



ANTONIO AMANDIO PINTO GARCIA JÚNIOR

**DETERMINAÇÃO INDIRETA E VALIDAÇÃO
DO VALOR ENERGÉTICO DE ALIMENTOS DE
ORIGEM ANIMAL PARA FRANGOS DE
CORTE**

**LAVRAS – MG
2015**

ANTONIO AMANDIO PINTO GARCIA JÚNIOR

**DETERMINAÇÃO INDIRETA E VALIDAÇÃO DO VALOR
ENERGÉTICO DE ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL PARA
FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador
Dr. Paulo Borges Rodrigues

**LAVRAS – MG
2015**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Garcia Junior, Antonio Amandio Pinto.

Determinação indireta e validação do valor energético de
alimentos de origem animal para frangos de corte / Antonio
Amandio Pinto Garcia Junior. – Lavras : UFLA, 2015.

146 p. : il.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.

Orientador(a): Paulo Borges Rodrigues.

Bibliografia.

1. Equação de Predição. 2. EMAn. 3. Farinha de carne e ossos.
4. Meta-análise. 5. Aves. I. Universidade Federal de Lavras. II.
Título.

O conteúdo desta obra é de responsabilidade do(a) autor(a) e de seu orientador(a).

ANTONIO AMANDIO PINTO GARCIA JÚNIOR

**DETERMINAÇÃO INDIRETA E VALIDAÇÃO DO VALOR
ENERGÉTICO DE ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL PARA
FRANGOS DE CORTE**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, área de concentração em Produção e Nutrição de Monogástricos, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2015

Dr. Antonio Gilberto Bertechini	UFLA
Dr. Adriano Geraldo	IFMG – Campus Bambuí
Dr. Édson José Fassani	UFLA
Dr. Nikolas Amaral	IFSUL DE MINAS- Campus Machado

Dr. Paulo Borges Rodrigues (UFLA)
Orientador

LAVRAS - MG

2015

À minha família, por me acompanhar nesta jornada.

Aos meus amigos de Lavras, pelos momentos inesquecíveis.

A Camila, pelo companheirismo, amizade e amor dedicados sem medidas
contribuindo para a evolução profissional e pessoal.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras e ao colegiado do Curso de Pós-graduação em Zootecnia, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Ao meu orientador, Prof. Paulo Borges Rodrigues, pela valiosa orientação, ensinamentos, confiança, incentivo e me possibilitou a realização deste trabalho.

Aos professores Antonio Gilberto Bertechini (UFLA), Adriano Geraldo (IFMG – Campus Bambuí), Édson José Fassani (UFLA), Nikolas Amaral (IF SUL DE MINAS - Campus Machado), pela colaboração e participação na banca examinadora.

Aos professores do Departamento de Zootecnia da UFLA, pelos ensinamentos e amizade.

Aos funcionários do Departamento de Zootecnia, em especial, Márcio Nogueira e José Virgílio, pela amizade, colaboração e auxílio na realização das análises laboratoriais, ao longo desta caminhada.

Ao meu amigo Matheus de Paula Reis, que me ajudou constantemente, a superar as dificuldades encontradas. Ao meu amigo Morango (Bernardo), que esteve presente em momentos importantes para a concretização desse trabalho.

À República Mata Burro, pela amizade construída ao longo desses anos e pelo sentimento de fazer parte dessa grande família.

Aos integrantes do NECTA e aos meus amigos Verônica, Letícia, Renatinha, Pato, Eduardo, Evelyn e Rafaela pela amizade e pela ajuda imprescindível para a condução deste trabalho.

Ao Jerônimo A. G. Brito e Júlio César C. de Carvalho, pelos ensinamentos valiosos e importantes, durante minha formação profissional, nestes sete anos de NECTA.

Ao professor Ivan Allaman, que com seu conhecimento e paciência contribuiu para a realização do presente trabalho.

Ao meu irmão André Pinto Garcia pelo exemplo de como alcançar nossos objetivos com perseverança, inteligência e uma dose certa de diversão. A minha mãe Raquel Pinheiro Garcia pela educação, sabedoria de vida e pelo infinito amor de mãe e ao meu pai Antonio Amandio Pinto Garcia pelo exemplo de honestidade, inteligência e pela confiança que foi depositada em mim.

A todos familiares, amigos e aqueles que colaboraram para realização deste trabalho.

RESUMO

O objetivo da presente pesquisa foi desenvolver equações de predição, utilizando-se o princípio da meta-análise, que possa estimar, com acurácia, os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) para frangos de corte e validá-las comparando-as com valores de EMAn determinados por meio de ensaios biológicos. Uma ampla revisão bibliográfica foi realizada de trabalhos desenvolvidos no Brasil e no exterior nos quais, tivessem sido determinados a composição química e os valores de EMAn de alimentos de origem animal para frangos de corte. Esses dados foram catalogados e codificados em uma métrica comum, permitindo, assim a análise estatística. Foi adotado o método “Stepwise”, utilizando-se o critério de Akaike para a determinação dos modelos matemáticos. As equações que foram indicadas como adequadas para a predição dos valores energéticos foram: $EMAn = 5263,335 - 18,35 (PB) + 175,281 (Ca) - 724,344 (P)$ e $EMAn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$, para FOA e FCO nacionais, respectivamente, $EMAn = 4298,91 - 83050 (Ca) - 185,07 (P)$ e $EMAn = 2204,77248 + 0,3469 (EB) - 217,3786 (P)$ para os dados internacionais e $EMAn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$, para FCO nacionais ou internacionais. A composição química de cinco farinhas de carne e ossos e os valores de EMAn foram determinados utilizando-se frangos de corte na fase pré-inicial, com o objetivo de validar as equações de predição propostas. Não houve similaridade entre os dados preditos e os determinados no ensaio metabólico. A validação das equações com dados determinados com frangos de corte na fase pré-inicial não foram suficientes, sugerindo assim, que a validação deva ser feita com valores determinados em todas as fases de criação.

Palavras-chave: Equação de predição. EMAn. Alimentos de origem animal.

ABSTRACT

Among the methods used for the determination of energy from feed, stands out the indirect method using prediction equations. The objective of this research was to develop prediction equations, using the principle of meta-analysis, that accurately predict the metabolizable energy values apparent corrected for nitrogen balance (AMEn) content of by-product from animal origin for broilers and cross-validate these prediction equations using a set of meat and bone meal (MBM) samples. A literature review was performed of works developed in Brazil and abroad where, had been determined the chemical composition and the AMEn values of by-product from animal origin for broilers. These data were cataloged and coded in a standard metric, thus allowing statistical analysis. The stepwise method was adopted, using the Akaike Information Criterion (AIC) for the selection of the best fit models. The equations that were chosen for the prediction of AMEn values for by-product from animal origin were AMEn are: $AMEn = 5263,335 - 18,35 (PB) + 175,281 (Ca) - 724,344 (P)$ e $AMEn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$, for by-product meal and meat and bone meal for brazilians feedstuf, respectively, $AMEn = 4298,91 - 83050 (Ca) - 185,07 (P)$ and $EMAn = 2204,77248 + 0,3469 (EB) - 217,3786 (P)$ for abroad feedstuf and $AMEn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$, for meat end bone meal for brazilians or abroad meat and bone meals. It was determined the chemical composition of five meat and bones and AMEn content for broilers at the starter phase, in order to validate the prediction equations proposed. There was no similarity between the predicted and observed data. The validation of the prediction equations at the starter phase with data determined with broilers in the pre-initial phase was not sufficient, thus suggesting that validation should be done with values determined at all phases of rearing.

Keywords: Prediction equation. EMAn. By-product from animal origin.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 TESTE DE VERIFICAÇÃO DE <i>OUTLIERS</i> ATRAVÉS DA ANÁLISE DA DISTÂNCIA DE <i>COOK</i> , SENDO O EIXO X A INFLUÊNCIA DOS DADOS E O EIXO Y O RESÍDUO PADRÃO	77
FIGURA 2 TESTE DE VERIFICAÇÃO DE <i>OUTLIERS</i> ATRAVÉS DA ANÁLISE DA DISTÂNCIA DE <i>COOK</i> , DA NOVA BASE DE DADOS, SENDO O EIXO X A INFLUÊNCIA DOS DADOS E O EIXO Y O RESÍDUO PADRÃO	78
FIGURA 3 COMPORTAMENTO DOS DADOS ANALISADOS PARA O TESTE DE NORMALIDADE, SENDO O EIXO X QUANTIS TEÓRICOS E EIXO Y O RESÍDUOS PADRÃO	78
FIGURA 4 RELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO I - $EMAN = 2921,91 + 68,40 (EE) - 48,32 (MM)$ E DETERMINADOS EM ENSAIOS METABÓLICOS REALIZADOS COM FRANGOS DE CORTE NA FASE PRÉ-INICIAL, DE EMAN PARA FCO	127
FIGURA 5 RELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO II - $EMAN = 1839,20 + 105,60 (EE) - 176,24 (P)$ E DETERMINADOS EM ENSAIOS METABÓLICOS REALIZADOS COM FRANGOS DE CORTE NA FASE PRÉ-INICIAL, DE EMAN PARA FCO	127
FIGURA 6 RELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO III - $EMAN = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(CA)$ E OBSERVADOS, EM ENSAIOS METABÓLICOS REALIZADOS COM FRANGOS DE CORTE NA FASE PRÉ-INICIAL, DE EMAN PARA FCO	128
FIGURA 7 RELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO IV - $EMAN = 5263,33 - 18,35 (PB) + 175,28 (CA) - 724,34 (P)$ E DETERMINADOS EM ENSAIOS METABÓLICOS REALIZADOS COM FRANGOS DE CORTE NA FASE PRÉ-INICIAL, DE EMAN PARA FCO	129
FIGURA 8 RELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO V - $EMAN = 2204,77 + 0,34 (EB) - 217,37 (P)$ E DETERMINADOS EM ENSAIOS METABÓLICOS REALIZADOS COM FRANGOS DE CORTE NA FASE PRÉ-INICIAL, DE EMAN PARA FCO	129
FIGURA 9 RELAÇÃO ENTRE OS VALORES ESTIMADOS PELA EQUAÇÃO DE PREDIÇÃO VI - $EMAN = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (CA) - 255,28 (P)$ E DETERMINADOS EM ENSAIOS METABÓLICOS REALIZADOS COM FRANGOS DE CORTE NA FASE PRÉ-INICIAL, DE EMAN PARA FCO	130

SUMÁRIO

CAPITULO 1	15
1 INTRODUÇÃO.....	15
2 REVISÃO DE LITERATURA	17
2.1 Farinhas de origem animal (FOA).....	17
2.2 Farinha de carne e ossos (FCO)	22
2.2.1 Fatores que afetam a qualidade das FCO	24
2.3 Limitações das FCO para o uso em rações	26
2.3.1 Contaminação bacteriana	26
2.3.2 Peroxidação de gorduras	27
2.3.3 Aminas biogênicas	28
2.3.4 Composição química.....	30
2.4 Valor energético dos alimentos	31
2.5 Metodologias de determinação do valor energético dos alimentos	33
2.5.1 Métodos diretos.....	33
2.5.2 Métodos indiretos.....	36
2.6 Meta-análise	42
2.6.1. Seleção dos estudos – o que incluir	43
2.6.2 Vícios de publicação	44
2.6.3 Outros problemas da meta-análise	45
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	47
CAPÍTULO 2	56
PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL PARA AVES.....	56
1 INTRODUÇÃO.....	59
2 MATERIAL E MÉTODOS	60
2.1 Informações utilizadas para obtenção das equações de predição por meio da meta-análise	61
2.2 Metodologia empregada para realização da meta-análise	61
2.3 Critérios empregados para a catalogação (inclusão) das informações	62
2.4 Formação de grupos homogêneos de trabalhos.....	62
2.5 Modelo de regressão para a meta-análise	65
2.6 Estrutura entre as variáveis e obtenção das equações de predição ...	67
2.7 Eliminação <i>backward</i>, seleção <i>forward</i> e regressão <i>Stepwise</i>	68

2.8 Análise estatística	69
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
4.1 Dados nacionais das farinhas de origem animal (FOA)	70
4.1.1 Amplitude, média e coeficiente de variação	71
4.1.2 Coeficiente de correlação.....	73
4.1.3 Equação de predição das FOA	75
4.1.4 Valores preditos vs observados na literatura.....	81
4.2 Dados nacionais das farinhas de carne e ossos (FCO)	84
4.2.1 Amplitude, média e coeficiente de variação	84
4.2.2 Coeficiente de correlação.....	85
4.2.3 Equação de predição das FCO	86
4.2.4 Valores preditos vs observados na literatura.....	87
4.3 Dados internacionais de FCO.....	88
4.3.1 Amplitude, média e coeficiente de variação	88
4.3.2 Coeficiente de correlação.....	90
4.3.3 Equação de predição	92
4.3.4 Valores preditos vs observados na literatura.....	93
4.4 Dados nacionais e internacionais de FCO	96
4.4.1 Amplitude, média e coeficiente de variação	96
4.4.2 Coeficiente de correlação.....	98
4.4.3 Equação de predição	99
4.4.4 Valores preditos vs observados na literatura.....	100
5 CONCLUSÃO	102
6 REFERÊNCIAS.....	104
CAPÍTULO 3	110
VALORES ENERGÉTICOS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE FARINHAS DE CARNE E OSSOS PARA FRANGOS DE CORTE, DETERMINADOS <i>IN VIVO</i> E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO.....	110
1 INTRODUÇÃO.....	113
2 MATERIAL E MÉTODOS	114
2.1 Ensaio de metabolismo.....	114
2.2 Validação das equações de predição.....	117
2.2.1 Equações de predição selecionadas para a validação.....	118
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	119
3.1 Composição química, índice de acidez e índice de peróxido das FCOs	119
3.2 Coeficientes de digestibilidade aparente da MS e da PB, valores de EMAn e coeficientes de metabolizabilidade da EB das FCOs	122

3.3 Predição dos valores energéticos das FCO.....	124
3.4 Validação das equações de predição	126
4 CONCLUSÃO	131
5 REFERÊNCIAS.....	132
APÊNDICE B – Tabela 2 Dados tabulados (na Matéria Seca) para a determinação das equações de predição dos valores de EMAn para alimentos de origem animal dos artigos internacionais.	149

CAPITULO 1

1 INTRODUÇÃO

Com uma média de 220.000 pessoas adicionadas a população global a cada 24 horas, a projeção é que, a população mundial alcance cerca de 9,2 bilhões de habitantes no ano 2050 (Alexandratos et al., 2012). Conseqüentemente, a perspectiva da demanda de proteína animal para alimentação humana é crescente. Este fato impulsiona o aumento da produtividade e a busca para alternativas que diminuam o custo de produção, principalmente, com a alimentação, que representa cerca de 70% do custo total de produção de carne de frangos de corte.

Pesquisas na área de nutrição de aves vêm sendo realizadas em busca de melhor utilização de ingredientes que não concorram com a alimentação humana e que não representem, de certa maneira, risco de contaminação para o meio ambiente se não descartados apropriadamente. Nesse sentido, os alimentos de origem animal, que são subprodutos de abatedouros de animais, tais como bovinos, suínos, ovinos, caprinos, peixes e aves, são caracterizados por conter na sua composição altos teores de nitrogênio, minerais e gordura, tornando a utilização desses ingredientes nas formulações interessante.

O valor energético dos subprodutos de origem animal utilizados para alimentação de aves é muito variável, principalmente, pela falta de padronização do produto final, tornando importante a obtenção desse valor para a formulação de rações mais eficientes, que atendam as exigências nutricionais nas diferentes fases do desenvolvimento animal.

A forma mais utilizada para expressar o valor energético dos alimentos para frangos de corte é a energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), gerada a partir de ensaios metabólicos que envolvem

animais vivos, equipe especializada, instalações experimentais e instalações laboratoriais com equipamentos específicos e em bom funcionamento. Por outro lado, pesquisas mais recentes demonstram métodos mais ágeis, menos onerosos e menos trabalhosos para a determinação do valor energético dos alimentos. Nesse contexto, existem dois tipos de classificação para a determinação dos valores energéticos, os métodos diretos e indiretos.

Os métodos diretos ou convencionais requerem ensaios metabólicos, em contrapartida, como método indireto, surgem às equações de predição, que são baseadas na composição proximal dos alimentos obtida rotineiramente em laboratórios, sendo considerada uma alternativa rápida, prática e econômica na avaliação nutricional dos alimentos.

As equações de predição podem ser obtidas por meio da meta-análise, que foi definida como a “análise das análises” por Glass (1976) ou a “análise estatística de uma grande coleção de resultados de análises de estudos individuais com o propósito de completar as descobertas”. Os trabalhos envolvendo a meta-análise tem o objetivo de coletar informações de dados provenientes de diferentes condições, comparando resultados distintos, porém relacionados.

Portanto, objetivou-se com esse trabalho, determinar equações de predição da EMAn de subprodutos de origem animal, desenvolvidas por meio do princípio da meta-análise, e validá-las com os resultados obtidos em ensaios *in vivo*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Farinhas de origem animal (FOA)

Perspectvas e projeções de crescimento para a produção, consumo e exportação animal do Brasil para a próxima década trazem responsabilidades inerentes ao aumento da produção, como por exemplo, o aumento da demanda de matérias-primas convencionais e o correto destino para os resíduos de abatedouros.

A atividade de transformação de resíduos de abatedouros em ingredientes com características de composição nutricional, considerada desejável para a formulação de ração de animais não ruminantes é chamada de processamento animal.

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (BRASIL, 2013), o Brasil é um dos quatro maiores produtores de resíduo de abatedouro processado. Dados do MAPA, mostram que, em 2013, por exemplo, existiam 512 indústrias no Brasil, das quais 343 eram abatedouros de animais e 169 de indústrias independentes. Esses números são referentes as indústrias que fazem parte do Sistema de Inspeção Federal (SIF) do MAPA. Essas indústrias são responsáveis por retirarem 12 milhões de toneladas por ano de subprodutos de origem animal do meio ambiente. Esse material, quando não reciclado, pode representar um grandes riscos sanitários e ambientais. Contudo, a utilização de tecnologia possibilita a transformação desse subproduto em gordura, cálcio, fósforo e proteínas, possibilitando, assim, sustentabilidade da cadeia produtiva de carnes.

Dentre as diversas farinhas de origem animal disponíveis para serem utilizadas em dietas de frangos de corte, as mais utilizadas são as farinhas de carne e ossos, peixes, sangue, resíduo de incubatório, penas, vísceras e as

farinhas mistas. Esses ingredientes são considerados alternativos. Os ingredientes alternativos podem ser definidos como ingredientes que substituem totalmente ou parcialmente os ingredientes classificados como convencionais como o milho e o farelo de soja, por exemplo.

Em virtude do baixo custo relativo aos ingredientes convencionais, como óleo, farelo de soja e fosfato bicálcico e, vantagens nutricionais, por conterem aminoácidos, energia, cálcio e fósforo em quantidades consideráveis, desde que assegurada a qualidade das mesmas, os ingredientes alternativos apresentam vantagens estratégicas para a sua utilização na formulação de ração para frangos de corte. Porém, características inerentes a composição química e, conseqüentemente, valores nutricionais devem ser levadas em consideração pelos zootecnistas.

As FOA possuem uma alta variação em sua composição química, podendo ser decorrente de vários aspectos, entre eles a proporção de ossos e tecidos utilizados nas graxarias, métodos de processamento, presença de contaminantes, textura entre outros.

O processo básico de produção de farinhas de origem animal consiste na colheita dos resíduos do abate animal, não comestíveis para seres humanos, os quais devem ser isentos de materiais estranhos à sua composição e microrganismos patogênicos. Os materiais coletados que tenham mais do que 5 cm devem ser triturados e então processados em digestores para cocção com pressão ou não, por tempo variável dependendo do processo. A gordura é drenada, prensada ou centrifugada e o resíduo sólido moído na forma de farinha com especificações de granulometria variáveis (BELLAVÉR et al., 2005).

Porém, para alguns setores da sociedade, a utilização de subprodutos de origem animal têm sido vista de forma negativa, principalmente, em alguns países que fazem parte da União Européia (DALE, 1997). A possível contaminação bacteriana e a preocupação pela contaminação dos subprodutos

de abatedouros bovinos pelo *prion* da encefalopatia espongiforme bovina (EEB) ou *bovine spongiform encephalopathy* (BSE) foram fatores preponderantes para que a utilização dos mesmos fossem subjulgados. Como precaução, alguns mercados suspenderam o uso de farinhas de origem animal nas formulações das dietas dos animais, exigindo também que os frangos importados fossem alimentados com dietas vegetais.

Apesar dessa prática preventiva, não há fatos que comprovem cientificamente essa suposição de contaminação do *prion* da BSE. Em um estudo conduzido na Inglaterra por Mathews (2001), frangos de corte com 4, 5 e 6 semanas de idade foram desafiados oralmente com tecidos altamente infectados com o *prion* da BSE. Após esse período, os animais foram monitorados por mais 4 anos e os mesmos não demonstraram sintomas ou sinais de contaminação nos tecidos.

No mercado brasileiro, não há restrições quanto ao uso de FOA para aves, sendo essa utilização bastante comum e relevante nas empresas brasileiras de integrações haja vista que, no ano de 2013, de toda a carne avícola produzida no Brasil 69% foi direcionada para o mercado interno (ABPA, 2014).

Outra questão envolvendo as FOA é que a qualidade desses produtos para frangos de corte pode ser comprometida pelo aumento da demanda desses ingredientes nas rações para animais de estimação, como por exemplo, cães e gatos. Segundo Dale (1997), nos Estados Unidos, isto tem ocorrido principalmente na produção de subprodutos de abatedouros de aves, onde duas farinhas completamente diferentes são produzidas: “*feed grade poultry meal*” e “*pet food grade meal*”. A “*pet food grade meal*”, que é o produto de melhor qualidade é usada para a produção de rações de animais de companhia. Como consequência direta deste fato, o produto de maior variabilidade e de menor qualidade é destinado para avicultura industrial.

Contudo, o baixo valor econômico, a inclusão social através da geração de empregos, o apelo para tornar a cadeia produtiva de carnes sustentável através do aproveitamento dos resíduos de abatedouros na alimentação animal e as características nutricionais favoráveis, direcionaram as pesquisas em nutrição animal para o desenvolvimento de técnicas rápidas, menos onerosas e com baixo impacto ambiental, que determinem a composição nutricional dessas FOA. Algumas características químicas e manejo de processamento estão relatados a seguir das FOA mais utilizadas nas formulações de rações para frangos de corte.

2.1.1 Farinha de carne e ossos (FCO)

Segundo Butolo (2002), a FCO pode ser produzida por frigoríficos ou em indústrias de coletas de resíduos, que são triturados, cozidos, prensados para a extração de gordura, e novamente moidos. Não deve conter sangue, cascos, chifres, pelos, conteúdo estomacal a não ser os obtidos involuntariamente dentro dos princípios de boas práticas de fabricação.

As FCO devem conter valores de até 4% de fósforo (P) e 8% de cálcio (Ca), pois altos valores de matéria mineral (MM) reduzem os valores energéticos das mesmas (BUTOLO, 2002). A variabilidade da composição química junto com diferentes formas de processamento exigem altos padrões de controle de qualidade dos consumidores desses produtos, especialmente quando há uma troca de fornecedor.

