideradas no modelo de predição. NASCIMENTO (2007), também observou atuação direta do EE na EMAn, ao predizer os valores de EMAn através da composição química de farelos de soja utilizando o princípio da meta-análise, sendo a equação  $EMAn = 2707,16 + 48,25 FB - 31,65 FDN$  com um R<sup>2</sup> de 20%, a melhor equação para estimar a EMAn do farelo de soja. O autor justifica o baixo coeficiente de determinação encontrado pela baixa variabilidade encontrada entre a EMAn dos farelos de soja, e, por consequência, da baixa variação entre as variáveis de composição química.

As equações encontradas para este grupo de alimentos são semelhantes àquelas verificadas por RODRIGUES et al. (2002), os quais trabalhando com oito alimentos derivados da soja, verificaram que entre as variáveis componentes das equações definidas, o EE teve correlação alta (88,55%) com a EMAn, seguida da FDN (17,88%), que apesar de mais baixa, também apresentou correlação positiva com a EMAn.

Verificou-se que os valores fibrosos são muito importantes na determinação dos valores energéticos dos alimentos proteicos de origem vegetal, concordando com BEDFORD (1995), o qual afirmou que uma ampla variação na quantidade de fibra bruta dos alimentos pode levar a diferenças nos valores energéticos dos mesmos. NASCIMENTO (2007) cita que os valores fibrosos devem ser considerados em trabalhos que analisam os valores nutricionais de alimentos nas rações de aves, sendo que, observa-se que boa parte dos trabalhos da literatura científica nacional

desconsidera a determinação do FDN e do FDA. Este problema dificultou o levantamento bibliográfico realizado para elaboração deste trabalho, onde as informações que não se enquadravam nos critérios de inclusão foram descartadas.

As correlações entre todas as variáveis de composição química e dos valores de EMAN dos alimentos proteicos de origem vegetal se encontram na Tabela 7.

Tabela 7 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de composição química e os valores de EMAN dos alimentos proteicos de origem vegetal.

	EMAn <sup>1</sup>	PB <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	MM <sup>2</sup>	FB <sup>2</sup>	FDN <sup>2</sup>	FDA <sup>2</sup>
EMAn	1,000	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PB	-0,180	1,000	-----	-----	-----	-----	-----
EE	0,789	-0,604	1,000	-----	-----	-----	-----
MM	-0,600	0,744	-0,891	1,000	-----	-----	-----
FB	-0,468**	-0,536**	-0,129	-0,185	1,000	-----	-----
FDN	-0,339*	-0,578**	0,147	-0,383**	0,768	1,000	-----
FDA	-0,428**	-0,605	0,038	-0,273*	0,801	0,838	1,000

<sup>1</sup> EMAn = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio

<sup>2</sup> PB= proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FB = fibra bruta; FDN = fibra em detergente neutro; FDA = fibra em detergente ácido.

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t (P<0,05).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t (P<0,01).

Dentre as variáveis analisadas, a FB (-0,468, P<0,01), a FDN (-0,339, P<0,05) e a FDA (-0,428, P<0,01) se correlacionam de forma negativa e direta com a EMAN, portanto, um aumento nos teores de FB, FDN ou FDA resultará em diminuição do valor energético dos alimentos estudados. Sabe-se que alguns tipos de fibras como os polissacarídeos não amiláceos (PNAs), presentes significativamente nas oleaginosas como a soja, possuem a capacidade de dificultar a digestão, impedindo a atuação das enzimas endógenas sobre o substrato, através do aumento da viscosidade intestinal, resultando em diminuição da digestibilidade dos nutrientes.

A PB teve correlação negativa com a FB (-0,536, P<0,05) e com a FDN (-0,578, P<0,05). Portanto, teores de PB elevados nos alimentos resultará em redução dos teores de FB e FDN e, conseqüentemente, aumento nos valores de EMAN do grupo de alimentos proteicos de origem vegetal.

A MM apresentou correlação negativa com a FDN ( $P < 0,01$ ; - 0,383) e com a FDA ( $P < 0,05$ ; - 0,273). Já NASCIMENTO (2007), observou correlação negativa entre a MM e a FDN.

Na Tabela 8, podem ser observadas as equações obtidas a partir dos dados incompletos. As equações que apresentaram melhor estimativa da EMAn foram  $3034,13 + 53,00 \text{ EE} - 85,66 \text{ MM} - 36,41 \text{ FB}$  ( $R^2 = 78,20\%$ ) e  $2338,92 + 69,59 \text{ EE} - 29,20 \text{ FB}$  ( $R^2 = 76,43$ ).

Tabela 8 - Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn em função da composição química<sup>1</sup> de alimentos proteicos de origem vegetal, considerando dados incompletos, obtidos através da meta-análise.

Constante	PB	EE	MM	FB	R <sup>2</sup>
+ 2173,20	-----	+ 64,55	-----	-----	72,96
+ 2338,92	-----	+ 64,59	-----	- 29,20	76,43
+ 3034,13	-----	+53,00	-85,66	-36,41	78,20

<sup>1</sup> PB = proteína bruta, EE= extrato etéreo, MM = matéria mineral, FB = fibra bruta.

Observou-se redução nos coeficientes de determinação com a retirada de variáveis, onde a equação com três variáveis apresentou maior R<sup>2</sup> e, logicamente, a redução no coeficiente de determinação se deu devido à retirada das variáveis FDA e FDN da equação.

Na Tabela 9, podem ser vistos os coeficientes de correlação entre a EMAn e as variáveis de composição química dos alimentos utilizados na elaboração das equações de predição dos valores energéticos.

Tabela 9 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de composição química e os valores de EMAn dos alimentos proteicos de origem vegetal, considerados incompletos.