2.1.2 Farinha de peixe (FP)

Consiste no produto obtido de peixes inteiros e/ou cortes de várias espécies, não decomposto, com ou sem extração de óleo, seco e moído. Não deve conter mais do que 10% de umidade (BELLAYER, 2010). A FP é

normalmente uma excelente fonte de aminoácidos essenciais, porém o valor energético é dependente da quantidade de óleo residual presente. Lesson e Summers (1997), observaram que amostras de FP com 4% de extrato etéreo (EE) e 63% de PB obtiveram valores de EMAn em torno de 3289 kcal/kg, enquanto que amostras com 1% de EE e 58% de PB espera-se valores em torno de 2836 kcal/kg. Os autores ainda ressaltam que lotes de FP com altos teores de EE devem ser estabilizados com antioxidantes.

2.1.3 Farinha de sangue (FS)

Produto do processo de cozimento e secagem do sangue fresco. A farinha de sangue é produzida de sangue fresco, sem cerdas, urina e conteúdo digestivo, exceto em quantidades que podem ser admitidas nas boas práticas de processamento. A umidade é removida no cozimento a vapor e a secagem, feita em tambores rotatórios. O produto obtido é vermelho-escuro tendendo a preto, insolúvel em água. O método de secagem do sangue é provavelmente o fator que mais contribui para a qualidade. Scapim et al. (2003) trabalhando com farinhas de penas e sangue para frangos de corte observaram valores de EMAn que variaram entre 1534 e 2240 kcal/kg. Porém, não observaram diferenças significativas para proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P) dessas farinhas.

2.1.4 Farinha de resíduo de incubatório (FRI)

Produto obtido a partir da cocção, secagem e moagem da mistura de cascas de ovos, ovos inférteis e não eclodidos, pintos não viáveis e descartados (BELLAYER, 2010).

2.1.5 Farinha de vísceras de frangos (FVF)

A farinha de vísceras de frangos (FVF) é produzida essencialmente de restos gerados do processamento da carne frango. A variabilidade na composição da FVF está relacionada com a adição ou não de penas durante o processo de fabricação. As penas podem ser utilizadas para a produção da farinha de penas (FP) quando não utilizada no processo de produção da FVF.

Portanto, como foi explicado, as composições químicas entre as FOA são variáveis e dependentes de métodos de processamento, origem, tempo de coleta, extração ou não da gordura, entre outros. Porém, pesquisas vêm sendo conduzidas para viabilizar, cada vez mais, a utilização desses subprodutos na formulação de ração para animais não ruminantes. Dentre as FOA citadas, a farinha que é considerada como a principal é a FCO, não só pela quantidade produzida, mas como, a qualidade e o preço da mesma.

2.2 Farinha de carne e ossos (FCO)

Dados do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) mostram que 34,4 milhões de bovinos foram abatidos em todo o país no ano de 2013 e as perspectivas para a produção de carne bovina tem um crescimento projetado de 1,9% ao ano, no período 2014 a 2024, o que é considerado um valor relativamente elevado por conseguir atender a demanda interna e ainda, obter um excedente para exportação. Em 2014, a projeção de produção de carne bovina é de aproximadamente 10 milhões de toneladas (BRASIL, 2013).

Segundo Lesson e Summers (1997), para cada tonelada de carne preparada para o consumo humano, cerca de 300 kg são descartados como produtos não comestíveis, e desses, aproximadamente 200 kg se transformam em farinha de carne. Portanto, a perspectiva de oferta deste subproduto para a alimentação animal é evidente e atrativa.

Dos subprodutos da indústria de carne oriundos de abatedouros industriais, a FCO tem sido considerada de grande importância na alimentação das aves, por atuar, principalmente, como fonte de fósforo, em substituição ao fosfato, e conseqüentemente, reduzindo os custos de formulação.

O valor de proteína bruta da FCO pode variar de 36% a 63%, de 1.937 a 2.810 kcal/kg de EMAn, de 7,4% a 14,21% de cálcio, de 3,70% a 7,11% de fósforo total, com conteúdo, médio, de gordura em 12,05% (Rostagno et al., 2011).

Um dos maiores problemas relacionados com proteínas de origem animal é o fato de haver muita variação entre esses produtos. Isso significa que o zootecnista não pode incluir o produto nas fórmulas sem uma análise cuidadosa dos seus valores nutricionais (SARTORELLI, 1998).

A FCO é oriunda do processamento industrial de tecidos animais. Segundo o Decreto nº 1.255 de 25 de junho de 1962, Artigo 317, entende-se por “alimento para animais” todo e qualquer subproduto industrial usado na alimentação de animais, tais como: farinha de carne, farinha de sangue, sangue em pó, farinha de ossos crus, farinha de ossos autoclavados, farinha de ossos degelatinizados, farinha de fígado, farinha de pulmão, farinha de carne e ossos e rações preparadas. Entre esses subprodutos industriais, o mais utilizado na alimentação animal é a FCO, a qual é descrita pelo Artigo 322-D como sendo um subproduto seco e triturado, obtido pelo cozimento a seco de recortes em geral, aparas, resíduos e limpeza decorrentes das operações nas diversas seções; ligamentos, mucosas, fetos e placentas, orelhas e pontas de cauda; órgãos não comestíveis ou órgãos e carnes rejeitados pela Inspeção Federal além de ossos diversos. É proibido a mistura de pelos, cerdas, cascos, chifres, sangue, fezes e conteúdo estomacal à matéria prima destinada ao preparo da farinha de carne e ossos.

2.2.1 Fatores que afetam a qualidade das FCO

A qualidade da FCO é determinada pelos processos de produção, que, conseqüentemente, influenciam as características alcançadas pelo produto final. A quantidade de água no produto final, a textura, o tempo de exposição à altas temperaturas, a possibilidade de contaminação antes, durante e após o processamento são exemplos de etapas na produção que são determinantes para a qualidade do produto final (BUTOLO, 2002).

2.2.1.1 Umidade

É o resíduo de água remanescente após o processamento e em geral situa-se entre 4 e 6%. É desejável que o valor não ultrapasse 8% sendo toleráveis valores de até 9%. O crescimento microbiano, pode ocorrer ocasionando deterioração do produto, quando o limite de 9% de umidade não é respeitado.

Quando superior a 8% facilita a contaminação bacteriana e suas conseqüências, e se com baixa umidade, indica a queima do ingrediente no processo. A queima poderia estar associada ao desgaste do equipamento, excessivo tempo de retenção e ou mau funcionamento de termômetros (BUTOLO, 2002).

2.2.1.2 Textura

A ruptura de peneiras durante a moagem, é um acontecimento esperado devida a dureza dos ossos. Esse fato, ocasiona a presença de partículas grossas no lote, contribuindo para a não uniformidade do lote.

A textura ideal seria sem retenção em peneira Tyler 6 (3,36 mm), no máximo 3% de retenção na Tyler 8 (2,38 mm) e máximo 10% retenção na Tyler

10 (1,68 mm) (BELLAYER, 2001).

Brugalli et al. (1999) relataram que o valor da EMAn da FCO é dependente do tamanho de partícula. Partículas médias, com diâmetro geométrico médio (DGM) de 0,51 mm e finas (DGM 0,42 mm) tiveram maior EMAn do que farinhas grossas (DGM 0,59 mm). Embora os autores classifiquem as farinhas em três diferentes categorias quanto ao tamanho das partículas, é importante observar que as farinhas podem ter DGM maiores, chegando inclusive no DGM de 1 mm. Tamanho de partículas maiores são particularmente preocupantes em farinhas de carne e ossos devido a disponibilidade do fósforo que pode ficar comprometida (BELLAYER et al. 2001).

2.2.1.3 Altas temperaturas e tempo excessivo no digestor

Por decorrência de problemas no sistema de extração de gordura, é comum no processamento que a temperatura se eleve muito (acima de 120°C) por tempo desnecessariamente longo, alterando a qualidade do produto, reduzindo a digestibilidade de aminoácidos (BUTOLO, 2002).

Scapim et al. (2003), com o objetivo de determinar o melhor processamento térmico para farinhas de penas e de sangue, observaram que o cozimento inicial das penas por 30min a 4kgf/cm², secagem por 75min a 180°C, adição de 20% de sangue pré-cozido e secagem por 75 min a 180°C, foi o mais adequado para processar a farinha de penas e de sangue por apresentar o maior conteúdo energético.

Porém, Albino et al., (1983) trabalhando com diferentes tempos de processamento (30, 45, 60, 75, 90 e 105 minutos) e diferentes pressões (1,0 e 3,5kgf/cm²), não encontraram diferenças significativas nos valores de EMA determinados com frangos de corte aos 21 e 42 dias de idade. Apesar dos

resultados relatados pelos autores, a influência do processamento nos valores energéticos e na digestibilidade dos ingredientes utilizados para frangos de corte é de conhecimento generalizado.

2.2.1.4 Contaminação do processo

Em geral são associadas à falta de equipamentos adequados ou à fraude que visam produzir subprodutos de baixo preço e sem qualidade; deve-se considerar a não inclusão de animais mortos de nenhuma procedência (BELLAYER, 2010).

2.2.1.5 Tempo entre abate e processamento

É um fator importante devido ao aparecimento de novos processadores independentes. O processamento deve ser feito preferencialmente logo após o abate ou sempre dentro das 24 horas seguintes ao abate, evitando assim a putrefação e oxidação das gorduras (BELLAYER, 2010).

2.3 Limitações das FCO para o uso em rações

O principal aspecto a ser considerado na obtenção das farinhas de carne e ossos é o conhecimento da origem do produto. Diversos pontos devem ser considerados quando pretende-se observar a qualidade das farinhas de carne e ossos, como contaminação bacteriana (salmonelas, enterobactérias), peroxidação das gorduras, presença de poliaminas e a composição química.

2.3.1 Contaminação bacteriana

Segundo BUTOLO (2002), no processo de produção das farinhas de carne e ossos grande parte da contaminação bacteriana é eliminada, porém, a recontaminação é algo que tem grande chance de ocorrer devido ao manuseio, transporte e outros fatores ambientais, por isso a rastreabilidade deve ser executada afim de manter-se a qualidade do produto.

2.3.2 Peroxidação de gorduras

Devido a alta quantidade de gorduras na composição química das FCO, há facilidade de se auto-oxidarem, pelo início da formação de radicais livres. A oxidação desenvolve-se em aceleração crescente, uma vez iniciada. A oxidação é caracterizadas por ser um processo auto catalítico. O radical livre em contato com oxigênio molecular forma um peróxido que, em reação com outra molécula oxidável, induz a formação de hidroperóxido e outro radical livre. Os hidroperóxidos dão origem a dois radicais livres, capazes de atacar outras moléculas e formar mais radicais livres. As moléculas formadas que contêm o radical livre, ao se romperem, formam produtos de peso molecular mais baixo (aldeídos, cetonas, álcoois e ésteres), os quais são voláteis e responsáveis pelos odores da rancificação (RUTZ; LIMA, 1994). A formação de radicais livres pode ser influenciado por fatores como temperatura, enzimas, luz, íons metálicos, entre outros.

A análise de obtenção do índice de acidez é utilizada para indicar o aumento de ácidos graxos livres, a qual é medida como uma quantidade em mg de hidróxido de sódio requeridos para neutralizar os ácidos graxos livres de 1 g de gordura. Um aumento de ácidos graxos livres em gorduras pode indicar deterioração devido ao aumento da hidrólise e ao desenvolvimento da rancidez.

O manejo adequado de produção e armazenamento é importante para impedir o início da formação de radicais livres. Substâncias antioxidantes

naturais (vitamina E, pigmentos xantofílicos, selênio) e sintéticas (BHT, BHA, Etoxiqum) podem ser incorporados para diminuir a auto-oxidação dos ácidos graxos das farinhas.

Racanicci et al. (2000) avaliando os efeitos da adição do BHT (500 mg/kg) sobre a qualidade da FCO para frangos de corte, verificaram que a adição de BHT foi efetiva na prevenção da rancidez oxidativa, quando feita no momento do recebimento ou depois de sete dias.

2.3.3 Aminas biogênicas

As aminas são bases orgânicas alifáticas, alicíclicas ou heterocíclicas de baixo peso molecular, formadas principalmente pela descarboxilação de aminoácidos específicos por ação microbiana, assim sua presença na matriz alimentar tem correlação direta com a composição de aminoácidos, microbiota presente, temperatura de estocagem, tempo de maturação, embalagem, entre outros fatores (SUZZI; GARDINI, 2003). Participam de funções metabólicas e fisiológicas importantes nos organismos vivos, desempenhando diversas atividades biológicas. As aminas estão presentes em diferentes concentrações nos alimentos vegetais e animais. (HALASZ et al., 1994).

Podem ser classificadas em função do número de grupamentos amina na molécula, em monoaminas, putrescina e cadaverina e poliaminas como espermidina, espermina e agmatina (RUIZ-CAPILLAS; JIMENEZ-COLMENERO, 2004).

Quanto a via biossintética, as aminas se classificam em naturais, que são formadas durante a biossíntese *'in situ'* a partir de uma molécula mais simples, a medida que são requeridas (espermina e espermidina), ou podem estar armazenadas nos mastócitos e basófilos (histamina). Contudo, as aminas biogênicas são formadas por reações de descarboxilação conduzidas por

carboxilases bacterianas, sendo esta a principal via de formação de amins nos alimentos (putrescina, cadaverina, triptamina, histamina, agmatina) (HALASZ et al., 1994; RUIZ-CAPILLAS; JIMENEZ-COLMENERO, 2004).

A quantidade de e o tipo de amins nos alimentos, dependem da natureza, origem, etapas de processamento e microrganismos presentes. Dentre os gêneros bacterianos capazes de descarboxilar um ou mais aminoácidos estão os gêneros: *Bacillus*, *Citrobacter*, *Clostridium*, *Escherichia*, *Klebsiella*, *Lactobacillus*, *Salmonella*, *Streptococcus*, entre outros. Espécies de Enterobacteriaceae produzem histamina, tiramina, putrescina e cadaverina (HALASZ et al., 1994). Por isso, as amins biogênicas tem relação direta com a qualidade higiênico-sanitária dos alimentos.

Além do seu papel como fonte de nitrogênio e precursores na síntese de hormônios, alcaloides, ácidos nucléicos e proteínas, as amins são importantes componentes do aroma e precursores potenciais da formação de compostos nitrogenados cancerígenos (SILLA SANTOS, 1996).

À absorção das poliaminas no intestino depende das enzimas catabólicas presentes no tecido intestinal e, segundo Bardócz et al. (1993) há uma exigência de poliaminas, que, se não atendidas pela biossíntese celular, devem ser supridas pela dieta.

Por outro lado, as poliaminas tem sido apontadas como substâncias que causam toxicidade quando ingeridas pelos animais. Smith (1980) afirma que a putrescina, que é a mais simples das amins biogênicas, usadas até 0,2% foi considerada promotora do crescimento de frangos e tóxica a medida que aumenta o consumo até 1%. Já a espermina que é a mais carregada das amins biogênicas, foi considerada tóxica quando administrada no nível de 0,2%, havendo também tendência de piora no desempenho quando utilizada na concentração de 0,1% na dieta. Em outro trabalho os mesmos autores revelaram que a espermidina é tóxica a partir de 0,4%.

A toxidez parece crescer de acordo com o aumento do peso molecular e da carga de amins biogênicas. A putrescina é menor e menos carregada, seguida da espermidina e da espermina (BELLAYER, 2005).

Contudo, indicadores de contaminação bacteriana, rancificação do produto devem ser utilizados com o intuito de garantir a qualidade do produto e a manutenção das características da composição química. A estimativa do valor nutricional é fundamental para a nutrição animal. A composição química dos ingredientes é um indicativo do valor nutricional.

2.3.4 Composição química

O valor nutricional dos ingredientes está diretamente relacionado com a composição química dos mesmos. Na Tabela Francesa Rhône Poulenc (1993), percebe-se que à medida que se aumenta o teor de proteína da FCO, há redução do percentual de gordura. Há ainda especificações de alta e baixa gordura dentro do mesmo padrão, o que é reflexo de melhor padronização no processamento da matéria prima desse subproduto. Nas Tabelas Brasileiras (Rostagno et al., 2011), a falta de padronização desse alimento fica evidente. A medida que o teor de proteína bruta aumenta, o percentual de gordura varia de forma não uniforme. O mesmo não acontece com o percentual de matéria mineral, que, quando o teor de proteína aumenta o mesmo diminui.

Vieites et al. (2000) trabalhando com seis tipos de FCO diferentes observaram variações nos valores de EMAn (1.110 e 2.120 kcal/kg na matéria seca), a medida que os valores de matéria mineral variavam (45,90% e 27,83%, na matéria natural (MM), respectivamente). Os autores justificam os resultados considerando que o alto teor de matéria mineral, associado a altos percentuais de gordura, pode ter contribuído para os baixos valores de energia metabolizável por, possivelmente, ter acarretado um excesso de íons de cálcio no lúmen

intestinal das aves, resultando em saponificação da gordura, reduzindo a utilização da mesma. Assim, observa-se uma relação indireta entre a EMAn e a MM.

Garcia Júnior (2010), utilizando o princípio da meta-análise para o desenvolvimento de equações de predição para os valores energéticos de FCO para frangos de corte, observaram que todas as variáveis independentes como: proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), MM, cálcio (Ca) e fósforo (P); obtiveram correlações significativas com a variável dependente (EMAn). Entretanto, a PB e o EE se correlacionaram positivamente. Já a MM, Ca e P apresentaram correlação negativa. Porém, o EE foi a única variável que apresentou correlação positiva com todas as variáveis independentes e com a EMAn.

Portanto, a composição química dos alimentos e a correlação existente entre os elementos químicos são informações fundamentais para o entendimento do valor nutricional dos mesmos e, principalmente, o valor energético dos alimentos.

2.4 Valor energético dos alimentos

Energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EMA) ou energia líquida (EL) são formas de descrever o valor energético dos alimentos utilizados na alimentação animal. Os valores de EB correspondem a quantidade total de energia presente no alimento, mas isso não representa uma relação ao valor que realmente está disponível para o animal. Portanto, a EB não é uma medida utilizada para a formulação de rações.

Os valores de ED podem apresentar variação dependendo da espécie, valores obtidos em experimentos com mamíferos não podem ser utilizados em frangos de corte, por exemplo. A determinação da ED de alimentos para aves

torna-se impraticável pela dificuldade de separação entre fezes e urina. Para EL, a determinação energética exige equipamentos especializados, de difícil disponibilidade.

O processo de determinação da EMA exige instalações especializadas, como sala de metabolismo climatizadas com gaiolas metabólicas, mão-de-obra especializada para coleta de dados, animais e instalações laboratoriais específicas como bomba calorimétrica, e ainda, um considerável quantidade de tempo.

Porém, um dos fatores mais importantes a serem considerados na nutrição animal é a energia, produto gerado pela transformação dos nutrientes, durante o metabolismo. A energia pode ser um dos fatores limitantes do consumo, sendo utilizada nos mais diferentes processos, que envolvem desde a manutenção das aves até o máximo potencial produtivo (FISCHER JUNIOR et al., 1998).

De acordo com o National Research Council – NRC (1994), a energia não é propriamente um nutriente, mas sim uma propriedade na qual os nutrientes produzem energia quando oxidados no metabolismo.

Segundo Bertechini (2006), a definição do conteúdo energético das rações de aves é de suma importância para se poder equacionar o consumo de todos os nutrientes pelos animais. O mesmo autor definiu a energia como a capacidade de realizar trabalho sendo, em nutrição animal, a máxima produção de ovos, máximo ganho de peso e aproveitamento do alimento. Ressaltou, também, que todas as formas de energia são conversíveis em calor, por isso, por conveniência se expressam as transformações energéticas dos processos vitais em termos de unidades calóricas (caloria), por outro lado, considerando a realização de trabalho, a melhor expressão seria em joules.

Dessa maneira, a determinação do valor energético dos ingredientes destinados à alimentação das aves torna-se em um procedimento indispensável

para se obter sucesso na formulação de ração. Considerando que, a ração deve atender as exigências nutricionais dos animais nas diferentes fases de criação e que a energia é um dos compostos nutricionais mais onerosos, a correta determinação da mesma pode ser a diferença entre o lucro e o prejuízo financeiro do sistema produtivo.

2.5 Metodologias de determinação do valor energético dos alimentos

Várias metodologias de determinação do conteúdo de energia estão disponíveis aos pesquisadores, atualmente e, esses valores podem variar de acordo com cada metodologia (KATO, 2005).

Pesti et al. (1986) avaliaram a influência de métodos de determinação nos valores de EM de farinha de subprodutos avícolas, encontrando diferenças significativas entre a metodologia tradicional e de Sibbald (1976). Além dos métodos, a falta de uniformidade dos laboratórios e institutos de pesquisa permite a obtenção de resultados distintos para a EM de um alimento, quando se utiliza uma mesma metodologia (BOURDILLON et al., 1990).

A escolha de qual metodologia a ser aplicada fica a critério do pesquisador. Fatores como quantidade e tamanho das gaiolas metabólicas, número de pessoas disponíveis para os dias de coleta de dados, disponibilidade de equipamentos especializados para análises químicas, tempo para realização do experimento, quantidade de recursos disponíveis, devem ser levados em consideração no período de escolha da metodologia.

2.5.1 Métodos diretos

Das metodologias disponíveis, a metodologia de avaliação energética mais utilizada é aquela denominada de “método tradicional de coleta total de

excretas” (SIBBALD; SLINGER, 1963), que apresenta como característica primária a utilização de uma dieta basal fornecida a um grupo de aves e a outro grupo é fornecida uma dieta teste, a qual contempla a substituição de parte da dieta basal pelo ingrediente teste. As duas dietas são disponibilizadas a vontade aos animais, ou seja, o consumo é *ad libitum*. Segundo Schang (1997), esse procedimento mostra 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.

Segundo Silbbald (1986), o método de alimentação precisa, normalmente exige animais em jejum com uma quantidade conhecida de alimento e a coleta de excreta resultante. Cada alimento a ser testado é fornecido aos animais em no mínimo dois, ou mais níveis, para ser estabelecida a relação entre a entrada e saída de nutriente. Para simplificar o método e por conveniência um dos níveis de fornecimento do alimento é zero. O autor ainda ressalta que, alimentação *ad libitum* foi utilizada como uma metodologia de substituição à metodologia de alimentação forçada, mas que a primeira está sujeita a erros associados a desperdício de ração e, conseqüentemente, estimativas de consumo de ração sem acurácea. Além disso, como o consumo individual de ração das aves é diferente, a estimativa metabólica e de perdas endógenas pode incorrer de erros ainda maiores.

Aves em jejum catabolizam mais proteína corporal do que aves alimentadas, com isso a energia metabólica excretada é aumentada introduzindo um erro em ensaios metabólicos utilizando a metodologia de alimentação forçada. Da mesma maneira, a perda de proteína corporal como produtos excretados contendo energia é afetado pela quantidade e composição nutricional do ingrediente teste, introduzindo assim uma segunda fonte de erro nessa metodologia. Porém, esse problema pode ser controlado pela correção da energia

da excreta, tanto pela ave em jejum, como pela ave alimentada pelo balanço de nitrogênio igual a zero.