	EMAn <sup>1</sup>	PB <sup>2</sup>	EE <sup>2</sup>	MM <sup>2</sup>	FB <sup>2</sup>
EMAn	1,000	-----	-----	-----	-----
PB	0,090	1,000	-----	-----	-----
EE	0,322	-0,148	1,000	-----	-----
MM	0,046	-0,257	0,792*	1,000	-----
FB	0,376	0,207	0,106	-0,523	1,000

<sup>1</sup> EMAn = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio

<sup>2</sup> PB= proteína bruta; EE = extrato etéreo FB = fibra bruta, MM = matéria mineral

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t (P<0,05).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t (P<0,01).

Das variáveis estudadas, nenhuma variável apresentou correlação significativa com a EMAn estimada. O EE correlacionou-se positivamente (P<0,05; 0,792) com a MM.

### 3.3 Alimentos proteicos de origem animal

As equações preditas para os valores energéticos dos alimentos proteicos de origem animal podem ser vistas na Tabela 10.

Tabela 10 - Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn em função da composição química de alimentos proteicos de origem animal, obtidos através da meta análise.

Constante	PB	EE	MM	Ca	P	R <sup>2</sup>
+ 3716,40	-----	-----	-26,55	-----	-----	0,17
+ 10334,00	-76,64	-----	-122,34	-----	-----	0,59
+ 8034,50	-52,46	38,71	-104,14	-----	-----	0,63

<sup>1</sup> PB = proteína bruta, EE = extrato etéreo, MM = matéria mineral, Ca= cálcio, P = fósforo.

A equação contendo duas variáveis (PB e MM) apresentou o melhor coeficiente de determinação (R<sup>2</sup> = 63%) do grupo de equações. A equação contendo apenas a variável MM não apresentou bom ajuste, com um R<sup>2</sup> de apenas 17%. As variáveis cálcio e fósforo não apareceram em nenhuma das equações.

As correlações entre todas as variáveis de composição química e dos valores de EMAn dos alimentos proteicos de origem vegetal se encontram na Tabela 11.

Tabela 11 - Coeficientes de correlação entre as variáveis de composição química e os valores de EMAn dos alimentos proteicos de origem animal.

	EMAn	PB	EE	MM	Ca	P
EMAn	1,00	-----	-----	-----	-----	-----
PB	0,100	1,00	-----	-----	-----	-----
EE	0,460**	-0,568**	1,00	-----	-----	-----
MM	-0,493**	-0,883	0,288*	1,00	-----	-----
Ca	-0,466**	-0,807	0,288*	0,911	1,00	-----
P	-0,388**	-0,852	0,324*	0,921	0,922	1,00

EMAn = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; Ca= cálcio; P= fósforo.

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste t ( $P<0,05$ ).

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste t ( $P<0,01$ ).

Todas as variáveis, com exceção da PB, apresentaram correlação significativa ( $P<0,01$ ) com a EMAn. O EE foi a única variável que se correlacionou positivamente com a EMAn ( $P<0,01$ ). As demais variáveis apresentaram correlação significativa ( $P<0,05$ ), porém negativa com a EMAn. O cálcio e o fósforo, não apareceram nas equações determinadas, porém apresentaram correlação positiva ( $P<0,05$ ) com o EE e também com a EMAn.

Observou-se que o EE supostamente influenciou os valores de EMAn dos alimentos de origem animal, atuando direta ou indiretamente através da correlação com outras variáveis como a PB. A PB apresentou correlação significativa, porém negativa, com o EE ( $P<0,05$ ).

Variações encontradas na composição química e energética de alimentos de origem animal são esperadas, pois, devido às diferentes matérias-primas utilizadas para a constituição das farinhas, e também por não haver uma padronização desses produtos, devido a fatores operacionais. Ocorre, ainda, interferência do tipo de processamento, influenciando diretamente sua composição química, e, conseqüentemente a qualidade desses alimentos.

As variações observadas para os alimentos protéicos de origem animal neste trabalho não foram suficientes para um ajuste adequado das equações, o que resultou em baixos coeficientes de determinação. Assim, possivelmente é necessária a

compilação de um maior número de dados para o ajuste de uma equação que possa prever com acurácia os valores energéticos dos alimentos.

#### 4. CONCLUSÕES

As equações que tiveram o melhor ajuste para estimar a EMAn dos alimentos energéticos completos e incompletos foram, respectivamente:  $EMAn = 4393,93 - 40,78 PB - 112,23 FDA$  ( $R^2 = 84,37\%$ ) e  $EMAn = 3960,34 + 30,83 EE - 193,10 FB$  ( $R^2 = 77,24\%$ ). A FB e o EE foram as variáveis de composição química mais importantes nas equações ajustadas, explicando boa parte da variabilidade nos valores de EMAn.

Para os alimentos protéicos de origem vegetal denominados completos, a equação que teve o melhor ajuste para determinar a EMAn foi a  $EMAn = 2780,64 + 60,70 EE - 15,35 FDN - 19,86 FDA$  ( $R^2 = 86,58\%$ ). Para os alimentos protéicos incompletos a melhor equação foi  $EMAn = 3034,13 + 53,00 EE - 85,66 MM - 36,41 FB$  ( $R^2 = 78,20\%$ ). As variáveis FB, FDA e FDN correlacionaram-se direta e negativamente com a EMAn para os alimentos protéicos considerados completos. Nenhuma variável apresentou correlação significativa com a EMAn no grupo dos alimentos protéicos incompletos.

A equação que teve melhor ajuste na determinação da EMAn dos alimentos protéicos de origem animal foi a  $EMAn = 8034,50 + 38,71 EE - 52,46 PB - 104,14 MM$  ( $R^2 = 63\%$ ). Todas as variáveis, com exceção da proteína bruta, apresentaram correlação significativa com a EMAn neste grupo de alimentos.

## 5. CONCLUSÕES GERAIS

Foram observadas diferenças nos coeficientes de digestibilidade para os nutrientes matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo e extrato não nitrogenado de acordo com a idade das aves. Os coeficientes se comportaram de maneira distinta em relação à idade das aves em cada alimento avaliado para cada nutriente estudado em ambos os experimentos.

As melhores equações para estimar os valores de energia metabolizável dos alimentos de origem vegetal a partir da composição química para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias dos frangos de corte e para os galos, respectivamente, foram:  $EMAn = -8755,28 + 164,26 PB - 321,47 FB + 47,37 FDN + 151,76 EE$  ( $R^2 = 99\%$ );  $EMAn = -5192,32 + 113,20 PB - 157,34 FB + 81,00 EE + 282,36 MM + 85,69$  amido ( $R^2 = 96\%$ );  $EMAn = 5351,92 - 35,40 PB - 234,63 FB - 143,71 FDA - 138,03 EE + 321,33 MM$  ( $R^2 = 99\%$ ) e  $EMAn = 2488,81 - 230,13 FB + 191,93 MM + 19,17$  amido ( $R^2 = 98\%$ ). Para os alimentos de origem animal as melhores equações para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias com frangos e com galos foram respectivamente:  $EMAn = 11053,3 - 69,93 PB - 41,99 EE - 255,80 MM$  ( $R^2 = 94\%$ );  $EMAn = -7184,50 + 112,91 PB + 113,33 EE + 118,90 MM$  ( $R^2 = 63\%$ );  $4600,32 - 15,32 PB + 27,13 EE$  ( $R^2 = 81\%$ ) e  $EMAn = 3064,16 + 62,81 EE$  ( $R^2 = 84\%$ ). As melhores equações determinadas a partir dos nutrientes digestíveis para os alimentos de origem vegetal para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias com frangos e com galos foram, respectivamente:  $EMAn = 663,75 + 4,43 PBD - 106,99 EED + 39,10 ENND$  ( $R^2 = 67\%$ );  $EMAn = -14495,90 + 510,87 PBD + 458,69 EED + 162,88 ENND$  ( $R^2 = 58\%$ );  $EMAn = 6230,63 + 270,89 PBD + 165,37 EED + 90,44 ENND$  ( $R^2 = 94\%$ ) e  $EMAn = -5117,63 + 27,74 PBD + 194,03 EED + 83,28 ENND$  ( $R^2 = 93\%$ ). Para os

alimentos de origem animal, nenhuma variável foi significativa nas equações determinadas a partir dos nutrientes digestíveis para as fases de 26-33 e 40-47 dias dos frangos e para os galos. A melhor equação determinada para a fase de 10-17 dias dos frangos foi:  $EMAn = 91,65 + 65,41 PBD + 133,89 EED$  ( $R^2 = 96\%$ ).

No segundo experimento, as melhores equações para estimar a EMAn para as fases de 10-17; 26-33; 40-47 e galos foram, respectivamente:  $EMAn = 3836,04 - 9,35 PB - 29,21 FDA + 52,30 EE - 62,49 \text{ amido}$  ( $R^2 = 99\%$ );  $EMAn = 3199,76 - 19,53 FDA + 53,88 EE - 56,12 \text{ amido}$  ( $R^2 = 98\%$ );  $EMAn = 3266,74 - 29,31 FDA + 60,90 EE - 45,63 \text{ amido}$  ( $R^2 = 95\%$ ) e  $EMAn = 2553,39 - 39,94 FB - 18,41 FDA + 20,80 FDN + 69,09 EE$  ( $R^2 = 98\%$ ). As melhores equações estimadas a partir dos nutrientes digestíveis para as fases de 10-17, 26-33, 40-47 dias de idade dos frangos e para os galos foram, respectivamente:  $EMAn = 2395,52 + 72,07 EED$  ( $R^2 = 94\%$ );  $EMAn = 1331,16 + 36,52 PBD + 85,29 EED$  ( $R^2 = 92\%$ );  $EMAn = 377,16 + 55,23 PBD + 97,69 EED + 17,51 ENND$  ( $R^2 = 95\%$ ) e  $EMAn = 2048,18 + 20,32 PBD + 78,43 EED$  ( $R^2 = 98\%$ ).

As equações estimadas a partir da meta-análise que tiveram o melhor ajuste para estimar a EMAn dos alimentos energéticos foram, respectivamente,  $EMAn = 4393,93 - 40,78 PB - 112,23 FDA$  ( $R^2 = 84,37\%$ ) e  $EMAn = 3960,34 + 30,83 EE - 193,10 FB$  ( $R^2 = 77,24\%$ ). Para os alimentos protéicos de origem vegetal, as melhores equações foram:  $EMAn = 2780,64 + 60,70 EE - 15,35 FDN - 19,86 FDA$  ( $R^2 = 86,58\%$ ) e  $EMAn = 3034,13 + 53,00 EE - 85,66 MM - 36,41 FB$  ( $R^2 = 78,20\%$ ). A equação que teve melhor ajuste na determinação da EMAn dos alimentos protéicos de origem animal foi  $EMAn = 8034,50 + 38,71 EE - 52,46 PB - 104,14 MM$  ( $R^2 = 63\%$ ).

### 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALBINO, L.F.T. **Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte.** 1991.141p.Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

ALBINO, L. T. F.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B.; TORRES, R. A. Utilização de diferentes sistemas de avaliação energéticas dos alimentos na formulação de rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 21, n. 6, p. 1037-1046, nov./dez. 1992.

ALBINO,L.F.T.; SILVA, M.A. Tópicos avançados em Exigências Nutricionais para frangos de corte. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 6; CONGRESSO NACIONAL,14; CONGRESSO ESTADUAL, 1996, Porto Alegre, RS. *Anais...* Porto Alegre: PUCRS- Faculdade de zootecnia, Veterinária e Agronomia, 1996.p.59-64.