O método de determinação da energia metabolizável de alimentos para frangos de corte, mais comumente conhecido como “o método rápido de Farrel (1978)”, foi baseado no conhecimento de que galos adultos podem ser treinados para consumir todo o alimento, normalmente fornecido em um dia, em uma hora. O autor comparou o consumo diário de aves treinadas com galos que tinham ração *ad libitum* e observaram que o consumo e a taxa de crescimento foi, essencialmente, a mesma após 10 dias, e que o consumo médio diário normalmente excedia 100 gramas/dia/ave para aves alimentadas por uma hora por dia. Um grupo de oito galos adultos, alojados separadamente, tinham a ração disponível apenas por uma hora. Outro grupo de galos adultos tinham acesso livre a ração. O treinamento durou 10 semanas. As aves que tinham acesso a ração apenas durante uma hora diária, e que, não consumiam, no mínimo, 70 gramas de ração foram excluídas do experimento. A coleta total de excretas foi utilizada nos dois grupos durante 5 dias, com no mínimo 3 dias de adaptação das aves. O nível de inclusão do ingrediente teste foi de 50 a 60%. O efeito da substituição do ingrediente teste à ração basal foi considerado aditivo e não associativo, porém foi excluída a determinação de óleos e gorduras.

Tais métodos permitem estimar os valores de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn), energia metabolizável verdadeira (EMV) e verdadeira corrigida (EMVn).

Portanto, os métodos diretos consistem em rotinas experimentais e laboratoriais que demandam infra-estrutura e mão-de-obra especializada, tempo de execução, ensaios metabólicos e, conseqüentemente, recursos financeiros. Com todas essas características, dependendo da realidade do pesquisador, essas metodologias se tornam inviáveis.

2.5.2 Métodos indiretos

Pesquisadores vêm direcionando seus trabalhos em modelos matemáticos de predição para a determinação dos valores energéticos de alimentos comumente utilizados na alimentação das aves.

A regressão linear múltipla é uma ferramenta estatística muito utilizada pelos pesquisadores no desenvolvimento desses modelos matemáticos, sendo que um dos primeiros relatos de utilização dessa ferramenta foi em 1956 em um experimento realizado por Carpenter e Clegg (1956).

Dentre os modelos matemáticos relatados na literatura, podemos alencar as equações de predição, equações de predição melhoradas e as redes neurais.

2.5.2.1 Equações de predição

As equações de predição podem ser obtidas por diferentes maneiras. A escolha dos recursos estatísticos para o desenvolvimento das mesmas fica a critério do pesquisador. Muitos dos trabalhos pesquisados na literatura utilizam a regressão linear simples e a regressão linear múltipla. Alguns trabalhos relatam a utilização da meta-análise na elaboração dessas equações de predição.

Segundo Albino e Silva (1996), o uso das equações pode ser útil para aumentar a precisão na formulação de rações, corrigindo a energia dos alimentos em função da variação na composição química. Essa metodologia considera a correlação existente entre a variável dependente e as variáveis independentes.

Segundo Garcia Júnior (2010), trabalhando com equações de predição para FCO, todas as variáveis independentes proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), MM, cálcio (Ca) e fósforo (P) obtiveram correlações significativas com a variável dependente (EMAn). Entretanto, a PB e o EE se correlacionaram positivamente. Já a MM, Ca e P apresentaram correlação negativa. Já o EE foi a

única variável que apresentou correlação positiva com todas as variáveis independentes e com a EMAn, reforçando, assim, a importância do EE na determinação da EMAn através de equações de predição.

Vários pesquisadores têm desenvolvido equações para estimar a energia metabolizável através de sua composição proximal (NRC, 1994); existem, porém, poucos relatos que venham validar tais equações em novas determinações. Janssen (1989) elaborou a Tabela Européia de Valores Energéticos de Alimentos para Aves, na qual apresenta uma série de equações de predição dos valores de EMAn para vários grupos de alimentos, fundamentado na composição química ou nos coeficientes de digestibilidade dos nutrientes (extrato etéreo, proteína bruta e extratos não nitrogenados).

Rodrigues (2000) e Rodrigues et al. (2002) estimaram equações para prever os valores energéticos da soja e subprodutos, e ressaltaram que o uso de equações com duas a quatro variáveis podem ser usadas com maior facilidade, já que necessitam de menor número de análises laboratoriais.

Porém, as equações de predição não levam em consideração o tamanho de partícula do alimento teste, temperatura ambiente em que os animais irão ser criados, densidade de criação, dentre outros fatores que exercem influência direta na determinação do valor energético dos alimentos comumente utilizados na formulação de rações de frangos de corte.

Vários trabalhos têm sido realizados visando estimar os valores de energia dos alimentos através de métodos indiretos. No entanto, conforme relatado por Rostagno (1990), a determinação da energia dos alimentos é dependente de uma bomba calorimétrica e de uma metodologia específica, que nem sempre está disponível para as indústrias de ração e estações de pesquisa do país.

Assim, a disponibilidade de equações de predição, que é um método indireto de determinação de EM, mediante o uso de parâmetros químicos e

físicos dos alimentos para uso prático, pode ser uma importante ferramenta 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 dos ingredientes (ALBINO; SILVA, 1996).

As equações de predição são importantes para complementar os valores das tabelas, também se aplicando como complementação ao conhecimento dos ingredientes nacionais, já que os valores obtidos na análise dos ingredientes diferem, em alguns pontos, dos valores obtidos nas tabelas estrangeiras (AZEVEDO, 1996).

Outro ponto importante da utilização das equações de predição do valor energético é quanto aos produtos de origem animal. As variações na composição química desses ingredientes, que são inerentes ao processo de produção, podem ser determinadas por análise proximal e utilizadas nas equações de predição apresentando dados mais profícuos quando comparado com os valores das tabelas (OST, 2005).

Rodrigues et al. (2001) determinaram a EMAn e EMVn 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 predições dos valores energéticos dos alimentos do grupo do milho, com valores de R^2 superiores a 91%. Os autores observaram também que as equações contendo as variáveis 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 predizer 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 predições dos valores energéticos dos alimentos do grupo da soja, com valores

de R^2 superiores a 92%; As equações com as variáveis FB e EE podem ser utilizadas para estimar os valores energéticos destes alimentos, sendo: $EMAn = 2822,2 - 90,13FB + 49,96EE$ ($R^2 = 93\%$) e $EMVn = 2857,3 - 38,29FB + 61,02EE$ ($R^2 = 98\%$).

As equações de predição que foram propostas por Garcia et al., (2012) em uma tentativa de incluir alguns fatores que influenciam na determinação do valor energético de ingredientes para patos. Os autores hipotetizaram, que o tamanho de partícula e a digestibilidade da proteína poderiam aumentar a acurácia das equações de predição para EMA de FCO para patos. A análise da correlação de Pearson foi feita entre as variáveis independentes (PB, EB, MS, EE, MM, Ca e P), o tamanho de partícula e a digestibilidade da proteína antes de ser aplicada a regressão linear múltipla para geração das equações de predição. A conclusão dos autores foi que ao levar em consideração o tamanho de partículas das FCO nas equações de predição a acurácia das mesmas aumentou e, ainda, que mais pesquisas são necessárias, inclusive com outras espécies avícolas para a validação do método que poderá fornecer acesso rotineiro para os zootecnistas de dados mais confiáveis dos valores de energia da FCO.

Dolz e De Blas (1992) obtiveram melhores predições quando utilizaram duas variáveis (PB e EE), 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. Dale et al. (1990), citados por Azevedo (1996), analisaram a composição química e valores energéticos de várias amostras de farinha de vísceras de aves, procedentes de 4 países diferentes, e elaboraram equações para prever a EMVn, de acordo com o conteúdo de extrato etéreo e cinzas, cuja diferença média entre 22 dados obtidos *in vivo*, para os resultados preditos, foi de 3,4 %. As equações de predição foram desenvolvidas com base em uma, duas e três variáveis, sendo a melhor equação obtida quando se incluiu extrato etéreo e matéria mineral.

Souza (2009) trabalhando com equações de predição dos valores de EMAn usando as informações de composição química dos alimentos observou que a equação que teve melhor ajuste na determinação da EMAn dos alimentos protéicos de origem animal foi $EMAn = 8034,50 + 38,71 EE - 52,46 PB - 104,14 MM$ ($R^2 = 63\%$).

Vieites (1999) ao determinar os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e elaborar equações de predição em função de parâmetros químicos e físicos de seis farinhas de carne e ossos (FCO), observou que os valores de EMAn variaram de $1,11 \pm 0,13$ a $2,12 \pm 0,13$ kcal/g e a equação de predição que melhor estimou os valores de EMAn foi $EMAn = +6589,97 - 50,10 MM - 34,96 PD$, com $R^2 = 0,88$, sendo PD a proteína digestível em pepsina a 0,02%, com $R^2 = 0,87$.

2.5.2.2 Redes neurais

As primeiras redes neurais, como a de Roseblatt (1958), eram utilizadas exclusivamente para resolver problemas de separação entre grupos ou reconhecimento de caracteres. A limitação desse modelo proposto, é que, o mesmo, só resolvia problemas linearmente separáveis (MINSKY; PAPERT, 1969). A solução dessa limitação proposta, foi de adicionar uma ou mais camadas de neurônios entre as camadas de entrada e a de saída, com funções matemáticas não lineares nestes neurônios. O problema, então, seria o treinamento das redes neurais com esta arquitetura. Rumelhart, Hinton e Williams (1986) descreveram o algoritmo de treinamento *backpropagation*, que é amplamente utilizado no treinamento e aprendizado desse tipo de rede neural, denominadas redes multicamadas ou *multilayer perceptron* (MLP).

Porém, uma desvantagem é que os pesos sinápticos não possuem nenhuma interpretação estatística ou biológica, como os parâmetros de modelos

de regressão linear e não linear.

Outro problema que pode acontecer com as redes neurais é o sobreajuste ou *overfitting*. Redes neurais MLP com muitas camadas escondidas e com muitos neurônios pode ocasionar aumento do tempo de treinamento e provavelmente a MLP irá “copiar” ou “decorar” a relação entre os dados de entrada e saída, causando o sobreajuste, ou seja, o ajuste perfeito dos dados de entrada e saída, causando o sobreajuste, ou seja, o ajuste perfeito dos dados na fase de treino da rede neural. Isso compromete a capacidade de generalização da MLP, ou seja, é possível ter alta acurácia para o conjunto de treinamento, mas pobre interpolação dos dados para os conjuntos de teste e validação (BISHOP, 1995; HAYKIN, 1999; STATSOFT INC. 2008).

Portanto, apesar de ser uma proposta para um melhor ajuste da predição dos valores energéticos dos alimentos, as redes neurais apresentam particularidades, como a necessidade de um computador com um software instalado adequado para a execução da predição e um treinamento adequado das redes neurais, por exemplo. Essas características podem inviabilizar a utilização das mesmas para a predição dos valores energéticos dos ingredientes.

As redes neurais são baseadas em modelos matemáticos treinados com uma série de dados e são testadas com dados diferentes dos que foram utilizados para o treinamentos das redes. O modelo matemático leva em consideração fatores importantes na determinação dos valores energéticos dos ingredientes destinados a alimentação animal. Essa metodologia, tem sido foco de pesquisas recentes (ROUSH; CRAVENER, 1997; CRAVENER; ROUSH, 1999; CRAVENER; ROUSH, 2001; AHMADI et al., 2008; PERAI et al., 2010; EBADI et al., 2011; SEDGHI et al., 2011; MARIANO et al., 2013) em uma tentativa de aumentar a acurácia da determinação dos valores energéticos dos alimentos comumente usados para animais.

2.6 Meta-análise

A meta-análise é uma ferramenta estatística que auxilia os pesquisadores a obter conclusões mais confiáveis, por agruparem, em uma métrica comum, dados provenientes de experimentos distintos que tratam do mesmo assunto.

Os seus propósitos são: aumentar o número de observações e o poder estatístico; avaliar a possibilidade de generalizações de conclusões para uma amplitude variada de estudos; examinar a variabilidade entre os ensaios ou estudos; resolver incertezas, quando certas conclusões destoam; realizar análise de subgrupo; identificar a necessidade e planejar ensaios ou estudos maiores; responder questões que não foram propostas, de início, nos estudos individuais (FAGARD; STAESSEN; THIJJS, 1996).

Segundo Lovatto et al. (2007), recentemente, o interesse pela meta-análise se intensificou. No aspecto internacional, houve uma evolução exponencial das publicações, passando de 23 em 1980 para mais de 3.700 em 2006. O cenário nacional não seguiu essa tendência. Os primeiros dois artigos sobre o tema surgiram em 1999 alcançando em 2006 oito publicações.

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.

Além de criar o termo, Glass (1976), definiu a meta-análise 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". E advertiu como sendo clara a necessidade da meta-análise pelo grande aumento de artigos sobre o mesmo tópico em todas as áreas das ciências.

Os métodos estatísticos empregados na meta-análise asseguram a obtenção de uma estimativa combinada e precisa, sobretudo, em virtude do aumento do número de observações e, conseqüentemente, do poder estatístico e da possibilidade de examinar a variabilidade entre os estudos (FAGARD; STAESSEN; THUIS, 1996). Como são analisados em conjunto resultados obtidos em trabalhos distintos, nesta análise considera-se o efeito de diferentes fatores que interferem diretamente na variabilidade dos resultados, como: época do ano e ano de realização do trabalho, local de execução do experimento, idade e sexo dos animais utilizados, número de repetições, metodologia utilizada na determinação da variável resposta, dentre outros.

Na zootecnia, a meta-análise tem sido aplicada à nutrição animal (OETZEL, 1991); reprodução (PETERS; MARTINEZ; COOK, 2000), melhoramento animal (GIANOTTI; PACKER; MERCADANTE, 2002) e mais recentemente na elaboração de equações de predição da energia metabolizável para aves (NASCIMENTO, 2007; NASCIMENTO 2009; SOUZA, 2009; ALVARENGA, 2009).

Apesar de existirem muitos pesquisadores utilizando a meta-análise como técnica para reunir estudos independentes e dos processos nesta área estarem bem desenvolvidos, existem várias questões ainda pendentes em torno da aplicação desse conjunto de técnicas estatísticas.

2.6.1. Seleção dos estudos – o que incluir

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, seja qual for 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.

2.6.2 Vícios de publicação

O vício de publicação pode ser detectado pelo gráfico de funil, que avalia a dispersão dos efeitos estimados contra o tamanho da amostra. Tal dispositivo baseia-se no fato de estimativas mais precisas estarem relacionadas a amostras de tamanho grande. Assim, resultados de estudos pequenos serão plotados na parte inferior do gráfico. Na ausência de influência, a dispersão dos pontos será semelhante à de um funil invertido e simétrico. Se existir uma forma assimétrica no gráfico, poderá haver influência dos estudos selecionados (EGGER; SMITH; PHILLIPS, 1998).

Porém, quando a meta-análise inclui poucos estudos é difícil determinar a forma exata do gráfico e conseqüentemente, se há ou não vício de publicação. Desse modo, Wang e Bushman (1999) propuseram a utilização do gráfico de quantil-quantil (“qqplot”) para verificar se há vício de publicação. Este dispositivo gráfico consiste em plotar cada estimativa padronizada contra o valor observado na distribuição normal padronizada, e indicará a ausência de vício se

os pontos se alinharem ao longo da reta que passa pela origem e se aproximadamente 68% das estimativas estiverem entre -1 e 1 .

2.6.3 Outros problemas da meta-análise

O arquivamento de artigos com resultados diferentes do esperado, o chamado “*File Drawer Problem*” também é um problema encontrado na meta-análise.

Dados de diferentes estudos podem ser desse modo, combinados – geralmente chamado “problem of apples and oranges” (GLASS, 1981), “maçãs e laranjas podem legitimamente serem combinados no estudo de frutas. Segundo Costa (1999), dois caminhos podem ser apontados para uma solução desse problema: um é realizar a meta-análise tendo estudos individuais bastante homogêneos, com os cuidados para que as suposições de amostra aleatória sejam cumpridas; outro 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 admitam, também, um certo grau de imprecisão.

2.7 Conclusão

A necessidade do conhecimento dos valores reais de energia metabolizável das farinhas animais é sem dúvida, um dos maiores desafios aos zootecnistas pois, o conteúdo calórico de uma dieta é o principal fator determinante no desempenho das aves. A equação de predição das Tabelas Brasileiras não são práticas por considerar variáveis de difícil mensuração por exigirem equipamentos especializados. As pesquisas até então realizadas não leva em consideração critérios que podem explicar a grande variação dos dados.

Portanto, a atualização de equações de predição podem contribuir para a redução dos erros nas formulações.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMADI, H. et al. Prediction model for true metabolizable energy of feather meal and poultry offal meal using group method of data handling-type neural network. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, n.9, p. 1909–1912, Setembro 2008.

ALBINO, L.F.T. *et al.* Efeito do processamento de farinha de penas hidrolizadas sobre os valores energéticos e de disponibilidade de triptofano determinados com frangos de corte. *In*: CONGRESSO LATINO-AMERICANO DE AVICULTURA, 1., 1983, Balneário Camboriú. *Anais...* Balneário Camboriú: SBZ, 1983. p. 327-341.

ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A. Valores nutritivos de alimentos para aves e suínos determinados no Brasil. *In*: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 1996, Viçosa. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p. 303-318.

ALEXANDRATOS, N. and J. BRUINSMA. 2012. *World agriculture towards 2030/2050: the 2012 revision*. ESA Working paper No. 12-03. Rome, FAO.

ALVARENGA, R. R. **Valores energéticos de alimentos concentrados determinados com frangos de corte e equações de predição**. 2009. 66 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

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, 1996.

BARDÓCZ, S.; GRANT, G. et al. Polyamines in food – implications for growth and health. *J. Nutr. Biochem.* 4:66-71. 1993.

BELLAVER, C. Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações. In: Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal. Campinas-SP p.167-190.18 a 20 de Abril de 2001.

BELLAVER, C. LUDKE, J. E LIMA, G.J.M.M. Qualidade de ingredients para rações. In: Global Feed and Food Forum. FAO.IFIF.Sindirações. 11-13 de Julho de 2005. São Paulo SP. 2005.

BELLAVER, C. Processamento de farinhas de origem animal e sua relação com digestibilidade e palatabilidade do produto final. In: CONGRESSO INTERNACIONAL, 2.; SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE ANIMAIS DE ESTIMAÇÃO, 9., 2010, Campinas. **Anais...** Campinas, CBNA, 2010. p.1-10.

BERTECHINI, A. G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: UFLA, 2006. 301 p.

BISHOP, C. **Neural networks for pattern recognition**. Oxford: Oxford University, 1995. 482 p.

BOURDILLON, A. B. et al. European reference method for the *in vivo* determination of metabolizable energy with adult cockerels: Reproducibility, effect of food intake and comparison with individual laboratory methods. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 31, n. 3, p. 557-565, March, 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio : Brasil 2013/2014 a 2023/2024 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : MAPA/ACS, 2014. 100 p.

BRUGALLI, I. et al. Efeito do tamanho de partícula e do nível de substituição nos valores energéticos da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 28, n. 4, p. 753-757, 1999.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Agro Comunicação, 2002. 430 p.

CARPENTER, K. J.; CLEGG, K. M. The metabolizable energy of feeding stuffs in relation to their chemical composition. **Journal Science Food and Agriculture**, New Zealand, UK. v. 7, n.1, p. 45–51, January.1956.

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

CRAVENER, T. L.; ROUSH, W. B. Improving neural network prediction of amino acid levels in feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n.7, p. 983–991, July, 1999.

CRAVENER, T. L.; ROUSH, W. B. Prediction of amino acid profile in feed ingredients: Genetic algorithm calibration of artificial neural networks. **Animal Feed Science and Technology**, Philadelphia, PA, v. 90, n.3, p. 131–141, April, 2001.

DALE, N. Metabolizable energy of meat and bone meal. **The Journal of Applied Poultry Research**. v. 6, n. 2, p. 169-173, February, 1997.

DALE, N.; PESTI, G. M.; ROGERS, S. R. True metabolizable energy of dried bakery product. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 72-75, Jan. 1990.

DOLZ, S.; BLAS, C. de. 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.

EBADI, M. R. et al. Prediction of the true digestible amino acid contents from the chemical composition of sorghum grain for poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, n.10, p. 2397–2401, October. 2011.

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.

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).

FARREL, D. J. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerls. **British Poultry Science**, Edinburgh, v. 19, n. 3, p. 303-308, May. 1978.

FISCHER JUNIOR, A. A. et al. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 27, n. 2, p. 314-318, mar./abr. 1998.

GARCIA JÚNIOR. A. A. P. **Equações de predição para os valores energéticos de alimentos de origem animal, utilizando o princípio da meta-análise**. 2010. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

GARCÍA, V.; MARQUÉS, A. I.; SÁNCHEZ, J. S. On the use of data filtering techniques for credit risk prediction with instance-based models. **Expert Systems with Applications**, Tarrytown, NY, v. 39, n. 18, p. 13267–13276, December. 2012.

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**, Washington, v. 6, n. 1, p. 3-8, January. 1976.

GLASS, 1981. GLASS, G. V.; MCGRAW, B.; SMITH, M. L. **Meta-analysis in**

social research. Beverly Hills: Sage, 1981. 280 p.

HALÁSZ, A. et al. Biogenic amines and their production by micro-organisms in food. **Trends in Food Science & Technology**, Norwich, United Kingdom v .5, n.2, p. 42-49. February. 1994.

HAYKIN, S. **Neural networks: a comprehensive foundation.** 2nd ed. Prentice-Hall, NJ. USA. 1999.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs.** 3rd ed. Beekbergen, Netherlands: Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services, 1989.

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

LESSON, S.; SUMMERS, D. J. **Commercial poultry nutrition.** 2. ed. Canada: University Books, 1997. 350 p.

LOVATTO, P. A. et al. Meta-análise em pesquisas científicas-enfoque em metodologias. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 44., 2007, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: SBZ, 2007. p. 285-295.

MARIANO F. C. M. Q. et al. Prediction of the energy values of feedstuffs for broilers using meta-analysis and neural networks. Epub. **Animal**, v.7, n. 9, p. 1440-1445. May. 2013.

MATHEWS, D. 2001 as referenced by G. Pearl. Feeding meat products to poultry today and future issues. Proc. Mid-Atlantic Nutr. Conf. Baltimore, 2005.

MATTERSON, L. S. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: University of Connecticut, 1965. 11 p.

MINSKY, M.; PAPERT, S. A. **Perceptrons**: an introduction to computational geometry. Cambridge: MIT, 1969. p. 247-280.

NASCIMENTO, 2009 NASCIMENTO, G. A. J. et al. Equações de predição para estimar os valores energéticos de alimentos concentrados de origem vegetal para aves utilizando a metanálise. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 38, n. 7, p. 1265-1271, jul. 2009.

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

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington: National Academy of Science, 1994. 155 p.

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, Nov. 1991.

OST, P. R. **Energia metabolizável verdadeira e aminoácidos digestíveis de alguns alimentos, determinados com galos adultos e por equações de predição**. 2004. 181 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PERAI, A. H., H. A comparison of artificial neural networks with other statistical approaches for the prediction of true metabolizable energy of meat and bone meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, n.7, p. 1562–1568, July.2010.