ANDREOTTI, M.O.; JUNQUEIRA, O.M.; BARBOSA; M.J.B. et al. Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte

nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.5, p. 1145-1151, 2004.

ÁVILA, V.S., PAULA, A., BRUM, P.A.R., et al.. Uso da metodologia de coleta total de excretas na determinação de energia metabolizável em rações para frangos de corte ajustadas ou não quanto aos níveis de vitaminas e minerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2006, vol.35, n.4, p. 1691-1695(supl).

AZEVEDO, D. M. S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves**. 1996. 68 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

BATAL, A.B.; PARSONS, C.M. Effects of age on nutrient digestibility in chicks fed different diets. **Poultry Science**, v.81, p.400–407, 2002.

BEDFORD, M. R. Mechanism of action and potential environmental benefits from the use of feed enzymes. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 53, n. 2, p. 145-155, June 1995.

BEDFORD, M. R.; CLASSEN, H. L. Reduction of intestinal viscosity through manipulation of dietary rye and pentosanase concentration is effected through changes in the carbohydrate composition of the intestinal aqueous phase and results in improved growth rate and food conversion efficiency of broiler chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v 122, n. 3, p. 560-569, Mar. 1992.

BORGES, F. M. O.; ROSTAGNO, H. S.; BAIÃO, N. C.; TEIXEIRA, E. A.; VALADARES, R. C.; PIGNOLATE, I. L. Avaliação de métodos para estimar energia metabolizável em alimentos para aves. In: XXXV REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1999, Botucatu, SP. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1999. p. 386-388.

BORGES, F.M.O.; ROSTAGNO, H.S.; SAAD, C.E.P. et al. Comparação de métodos de avaliação dos valores energéticos do grão de trigo e seus subprodutos

para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.710-721, 2003.

BORGES, F.M.O.; ROSTAGNO, H.S.; SAAD, C.E.P. Efeito do consumo de alimento sobre os valores energéticos do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte, obtidos pela metodologia da alimentação forçada. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v.28, n.6, p.1392-1399, 2004.

BRUM, P. A. R.; ZANOTTO, D. L.; LIMA, G. J. M. M.; VIOLA, E. S. Composição química e energia metabolizável de ingredientes para aves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 995-1002, 2000.

BRUMANO, G.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.

CAFÉ, M.B.; SAKOMURA, N.K.; JUNQUEIRA, O.M et al.. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.2, n.1, p. 67-74, 2000.

CALDERANO, A. A. **Valores de composição química e de energia de alimentos de origem vegetal determinados com aves de diferentes idades**. 2008. 58p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARRÉ, B.; PREVOTEL, B.; LECLERCQ, B. Cell wall content as a predictor of metabolisable energy value of poultry feedingstuffs. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 25, n. 4, p. 561-572, Oct. 1984.

CARVALHO, D.C.O. **Valor nutritivo do milho para aves, submetido a diferentes temperaturas de secagem e armazenamento**. 2002. 62p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

CARVALHO, D.C.O.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.358-364, 2004.

CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutitive effect of wheat pentosans in broiler chickens: roles of viscosity and gut microflora. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 33, n. 4, p. 821-834, Sept. 1992.

CHOCT, H.; HUGHES, R. J.; BEDFORD, M. R.; MORGAN, A. J.; ANNISON, G. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the nutritive activity of non-starch polisaccharides in chickens. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 37, n. 3, p. 609-621, July 1996.

COELHO, M.G.R. **Valores energéticos e de triptofano metabolizável de alimentos para aves, utilizando duas metodologias**. Viçosa, UFV, 1983, 77p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1983.

COON, C. N.; LESKE, K. L.; AKAVANICHAN, O.; CHENG, T. K. Effect of oligossaccharide-free soyabean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. **Poultry Science**, Champaign, v 69, n. 12, p 787-793, Dec. 1990.

COSTA, P. A. B. **Um enfoque segundo a teoria de conjuntos difusos para meta-análise**. 1999. 153 p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.

DALE, N.; FULLER, H. L. Aplicability of the metabolizable energy system in practical feed formulation. **Poultry Science**. Champaign, v. 61, n. 2, p. 351-356, Feb. 1982.

DOLZ, S.; BLAS, C. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. **Poultry Science**, Champaign, v. 71, n. 2, p. 316-322, Feb. 1992.

DRAPER, N. R.; SMITH, H. **Applied regression analysis** . 2. ed. New York John Wiley, 1981. 709 p.

EGGER, M.; SMITH, G. D.; PHILLIPS, A. N. Meta-analysis: principles and procedures. **British Journal of Medicine**, London, v. 315, n. 7121, p. 1533-1537, Dec. 1997.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESUISA AGRPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa em Suínos e Aves. 3ª Ed. Concórdia - SC, EMBRAPA-CNPSA, 1991,97P.

FAGARD, R. H.; STAESSEN, J. A.; THIJIS, L. Advantages and disadvantages of the meta-analysis approach. **Journal of Hypertension**, London, v. 14, p. 9-13, Sept. 1996. Supplement, 2.

FERREIRA, D.F. **Sistema de análise estatística para dados balanceados (SISVAR)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras/DEX. 2000.

FREITAS, E.R.; SAKOMURA, N.K; EZEQUIEL, J.M.B. et al.. Energia metabolizável de alimentos na formulação de ração para frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.1, p.107-115, 2006.

GIANNOTTI, J. D. G **Meta-análise de estimativas da correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos** . 2000. 85 p. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

GIANNOTTI, J. D. G.; PACKER, I. U.; MERCADANTE, M. E. Z. Meta- análise para estimativas de correlação genética entre pesos ao nascer e desmama de bovinos. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, n. 3, p. 435-440, jul./set. 2002.

GLASS, G. V. Primary, secondary, and meta-analysis of research Educational **Researcher**, v. 6, p. 3-8, 1976.

GLASS, G. V.; MCGRAW, B.; SMITH, M. L. **Meta-analysis in social research**. Beverly Hills: Sage, 1981. 280 p.

HEDGES, L. V.; OLKIN, I. **Statistical methods for meta-analysis**. London: Academic Press, 1985. 369 p.

HILL, S. J.; ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **Journal of Nutrition**, Bethesda, v. 64, n. 04, p. 587-603. Apr. 1958.

JANSSEN, W.M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3. ed. Beekbergen, 1989. 84 p. (Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services).

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 2. ed. New York: Prentice Hall, 1998. 607 p.

KATO, R.K. **Energia metabolizável de alguns ingredientes para frangos de corte em diferentes idades**. Lavras - MG, 2005. 96p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Lavras, 2005.

LODHI, G. N.; SINGH, D.; ICHHPONANI, J. S. Variation in nutrient content of feedingstuffs rich in protein and reassessment of the chemical method for metabolizable energy estimation for poultry. **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v. 86, n. 2, p. 293-303, Apr. 1976

LOVATTO, P.A., LEHNEN, C.R., ANDRETTA, I., CARVALHO, A. D., HAUSCHILD, L. meta-análise em pesquisas científicas -ênfoque em metodologias. In: 44ª REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, Jaboticabal, SP, 2007. *Anais...* Jaboticabal: SBZ, 2007, p. 285-295.

MATTERSON, L.S., POTTER, L.M., STUTZ, M.W., et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. **Agricultural Experiment Station Research Report**, v.11, 11p, 1965.

MELLO, H.H.C. **Determinação dos valores de energia metabolizável de alimentos com aves de diferentes idades.** Viçosa - MG, 2007. 42p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

NAGATA, A.K., RODRIGUES, P.B., FREITAS, R.T.F., BERTECHINI, A.G., FIALHO, E.T. Energia metabolizável de alguns alimentos energéticos para frangos de corte, determinada por ensaios metabólicos e por equações de predição. **Rev. Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 28, n. 3, p. 668-677, maio/jun., 2004.

NASCIF, C.C.C., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T. Determinação dos valores energéticos de alguns óleos e gorduras para pintos de corte machos e fêmeas aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 2004, vol.33, n.2, p. 375-385.

NASCIMENTO, A. H. **Determinação do valor nutritivo da farinha de vísceras e da farinha de penas para aves, utilizando diferentes metodologias.** Viçosa-MG: UFV, 2000a. 106 p.Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Viçosa, 2000.

NASCIMENTO, A. H., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S. et al.. Valores de energia metabolizável das farinhas de vísceras determinados por diferentes níveis de inclusão e duas idades das aves. In: XXXVIII Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 2000b. Viçosa. **Anais...** Viçosa:UFV, 2000, p331.

NASCIMENTO, A.H.; GOMES, P.C.; ALBINO, L.F.T. et al. Composição química e valores de energia metabolizável das farinhas de penas e vísceras determinados por diferentes metodologias para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.3, p.1409-1417, 2002.

NASCIMENTO, G.A.J. Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves utilizando o princípio da meta-análise. 2007. 199p. Tese (Doutorado em Zootecnia)- Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry.** 9.ed. Washington: National Academy Press, 1994. 176p.

NELSON, N. A. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemistry**, Baltimore, v. 153, 1994, p. 375-380.

NERY, L.R. **Valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis de alguns alimentos para aves**. Viçosa - MG, 2005. 100p. Tese (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2005.

NOBLET, J., MILGEN, J. Energy value of pig feeds: Effect of pig body weight and energy evaluation system. **J. Anim. Sci.** 2004,. v.82(Suppl.) p.229-238.

NUNES, R. V. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis da grão de trigo e seus subprodutos para aves**. 2000. 71 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

NUNES, R. V.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L.F.T.; et al. Composição bromatológica, energia metabolizável e equações de predição da energia do grão e de subprodutos do trigo para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3, p.785-793, 2001.

NUNES, R.V. **Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves**. Viçosa - MG, 2003. 113p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2003.

OST, P.R.; RODRIGUES, P.B.; FIALHO, E.T. et al. Valores energéticos de sojas integrais e de farelos de soja, determinados com galos adultos e por equações de predição. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 2, p. 467-475, 2005.

OETZEL. G. R. Meta-analysis of nutritional risk factors for milk fever in dairy cattle. **Journal of Dairy Science.** , Champaign, v. 74, n. 11, p. 3900-3912, 1991.

PARSONS, C.M. Amino Acids availability in feedstuffs for poultry and swine. In: recent advances in amino acid nutrition. Urbana: University Illinois, 1985.

PAULA, A., BRUM, P.A.R., ÁVILA, V.S., et al.. Valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos e farinha de vísceras determinados com diferentes níveis de substituição para frangos de corte. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8 n. 1, p. 51-55 jan-abr, 2002.

PETERS, A. R.; MARTINEZ, T. A.; COOK, A. J. C. A meta-analysis of studies of the effect of GNRH 11-14 days after insemination on pregnancy rates in cattle. **Theriogenology**, New York, v. 54, n. 8, p. 1317-1326, Nov. 2000.

RAVINDRAN, V.; RAJAGURU, A. S. B. Nutriente contents of some unconventional poultry feeds. Indian **Journal of animal Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 58-61, July 1985.

RAVINDRAN, V ; WU, Y.B; HENDRIKS, W.H. Effects of sex and dietary phosphorus level on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibility in broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**, Volume 58, n. 5, pág. 405 - 411. 2004.

RODRIGUEIRO, R.J.B. **Exigência nutricional de lisina para poedeiras leves e semipesadas em crescimento**. Viçosa, UFV, 2001. 162. Tese Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 2001.