PESTI, G. M. et al. Nutritive value of poultry by-product meal. 1. Metabolizable energy values as influenced by method of determination and level of substitution. **Poultry Science**, Champaign, v. 65, n. 12, p. 2258-2267, December.1986.

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.

RACANICCI, A. M. C. et al. Efeito da adição do antioxidante BHT e do armazenamento sobre a qualidade da farinha de carne e ossos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Campinas, v. 2, n. 2, p. 155-161, Maio/Agosto. 2000.

RODRIGUES, P. B. **Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves**. 2000. 204 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.

RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos do milheto, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 30, n. 6, p. 1767-1778, nov./dez. 2001.

RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, jul./ago. 2002.

ROSEMBLATT, F. The perceptron: a probabilistic model for information storage and organization in the brain. **Psychological Review**, Washington, DC, v. 65, p. 386-408, November. 1958.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.

ROSTAGNO, H. S. Valores de composição de alimentos e exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 27., 1990, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1990. p. 11-30.

ROUSH, W. B.; CRAVENER, T. L. Artificial neural network prediction of amino acid levels in feed ingredients. **Poultry Science**, Champaign, v. 76, n.5, p.

721–727, May. 1997.

ROUSH, W. B.; DOZIER III, W. A.; BRANTON, S. L. Comparison of Gompertz and neural network models of broiler growth. **Poultry Science**, Champaign, v. 85, n.4, p. 794-797, Abril. 2006.

RUIZ-CAPILLAS, C.; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Biogenic amines in meat and meat products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Massachusetts at Amherst. v. 44, n. 7-8, p. 489-599, December. 2004.

RUMELHART, D. E.; HINTON, G. E.; WILLIAMS, R. J. Learning representations by back-propagating errors. **Nature**, London, United Kingdom. v. 323, n. 6088, p. 533-536, October. 1986.

RUTZ, F.; LIMA, G. J. M. M. Uso de antioxidantes em rações e subprodutos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS, 1994, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas/FACTA, 1994. p. 73-83.

SARTORELLI, S. A. A. **Uso de farinha de carne e ossos em rações de frangos de corte**. 1998. 54 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

SCAPIM, M. R. 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**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 91-98, Janeiro. 2003.

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.

SEDGHI, M. et al. Estimation and modeling true metabolizable energy of sorghum grain for poultry. **Poultry Science**, Champaign, v. 90, p. 1138–1143, 2011.

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.; SLINGER, S. J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, Champaign, v. 42, n. 1, p. 13-25, Jan. 1963.

SILLA SANTOS, M.H. Biogenic amines: their importance in foods. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 29, p. 213-231, 1996.

Smith, T.K. Effect of dietary putrescine on whole body growth and polyamine metabolism. **Proc. Soc. Exp. Biol. Med.** Washington, D.C., p. 194:332. 1990.
SOUZA, R. M. **Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves**. 2009. 123 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

STATSOFT INC. **SANN Overviews** - network generalization. Tulsa, OK: Statsoft, 2008. Disponível em:
<http://documentation.statsoft.com/STATISTICAHelp.aspx?path=SANN/Overview/SA_NNOverviewsNetworkGeneralization>. Acesso em: 10 jan. 2012.

SUZZI, G.; GARDINI, F. Biogenic amines in dry fermented sausages: a review. **International Journal Food Microbiology**, Amsterdam, v. 88, n.1, p. 41-54, November. 2003.

VIEITES, F. M. et al. Valores de energia metabolizável aparente da farinha de carne e ossos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa. v. 20, n. 6, p. 2292-2299, Dezembro. 2000.

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

WANG, M. C.; BUSHMAN, B. J. **Integration results**: through meta-analytic review using.

CAPÍTULO 2

PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL PARA AVES

RESUMO

Dentre as metodologias utilizadas para a determinação de energia dos alimentos, destaca-se o método indireto que utiliza equações de predição. O objetivo da presente pesquisa foi desenvolver equações de predição, utilizando-se o princípio da meta-análise, que estimassem, com acurácia, os valores de energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) para frangos de corte. Uma criteriosa revisão bibliográfica foi realizada de trabalhos desenvolvidos no Brasil e no exterior, nos quais, tivessem sido determinados a composição química e os valores de EMAn de alimentos de origem animal para frangos de corte. Esses dados foram catalogados e codificados em uma métrica comum, permitindo, assim a análise estatística. Foi adotado o método Stepwise, utilizando-se o critério de Akaike para a determinação dos modelos matemáticos. As equações que foram indicadas como adequadas para a predição dos valores de EMAn foram: $EMAn = 5263,335 - 18,35 (PB) + 175,281 (Ca) - 724,344 (P)$ e $EMAn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$, para FOA e FCO nacionais, respectivamente, $EMAn = 4298,91 - 83050 (Ca) - 185,07 (P)$ e $EMAn = 2204,77248 + 0,3469 (EB) - 217,3786 (P)$ para os dados internacionais e $EMAn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$, para FCO nacionais ou internacionais.

Palavras-chave: Equação de predição. EMAn. Alimentos de origem animal.

ABSTRACT

The objective of this research was to develop prediction equations, using the principle of meta-analysis, that accurately predict the metabolizable energy values apparent corrected for nitrogen balance (AMEn) content of by-product from animal origin for broilers and cross-validate these prediction equations using a set of meat and bone meal (MBM) samples. A literature review was performed of works developed in Brazil and abroad where, had been determined the chemical composition and the AMEn values of by-product from animal origin for broilers. These data were cataloged and coded in a standard metric, thus allowing statistical analysis. The stepwise method was adopted, using the Akaike Information Criterion (AIC) for the selection of the best fit models. The equations that were chosen for the prediction of AMEn values for by-product from animal origin were AMEn are: $AMEn = 5263,335 - 18,35 (PB) + 175,281 (Ca) - 724,344 (P)$ e $AMEn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$, for by-product meal and meat and bone meal for Brazilian feedstuffs, respectively, $AMEn = 4298,91 - 83050 (Ca) - 185,07 (P)$ and $EMAn = 2204,77248 + 0,3469 (EB) - 217,3786 (P)$ for abroad feedstuffs and $AMEn = -2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$, for meat and bone meal for Brazilian or abroad meat and bone meals.

Keywords: Prediction equation. EMAn. By-product from animal origin.

1 INTRODUÇÃO

No primeiro trimestre de 2014 foi abatido 1,393 bilhão de cabeças de frangos, melhor desempenho entre os primeiros trimestres desde que a Pesquisa foi criada em 1997 (IBGE, 2015). Esse resultado significou queda de 1,7% em relação ao trimestre imediatamente anterior e aumento de 5,5% na comparação com o mesmo período de 2013.

O aumento da produção, referente ao primeiro trimestre de 2014, indica a eficiência do Brasil em suprir demandas externas de carne de frango. Essa eficiência produtiva é resultado de diversos fatores inerentes à atividade avícola. A formulação de ração é um fator que deve ser levado em consideração para a produção de frangos de corte.

A formulação de ração que atenda às exigências nutricionais dos animais otimizando custos é de fundamental importância para o êxito da atividade avícola. Sabe-se que o conteúdo energético de uma dieta é o principal fator determinante no desempenho das aves. Dessa forma, o conhecimento dos valores energéticos dos alimentos se torna imprescindível na formulação de ração para aves. Com isso, a rapidez e acurácia com que o valor de energia dos alimentos é determinado são fatores decisivos para se obter sucesso na formulação de ração e, conseqüentemente, produtividade e rentabilidade na avicultura moderna.

Produtos alternativos ao milho e farelo de soja têm sido pesquisados com o objetivo de substituí-los na formulação de ração almejando a diminuição do custo de produção. Com isso, subprodutos de abatedouros vêm ganhando

destaque e importância na alimentação de frangos de corte. No entanto, a variação na composição nutricional desses alimentos é uma constante, ressaltando-se os valores de energia.

Os valores de energia metabolizável dos alimentos de origem animal, encontrados em tabelas utilizadas como referência, nacional ou internacional, apresentam grande variação, sendo que as causas podem ser explicadas pela alta variabilidade das fontes de matéria prima e forma de processamento, bem como, diferentes metodologias empregadas para a sua determinação. Fatores relacionados ao animal, como linhagem e idade, também podem aumentar a variação, tornando necessária as avaliações periódicas para a atualização dos bancos de dados sobre a composição nutricional dos ingredientes. Nesse contexto, métodos mais rápidos e menos onerosos têm sido objetivo de pesquisas para a determinação dos valores energéticos dos alimentos.

Cada vez mais, os órgãos de regulamentação da produção animal têm sido mais exigentes sobre o cumprimento das leis do bem-estar animal, contribuindo, assim, para a realização de pesquisas que utilizem o menor número de animais possíveis, demandem o menor volume de recursos financeiros e que respeitem o bem-estar animal. Desse modo, a utilização de equações de predição mostra-se como um método alternativo de grande relevância para determinação da energia metabolizável de alimentos para aves.

De acordo com o exposto, objetivou-se com esse trabalho, propor modelos matemáticos para a predição dos valores de energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn) de alimentos de origem animal para dieta de aves, utilizando-se dados nacionais e internacionais divulgados na literatura.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Informações utilizadas para obtenção das equações de predição por meio da meta-análise

As informações utilizadas neste trabalho foram referentes aos valores de EMAn e composição química dos alimentos de origem animal usualmente utilizados na formulação das rações de frangos de corte, sendo a farinha de carne e ossos (FCO) considerada como principal, uma vez que é o subproduto mais comumente utilizado e de maior importância econômica. A revisão bibliográfica realizada foi conduzida de forma a incluir o maior número de estudos possíveis sobre o assunto em questão. Portanto, periódicos bem conceituados, anais de congressos e simpósios, portal periódicos da CAPES, dentre outros, foram consultados nessa pesquisa.

Com a finalidade de se obter o máximo de informações, a revisão de literatura incluiu-se trabalhos publicados no Brasil e no exterior nos últimos 50 anos.

2.2 Metodologia empregada para realização da meta-análise

Foram extraídos o maior número de informações possíveis dos trabalhos que contemplaram a revisão bibliográfica. As informações obtidas foram tabuladas de acordo com os parâmetros a seguir: ano, sexo, linhagem, idade das aves, número de repetições, tipo de alimento, nível de inclusão e composição química do alimento utilizado como, matéria seca (MS), energia bruta (EB), extrato etéreo (EE), energia metabolizável aparente (EMA) e corrigida para balanço de nitrogênio (EMAn), matéria mineral (MM), proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P). Após a tabulação, foi feito o agrupamento dos dados, com o objetivo de formar grupos homogêneos, porém distintos entre si.

2.3 Critérios empregados para a catalogação (inclusão) das informações

Os critérios determinados para a revisão de literatura foram escolhidos com o intuito de englobar o maior número possível de trabalhos que possuíssem as informações de interesse desse estudo, viabilizando, assim, um ordenamento ideal das informações e das análises estatísticas subsequentes. Os critérios foram:

a) trabalhos realizados com frangos de corte nos últimos 50 anos, independentemente da linhagem, idade e sexo desses animais;

b) trabalhos que determinaram a EMAn e composição química (PB, EE, MM, Ca e P) de farinhas de origem animal, independentemente da metodologia utilizada, nível de inclusão do alimento teste e ano de realização;

c) trabalhos realizados no Brasil e no exterior, pois de acordo com alguns pesquisadores, a exemplo de Dale (1997) e Bellaver (2001), a composição química de alimentos oriundos de diferentes regiões, geralmente apresentam variações, com consequentes alterações nos seus valores de energia.

2.4 Formação de grupos homogêneos de trabalhos

A variação encontrada nos experimentos agrupados na meta-análise é geralmente decorrente de diferenças na metodologia empregada, no sexo, no alimento, entre outras, sendo necessário considerar essa diversidade no momento da análise.

Assim, os efeitos considerados foram: a linhagem, a porcentagem de inclusão do alimento teste, o sexo, a idade dos animais, a metodologia

empregada no ensaio de metabolismo (coleta total ou alimentação forçada + coleta total) e o alimento utilizado.

Após a identificação desses efeitos, foram determinados códigos para cada efeito em particular, e a partir desse ponto, foram feitos agrupamentos dos códigos para determinar os grupos que, posteriormente, foram submetidos à análise por mínimos quadrados ponderados a fim de considerar os efeitos supracitados.

Em virtude da utilização do modelo estatístico de regressão linear múltipla, as estimativas dos parâmetros foram determinadas de acordo com o método dos mínimos quadrados ponderados (HOFFMANN; VIEIRA, 1977) onde considera-se o inverso da variância ($1/s^2$) para cada grupo.

Na tabela 1 estão representados os códigos para cada efeito.

Tabela 1 Representação dos códigos aplicados para cada efeito.

Legenda	
Metodologia	Código
Coleta total de excretas	1
Coleta total de excretas + Alim. Forçada	2
Sexo	Código
Macho	1
Fêmea	2
Misto	3
Alimentos	Código
Farinha Carne e Ossos	1
Farinha de Visceras	2
Farinha de Peixe	3
Farinha Mista	4
Farinha de Visceras Suínos	5
Farinha de Penas	6
Resíduo de Incubatório	7
Farinha de Penas e Visceras	8
Plasma Sanguíneo	9
Farinhas de Penas e Sangue	10
Farinha de Sangue	11
Farinha Carne e ossos (suínos)	12

Idade	Código
1ª e 2ª Semana	1
3ª e 4ª Semana	2
5ª e 6ª Semana	3
Acima ou indefinido	4
Nº de Repetições	Código
1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
% de Inclusão	Código
10%	0.1
20%	0.2
30%	0.3
40%	0.4
50%	0.5
60%	0.6
70%	0.7
80%	0.8
90%	0.9
100%	1
Ano	Código
1976	76
1981	81
1985	85
1988	88
1983	83
1992	92
2001	1
2002	2
2003	3
2004	4
2005	5
2006	6
2010	10
2011	11
2012	12

Linhagem	Código
Avian Farms	1
Ross	2
Cobb	3
UFV	4
Leghorne	5
Hubbard	6
Rhode Island Red	7
Vantress X White Plymouth Rock	8

2.5 Modelo de regressão para a meta-análise

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

Portanto, assume um modelo de regressão linear, $\theta = X\beta$ (1), em que: θ 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 β 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 $\varepsilon = \theta - \hat{\theta}$, é um vetor de erros. A distribuição de ε nesse caso é aproximadamente normal ou multivariada, com vetor de médias zero e matriz de covariância diagonal Σ 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 ε são independentes, mas não são identicamente distribuídos. Não é possível a partir do modelo 2 estimar o β , porque Σ depende do vetor de parâmetros desconhecidos θ . Pode-se, porém, obter β utilizando-se Σ obtida substituindo-se $\sigma^2 \theta_i$ na matriz Σ , por $\sigma^2 \hat{\theta}_i$. Assim, o estimador de mínimos quadrados generalizados de θ , $\hat{\theta}$ é dado por:

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

Se o tamanho amostral for suficientemente grande, pode-se aplicar testes de hipóteses ou obter intervalos de confiança para componentes do vetor β , considerando que β tenha distribuição aproximadamente normal. Uma alternativa mais simples de se estimar β é aplicar testes de hipóteses ou obter intervalos de confiança que 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 β , partindo-se do modelo linear $y = X\beta + \varepsilon$, 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 β é um caso particular de β_w , apenas substituindo a matriz W , em (4) por Σ^{-1} e y por θ .

2.6 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, estimou-se as correlações de Pearson (DRAPER; SMITH, 1981) entre todos os pares possíveis, utilizando-se o software R.

O modelo de regressão linear múltipla 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, no i -ésimo estudo;

$X_{i1}; \dots; X_{i5}$ = representam as variáveis de composição química do alimento, no i -ésimo estudo, sendo respectivamente, PB, EB, MM, EE, Ca e P.

ε_i = representa o erro associado à i -ésima observação, assumido normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ_i^2 .

Para se avaliar a importância das variáveis de composição química no valor energético dos alimentos, estimou-se o coeficiente de determinação de

cada variável no modelo completo e adotou-se o *Stepwise* como método de seleção das equações ajustadas (DRAPER; SMITH, 1981).

2.7 Eliminação *backward*, seleção *forward* e regressão *Stepwise*

A eliminação *backward* é considerada um procedimento simples de seleção de variáveis que pode ser implementado sem a utilização de um *software*. Em situações que existe uma hierarquia complexa, a eliminação *backward* pode ser aplicada manualmente ao mesmo tempo que leva em consideração quais variáveis são elegíveis para a remoção.

A análise começa com todas as variáveis no modelo e retira o preditor que possui o valor de probabilidade (P) maior que o valor de α estabelecido pelo pesquisador. O rearranjo do modelo é realizado e é removida, novamente, a variável com o valor de p maior que o valor de α . Esse processo continua até que todos os preditores não significantes estejam removidos e a seleção das variáveis completa.

O valor de α não tem a obrigatoriedade de ser 1% ou 5%. Se a predição de desempenho for o objetivo, os valores entre 15 a 20% podem ser mais adequados, porém métodos desenvolvidos para um predição ótima devem ter a preferência de escolha.

A seleção *forward* é exatamente o método reverso da eliminação *backward*. O modelo começa sem variáveis e o valor de p é analisado para ver se o preditor vai ser incluso ou não no modelo. A variável escolhida possui o menor valor de p que tem que ser menor que o valor de α . Esse processo continua até o modelo ficar completo por todas as variáveis.

A regressão *Stepwise*, é uma combinação da eliminação *backward* e seleção *forward*. A cada estágio a variável pode ser removida ou adicionada. Porém, no processo de adição e/ou remoção de uma variável por vez, existe a

possibilidade do modelo ótimo não ser proposto pela análise. Nesse sentido, a utilização do modelo de Critério de Informação de Ackaike (AIC) foi proposto para a análise de todos os modelos possíveis, contornando, assim o problema supracitado.

2.8 Análise estatística

Foram catalogados 113 dados de composição química (MS, PB, EE, EB, MM, Ca e P) e valores de EMAn, de alimentos de origem animal, oriundos de estudos realizados no Brasil e 78 dados de estudos realizados em outros países, nos últimos 50 anos. Essas informações foram analisadas por meio da função LM do software R.

Para o estudo da relação entre a composição química e a EMAn das farinhas de origem animal (FOA), foi estimada a correlação de Pearson. A Distância de *Cook*, e o Teste de *Lillie* foram utilizados para a identificação de dados *outliers* e comprovação da normalidade dos dados, respectivamente. Após a formação dos grupos, a análise de regressão *Stepwise* juntamente com o Critério de Informação de Ackaike, foi executada e o melhor modelo foi escolhido. Foi utilizado um nível de significância de 1% para as análises realizadas.

O teste de normalidade foi aplicado, através do pacote *Nortest* do software R, para as variáveis das equações de predição indicadas como adequadas.

Para o diagnóstico de multicolinearidade, o teste de inflação da variância ou *Variance Inflation Factors* (VIF) foi utilizado. Valores maiores que 10 indicam multicolinearidade, portanto, após a estimação do melhor modelo pela análise de regressão múltipla o teste VIF foi aplicado. Variáveis do modelo, com números maiores que 10, foram retiradas e uma nova análise para

multicolinearidade foi feita. Esse processo foi repetido até que não houvesse multicolinearidade entre as variáveis do modelo.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Dados nacionais das farinhas de origem animal (FOA)

Os dados provenientes da revisão bibliográfica referentes a trabalhos desenvolvidos no Brasil, nos quais foram utilizados FOA, de qualquer natureza, foram analisados estatisticamente resultando em dados de amplitude, média, coeficiente de correlação e determinação de equações de predição.

Na Tabela 2 estão apresentados, de forma resumida, o número de dados tabulados referentes a cada codificação descritas na Tabela 1.

Tabela 2 Quantidade de dados tabulados referentes a cada codificação adotada, sendo o primeiro número o código e o segundo número a quantidade de dados referentes ao código para metodologia, sexo, alimento, ano, linhagem, repetição, inclusão e idade.

Metodologia	Sexo	Alimento	Ano	Linhagem	Repetição	Inclusão	Idade
1:109	1:94	1:42	6:26	1:16	3:21	0.1: 2	1: 5
2: 26	2: 7	2:41	3:18	2:42	4:56	0.2:38	2:90
	3:34	3:4	12:6	3: 14	5: 7	0.25:6	3:12
		6:13	2:15	4:14	6:47	0.3:25	4:12
		3:11	5:10	5:49	7: 4	0.4:44	
		10: 6	92:10			30 : 20	
			10:16				
			8:11				
		11:5	4:9				
		¹ Outros:13	¹ Outros:25				

¹Códigos com apenas um dado.

No APÊNDICE A, Tabela 1 e no APÊNDICE B, Tabela 2, estão apresentados todos os dados de composição química dos alimentos utilizados nesse estudo com os seus respectivos autores para dados nacionais e internacionais, respectivamente,.

4.1.1 Amplitude, média e coeficiente de variação

Na Tabela 3, estão apresentados a amplitude, média e o coeficiente de variação (CV) das variáveis de composição química e os valores energéticos das FOA.

Tabela 3 A média, o coeficiente de variação (CV, %) e a amplitude da EMAn e para as variáveis de composição química e de energia das farinhas de origem animal (valores expressos com base na matéria seca).

	¹ MS	¹ EB	¹ EMA	¹ EMAn	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P
Média	92,46	4524,16	2689,68	2670,66	10,53	20,29	60,06	6,35	3,39
CV	3,16	20,37	34,53	33,79	54,13	71,64	25,78	91,99	78,78
Mínimo	78,11	2583,83	1024,00	980,00	0,22	1,40	27,04	0,02	0,18
Máximo	98,69	6270,00	4751,52	4723,85	22,04	56,93	89,60	25,66	9,96

¹ Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); Ca= cálcio (%); P= fósforo(%).

As variações da composição nutricional da FOA são frequentes e comprometem a qualidade desses produtos. Para a variável MS, os valores variaram entre 78,11% e 98,69%, apresentando um coeficiente de variação de 3,16%. Baixos valores da MS, ou seja, a alta umidade (> 8%) aumenta a susceptibilidade das FOA quanto à decomposição e aumento da população microbiana (BELLAYER, 2001).

O coeficiente de variação da EB foi de 20,37% e o da EMAn foi de 33,79%. O fato dos coeficientes de variação entre as duas variáveis terem sido diferentes pode ser explicado pelas diferenças em metodologias aplicadas, níveis de inclusão do alimento teste, linhagem, entre outros.

Nesse sentido, Albino (1991) comparando a composição química e níveis energéticos de diversos alimentos, observou uma grande variação nos valores inerentes aos subprodutos de origem animal. Segundo esse autor, as variações ocorrem devido aos diferentes métodos de processamento e pela falta de padronização dos produtos nacionais.

Os valores variaram entre 0,22% e 22,04% para a variável EE, apresentando, assim, um coeficiente de variação de 54,13%. As condições de processamento são determinantes para a variação na quantidade de EE de FOA. Butolo (2002) observou que níveis elevados de EE podem reduzir o tempo de estocagem de FCO por aumentarem a susceptibilidade das mesmas à rancificação.

Para a MM, os valores variaram entre 1,40% e 56,93%. O coeficiente de variação foi de 71,64%. Segundo Dale (1998), o teor de MM, em geral, é inversamente proporcional à quantidade de PB para FCO. Levando em consideração que os dados utilizados no presente estudo são referentes a diversos alimentos de origem animal, e não apenas de FCO, esse fato fez com que o CV da MM fosse maior do que o apresentado pela PB.

A média do teor de PB foi de 60,06%, a amplitude foi de 27,04% a 89,60% e o coeficiente de variação de 25,78%. Considerando que os dados são referentes a farinhas originadas de diferentes matérias-primas, ou seja, são subprodutos de abatedouros de diferentes espécies animais, essa variação encontrada é esperada.

Altos coeficientes de variação foram encontrados entre Ca e P, (91,99% e 78,78%, respectivamente). A composição química entre farinhas de espécies

diferentes apresentam características muito heterogêneas, como por exemplo, quantidades de ossos, carne, escamas, vísceras, cartilagens, entre outros, resultando na alta variação encontrada para Ca e P.

A variação na composição química das FOA é uma característica que deve ser levada em consideração na formulação de ração para aves, tendo em vista que, essas variáveis estão correlacionadas e exercem influência na determinação energética desses alimentos. A acurácia da determinação da EMAn das FOA é um fator que afeta o custo de produção de aves podendo inviabilizar economicamente o sistema produtivo. Nesse sentido, a correlação das variáveis da composição química das FOA foi determinada.

4.1.2 Coeficiente de correlação

Os coeficientes de correlação entre a EMAn com EB, MM, PB, Ca e P foram significativos ($P < 0,01$) (Tabela 04), com exceção da MS e EE.

Tabela 04 Coeficientes de correlação de Pearson e p-valores para os respectivos coeficientes (valores em negrito) entre as variáveis.

	¹ MS	¹ EB	¹ EMAn	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P
MS	1,00	0,34	0,09	0,00	0,10	0,05	0,08	0,23
EB	-0,12	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EMAn	0,20	0,58	1,00	0,12	0,00	0,00	0,00	0,00
EE	0,52	-0,38	0,19	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
MM	0,20	-0,94	-0,58	0,46	1,00	0,00	0,00	0,00
PB	-0,23	0,88	0,32	-0,66	-0,91	1,00	0,00	0,00
Ca	0,21	-0,89	-0,57	0,49	0,96	-0,88	1,00	0,00
P	0,14	-0,93	-0,58	0,45	0,95	-0,89	0,95	1,00

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

Por terem uma correlação alta e significativa, o coeficiente de variação da EB pode ter sido influenciado negativamente pelas variáveis MM, Ca e P ($P>0,01$). Resultados esses que estão de acordo com Adedokun et al. (2005), que determinaram a EMAn de 12 FCOs para leitões com o objetivo de desenvolver equações de predição dos valores energéticos utilizando a composição química das mesmas e observaram coeficientes de correlação semelhantes aos determinados no presente estudo.

A alta correlação encontrada entre a EB e PB, MM, Ca e P foi mais alta do que a correlação dessas variáveis com EMAn. Essa observação sugere que é menos eficiente relacionar a valores de energia utilizável pelo animal (EMAn) com a composição química dos alimentos do que relaciona-las com a energia total (EB) do alimento.

Segundo Larbier e Leclerq (1992), os maiores contribuidores dos valores de EB da FCO são a PB e o EE, sendo que cada grama de PB e de EE contém 5,64 e 9,13 Kcal/kg, respectivamente. Apesar da EB do EE ser maior do que da PB, o conteúdo da PB das FOA é muito maior do que o conteúdo de EE. No presente estudo, as médias de PB e de EE foram 59,87% e 10,49 %, respectivamente. Na média, portanto, a contribuição proporcional da PB e do EE na EB em quilogramas de alimento usado foi de 3,5:1.

A correlação entre a PB e a EB (0,88) ($P<0,01$) foi maior do que a correlação entre o EE e a EB (-0,38) ($P<0,01$). Segundo Adedokun e Adeola (2005), por causa da grande contribuição da PB nos valores de EB quando comparada com a contribuição do EE, qualquer fator que interfira nos valores de PB irão ter um maior impacto na utilização energética.

Os resultados no presente estudo mostraram uma baixa correlação, não significativa (0,12) ($P>0,05$), do EE com a EMAn das FOA. Esse resultado, pode ser explicado pela falta de padronização na etapa de extração de gordura no processo de fabricação das FOA. Silva et al. (2010) observaram a falta de

correlação entre o EE e os demais componentes químicos. Porém, atribuíram esse comportamento a quantidade de gordura adicionada no digestor, justificada pela falta de padronização nesse processo por parte das empresas de produção desses subprodutos.

A MM apresentou correlações significativas com todas as demais variáveis, mas, com exceção da MS. Correlações positivas e altas com Ca (0,96) e P (0,95) e correlações negativas com EB (-0,94), PB (-0,91) e EMAn (-0,58). Com isso, a MM mostra uma participação efetiva na determinação da EMAn das FOA.

Shiley e Parson (2001) observaram que o aumento de MM em FCO causou uma diminuição nos níveis de todos os aminoácidos essenciais, com exceção da arginina, assim como, uma redução da eficiência da relação protéica da ração sem afetar a digestibilidade da PB. Karakas et al. (2001) utilizando FCO bovina e suína, com diferentes valores de MM para a alimentação de frangos de corte, observaram que não houve diferença significativa entre as FCO de diferentes origens na determinação da EMAn, porém, notaram que altos níveis de MM (maiores que 43%) com altos níveis de inclusões nas dietas (maiores que 20%) diminuíram os valores de EMAn.

Sendo assim, a correlação alta e significativa da MM encontrados no presente estudo, corroboram com os resultados relatados na literatura, evidenciando a influência da mesma na determinação da EMAn dos alimentos de origem animal utilizados na formulação de rações para aves. Os coeficientes de correlação altos e significativos entre as variáveis independentes (EB, MM, PB, EE, Ca e P) e a variável dependente (EMAn) permitem uma melhor compreensão nas variações dos valores de energia desses alimentos.

4.1.3 Equação de predição das FOA

As equações de predição dos valores de EMAn, utilizando dados nacionais, pelo método *Stepwise* com o critério de AIC, a partir da composição química das FOA, e os respectivos número de variáveis no modelo, interceptos e valores de coeficiente de determinação (R^2) e AIC estão representados na Tabela 05.

Tabela 05 Equações de predição dos valores de EMAn, pelo método *Stepwise* com o critério AIC e coeficiente de determinação (R^2), a partir da composição química de FOA e os respectivos números de variáveis, interceptos e valores de AIC e R^2 .

Equações determinadas com os dados nacionais										
² N	Intercepto	Parâmetros estimados							AIC	R^2
		¹ MS	¹ EB	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P		
5	8767,05		-0,41		-73,55	-29,65	245,07	-659,11	156,44	0,8427
6	8410,07	4,99	-0,44		-74,56	-28,85	244,07	-657,19	158,40	0,8428
7	8547,51	4,65	-0,51	4,23	-75,33	-26,00	244,74	-662,50	160,37	0,8429
Equação após Teste de Multicolinearidade e Retirada dos "outliers"										
3	5263,34					-18,35	175,28	-724,34	173,2	0,7941

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

²Número de variáveis no modelo.

O método de regressão *Stepwise* aplicado, juntamente com eliminação *backward* e com a seleção *forward*, iniciou a análise com todas as variáveis no modelo, resultando na equação com 7 variáveis, com $R^2 = 0,8429$ e valor de AIC de 160,37. A evolução da análise resultou no modelo com 6 variáveis com o $R^2 = 0,8428$ e valor de AIC = 158,40. O resultado final da análise, que utilizou todos os dados catalogados inicialmente, determinou a equação com 5 variáveis no modelo ($R^2 = 0,8427$; AIC = 156,44). Porém, após a indicação do melhor modelo, foi aplicada uma análise de verificação de *outliers* dos dados através da análise da distância de *Cook*, apresentado na figura 1.

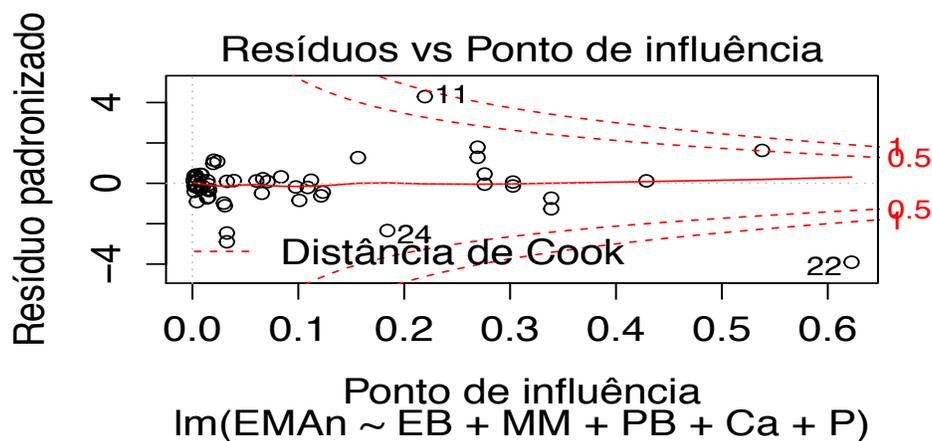


Figura 1 Teste de verificação de *outliers* através da análise da Distância de *Cook*, sendo o eixo x a influência dos dados e o eixo y o resíduo padrão.

Com a eliminação dos dados *outliers*, todos os parâmetros antes estimados foram alterados. Portanto, uma nova análise de regressão foi realizada, bem como uma nova análise de dados *outliers* (Figura 2).

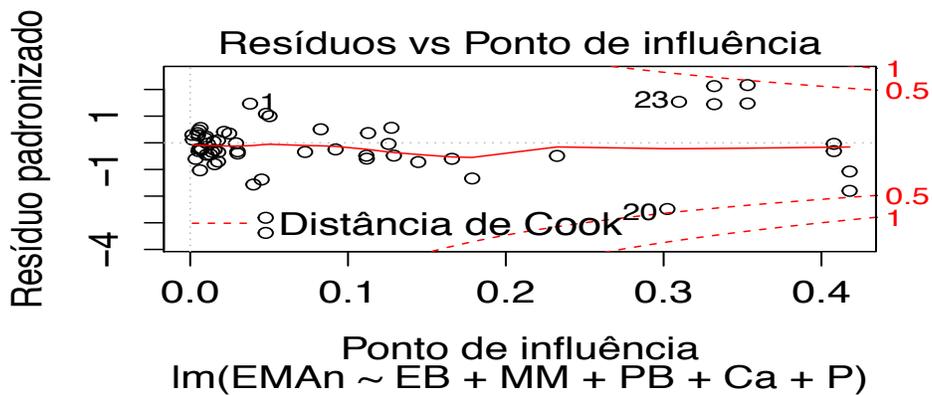


Figura 2 Teste de verificação de *outliers* através da análise da Distância de *Cook*, da nova base de dados, sendo o eixo x a influência dos dados e o eixo y o resíduo padrão.

Os dados *outliers* 11 e 22 foram removidos e nenhum outro dado apresentou tal comportamento. Posteriormente, os dados passaram pela análise de normalidade, apresentados na figura 3.

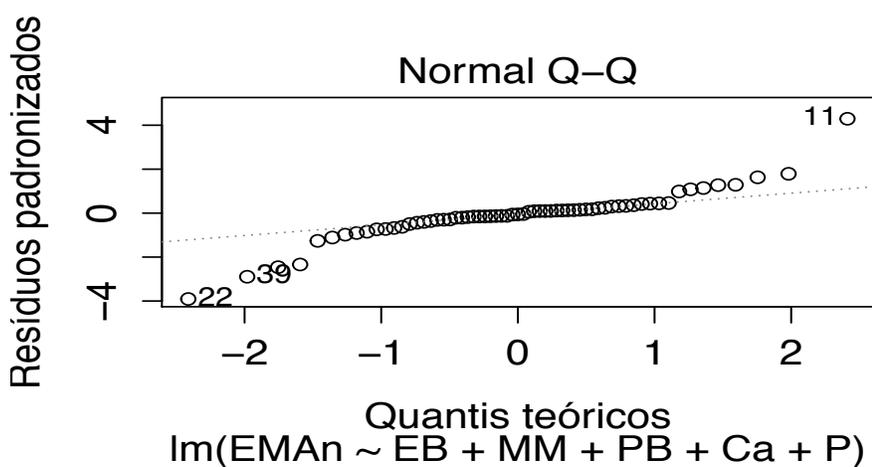


Figura 3 Comportamento dos dados analisados para o teste de normalidade, sendo o eixo x Quantis teóricos e eixo y o resíduo padrão.

Para que a normalidade dos dados fosse confirmada, os dados com distribuição normal teriam que ficar próximos ou sobre a linha tracejada. Como a maioria dos dados apresentou o comportamento esperado, confirmou-se a normalidade.

A análise de multicolinearidade foi feita para o modelo proposto ($EMAn = EB + MM + PB + Ca + P$). Números maiores que 10 para cada variável, para a

análise VIF, são considerados dados com multicolinearidade. O resultado obtido foi EB = 27,58; MM = 29,86; PB = 4,93; Ca = 11,87 e P = 39,04. O dado com valor de VIF mais alto foi o primeiro a ser retirado do modelo (MM = 29,86). Após a retirada da MM, outra análise de multicolinearidade foi realizada e o comportamento de multicolinearidade foi constatado. Sendo assim, considerando a disponibilidade da bomba calorimétrica, em centros de pesquisa, para realizar-se a análise de EB, essa variável foi retirada do modelo e os valores de VIF foram PB = 2,67; Ca = 5,39 e P = 4,90. Resultando, assim, no modelo EMAn = 5263,335 – 18,35 (PB) + 175,281 (Ca) – 724,344 (P), que apresentou um $R^2 = 0,7941$ e AIC de 173,20.

Este valor de AIC não pode ser comparado com os AICs dos outros modelos propostos, porque para cada nova análise realizada, novos valores são determinados, ou seja, só pode ser comparado valores de AICs de análises feitas com a mesmas bases de dados.

Os maiores valores de R^2 observados, nos modelos propostos, estavam presentes nos modelos que apresentaram 5, 6 e 7 variáveis. Esse resultado corrobora com os resultados encontrados por outros pesquisadores (ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; VIETES et al., 2000; SOUZA, 2009) que observaram um maior valor do R^2 nos modelos com maior número de variáveis. Porém, o critério de escolha de modelo matemático utilizado pelos autores era diferente do critério utilizado no presente estudo.

Adedokun e Adeola (2005) descreveram um modelo matemático que obtinha PB e MM para a predição de EMAn. Os autores observaram que o R^2 aumentava à medida que mais variáveis eram incluídas ao modelo e afirmaram que o R^2 não era um critério confiável para a escolha de um modelo ótimo. Equações geradas com menor número de variáveis e com valores do critério de escolha do modelo semelhantes, como R^2 e AIC, por exemplo, são geralmente,

as escolhidas pelos autores uma vez que o tempo, o número e o custo das análises laboratoriais diminuem.

Nesse sentido, o critério utilizado no presente estudo para a escolha do melhor modelo matemático foi o AIC que tem como característica a escolha de modelos com menor número de variáveis possíveis sem penalizar a acurácia dos mesmos.

Outros autores propuseram modelos de predição dos valores energéticos, para alimentos de origem animal (ADEDOKUN; ADEOLA., 2005; OLUKOSI et al., 2009; SILVA et al., 2010). Além dos autores supracitados, Nunes et al. (2001) e Rodrigues et al. (2002) observaram que o aumento de variáveis nos modelos aumentava o ajuste das equações de predição. Contudo, os referidos autores utilizaram o R^2 e/ou desvio padrão da média como critérios de escolha dos modelos.

Em trabalho realizado por Rodrigues et al. (2002), ficou evidente que equações com duas a quatro variáveis estimaram melhor os valores energéticos dos alimentos proteicos testados, porém, os autores relataram que nem todas as equações com esse número de variáveis produziram boas estimativas. Dessa forma, Zonta et al. (2004) validaram as equações de Rodrigues et al. (2002) e Janssen (1989) e observaram que os farelos de soja foram mais bem estimados pela equação de Janssen (1989), mas os autores ressaltaram que as equações de Rodrigues et al. (2002) foram viáveis.

Rostagno et al. (2011) determinaram equações para predizer os valores de EMAn para alimentos de origem animal e gorduras e indicou a equação que continha as variáveis PB e EE digestível na sua composição. Estes resultados estão de acordo aos apresentados por Dolz e Blass (1992), ao avaliar o valor energético da FCO a partir de equações de predição, observaram melhor R^2 para a equação contendo como variáveis independentes a PB e o EE.

4.1.4 Valores preditos vs observados na literatura

Os dados de composição química encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011) de alguns alimentos de origem animal foram utilizados nas equações de predição propostas para comparar-se os valores preditos com os valores observados na mesma literatura.

Na Tabela 06 está apresentada a comparação dos valores preditos (parte superior da tabela) pelas equações propostas e os valores encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011) e a diferença (parte inferior da tabela) (kcal/kg de MS) entre os dois valores.

Tabela 06 Valores de energia metabolizável aparente de corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) (kcal/kg de MS) determinados pelos modelos matemáticos propostos, os valores encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) e a diferença entre os valores preditos.

Valores preditos pela equações usando os valores de Rostagno et al. (2011)					
¹ N	² FCO 44%	² FCO 55%	² FCO 63%	² FVA	² FVS
5	1872	2313	2526	2954	1867
6	1871	2317	2539	2948	1862
7	1872	2327	2555	2947	1848
3	1947	2363	2573	2965	2097
Valores observados por Rostagno et al. (2011)					
	2334	2897	2974	3485	2383
Diferença entre os valores preditos e observados (kcal/kg)					
5	-462	-584	-448	-531	-516
6	-463	-580	-435	-537	-521
7	-462	-570	-419	-538	-535
3	-387	-534	-401	-520	-286

¹Número de variáveis no modelo.

²FCO (44%, 63% e 55% de PB)= farinha de carne e ossos; FVA = farinha de vísceras de aves e FVS = farinha de vísceras suínas.

Os resultados mostram que o modelo com três variáveis, apontado como melhor pelo critério de AIC, foi a equação que demonstrou a menor diferença entre os valores preditos e os valores observados nas Tabelas Brasileiras. Os modelos com maiores números de variáveis resultaram em valores preditos mais distantes dos valores observados, apesar de apresentarem maiores valores para R^2 .

A alta variabilidade na composição química de FOA pode ser devido à influência da localização e método de processamento (WANG; PARSONS, 1998), e/ou origem dos mesmos (KIRSTEIN, 1999), o que pode afetar a digestibilidade de animais não-ruminantes (WANG; PARSONS, 1998; KIRSTEIN, 1999), e conseqüentemente, os valores energéticos.

Demonstrando que diferentes métodos de processamento originam variações na composição química e nos valores energéticos dos alimentos de origem animal, Scapim et al. (2003) avaliaram nutricionalmente farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetidas a diferentes tratamentos térmicos e concluíram que o tratamento submetido ao cozimento inicial das penas por 30 minutos a 4 kgf/cm², secagem por 75 minutos a 180°C com adição de 20% de sangue pré-cozido e secagem por 75 min a 180°C foi o que apresentou maior conteúdo energético e os maiores coeficientes de digestibilidade para aminoácidos.

Sendo assim, variações entre os valores preditos pelas equações e os valores observados nas Tabelas Brasileiras são esperados. Deve ser considerado que os valores encontrados nas Tabelas Brasileiras são valores obtidos através da compilação de diversos trabalhos, obtendo-se assim, a média dos valores encontrados.

Na tentativa de aumentar a acurácia das equações de predição, pesquisadores têm considerado fatores não nutricionais no desenvolvimento das mesmas. Vietes (2000) elaborou seis equações de predição para a determinação

da EMAn para farinhas de vísceras, nas quais era necessária a determinação do diâmetro geométrico médio (DGM) em quatro das seis equações propostas. Apesar da influência do tamanho de partícula no aproveitamento energético pelo animal, os modelos matemáticos que levaram em conta o DGM não apresentaram melhoras no R^2 , que foi o critério utilizado pelo autor para a escolha dos modelos determinados.

Em contrapartida, Nascimento et al. (2000) ao elaborarem equações para prever a EMAn de algumas farinhas de penas, observaram melhor coeficiente de determinação ($R^2 = 98\%$) para a equação que continha as variáveis MM, Ca e DGM.

De Groote et al. (1991) trabalhando com pintos de corte, observaram que a disponibilidade de P da FCO variou de 82%, para a granulometria mais grossa (0,78 mm) a 104% para a mais fina (0,54 mm). Contrariando esses resultados, Burnell et al. (1990) não observaram influência do tamanho de partículas (2,00; 1,25; 0,50; 0,18 e 0,05 mm) do fosfato desfluorizado na biodisponibilidade do cálcio e do fósforo em pintos. No entanto, Brugalli et al. (1999) estudando o efeito da granulometria na biodisponibilidade de fósforo da FCO para pintos de corte, concluíram que a cada 0,10 mm de aumento do diâmetro geométrico médio das partículas houve redução de 9,0% na disponibilidade de P da FCO.

A partir desses resultados, as correlações entre os componentes químicos, a variabilidade e a digestibilidade dos alimentos de origem animal, e o critério utilizado para escolha de modelos matemáticos para a determinação dos valores energético de FOA são determinantes no sucesso de formulação de rações.

A escolha do modelo matemático para prever os valores de EMAn de alimentos de origem animal, deve levar em conta a infra-estrutura do laboratório mais próximo do local de recebimento do alimento, a disponibilidade de

recursos financeiros para análises laboratoriais e, por último, mas não menos importante, o tempo de espera.

4.2 Dados nacionais das farinhas de carne e ossos (FCO)

Os dados provenientes da revisão bibliográfica referentes a trabalhos desenvolvidos no Brasil, nos quais foram utilizados FCO, de qualquer natureza, foram analisados estatisticamente resultando em dados de amplitude, média, CV e determinação de equações de predição.

4.2.1 Amplitude, média e coeficiente de variação

Na Tabela 07, estão apresentados a amplitude, média e o coeficiente de variação (CV) das variáveis de composição química e os valores energéticos das farinhas de carne e ossos (FCO).

Tabela 07 A média, o coeficiente de variação (CV) e a amplitude da EMAn e para as variáveis de composição química das FCO (valores expressos com base na matéria seca).

	¹ MS	¹ EB	¹ EMA	¹ EMAn	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P
Média	93,17	3623,96	2117,29	1960,73	11,57	35,45	46,42	12,22	6,64
²CV	2,17	15,45	34,75	32,58	19,05	22,95	18,36	35,69	25,73
Mínimo	90,72	2626,00	1024,00	980,00	8,14	14,20	34,99	3,57	2,75
Máximo	98,69	4999,00	4092,00	3492,00	17,58	44,96	69,48	18,77	9,96

¹ Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (kcal de EM/kg); PB= proteína bruta (%); EE= extrato etéreo (%); MM= matéria mineral (%); Ca= cálcio (%); P= fósforo(%).

² Coeficiente de variação.