RODRIGUES, P.B. **Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves**. Viçosa - MG, 2000. 203p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

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

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1771-1782, 2002.

RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.1, p.171-182, 2003.

ROSENTHAL, R **Meta-analytic procedures for social research**. Beverly Hills: Sage, 1984. 150 p.

ROSTAGNO, H.S; QUEIROZ, A.C; SILVA, D.J; COSTA, P.M.A et al. Energia metabolizável do milho e do sorgo com diferentes conteúdos de taninos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa,v.6,n.2,p.304-318,1977.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; FERREIRA, A. S.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV. Departamento de Zootecnia, 2000. 141 p.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV. 2005.186p.

SCAPIM, M.R.S.; LOURES, E.G.; ROSTAGNO, H.S. et al. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetida a diferentes tratamentos térmicos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, v.25, n.1, p.91-98, 2003.

SAKOMURA, N.K.; BIANCHI, M.D.; PIZAURO Jr., J.M. et al. Efeito da idade dos frangos de corte na atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.924-935, 2004.

SAKOMURA, N. K.; SILVA, R. Conceitos inovadores aplicáveis à nutrição de não ruminantes. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, Belo Horizonte, v. 22, p. 125-146, mar. 1998.

SCHANG, M. J. Valor nutritivo de ingredientes y raciones para aves: energia disponible. **Revista Argentina de Produccion Animal**, Buenos Aires, v. 7, n. 6, p. 599-608, jul. 1997.

SHIRES. A.; ROBBLEE, A. R.; HARDIN, R. T.; CLANDININ, D. R. Effect of the age of chickens on the true metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 59, n. 2, p. 396-403, Feb. 1980.

SIBBALD, I. R. The effect of level of feed intake on metabolizable energy values of feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 54, n. 06, p. 1990- 1997, Nov. 1975.

SIBBALD, I. R. A bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. **Poultry Science**, Champaign, v. 55, n. 1, p. 303-308, Jan. 1976.

SIBBALD, I. R.; PRICE, K. True and apparent metabolizable energy values for poultry of canadian wheats and oats measured by bioassay and predicted from physical and chemical data. **Canadian Journal of Animal Science** , Ottawa, v. 57, n. 4, p. 365-374, Dec. 1977.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. 3.ed. Viçosa: UFV, IMP. Univ., 2002. 235p.

SOARES, K.R.; BERTECHINI, A.G.; FASSANI, E.J. et al. Valores de energia metabolizável de alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.29, n.1, p.238-244, 2005.

TABLAS FEDNA DE COMPOSICIÓN Y VALOR NUTRTIVO DE ALIMENTOS PARA LA FABRICACIÓN DE PIENSOS COMPUESTOS – FEDNA, **Fundación Española para El Desarrollo de La Nutrición Animal**, 2 ed. 253p., 2003.

TORRES, D. M. **Valor nutricional de farelos de arroz suplementados com fitase, determinado por diferentes metodologias com aves**. 2003. 172 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA- UFV. Central de Processamento de Dados - UFV/CPD. SAEG – **Sistema para análises estatísticas**. versão 9.1. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2005.

UNIÃO BRASILEIRA DE AVICULTURA. Relatório anual 2008. Disponível em: [www.uba.org.br](http://www.uba.org.br). Acesso em : 12 de janeiro de 2009.

VIEIRA, R.O.; RODRIGUES, P.B; FREITAS, R.T.F. et al.. Composição química e energia metabolizável de híbridos de milho para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.4, p.832-838, 2007.

VIEITES, F.M. **Valores energéticos e de aminoácidos digestíveis de farinhas de carne e ossos para aves**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1999. 75p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, 1999.

WANG, M. C.; BUSHMAN, B. J. **Integration results:** through meta-analytic review using SAS software. Cary: Statistical Analysis System Institute, 1999.

WOLYNETZ, M. N.; SIBBALD, I. R. Relationships between apparent na true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. **Poultry Science**, Champaign, v. 63, n. 7, p. 1386-1399, July 1984.

ZANELLA, I. **Efeito da suplementação de enzimas em dietas à base de milho e soja sobre a digestibilidade e desempenho em frangos de corte**. 1998. 179 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, São Paulo.

ZONTA, M. C. M.; RODRIGUES, P. B.; ZONTA, A.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; FIALHO, E. T.; PEREIRA, C. R. Energia metabolizável de ingredientes protéicos determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Ciência e Agrotecnologia** , Lavras, v. 28, n. 6, p. 1400- 1407, nov./dez. 2004.

## APÊNDICE A

Tabela 1A - Análise de variância para o CDMS do experimento 1.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	35933424	3992603	60,20	<0,0001
Idade	3	3246198	1082066	16,13	<0,0001
Alimento* Idade	27	8022736	297138	4,48	<0,0001
Resíduo	80	5306239	66328		

CV= 3,77

Tabela 2A - Análise de variância para o CDPB do experimento 1.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	10638	1182	211,70	<0,0001
Idade	3	4881	1627	291,38	<0,0001
Alimento* Idade	27	1617	59,88	10,72	<0,0001
Resíduo	80	447	5,58		

CV= 4,20

Tabela 3A - Análise de variância para o CDEE do experimento 1.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	61524279	6836031	43,92	<0,0001
Idade	3	193942	6464733	41,54	<0,0001
Alimento* Idade	27	26060237	965194	6,20	<0,0001
Resíduo	80	12451687	155646		

CV= 5,02

Tabela 4A - Análise de variância para o CDENN do experimento 1.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	2215528	246170	23,49	<0,0001
Idade	3	1008965	336322	32,10	<0,0001
Alimento* Idade	27	797376	29532	2,82	<0,0001
Resíduo	80	838315	10479		