Como os trabalhos catalogados foram realizados em lugares e em épocas distintas, a composição química da FCO é variável, sendo relacionada com a

raça do animal de origem dessa farinha, a quantidade de ossos incluída, condições de processamento, armazenamento, entre outros. Entretanto, a composição química das FCO utilizadas nesse trabalho foram similares com o que foi observado por outros autores (SHI; NOBLET, 1993; VIETES et al., 2000; ROSTAGNO et al., 2011).

As diferentes metodologias aplicadas para a determinação da composição química e dos valores energéticos de FCO é uma fator que pode provocar variação e que deve ser levado em consideração. O estudo da relação da composição química com o valor energético das FCO é fundamental para o desenvolvimento de modelos matemáticos para a predição dos valores energéticos desses subprodutos de abatedouros. Por isso, o coeficiente de correlação entre a composição química e a EMAn foi determinada.

4.2.2 Coeficiente de correlação

Os coeficientes de correlação entre a EMAn e as variáveis estudadas foram significativos ($p < 0,01$) com exceção do EE. Esses resultados foram os mesmos encontrados por outros autores (LARBIER; LECLERQ, 1992; ADEDOKUN; ADEOLA, 2005).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e da EMAn da FCO e os p-valores, estão apresentadas na Tabela 8.

Tabela 08 Coeficientes de correlação de Pearson e p-valores (valores em negrito) para os respectivos coeficientes entre as variáveis.

	¹ MS	¹ EB	¹ EMAn	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P
MS	1,00	0,02	0,03	0,74	0,06	0,03	0,01	0,04
EB	0,45	1,00	0,00	0,68	0,00	0,00	0,00	0,00
EMAn	0,43	0,82	1,00	0,20	0,00	0,00	0,00	0,00
EE	-0,07	0,09	0,26	1,00	0,69	0,19	0,85	0,84
MM	-0,37	-0,88	-0,79	-0,08	1,00	0,00	0,00	0,00
PB	0,43	0,89	0,65	-0,27	-0,89	1,00	0,00	0,00

Ca	-0,48	-0,82	-0,75	0,04	0,88	-0,82	1,00	0,00
P	-0,40	-0,84	-0,76	0,04	0,89	-0,85	0,83	1,00

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

A maior parte da variação da EMAn está negativamente relacionada com MM, Ca e P ($p < 0,01$). Esses resultados corroboram com os encontrados por Adedokun e Adeola (2005). Portanto, o esperado é que maiores quantidades de MM na FCO, resultem em menores valores de EMAn e sendo a determinação de MM um método rápido e relativamente fácil de ser executado, deve ser aplicado como ferramenta de suporte para a aquisição desse subproduto.

4.2.3 Equação de predição das FCO

A equação de predição dos valores de EMAn, pelo método *Stepwise* com o critério de AIC, a partir da composição química das FCO, e os respectivos número de variáveis no modelo, interceptos e valores de coeficiente de correlação (R^2) e AIC estão representados na Tabela 09.

Tabela 09 Equação de predição dos valores de EMAn, pelo método *Stepwise* com o critério AIC e coeficiente de determinação (R^2), a partir da composição química de FCO e os respectivos números de variáveis, interceptos e valores de AIC e R^2 .

Equação determinada com os dados nacionais para FCO										
Parâmetros estimados										
² N	Intercepto	¹ MS	¹ EB	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P	AIC	R ²
4	4459,27		1,06		-91,25	-78,98	40,12		2,98	0,7614

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

²Número de variáveis no modelo.

Os procedimentos estatísticos adotados foram os mesmos aos comentados anteriormente. Os dados mostraram um comportamento adequado para as análises de multicolinearidade, dados *outliers* e normalidade.

Portanto, o modelo indicado como adequado para a predição de valores energéticos para FCO nacionais é $EMAn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$.

4.2.4 Valores preditos vs observados na literatura

Os dados de composição química encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011) das FCO 44, 55 e 63% foram utilizados na equação de predição proposta para comparar-se os valores preditos com os valores observados na mesma literatura.

Na Tabela 10 está apresentada a comparação dos valores preditos (parte superior da tabela) pelas equações propostas e os valores encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011) e a diferença (parte inferior da tabela) (Kcal/kg de MS) entre os dois valores.

Tabela 10 Valores de energia metabolizável aparente de corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) (kcal/kg de MS) determinados pelo modelo matemático proposto, valores de EMAn pelas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) e a diferença entre esses valores.

Valores preditos pela equações usando os valores de Rostagno et al. (2011)			
² N	¹ FCO 44%	¹ FCO 55%	¹ FCO 63%
4	1739	2163	2266
Valores observados por Rostagno et al. (2011)			
	2334	2897	2974
Diferença entre os valores preditos e observados			
4	-595	-734	-708

¹FCO (44%, 63% e 55% de PB)= farinha de carne e ossos;

²Número de variáveis no modelo.

Os resultados mostram que o modelo proposto demonstrou uma grande diferença entre os valores preditos e os observados por Rostagno et al. (2011). Esse resultado pode ser explicado pela significativa redução de dados (FOA = 113; FCO = 30) utilizados para o desenvolvimento do modelo matemático. A variação encontrada nos dados utilizados, não foi suficiente para garantir a acurácia do modelo para a predição dos valores energéticos.

Apesar da intenção de propor equações de predição para valores energéticos não se limitou a comparação dos valores das Tabelas Brasileiras, a comparação com essa fonte se faz necessária pela relevância da mesma.

Portanto, a validação do modelo, ou seja, a comparação dos valores preditos com os valores observados em ensaios *in vivo* é considerada a principal ferramenta para a avaliação da acurácia de modelos matemáticos.

4.3 Dados internacionais de FCO

Devido ao baixo número de trabalhos internacionais que tivessem determinado a energia de farinhas de origem animal, que não fossem FCO, foi convencionado o desenvolvimento de modelos matemáticos somente para FCO.

Os 78 dados provenientes de trabalhos desenvolvidos no exterior, nos quais foram utilizadas farinhas de carne e ossos (FCO), foram analisados estatisticamente resultando em dados de amplitude, média, CV, coeficiente de correlação e determinação de equações de predição.

4.3.1 Amplitude, média e coeficiente de variação

Na Tabela 11, estão apresentados a amplitude, média e o CV das variáveis de composição química e os valores energéticos das FCO.

Tabela 11 A média, o CV e a amplitude, para a EMAn e para as variáveis de composição química das farinhas de carne e ossos (valores expressos com base na matéria seca).

	MS ¹	EB ¹	EMA ¹	EMAn ¹	EE ¹	MM ¹	PB ¹	Ca ¹	P ¹
Média	93,79	4202,69	2811,16	2526,12	10,49	26,41	47,83	9,02	4,40
²CV	1,62	31,54	18,22	21,06	16,45	19,78	42,41	11,82	15,67
Mínimo	91,70	1300	1588	1410	8,17	9,10	45,40	6,98	2,90
Máximo	96,9	6300	3332	3510	14,3	37,73	70,5	13,59	6,83

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

²Coefficiente de variação.

A composição química das FCO usadas nesse estudo demonstra a alta variabilidade encontrada nesse alimento. Esse comportamento também foi relatado por diversos pesquisadores (VIETTES et al., 2000; WANG; PARSONS, 1998; RAVINDRAN et al., 2002). As maiores variações observadas entre os dados de composição química foram para a EB (31,54%) e MM (42,41%). Segundo Adedokun e Adeola (2005) e Olukosi et al. (2009), a correlação significativa e negativa entre essas duas variáveis justificam o alto coeficiente de variação.

As variações observadas para as variáveis Ca e P podem ser explicadas pelas diferentes relações entre os tecidos presentes nesses subprodutos. Esses resultados corroboram com os estudos de Shi e Noblet (1993), pois trabalhando com leitões, identificaram altas variações nos conteúdos de Ca e P para as FCO utilizadas.

As variações nos valores de EMA e EMAn foram relatadas por diversos autores (PEO; HUDMAN, 1962; CRONWELL et al., 1991; BATTERHAM et al., 1980; ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; OLUKOSI et al., 2009). A quantidade de água no produto final, textura, tempo de exposição à altas

temperaturas, possibilidade de contaminação antes, durante e após o processamento são exemplos de etapas na produção de FCO que são determinantes para a qualidade do produto final, e conseqüentemente, para a determinação energética das mesmas.

Os subprodutos de uma grande variedade de animais, de origem e natureza distintas, junto com os diferentes tipos de processamento resultam em variações no perfil nutritivo das FCO (BOLARINWA; ODUKOSI; ADEOLA, 2012).

4.3.2 Coeficiente de correlação

Os coeficientes de correlação entre a composição química e o valor de EMAn e os respectivos p-valores dos 78 dados compilados e tabulados de trabalhos realizados no exterior estão representados na Tabela 12.

Tabela 12 Coeficientes de correlação de Pearson e p-valores para os respectivos coeficientes (valores em negrito) das variáveis.

	¹ MS	¹ EB	¹ EMAn	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P
MS	1,00	0,02	0,00	0,13	0,10	0,01	0,13	0,01
EB	0,53	1,00	0,00	0,06	0,00	0,00	0,00	0,00
EMAn	0,58	0,93	1,00	0,25	0,00	0,00	0,00	0,00
EE	0,37	0,45	0,29	1,00	0,01	0,09	0,00	0,01
MM	-0,40	-0,76	-0,63	-0,58	1,00	0,00	0,00	0,00
PB	0,60	0,85	0,80	0,41	-0,83	1,00	0,00	0,00
Ca	-0,37	-0,81	-0,68	-0,69	0,92	-0,84	1,00	0,00
P	-0,58	-0,72	-0,72	-0,60	0,73	-0,76	0,86	1,00

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

Foi observado no presente estudo, que a EMAn obteve correlações positivas e significativas com as variáveis EB (0,93), PB (0,80) e MS (0,58) ($P < 0,01$). Já para as variáveis MM (-0,63), Ca (-0,68) e P (-0,72) ($P < 0,001$), as correlações foram altas e negativas. A variável EE foi a única que não apresentou correlação significativa (0,29) ($P = 0,25$) para a EMAn.

A diversidade de alimentos e seus subprodutos utilizados na formulação de rações são indicativos da necessidade de se conhecerem, cada vez mais, os seus valores nutritivos e energéticos, objetivando seu melhor aproveitamento e utilização de forma mais racional, sendo a precisão dos valores de composição química, energética e digestibilidade de nutrientes, além de necessária, primordial na busca da redução dos custos e de uma melhor produtividade (AZEVEDO, 1996).

A alta correlação encontrada entre a EB e EMAn, PB, MM, Ca e P foi maior do que a correlação das mesmas variáveis com EMAn. Esse resultado permite melhores inferências e explicações dos valores energéticos das FCO quando utilizamos a EB como variável dependente ao invés da utilização da EMAn.

Para a PB, as correlações foram significativas e negativas para MM (-0,83), Ca (-0,84) e P (-0,76) ($P < 0,001$) e a correlação significativa e positiva para a variável EB (0,85) ($P < 0,001$). As altas correlações significativas e negativas para MM, Ca e P corroboram com os resultados achados por Adedokun e Adeola (2005).

Estudos conduzidos por Albino et al. (1992), comparando a composição química e os níveis energéticos de diversos alimentos, constataram grande variação dos valores de subprodutos de origem animal em ensaios biológicos com pintos e galos. Segundo os mesmos autores, as variações originaram-se de diferentes métodos de processamento e pela falta de padronização dos produtos nacionais.

Assim sendo, o conhecimento da correlação entre a variável dependente (EMAn) e as variáveis independentes (EB, PB, MM, MS, Ca e P) apresenta-se como informação imprescindível para o desenvolvimento de modelos matemáticos com o intuito de determinar valores energéticos de alimentos de origem animal comumente utilizados na alimentação de aves.

4.3.3 Equação de predição

As equações de predição dos valores de EMAn, pelo método de regressão *Stepwise* com o critério de AIC, a partir da composição química das FCO, e os respectivos números de variáveis no modelo, interceptos e valores de coeficiente de correlação (R^2) e AIC estão representados na Tabela 13.

Tabela 13 Equações de predição dos valores de EMAn, pelo método de Regressão *Stepwise* com o critério AIC, a partir da composição química de FCO e os respectivos números de variáveis, interceptos e valores de AIC e R^2 .

Equações determinadas com dados de trabalhos internacionais										
² N	Intercepto	Parâmetros estimados							AIC	R ²
		¹ MS	¹ EB	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P		
7	2151,65	-79,04	1,12	22,14	-18,73	39,08	323,40	-322,95	12,86	0,6488
6	1972,14	-68,14	1,10		-15,13	32,93	285,28	-308,72	10,88	0,6484
5	1186,95	-61,76	1,08			35,33	243,26	-284,67	8,93	0,6474
4	1171,49	-41,59	1,17				205,87	-290,60	7,33	0,6390
3	-2093,00		1,02				177,07	-240,62	5,67	0,6316
Equações após Teste de Multicolinearidade e Retirada dos outliers										
2	4298,91						-83,05	-185,07		0,4767
2	2204,77		0,35					-217,38		0,5621

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

²N= número de variáveis

A análise de regressão linear múltipla da composição nutricional de FCO, com o objetivo de desenvolver equações de predição para valores energéticos, tem sido aplicada com sucesso nos últimos anos (ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; SILVA et al., 2010).

O método de *Stepwise* aplicado, juntamente com eliminação *backward* e com a seleção *forward*, iniciou a análise com todas as variáveis no modelo, resultando na equação com 7 variáveis, com $R^2 = 0,6488$ e valor de AIC de 12,86. A evolução dos passos analíticos resultaram no modelo com 6 variáveis, com o $R^2 = 0,6484$ e valor de AIC = 10,88.

Ao final de 5 passos analíticos da análise de regressão, as variáveis que conseguiram descrever a variação da variável dependente (EMAn) com mais precisão e, ao mesmo tempo, com o menor número possível de variáveis foi a equação $EMAn = - 2093,00440 + 1,0162 (EB) + 177,0669 (Ca) - 240,6201 (P)$ ($R^2 = 0,6316$; AIC = 5,67).

Após a indicação do melhor modelo, foi aplicada uma análise de verificação de *outliers* dos dados através da análise da Distância de *Cook* e o teste de normalidade. Os resultados para dados *outliers* e análise de normalidade apresentaram-se dentro do esperado não sendo necessária nenhuma alteração.

Foi observada multicolinearidade entre as variáveis EB e Ca. Portanto, os modelos indicados como adequados foram os que continham EB e P ou Ca e P. A escolha entre os dois modelos, deve levar em consideração, a facilidade, rapidez e o custo da execução das análises requeridas.

4.3.4 Valores preditos vs observados na literatura

A comparação entre os valores preditos pelas equações propostas utilizando os valores da composição química de FCO encontrados nas Tabelas

Brasileiras para Aves e Suínos (2011) e no NRC (1994) (parte superior da tabela) e os valores encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011) e no NRC (1994), e a diferença (parte inferior da tabela) (kcal/kg de MS) entre os dois valores, estão apresentados na Tabela 14.

Tabela 14 Valores preditos pelos modelos, valores observados por Rostagno et al. (2011) e pelo NRC (1994) e, a diferença entre eles (kcal/kg de MS).

Valores preditos pela equações usando os valores de Rostagno et al. (2011) e NRC (1994)				
¹ N	² FCO 44%	² FCO 55%	² FCO 63%	³ NRC (1994)
7	2493	3170	3511	1082
6	2389	3074	3443	1155
5	2435	3091	3452	1547
4	2477	2908	3101	2030
3	2457	2826	3020	1454
2	1987	2583	2924	2372
2	2072	2632	2947	1018
Valores observados por Rostagno et al. (2011)			NRC (1994)	
	2334	2897	2974	2312
Diferença entre os valores preditos e observados				
7	159	273	537	1230
6	55	177	469	1157
5	101	194	478	765
4	143	11	127	282
3	123	-71	46	858
2	-347	-314	-50	-60
2	-262	-265	-27	1294

¹ Número de variáveis no modelo.

²FCO (44%, 63% e 55% de PB)= farinha de carne e ossos;

³Valores de FCO encontrados com dados de composição química do NRC (1994).

Pesquisadores têm tentado repetidamente utilizar a composição proximal dos alimentos de origem animal em geral para obter estimativas com acurácia de valores energéticos (DOLZ; DE BLAS, 1992; DALE et al., 1997; ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; AHMADI et al., 2008; PERAI et al., 2010).

No presente estudo, os modelos indicados como adequados pela análise estatística, consideraram 2 variáveis nos modelos. Para o modelo com as variáveis Ca e P e com um $R^2 = 0,4767$, a simulação feita com valores encontrados nas Tabelas Brasileiras e o NRC e os valores preditos ficaram próximos dos valores observados, sendo a diferença de 14,86%; 1,68%; 10,83% e 9,38% de FCO 44%, FCO 55%, FCO 63% e da FCO referente ao NRC (1994), respectivamente. Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Adedokun e Adeola (2005), que propuseram 11 equações de predição para EMAn de FCO para suínos, nas quais as equações com o menor número de variáveis incluíram Ca e P como preditores.

Para o modelo no qual foi considerado as variáveis EB e P, apresentando $R^2 = 0,5621$, os dados preditos foram semelhantes aos valores observados. As diferenças observadas foram 11,23% para FCO 44%, 0,90% para FCO 63%, 9,13% para FCO 55% e 111% para os valores encontrados no NRC. Com excessão do último alimento os valores preditos ficaram próximos aos valores observados.

O fato do modelo que contém a variável EB apresentar um aumento no R^2 , era esperado, pois apesar de não ser o critério utilizado para seleção dos modelos no presente estudo, a correlação positiva e significativa (0,93) com a EMAn e a participação direta da EB no cálculo da mesma, justificam esse aumento.

Porém, segundo Robbins et al. (2005) relativamente poucos laboratórios possuem uma bomba calorimétrica para a determinação da EB, tornando, assim, a escolha de equações com a variável EB questionável.

Para os demais modelos, foram observados valores preditos razoavelmente próximo dos valores tabelados, todavia, os valores mais próximos foram os preditos pelos modelos indicados como adequados pelo critério de Akaike. Nesse sentido, fica evidente que, a indicação pelo maior

valor do coeficiente de determinação (R^2) não é adequada como critério de escolha de modelos matemáticos desenvolvidos com o intuito de determinação de valores energético de alimentos utilizados na alimentação animal.

4.4 Dados nacionais e internacionais de FCO

Na Tabela 15, estão apresentados o número de dados tabulados referentes aos trabalhos desenvolvidos no Brasil e no exterior que utilizaram a FCO como alimento teste e que determinaram a EMAn e a composição química da mesma.

Como essa parte do trabalho é referente apenas a FCO, o fator alimento foi excluído. Os fatores metodologia e número de repetições também foram excluídos devido ao pequeno número de dados encontrados, para a viabilização das análises estatísticas.

Tabela 15 Quantidade de dados tabulados referentes a cada codificação adotada.

Sexo ¹	Ano ¹	Linhagem ¹	Inclusao ¹	Idade ¹
1:77	1:45	2:40	0.2:24	1:89
3:16	2:48	3: 4	SA:19	2: 4
		4: 2	0.4:15	
		5:15	0.5:12	
		6:29	0.3 : 7	
		7: 3	0.6: 4	
			² Outros:12	

¹ O primeiro número se refere ao código e o segundo número à quantidade de dados referentes ao código para sexo, ano, linhagem inclusão e idade.

²Códigos com apenas um dado.

4.4.1 Amplitude, média e coeficiente de variação

Na Tabela 16, estão apresentados a amplitude, média e o coeficiente de variação (CV) das variáveis de composição química e os valores energéticos das FCO.

Tabela 16 A média, o coeficiente de variação (CV) e a amplitude, da EMAn e para as variáveis de composição química das FCO (valores expressos com base na matéria seca).

	¹ MS	¹ EB	¹ EMA	¹ EMAn	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P
Média	93,70	3835,13	2366,27	2339,46	10,92	30,66	52,48	10,04	5,15
²CV	1,80	12,77	30,08	25,98	17,94	20,81	13,74	29,34	30,03
Mínimo	90,72	2626,00	1024,00	980,00	8,14	14,20	34,99	3,57	2,75
Máximo	98,69	4999,00	4092,00	3492,00	17,58	44,96	69,48	18,77	9,96

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

²Coeficiente de variação.

As médias das variáveis, MS e EE, encontradas para os dados nacionais e internacionais, analisados juntamente, apresentaram valores semelhantes quando comparados aos valores das médias dos dados analisados separadamente. Para a variável MS dos dados nacionais, por exemplo, o valor da média encontrada foi de 92,46%, já para os dados internacionais foi de 93,79% e para os dados analisados em conjunto, foi de 93,70%. Para as demais variáveis (EB, EMA, EMAn, MM, PB, Ca e P) os valores da média, dos dados analisados juntamente, foram diferentes quando comparados com os dados analisados separadamente.

As variáveis EB e PB apresentaram menores valores (12,77 e 13,74%, respectivamente) para o CV quando comparados com os dados nacionais e internacionais (20,37% e 31,54%, respectivamente). Para as demais variáveis (MS, EMA, EMAn, EE, MM, Ca e P) os valores de CV foram intermediários quando comparados com os dados analisados separadamente.

O mesmo comportamento foi observado para os valores mínimos e máximos. A composição química e os valores energéticos encontrados no presente estudo, estão de acordo com os valores encontrados por outros autores (DOLZ; DE BLAS, 1992; DALE et al., 1997; ADEDOKUN; ADEOLA, 2005; AHMADI et al., 2008; PERAI et al., 2010).

As variações na composição química e nos valores energéticos das FCO são esperadas, entretanto, trabalhos nacionais e internacionais apresentaram similaridades para os valores médios das variáveis MS e EE. Esses resultados, sugerem que modelos matemáticos com essas variáveis podem apresentar maior acurácia para a predição dos valores energéticos de FCO encontradas no Brasil e em outros países.

4.4.2 Coeficiente de correlação

Os coeficientes de correlação entre a composição química e o valor de EMAn dos 93 dados compilados e tabulados de trabalhos realizados no Brasil e no exterior estão representados na Tabela 17.

Tabela 17 Coeficientes de correlação de Pearson e p-valores (valores em negrito) para os respectivos coeficientes das variáveis.

	¹ MS	¹ EB	¹ EMAn	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca	¹ P
MS	1,00	0,00	0,00	0,65	0,00	0,00	0,00	0,00
EB	0,57	1,00	0,00	0,84	0,00	0,00	0,00	0,00
EMAn	0,58	0,88	1,00	0,44	0,00	0,00	0,00	0,00
EE	-0,05	0,02	0,08	1,00	0,92	0,01	0,39	0,31
MM	-0,48	-0,87	-0,81	-0,01	1,00	0,00	0,00	0,00
PB	0,55	0,89	0,74	-0,26	-0,90	1,00	0,00	0,00
Ca	-0,54	-0,85	-0,79	0,09	0,91	-0,87	1,00	0,00
P	-0,57	-0,84	-0,83	0,11	0,89	-0,85	0,88	1,00

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

Os coeficientes de correlação se comportaram de forma semelhante aos dados analisados separadamente, tanto aos nacionais quanto aos internacionais. Resultados contraditórios aos relatados no presente estudo foram encontrados por Olukosi e Adeola (2009) que acharam correlação saignificativas do EE com as demais variáveis (EB, EMAn, MM, PB, Ca e P) com as três últimas variáveis apresentando correlação negativa. Os autores ainda ressaltam a importância da relação entre as variáveis que podem afetar a utilização de energia, como por exemplo, quantidade de MM.

4.4.3 Equação de predição

As equações de predição dos valores de EMAn, pelo método de regressão *Stepwise* com o critério de AIC, a partir da composição química das FCO, e os respectivos números de variáveis no modelo, interceptos e valores de coeficiente de correlação (R^2) e AIC estão representados na Tabela 18.

Tabela 18 Equações de predição dos valores de EMAn, pelo método de Regressão *Stepwise* com o critério AIC, a partir da composição química de FCO e os respectivos números de variáveis, interceptos e valores de AIC e R^2 .

Equações determinadas com os dados nacionais e internacionais para FCO										
² N	Intercepto	Parâmetros estimados						AIC	R^2	
		¹ MS	¹ EB	¹ EE	¹ MM	¹ PB	¹ Ca			¹ P
5	4623,76		0,87		-51,55	-71,20	137,50	-368,63	-2,29	0,9915
Equação após Teste de Multicolinearidade e Retirada dos <i>outliers</i>										
3	-2380,51					99,35	64,08	-255,28		0,7981

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

²N= número de variáveis.

Os procedimentos estatísticos adotados para a elaboração das equações de predição para os dados nacionais e internacionais analisados juntamente, foram os mesmos aos aplicados para o desenvolvimento das equações de predição para FOA.

A equação apontada como mais adequada foi a equação com 5 variáveis em seu modelo, apresentando um R^2 de 0,9915 e $AIC = -2.29$. Contudo, a análise da distância de *Cook*, que verifica a presença de dados *outliers*, foi aplicada. Não foi detectada a presença de dados *outliers* e nem problemas na normalidade dos dados. Porém, quando a análise de multicolinearidade foi feita, foi observada uma alta colinearidade entre as variáveis do modelo proposto. Sendo considerados valores maiores que 10 variáveis multicolineares, os resultados foram EB = 163,20; MM = 162,56; PB = 44,18; Ca = 28,80 e P = 4,65. O dado com valor de VIF mais alto foi o primeiro a ser retirado do modelo (EB = 163,20). A primeira variável a ser retirada foi a EB, baixando os valores para MM = 24,24; PB = 18,80; Ca = 10,02 e P = 1,85. Detectando que a retirada de EB não foi suficiente para resolver o problema da multicolinearidade, a MM foi a segunda variável escolhida para ser retirada do modelo. Os resultados foram PB = 2,58; Ca = 2,77 e P = 1,18.

Por fim, o modelo apontado como mais adequado foi $EMAn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$, que apresentou um $R^2 = 0,7981$.

4.4.4 Valores preditos vs observados na literatura

A comparação entre os valores preditos pelas equações propostas (parte superior da tabela) e os valores encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e

Suínos (2011) e no NRC (1994) e a diferença (parte inferior da tabela) (kcal/kg) entre os dois valores, estão apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 Valores de energia metabolizável aparente de corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn) (kcal/kg) determinados pelos modelos matemáticos propostos e a diferença (kcal/kg de MS) entre os valores preditos e os valores encontrados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (Rostagno et al., 2011) e no NRC 1994.

Valores preditos pela equações determinadas com os dados nacionais e internacionais para FCO				
¹ N	² FCO 44%	² FCO 55%	² FCO 63%	³ NRC (1994)
5	1953,83	2264,40	2317,82	285,29
3	1416,22	2812,43	3762,98	2293,30
Valores observados por Rostagno et al. (2011)				NRC, 1994
	2334	2897	2974	2312
Diferenças entre valores preditos e observados por Rostagno et al. (2011) e NRC (1994)				
N	FCO 44%	FCO 55%	FCO 63%	NRC (1994)
5	-380,17	-632,60	-656,18	2026,71
3	-917,78	-84,57	788,98	18,7

¹Número de variáveis no modelo.

²FCO (44%, 63% e 55% de PB)= farinha de carne e ossos;

³Valores de FCO encontrados no NRC (1994).

Os resultados mostram que o modelo com 3 variáveis, que foi apontado como melhor pelo critério de AIC, foi a equação que demonstrou a menor diferença entre os valores preditos e os valores observados nas Tabelas Brasileiras (FCO 55%) e no NRC. O modelo com maior número de variáveis obteve valores preditos distantes dos valores observados, para a FCO 55% e para o valor encontrado no NRC. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados para os modelos matemáticos propostos para FOA. Contudo, os resultados preditos ficaram distantes dos observados nas Tabelas Brasileiras e NRC na ordem de 39,32%, 26,53%, 2,92% e 6,25% para FCO 44, 63, 55% e NRC, respectivamente, para o modelo matemático com 3 variáveis. Já para o

modelo com 5 variáveis as diferenças foram de 16,29%, 22,06%, 21,84% e 653%, respectivamente. A grande diferença (653%) entre o valor predito e observado para o modelo com 5 variáveis pode ser explicada pela falta do valor de EB da FCO no NRC (1994). No modelo matemático com 5 variáveis a EB entra como variável preditora, inviabilizando, assim, a predição do valor energético.

Apesar de alguns valores preditos estarem próximos dos valores observados na literatura, a validação dos modelos torna-se uma ferramenta fundamental para a avaliação da acurácia e, conseqüentemente, a utilidade do mesmo a campo.

5 CONCLUSÃO

Os modelos indicados como adequados pelo critério de AIC são:

- ✓ $EMAn = 5263,335 - 18,35 (PB) + 175,281 (Ca) - 724,344 (P)$;
- ✓ $EMAn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$, para FOA e FCO nacionais, respectivamente
- ✓ $EMAn = 4298,91 - 83050 (Ca) - 185,07 (P)$;
- ✓ $EMAn = 2204,77248 + 0,3469 (EB) - 217,3786 (P)$, para a determinação dos valores energéticos de FCO para os dados internacionais.
- ✓ $EMAn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$, para FCO nacionais ou internacionais.

Os critérios utilizados para a escolha dos melhores modelos matemático são fundamentais para o sucesso da utilização dos mesmos na determinação de EMAn para alimentos de origem animal. O critério de escolha utilizando o coeficiente de determinação é inadequado para a escolha do melhor modelo.

O conhecimento da composição química, dos valores energéticos dos alimentos de origem animal e da correlação existente entre eles pode ser utilizado para o desenvolvimento de equações de predição para a determinação dos valores de EMAn desses alimentos.

6 REFERÊNCIAS

ADEDOKUN, S. A.; ADEOLA, O. Metabolizable energy value of meat and bone meal for ducks. **Poultry Science**, Champaign, v. 84, n.10, p.1539–1546, October. 2005.

AHMADI, H. et al. Prediction model for true metabolizable energy of feather meal and poultry offal meal using group method of data handling-type neural network. **Poultry Science**, Champaign, v. 87, n.9, p.1909–1912, September. 2008.

ALBINO, L. F. T. et al. Determinação dos valores de energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos para aves, usando diferentes métodos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 21, n. 6, p. 1047-1058, nov./dez. 1992.

ALBINO, L. F. T. **Sistemas de avaliação nutricional de alimentos e suas aplicações na formulação de rações para frangos de corte**. 1991. 141 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1991.

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, 1996.

BATTERHAM, E. S. et al. Digestible energy content of meat meals and meat and bone meals for growing pigs. **Animal Production**, v. 31, p. 273–277, 1980.

BELLAVER, C. **Ingredientes de origem animal destinados à fabricação de rações**. In: SIMPÓSIO SOBRE INGREDIENTES NA ALIMENTAÇÃO ANIMAL, 2001, Campinas. **Anais...** Campinas: CBNA, 2001. p. 167-190.

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.

BOLARINWA, A.; OLUKOSI, O. A.; ADEOLA, O. Metabolizable energy value of porcine meat and bone meal for broiler chickens. **Canadian Journal Animal Science**, Ottawa, ON, v. 92, n.1, p.73-78, March. 2012.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio : Brasil 2013/2014 a 2023/2024 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : MAPA/ACS, 2014. 100 p.

BRUGALLI et al. 1999 BRUGALLI, I. et al. Efeito do tamanho de partícula e do nível de substituição nos valores energéticos da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 4, p. 753-757, jul./ago. 1999.

BURNELL, 1990 BURNELL, T. W.; CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S. Effects of particle size on the biological availability of calcium and phosphorus in defluorinated phosphate for chicks. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 7, p. 1110-1117, July 1990.

BUTOLO, J. E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Agro Comunicação, 2002. 430 p.

CROMWELL, G. L.; STAHLY, T. S.; MONEGUE, H. J. Amino acid supplementation of meat meal in lysine-fortified, corn-based diets for growing-finishing pigs. **Journal Animal Science**, Champaign, v. 69, n. 12, p. 4898–4906, December. 1991.

DALE, N. Metabolizable energy of meat and bone meal. **Journal Applied Poultry Research**, Athens, v. 6, n. 2, p.169-173, Summer. 1997.

DE GROOTE, G.; KETELS, P.; SEYNAEVE, P. Relative bioavailability of phosphorus in meat meals as influenced by particle size. In: INTERNATIONAL

POULTRY CONGRESS, 6., 1991, Istanbul. **Proceedings...** Istanbul: [s.n.], 1991. p. 1-11.

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

DALE, N.; PESTI, G. M.; ROGERS, S. R. True metabolizable energy of dried bakery product. **Poultry Science**, Champaign, v. 69, n. 1, p. 72-75, Jan. 1998.

DOLZ, S.; BLAS, C. de. 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.

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

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. São Paulo: Hucitec/Editora da Universidade de São Paulo, 1977. 379 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, IBGE, 2015

JANSSEN, W. M. M. A. **European Table of Energy Values for Poultry Feedstuffs**. 3rd ed. Beekbergen, Netherlands: Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services, 1989. 84 p.

KARAKAS et al., Nutritive Value of the Meat and Bone Meals from Cattle or Pigs in Broiler Diets. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 8, p. 1180-1189, August. 2001.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington: National Academy of Science, 1994. 155 p.

PERAI, A. H. et al. A comparison of artificial neural networks with other statistical approaches for the prediction of true metabolizable energy of meat and bone meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 89, n. 7, p. 1562–1568, Jul. 2010.

KIRSTEIN, D. D. Composition and quality of porcine meat and bone meal. In: TRI-STATE DAIRY NUTRITION CONFERENCE, 1999, Fort Wayne. **Proceeding...** Fort Wayne: The Ohio State University Columbus, 1999. p. 222–236.

LARBIER, M.; LECLERCQ, B. Energy metabolism. In: WISEMAN, P. J. (Ed.). **Nutrition and feeding of poultry**. Nottingham, UK: Nottingham University, 1992. p. 47–73.

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

NASCIMENTO, A. H. et al. Valores de energia metabolizável das farinhas de vísceras determinados por diferentes níveis de inclusão e duas idades das aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38., 2000, Viçosa, MG. **Anais...** Viçosa, MG: UFV, 2000. p. 331.

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, maio/junho. 2001.

OLUKOSI, O. A.; ADEOLA, O. Estimation of the metabolizable energy content of meat and bone meal for swine. **Journal Animal Science**, Champaign. v. 87, n. 8, p. 2590-2599, August, 2009.

PEO, E. R.; HUDMAN, D. B. Effect of meat and bone scraps on growth rate and feed efficiency of growing-finishing swine. **Journal Animal Science**, Champaign. v. 2, n. 4, p.787–790, November. 1962.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R**: a language and environment for statistical computing. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Software.

RAVINDRAN, V. et al. Amino acid digestibility of meat and bone meals for broiler chickens. **Australian Journal Agriculture Research**, v. 53, p.1257–1264, 2002.

ROBBINS, D. H. et al. Evaluation of the Metabolizable Energy of Meat and Bone Meal for Chickens and Turkeys by Various Methods. **International Journal of Poultry Science**. V. 9, n. 4, p. 1180-1189, April. 2005. 2005

RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, jul./ago. 2002.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.

SCAPIM, 2003 SCAPIM, M. R. 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**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 91-98, Janeiro. 2003.

SHI, X. S.; NOBLET, J. Digestible and metabolizable energy values of ten feed ingredients in growing pigs fed ad libitum and sows fed at maintenance level; comparative contribution of the hindgut. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 42, n.2-3, p. 223–229, January. 1993.

SHIRLEY, R.B.; C.M., PARSONS, 2001. Effect of ash content on protein quality of meat and bone meal. **Poultry Science**, Champaign, v. 80, n. 5, p. 626-632, May. 2001.

SILVA, E. P. et al. Prediction of metabolizable energy values in poultry offal meal for broiler chickens. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 39, n. 10, p. 2237-2245, out. 2010.

SOUZA, R. M. **Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves**. 2009. 123 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

VIEITES, F. M.; ALBINO, L. F. T.; SOARES, P. R.; ROSTAGNO, H. S.; MOURA, C. O.; TEJEDOR, A. A. Valores de Energia Metabolizável Aparente da Farinha de Carne e Ossos para Aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 6, p. 2292-2299, nov./dez. 2000. Suplemento, 2.

WANG, X.; PARSONS, C. M. Effect of raw material source, processing system, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, p.834–841, 1998.

ZONTA, M. C. M.; RODRIGUES, P. B.; ZONTA, A.; FREITAS, R. T. F.;

CAPÍTULO 3

**VALORES ENERGÉTICOS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE
FARINHAS DE CARNE E OSSOS PARA FRANGOS DE CORTE,
DETERMINADOS *IN VIVO* E POR EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO**

RESUMO

Dentre as metodologias utilizadas para a determinação de energia dos alimentos, destaca-se o método indireto que utiliza equações de predição. Porém, para a avaliação da acurácia desses modelos matemáticos, torna-se necessária a validação das mesmas, ou seja, a comparação estatística entre os valores preditos pelas equações e os valores determinados através do ensaio *in vivo*. O objetivo da presente pesquisa foi validar as equações de predição propostas, comparando-as com valores de EMAn determinados através de ensaios biológicos. Para a validação das equações de predição, a composição química de cinco farinhas de carne e ossos e os valores de EMAn foram determinados utilizando-se 384 frangos de corte na fase pré-inicial. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado, com 8 repetições e 8 aves por unidade experimental. Uma equação de regressão linear simples foi feita para a comparação dos dados. Não houve similaridade entre os dados preditos e os determinados no ensaio metabólico. A validação das equações com dados determinados com frangos de corte na fase pré-inicial não foi suficiente, sugerindo assim, que a validação deve ser feita com valores determinados em todas as fases de criação.

Palavras-chave: método indireto, EMAn, alimentos de origem animal.

ABSTRACT

Among the methods used for the determination of energy from food, stands out the indirect method using prediction equations. However, to verify accuracy of these mathematical models, the validation becomes necessary, a statistical comparison between the values predicted by equations and values determined by an *in vivo* assay. The aim of this research was to validate the prediction equations earlier developed, comparing them with EMAn values determined by biological assays. It was analysed five meat and bone meal chemical composition for the prediction equation validation. AMEn values were determined using 384 broilers in the starter phase. A completely randomized design was used, with 8 repetitions and 8 birds each. A simple linear regression equation was made to compare the data. There was no similarity between the predicted data and *in vivo* assays results. The equations validation with data determined with broilers in the starter phase was not sufficient, thus suggesting that validation should be done with values determined at all stages of rearing.

Keywords: Prediction equation. EMAn. By-product from animal origin.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o (BRASIL, 2014) as exportações do agronegócio brasileiro alcançaram a cifra de US\$ 7,07 bilhões em abril de 2015, queda de 26,5% em relação a abril de 2014. As importações também tiveram queda de US\$ 1,45 bilhão em abril de 2014 para US\$ 1,12 bilhão em abril de 2015. No entanto, o saldo da balança comercial do agronegócio foi positivo, em US\$ 5,95 bilhões.

Dentre os produtos que contribuíram para a positividade da balança comercial as carnes ficaram na segunda posição dentre os principais setores exportadores do agronegócio. As vendas do setor foram de US\$ 1,15 bilhão em abril. A carne de frango foi o principal produto, com US\$ 557,73 milhões, seguido pela carne bovina que somou US\$ 445,50 milhões.

Apesar dessa retração, as projeções do MAPA para produção e consumo de carnes indicam crescimentos gradativos e constantes para a próxima década. O aumento da produção de carne, gera o aumento de resíduos de abatedouros. Esses resíduos devem ser descartados apropriadamente ou reaproveitados para a alimentação animal para que não contaminem o meio ambiente.

A farinha de carne e ossos (FCO) se destaca dentre os subprodutos de abatedouros no Brasil e no exterior devido a sua oferta constante, características nutricionais e preços atrativos, quando comparados com outras fontes de proteína, energia e minerais. A função primária da adição da FCO na formulação de rações para frangos de corte é atender as exigências dos animais quanto ao mineral fósforo (P). Porém, as FCO têm contribuído como redutoras de custo de rações fornecendo proteína e energia para as mesmas.

A necessidade do conhecimento dos valores reais de energia metabolizável da FCO é sem dúvida, um dos maiores desafios aos zootecnistas pois o conteúdo calórico de uma dieta é o principal fator determinante no desempenho das aves.

Diversos autores relataram que os valores de energia podem afetar o desempenho das aves (LESSON; SUMMERS, 1997; DOZIER et al., 2011). Portanto, o desenvolvimento de métodos rápidos, menos onerosos e que não exijam equipamentos especializados, de determinação do valor energético desses alimentos, têm sido o objetivo de estudos.

A metodologia mais utilizada para a determinação dos valores energéticos dos alimentos comumente utilizados na alimentação animal é o método tradicional também denominado de método de coleta total de excreta. Esse método foi proposto por Sibbald e Slinger (1963) e bem aceito pela comunidade científica e é muito utilizado atualmente. Para a determinação dos valores energéticos de um alimento, são utilizadas duas dietas, uma dieta referência e a outra teste, obtida pela inclusão de uma porcentagem do ingrediente em estudo em substituição à referência. Matterson (1965) propôs que para ingredientes de origem animal o ingrediente teste deveria substituir entre 20 e 40% da ração referência.

Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho a validação das equações de predição da EMAn propostas por meio da determinação dos valores energéticos de diferentes FCO usando pintos machos de corte na fase pré-inicial de criação.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Ensaio de metabolismo

Foi realizado um ensaio metabólico no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Lavras no período de janeiro a fevereiro de 2013. Todo procedimento experimental foi aprovado pelo

comitê de ética em experimentação com animais da instituição (CEUA, protocolo nº 001/2012).

Ao recebimento dos pintos de um dia, as aves foram sexadas e classificadas quanto ao peso para posteriormente serem alojadas em uma sala de metabolismo com ambiente controlado por dispositivo digital de controle de temperatura, garantindo assim, temperaturas adequadas para a respectiva fase de criação ($39^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) e recebendo luz artificial por 24 horas.

Foram utilizados 384 pintos, machos, da linhagem Cobb 500®, distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos, sendo uma ração referência e cinco rações teste, contendo farinhas de carne e ossos (20% de inclusão), fornecidas a oito repetições de oito aves por unidade experimental.

O período experimental foi de 10 dias, sendo sete dias de adaptação e três dias de coleta total de excretas, realizadas uma vez ao dia, iniciando às duas horas da tarde. O oferecimento de ração e água foi à vontade e os alimentos testados foram farinhas de carne e ossos de diferentes origens e partidas, adquiridas por doação.

Diversas empresas foram contactadas para a aquisição das FCO. Foram escolhidas as empresas que fossem localizadas em diferentes regiões do estado de Minas Gerais com o objetivo de tentar representar as características das FCO utilizadas no estado.

As FCOs foram disponibilizadas pela empresa Patense®, amostras da matriz localizada em Patos de Minas e da filial de Itaúna, pela granja São Paulo, localizada na BR 381, pela granja São Jorge, localizada no município de Lavras-MG e por um produtor de Pouso Alegre-MG.

A ração referência foi formulada a base de milho e farelo de soja, seguindo as exigências nutricionais recomendadas por Rostagno et al. (2011) para a fase pré-inicial (Tabela 1).

Tabela 1 Composição centesimal e calculada da ração referência.

Ingredientes	%
Milho	56,78
Farelo de Soja	37,54
Óleo	1,45
Fosfato bicálcico	1,73
Calcário calcítico	1,03
Sal comum	0,50
Premix, Mineral ¹	0,05
Premix Vitaminico ²	0,05
DL-Metionina 99%	0,36
L-Lisina 78%	0,30
L-Treonina 98%	0,11
Cloreto de colina 60%	0,05
Avilamicina 20% ³	0,01
Salinomicina 12% ⁴	0,06
Total	100,0
Composição Calculada	
Proteína Bruta (%)	22,00
EMAn (kcal/kg)	2925
Calcio (%)	0,92
Fósforo disponível (%)	0,47
Metionina + cistina digestível (%)	0,94
Lisina digestível (%)	1,30
Treonina digestível (%)	0,85

¹ Composição por kg do produto: ácido fólico, 1.600 mg; ácido pantotênico, 29.000 mg; biotina, 60 mg; niacina, 37000 mg; vitamina A, 20.000.000 UI; vitamina B1, 3.000 mg; vitamina E, 40.500 UI; vitamina B12, 27.000 mcg; vitamina B2, 12.000 mg; vitamina B6, 6.000 mg; vitamina D3, 5.000.000 UI; vitamina K3, 4.000 mg; BHT 5000 mg.

² Enriquecimento por kg do produto: zinco (mín.), 110 g; selênio (mín.), 360 mg; iodo (mín.), 1.400 mg; cobre (mín.), 20 g; manganês (mín.), 156 g; ferro (mín.), 96 g.

³ Surmax, (Antimicrobiano melhorador de desempenho).

⁴ Saligran®, (Anticoccidiano).

No período de coleta, cada unidade experimental recebeu bandejas forradas por plásticos sob cada gaiola para facilitar a coleta e evitar perdas.

Foi retirado todo o material estranho, no processo de coleta de excretas,

antes de serem acondicionadas em sacos plásticos previamente indentificados e armazenados em *freezer* até o final do período experimental, quando foram descongeladas, pesadas e homogeneizadas. Em seguida, foram retiradas amostras de 400 gramas que foram submetidas a uma pré-secagem em estufa de ventilação forçada (55 °C) até que o peso ficasse constante. Posteriormente, foram novamente pesadas para a determinação da matéria pré-seca e moídas em moinho “tipo faca”, com peneira de dois milímetros.

Amostras das FCO, das rações e das excretas de cada unidade experimental foram analisadas para a determinação da matéria seca (MS), energia bruta (EB) e nitrogênio (N), de acordo com as técnicas descritas por Silva e Queiroz (2002), no laboratório de Pesquisa Animal do Departamento de Zootecnia da UFLA. A porcentagem de (Ca), fósforo (P), matéria mineral (MM), extrato etéreo (EE) e índices de acidez e peróxidos das FCOs foram realizados pelo laboratório CBO Análises Laboratorias, localizado em Campinas, São Paulo.

Com base nos resultados laboratoriais obtidos, foram calculados os valores de energia metabolizável aparente (EMA) utilizando-se as equações propostas por Matterson et al. (1965) e ajustados para a retenção de nitrogênio.