CV= 1,06

Tabela 5A - Análise de variância para o CDMS do experimento 2.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	15252109	1694679	89,61	<0,0001
Idade	3	1954425	651475	34,45	<0,0001
Alimento* Idade	27	912232	33786	1,78	<0,0001
Resíduo	80	1512879	18911		

CV= 1,87

Tabela 6A - Análise de variância para o CDPB do experimento 2.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	111120426	12346714	243,35	<0,0001
Idade	3	51969135	17323045	341,44	<0,0001
Alimento* Idade	27	14040493	520018	10,25	<0,0001
Resíduo	80	4058841	50736		

CV= 3,68

Tabela 7A - Análise de variância para o CDEE do experimento 2.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	9233127	1025903	9,00	<0,0001
Idade	3	1452633	484211	4,25	<0,0001
Alimento* Idade	27	5793580	214577	1,88	<0,0001
Resíduo	80	9123467	114043		

CV= 3,87

Tabela 8A - Análise de variância para o CDENN do experimento 2.

FV	GL	Soma dos quadrados	Quadrado médio	F	P
Alimento	9	1052410	116934	49,50	<0,0001
Idade	3	1095165	36055	154,54	<0,0001
Alimento* Idade	27	142399	5274	2,23	<0,0001
Resíduo	80	188972	2362		

CV= 0,50

## APÊNDICE B

Tabela 1B - Alimentos energéticos catalogados na pesquisa, seus respectivos autores e valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn).

<b>Alimento</b>	<b>Autor</b>	<b>EMAn</b>
Milho	ALBINO (1980)	3640
Milho	ALBINO (1980)	3900
Milho	ALBINO (1980)	3550
Milho	ALBINO (1991)	3850
Milho	CARVALHO (2002)	3770
Milho	CARVALHO (2002)	3778
Milho	CARVALHO (2002)	3709
Milho	CARVALHO (2002)	3677
Milho	CARVALHO (2002)	3850
Milho	CARVALHO (2002)	3814
Milho	CARVALHO (2002)	3781
Milho	CARVALHO (2002)	3624
Milho	CARVALHO (2002)	3755
Milho	CARVALHO (2002)	3686
Milho	CARVALHO (2002)	3640
Milho	CARVALHO (2002)	3594
Milho	CARVALHO (2002)	3595
Milho	CARVALHO (2002)	3536
Milho	CARVALHO (2002)	3530
Milho	CARVALHO (2002)	3488
Milho	NUNES (2003)	3830
Milho	NUNES (2003)	3705
Milho	NERY (2005)	3779
Milho	NERY (2005)	3736
Milho	NERY (2005)	3830
Milho alta gordura	NERY (2005)	4070
Milho	MELLO (2007)	3566
Milho	MELLO (2007)	3529
Milho	MELLO (2007)	3815
Milho	MELLO (2007)	3787
Gérmen de milho	CALDERANO (2008)	2893
Gérmen de milho	CALDERANO (2008)	3069
Gérmen de milho	CALDERANO (2008)	3848
Raspa de mandioca integral	ALBINO (1980)	3220
Raspa de mandioca integral	ALBINO (1980)	3220
Raspa de mandioca integral	ALBINO (1980)	3640
Resíduo de macarrão	NUNES (2000)	3140
Sorgo	ALBINO (1980)	3220
Sorgo	ALBINO (1980)	3280

Tabela 1B - Continuação.

<b>Alimento</b>	<b>Autor</b>	
Sorgo	ALBINO (1980)	3140
Sorgo	ALBINO (1980)	3410
Sorgo	ALBINO (1980)	3210
Sorgo	ALBINO (1980)	3340
Sorgo	NUNES (2003)	3464
Sorgo	MELLO (2007)	3091
Sorgo	MELLO (2007)	3408
Sorgo	MELLO (2007)	3493
Sorgo	MELLO (2007)	3728
Farelo de trigo	ALBINO (1980)	1890
Farelo de trigo	ALBINO (1980)	2290
Farelo de trigo	ALBINO (1980)	1780
Farelo de trigo	NUNES (2000)	1864
Farelo de trigo	NUNES (2000)	1936
Farelo de trigo	NUNES (2000)	1758
Farelo de trigo	NUNES (2000)	1795
Farelo de trigo	NUNES (2000)	3457
Farelo de trigo	NUNES (2003)	2019
Farelo de trigo	NUNES (2003)	1972
Farelo de trigo	MELLO (2007)	1771
Farelo de trigo	MELLO (2007)	1818
Farelo de trigo	MELLO (2007)	1948
Farelo de trigo	MELLO (2007)	2154
Trigo	NUNES (2003)	3210
Trigo	NUNES (2003)	3339
Triguilho	NUNES (2000)	2813
Farelo de arroz desengordurado	ALBINO (1980)	1800
Farelo de arroz desengordurado	ALBINO (1980)	1850
Farelo de arroz desengordurado	ALBINO (1980)	2260
Farelo de arroz	ALBINO (1991)	3270
Farelo de arroz integral	NERY (2005)	2614
Farelo de arroz integral	MELLO (2007)	2320
Farelo de arroz integral	MELLO (2007)	2356
Farelo de arroz integral	MELLO (2007)	2257
Farelo de arroz integral	MELLO (2007)	2879
Quirera de arroz	CALDERANO (2008)	3371
Quirera de arroz	CALDERANO (2008)	3442
Quirera de arroz	CALDERANO (2008)	3518

Tabela 2B- Alimentos proteicos de origem vegetal catalogados no trabalho, autores dos trabalhos e energia metabolizável aparente corrigida (EMAn).

<b>Alimento</b>	<b>Autor</b>	<b>EMAn</b>
Farelo de soja	RODRIGUES (2000)	2337
Farelo de soja	RODRIGUES (2000)	2376
Farelo de soja	RODRIGUES (2000)	2469
Farelo de soja	RODRIGUES (2000)	2437
F. de soja texturizado	RODRIGUES (2000)	2833
Soja integral <i>Jet Splooder</i>	RODRIGUES (2000)	3224
Soja integral tostada	RODRIGUES (2000)	3400
Soja micronizada	RODRIGUES (2000)	4104
Farelo de soja 1	NUNES (2003)	2371
Farelo de soja 2	NUNES (2003)	2147
Soja integral tostada	NUNES (2003)	3072
Soja integral tostada	NERY (2005)	3627
Farelo integral soja micronizada	NERY (2005)	3773
Farelo integral soja micronizada	NERY (2005)	3892
Farelo integral soja micronizada	NERY (2005)	2043
Farelo de soja alta proteína	NERY (2005)	2250
Casca de soja	NERY (2005)	833
Farelo de soja 45	CALDERANO (2008)	2310
Farelo de soja 45	CALDERANO (2008)	2399
Farelo de soja 45	CALDERANO (2008)	2538
Farelo de soja 48	CALDERANO (2008)	2481
Farelo de soja 48	CALDERANO (2008)	2493
Farelo de soja 48	CALDERANO (2008)	2599
Soja integral extrusada	CALDERANO (2008)	3536
Soja integral extrusada	CALDERANO (2008)	3545
Soja integral extrusada	CALDERANO (2008)	3625
Soja integral desativada	CALDERANO (2008)	3326
Soja integral desativada	CALDERANO (2008)	3382
Soja integral desativada	CALDERANO (2008)	3462
Soja integral micronizada	CALDERANO (2008)	3791
Soja integral micronizada	CALDERANO (2008)	3877
Soja integral micronizada	CALDERANO (2008)	4079
Farinha soja desativada	CALDERANO (2008)	2465
Farinha soja desativada	CALDERANO (2008)	2525
Farinha soja desativada	CALDERANO (2008)	2708
Concentrado proteico de soja	CALDERANO (2008)	2594
Concentrado proteico de soja	CALDERANO (2008)	2642
Concentrado proteico de soja	CALDERANO (2008)	2763

Tabela 2B - Continuação.

<b>Alimento</b>	<b>Autor</b>	<b>EMAn</b>
Farelo de algodão 30	NUNES (2003)	2012
Farelo de soja	MELLO (2007)	1999
Farelo de soja	MELLO (2007)	2507
Farelo de soja	MELLO (2007)	2557
Farelo de soja	MELLO (2007)	2462
Farelo de soja	ALBINO (1980)	1950
Farelo de soja	ALBINO (1980)	2990
Farelo de soja	ALBINO (1980)	2210
Farelo de soja	ALBINO (1991)	2460
Farelo de amendoim	ALBINO (1980)	2040
Farelo de amendoim	ALBINO (1980)	2220
Farelo de amendoim	ALBINO (1980)	2000

Tabela 3B - Alimentos proteicos de origem animal utilizados na meta análise e seus respectivos autores.

<b>Alimento</b>	<b>Autor</b>	<b>EMAn</b>
Farinha de carne	ALBINO (1991)	1670
Farinha de carne	NERY (2005)	2420
Farinha de carne e ossos	ALBINO (1980)	2506
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1700
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1350
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1410
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	2120
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1420
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1200
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1110
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1210
Farinha de carne e ossos	VIEITES (1999)	1200
Farinha de peixe	ALBINO (1980)	2670
Farinha de peixe	ALBINO (1980)	2350
Farinha de peixe	ALBINO (1980)	2290
Farinha de peixe	ALBINO (1991)	2840
Farinha de penas	NERY (2005)	2523
Farinha de penas	NERY (2005)	2753
Farinha de penas e sangue	ALBINO (1991)	2230
Farinha de sangue	ALBINO (1980)	1390
Farinha de sangue	ALBINO (1980)	1120
Farinha de sangue	ALBINO (1980)	1460
Farinha de vísceras	ALBINO (1991)	3920
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	3966
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	4015
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	4170
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	3939
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	3056
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	2828
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	3470
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	3342
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	3825
Farinha de vísceras aves	NASCIMENTO (2000)	4011
Farinha de vísceras mista	NASCIMENTO (2000)	3383
Farinha de vísceras mista	NASCIMENTO (2000)	3852
Farinha de vísceras mista	NASCIMENTO (2000)	3433
Farinha de vísceras mista	NASCIMENTO (2000)	3529
Farinha de vísceras mista	NERY (2005)	3027

Tabela 3B - Continuação.

<b>Alimento</b>	<b>Autor</b>	<b>EMAn</b>
Farinha de vísceras suína	NASCIMENTO (2000)	2693
Farinha de vísceras suína	NASCIMENTO (2000)	3424
Farinha de vísceras suína	NASCIMENTO (2000)	2619
Farinha de vísceras suína	NASCIMENTO (2000)	3647
Farinha de vísceras suína	NERY (2005)	2229
Plasma sanguíneo	NERY (2005)	3312
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3077
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3783
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3264
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3580
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3490
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3552
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3291
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3321
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3371
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3438
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	3580
Farinha de penas	NASCIMENTO (2000)	4099
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	3943
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	3975
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	4078
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	4096
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	4044
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	3904
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	3918
Farinha de vísceras	MELLO (2007)	3957
Farinha de penas	MELLO (2007)	2777
Farinha de penas	MELLO (2007)	3236
Farinha de penas	MELLO (2007)	3331
Farinha de penas	MELLO (2007)	3424
Farinha de penas	MELLO (2007)	2758
Farinha de penas	MELLO (2007)	3434
Farinha de penas	MELLO (2007)	3552
Farinha de penas	MELLO (2007)	3406
Plasma sanguíneo	MELLO (2007)	3046
Plasma sanguíneo	MELLO (2007)	3961
Plasma sanguíneo	MELLO (2007)	3797
Plasma sanguíneo	MELLO (2007)	3250