2.2 Validação das equações de predição

O processo de validação foi realizado pelo ajuste de um modelo de regressão linear simples ($Y = a + bX$), em que: Y é a EMAn do alimento i obtida no ensaio metabólico; X_i é o valor predito da EMAn, utilizando-se uma equação selecionada; e E_i é o erro. As hipóteses $H_0: B_0 = 0$ e $H_0: B_1 = 0$ foram verificadas utilizando-se o teste t de Student, o que corresponde a hipótese de igualdade entre os valores preditos e observados.

Toda rotina computacional utilizada neste trabalho foi desenvolvida no software livre R (R Development Core Team, 2011).

2.2.1 Equações de predição selecionadas para a validação

As equações de predição selecionadas para a validação foram as propostas por Garcia Junior (2010) e Garcia Júnior (2015).

I. Equação geral para farinhas de origem animal (FOA) (Garcia Junior, 2010):

$$EMAn = 2921,91 + 68,40 (EE) - 48,32 (MM)$$

II. Equação específica para FCO (Garcia Junior, 2010):

$$EMAn = 1839,20 + 105,60 (EE) - 176,24 (P)$$

III. Equação específica, de dados nacionais, para FCO (Garcia Junior, 2015):

$$EMAn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$$

IV. Equação geral, de dados nacionais, para FOA (Garcia Junior, 2015):

$$EMAn = 5263,33 - 18,35 (PB) + 175,28 (Ca) - 724,34 (P)$$

V. Equação específica, de dados internacionais, para FCO (Garcia Junior, 2015):

$$EMAn = 2204,77 + 0,34 (EB) - 217,37 (P)$$

VI. Equação específica para FCO, com os dados nacionais e internacionais (Garcia Junior, 2015):

$$EMAn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$$

As equações de predição propostas por Janssen (1989) e Rostagno (2011) foram utilizadas para a predição dos valores de EMAn para as FCO utilizadas nesse estudo.

VII. Equação proposta por Janssen (1989):

$$EMAn = 33,94 (MS) + 59,99 (EE) - 45,77 (MM)$$

VIII. Equação proposta por Rostagno (2011):

$$\text{EMAn} = 9,29 ({}^1\text{EE}_d) + 4,31 ({}^2\text{PB}_d)$$

¹EE_d = extrato etéreo digestível

²PB_d = proteína bruta digestível

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química, índice de acidez e índice de peróxido das FCOs

Os valores da composição química e a EMAn das FCOs estudadas (Tabela 2) foram semelhantes em alguns aspectos, aos valores encontrados na literatura nacional (TUCCI et al., 2003; BRUMANO et al., 2006; NUNES et al., 2005; ROSTAGNO et al., 2005; ROSTAGNO et al., 2011) quanto da literatura internacional (HAN et al., 1976; LESSIRE et al., 1985; SIBBALD, 1976; MARTOSISWOIO; JENSEN, 1988; DOLZ; DE BLAS, 1992; ROBBINS ; FIRMAN, 2005).

Tabela 2 Valor energético, composição percentual dos nutrientes e índice de acidez (mg NaOH/g) das farinhas de carne e ossos (FCOs) expressos na matéria natural.

FCO	EB (Kcal/Kg)	MS	PB	MM	EE	Ca	P	Índice de Acidez
Patos de Minas – 1*	3382	90,44	47,24	35,16	10,50	13,03	6,07	0,36
Itaúna – 2	3422	91,80	46,22	35,70	11,30	11,94	5,97	0,31
Granja São Paulo – 3	3442	92,37	38,35	34,45	13,02	14,45	6,48	0,62
Pouso Alegre – 4	3757	92,90	39,88	36,53	14,04	13,23	6,22	9,13
Granja São João – 5	3391	91,65	43,15	40,80	11,03	11,94	5,86	0,50

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);

* Números de identificação das FCOs.

Os valores de EB variaram entre 3382 e 3757 kcal/kg de MN. Resultados, esses, que estão de acordo com os valores médios descritos por ROSTAGNO et al. (2011) para a FCO 44% (3490 kcal/kg). Os valores de EB para todas as FCOs variaram no máximo 3,09%, com exceção da FCO 5, que demonstrou uma variação de 7,56%, quando comparada aos valores para a FCO 44% das Tabelas Brasileiras.

Os valores para MS variaram entre 90,44% e 92,37%. A FCO 1 foi a que mostrou a maior variação, de 3,03% e 3,17%, em relação aos valores descritos por Rostagno et al. (2011) (93,27%) e o NRC (1994) (93%), respectivamente. A amplitude da variação mostrou estar de acordo com os resultados de Oliveira et al. (2009) que observaram valores variando entre 92,86% e 96,71%. De acordo com Butolo (2002), toda FCO com umidade superior a 8% está mais susceptível à decomposição, aumento da população microbiana e a acidificação. Por outro lado, umidade muito baixa está associada a queima do produto.

Os teores da PB variaram entre 38,35 e 47,24%. As FCOs 3 e 4 apresentaram teor de PB inferior a 40%, contrariando o art. 322-D do RIISPOA, o qual estabelece que a FCO deve possuir, no mínimo, 40% de PB. Wang e Parsons (1998), determinando a digestibilidade de FCOs para frangos de corte, observaram que os valores da PB das amostras variaram entre 40 e 60%.

O menor valor de MM encontrado no presente estudo foi de 34,45% e o maior foi 40,8%. Wang e Parsons (1998) observaram valores de MM variando de 20 a 47%. Nos valores descritos por Rostagno et al. (2011), a medida que a MM aumenta, o valor de PB diminui, provavelmente, devido a negativa correlação existente entre as duas variáveis.

Para a variável EE, a FCO 1 (10,20%) foi a que demonstrou a maior variação (21,28%) quando os valores foram comparados com os resultados descritos por ROSTAGNO et al. (2011) (12,44%). Porém, quando os valores

foram comparados com o NRC (1994) (10,71%) foi a FCO 5 (14,04%) que apresentou a maior variação (40,40%). Os teores de EE variaram entre 10,50% e 14,04%. Esses valores são superiores ao mínimo (8%) estabelecido pelo Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2013). Segundo Butolo (2002), as condições de processamento são determinantes para a variação na quantidade de EE das FCOs.

As concentrações de Ca e P das FCOs analisadas variaram entre 11,94% e 14,95% e 5,97% e 6,48%, respectivamente. Segundo o Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal (2013), a quantidade de P das FCOs varia em função do conteúdo de PB. Assim, FCO com 45% de PB deve conter no mínimo 5,0% de P. Já o teor de Ca não deve exceder em 2,15 vezes o conteúdo de P das FCOs. A FCO 3 apresentou a maior variação, 17,67% e 5,54%, para o Ca e P, respectivamente, quando comparados a literatura nacional (ROSTAGNO et al., 2011).

Segundo o NRC (1994), proteínas de origem animal são sujeitas a variações na composição química como resultado das condições de produção e da natureza da matéria prima pelos quais eles são originados. Superaquecimento durante o processo de secagem diminui a digestibilidade, causando perdas de aminoácidos essenciais.

Nesse sentido, Wang e Parsons (1998), determinando a digestibilidade de FCO para frangos de corte, observaram valores médios para MS, PB, MM e EB de 95%, 50%, 29% e 4001 kcal/kg, respectivamente, e afirmaram que esses valores variaram entre as 32 amostras estudadas. Os valores da PB das amostras variaram entre 40 e 60%, e MM de 20 a 47%. Os mesmos autores, observaram que a composição nutricional variou muito após a aplicação de tratamentos térmicos diferentes.

No presente estudo, a FCO 4 apresentou valores para Índice de Acidez de 9,13 mg de NaOH/g, que é considerado elevado, sugerindo do alimento um

estágio de deteriorização de acordo com Oliveira et al. (2009), estudaram a variabilidade da composição química, física e microbiológica de FCO e observaram que 10% das farinhas deram resultado positivo para Índice de acidez.

Todas as amostras foram submetidas à análise de Índice de Peróxido, porém, as FCO apresentaram resultado negativo (valor zero) para essa análise, não indicando a oxidação das mesmas.

3.2 Coeficientes de digestibilidade aparente da MS e da PB, valores de EMAn e coeficientes de metabolizabilidade da EB das FCOs

Os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB) e os valores de EMAn das FCOs e da ração referência determinados com frangos de corte na fase pré-inicial (8-10 dias) estão apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 Coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca (CDAMS), da proteína bruta (CDAPB), valores de energia metabloizável aparente corrigida (EMAn), coeficiente de metabolizabilidade da energia bruta (CMEB) e seus respectivos desvios-padrão (DP), das farinhas de carne e ossos (FCO) e da ração referência determinados com frangos de corte na fase pré-inicial (8-10 dias).

FCO	CDAMS (%) ¹	CDAPB (%) ¹	EMAn (kcal/kg) ¹	CMEB (%) ¹
Patos de Minas – 1*	51,65 ± 4,45	72,15 ± 4,29	2552 ± 150	75,45
Itaúna – 2	45,55 ± 8,77	62,97 ± 2,25	2779 ± 377	81,20
Granja São Paulo – 3	40,30 ± 9,22	62,24 ± 4,33	2665 ± 228	77,42
Pouso Alegre – 4	42,32 ± 6,21	58,05 ± 5,19	2653 ± 265	70,61
Granja São João – 5	44,77 ± 9,83	58,19 ± 7,76	2353 ± 233	69,38
Ração referência	77,57 ± 1,71	75,27 ± 2,08	3030 ± 66,73	81,21

* Números de identificação das FCOs; ¹ Valores expressos na Matéria Seca (MS).

Os valores de CDAMS encontrados no presente estudo foram considerados semelhantes quando comparados aos valores encontrados por

Costa (2013). Segundo este autor, estudando a digestibilidade da FCO com e sem correções para vitaminas e minerais, observou que quando foi aplicada as correções houve uma melhora no CDAMS. Quando não foi aplicada a correção, os valores encontrados foram semelhantes aos descritos por Albino et al. (1981) e Coelho (1983) e ainda, além da correção, a utilização de uma protease aumentou o CDAMS em 4,56%.

Os valores de CDAPB (79,50%) descritos por Rostagno et al. (2011) foram maiores do que todos os valores achados no presente estudo. A fase de criação utilizada no presente estudo, a alta variabilidade e qualidade das FCO encontradas no mercado e o fato de que os valores tabelados foram determinados com aves adultas, podem ter contribuído para que os resultados observados fossem menores.

Souza (2009) observou uma piora no CDAPB com o aumento da idade das aves, justificando que em aves mais velhas a excreção protéica é maior, afetando negativamente os valores dos coeficientes de digestibilidade.

Os valores de EMAn descritos por Rostagno et al. (2011) (2334 kcal/kg de MS) e pelo NRC (1994) (2312 kcal/kg de MS) foram menores do que os valores determinados para as FCOs 1, 2, 3 e 4 e maiores do que o valor determinado para a FCO 5.

Os CMEBs encontrados, foram semelhantes aos descritos por Rostagno et al. (2011) quando comparados com as FCOs 46%, 48%, 50% e 55% (76%; 73,40%; 70% e 72,20%, respectivamente). Contudo, quando comparados com as FCOs 44% e 63% (58,80% e 64,70%, respectivamente) os valores do presente estudo foram superiores.

Portanto, diante da variabilidade da composição química apresentada, a importância e a necessidade de padronização química da FCO, através da implementação de programas de boas práticas de produção, bem como de análise de perigos e controle de pontos críticos (AAPPCC/HACCPP) fica

evidente.

3.3 Predição dos valores energéticos das FCO

Na Tabela 4 estão apresentadas as estimativas dos valores de EMAn da FCO através das equações de predição em função da composição química dos alimentos e as diferenças absolutas entre os valores preditos e determinados *in vivo*.

Tabela 4 Estimativas dos valores de EMAn de farinha de carne e ossos (FCO), através das equações de predição em função da composição química dos alimentos (valores expressos em kcal/kg de matéria seca) e as diferenças absolutas entre os valores preditos pelas equações e determinados *in vivo* na fase pré-inicial com frangos de corte.

Valores preditos pela equações utilizando os valores determinados <i>in vivo</i>					
¹ N	FCO - 1	FCO - 2	FCO - 3	FCO - 4	FCO - 5
I	1838	1885	2148	1705	2117
II	1882	1993	2072	1971	2226
III	1328	1407	2515	1402	2489
IV	5647	1909	2399	2320	2345
V	2043	2084	1990	2107	2156
VI	2273	1795	701	1176	842
VII	2311	2352	2533	2078	2501
VIII	227	199	178	178	178
Det. "in vivo"	2552	2779	2665	2653	2353
Diferença entre os valores preditos e determinados <i>in vivo</i>					
I	-714	-894	-517	-948	-236
II	-670	-786	-593	-682	-127
III	-1224	-1372	-150	-1251	136
IV	3095	-870	-266	-333	-8
V	-509	-695	-675	-546	-197
VI	-279	-984	-1964	-1477	-1511
VII	-241	-427	-132	-575	148
VIII	-2325	-2580	-2487	-2475	-2175

¹Número de indentificação dos modelos matemáticos citados anteriormente.

I - $EMAn = 2921,91 + 68,40 (EE) - 48,32 (MM)$

II - $EMAn = 1839,20 + 105,60 (EE) - 176,24 (P)$

III - $EMAn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$

IV - $EMAn = 5263,33 - 18,35 (PB) + 175,28 (Ca) - 724,34 (P)$

V - $EMAn = 2204,77 + 0,34 (EB) - 217,37 (P)$

VI - $EMAn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$

VII - $EMAn = 33,94 (MS) + 59,99 (EE) - 45,77 (MM)$

VIII - $EMAn = 9,29 (^1EE_d) + 4,31 (^2PB_d)$

Observou-se que os valores preditos pelas equações resultou em valores energéticos distantes dos valores determinados *in vivo*. Contudo, a equação que melhor se ajustou para determinar o valor da EMAn da FCO foi a equação IV.

Esse resultado provavelmente se deve ao fato de que a maioria dos trabalhos conduzidos com aves para a determinação da composição química dos alimentos se dá na fase de 22 a 35 dias, indicando que as equações devem apresentar um melhor ajuste para a fase referida.

Brumano et al. (2006) encontraram valores de EMAn de alimentos proteicos no período de 41 a 50 dias de idade 12,95% superiores aos valores obtidos no período de 21 a 30 dias de idade. Por sua vez, Kato et al. (2011), afirmam que aves dos 8 aos 42 dias possuem a mesma capacidade de aproveitamento dos alimentos energéticos.

Utilizando a composição química, com dados oriundos de vários experimentos na Europa, Janssen (1989) elaborou a tabela européia de valores energéticos de alimentos para aves na qual apresenta uma série de equações de predição dos valores de EMAn para vários grupos de alimentos. O autor ressalta, entretanto, que para alimentos cuja composição química varia muito em relação a média apresentada, as equações estimadas podem levar à predição de resultados diferentes.

Dolz e De Blas (1992) obtiveram melhores predições quando utilizaram duas variáveis (proteína e extrato etéreo), as quais foram responsáveis por mais de 96% da variabilidade total nas estimativas dos valores de EMAn e EMVn

para FCO.

Porém, considerando que, no presente estudo, os valores energéticos foram determinados com frangos de corte na fase pré-inicial, período caracterizado pela imaturidade do trato gastrointestinal, o tendo menor capacidade de digestão, o que afeta o aproveitamento do valor energético do ingrediente os resultados obtidos são aceitáveis.

Esses resultados sugerem que os modelos matemáticos propostos não possuem acurácia para predizerem valores energéticos de FCO para aves na fase pré-inicial tendo em vista que as aves não desenvolveram completamente fisiologicamente e com isso a digestão e absorção dos ingredientes ficam prejudicados.

3.4 Validação das equações de predição

Com o objetivo de validar as equações de predição previamente citadas no presente estudo os valores de EMAn preditos pelas equações foram comparados pelos valores determinados pelo ensaio *in vivo*.

A hipótese nula foi rejeitada para as 6 equações de predição propostas e também para os modelos propostos por Rostagno et al., (2011) e Janssen (1989), concluindo-se que a análise de regressão simples indicou que não houve similaridade entre os valores determinados no ensaio metabólico realizado com frangos de corte na fase pré-inicial e os valores preditos pelas equações de predição propostas.

O ajuste entre os dados preditos e observados pode ser visualizado pelas figuras 4 a 9, geradas para os modelos propostos no presente estudo.

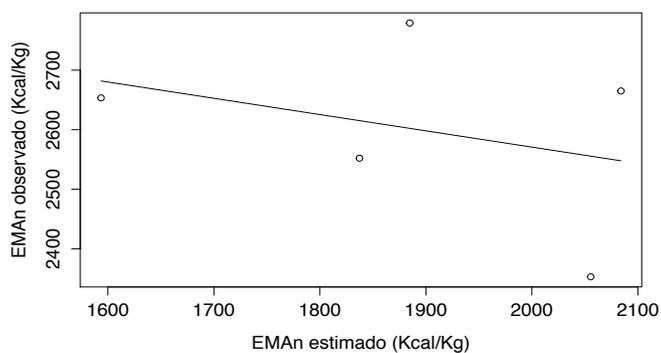


Figura 4 Relação entre os valores estimados pela equação de predição I - $EMAn = 2921,91 + 68,40 (EE) - 48,32 (MM)$ e determinados em ensaios metabólicos realizados com frangos de corte na fase pré-inicial, de EMAn para FCO.

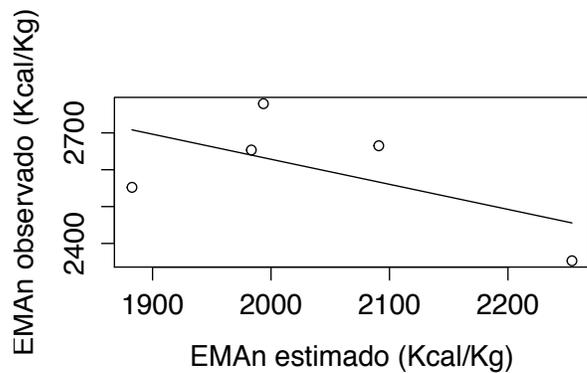


Figura 5 Relação entre os valores estimados pela equação de predição II - $EMAn = 1839,20 + 105,60 (EE) - 176,24 (P)$ e determinados em ensaios metabólicos realizados com frangos de corte na fase pré-inicial, de EMAn para FCO.

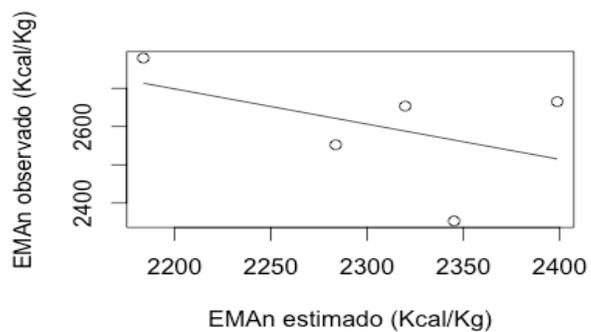


Figura 6 Relação entre os valores estimados pela equação de predição III - $EMAn = 4459,27 + 1,06 (EB) - 91,25(MM) - 78,98(PB) + 40,12(Ca)$ e observados, em ensaios metabólicos realizados com frangos de corte na fase pré-inicial, de EMAn para FCO.

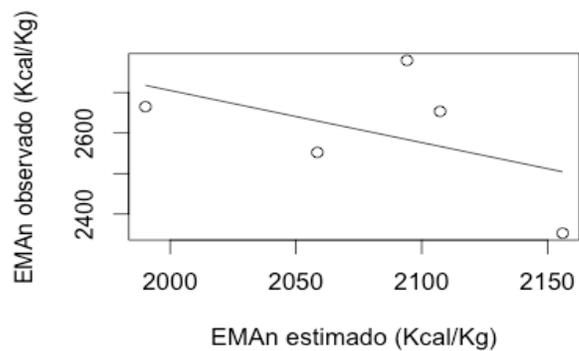


Figura 7 Relação entre os valores estimados pela equação de predição IV - $EMAn = 5263,33 - 18,35 (PB) + 175,28 (Ca) - 724,34 (P)$ e determinados em ensaios metabólicos realizados com frangos de corte na fase pré-inicial, de EMAn para FCO.

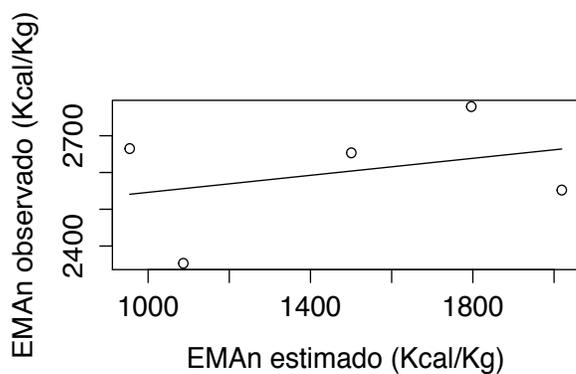


Figura 8 Relação entre os valores estimados pela equação de predição V - $EMAn = 2204,77 + 0,34 (EB) - 217,37 (P)$ e determinados em ensaios metabólicos realizados com frangos de corte na fase pré-inicial, de EMAn para FCO.

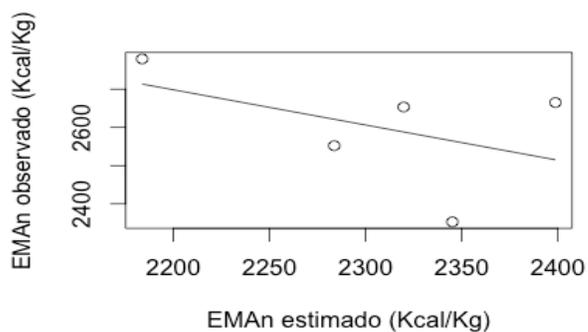


Figura 9 Relação entre os valores estimados pela equação de predição VI - $EMAn = - 2380,51 + 99,35 (PB) + 64,08 (Ca) - 255,28 (P)$ e determinados em ensaios metabólicos realizados com frangos de corte na fase pré-inicial, de EMAn para FCO.

Foi observado na base de dados, utilizada para o desenvolvimento das equações de predição, que a maioria dos trabalhos foram realizados com frangos de corte entre 21 e 35 dias de idade. Essa observação pode ser uma das justificativas para a grande diferença entre os valores preditos e aqueles determinados *in vivo* e, conseqüentemente, a não validação das equações de predição. Bertechini (2006) relatou haver incremento nos valores de EMAn de alguns ingredientes utilizados na ração de frangos de corte, até 28 dias e que acima desta idade, o aproveitamento é constante.

Segundo Montgomery et al. (2012), baixos desempenhos de predição dos modelos matemáticos podem ser atribuídos a fatores inerentes a análise de regressão linear múltipla, como multicolinearidade e tamanho de amostra inadequado. Fatores esses, que foram considerados na determinação das equações de predição propostas no presente estudo. Com isso, sugere-se que o baixo ajuste das equações de predição pode ter ocorrido por fatores extrínsecos aos modelos matemáticos propostos.

Quanto ao critério de seleção utilizado, Mariano et al. (2012) validando equações de predição, utilizando o critério de AIC para seleção das equações, observaram bons ajustes dos valores preditos com os valores observados nos ensaios *in vivo*, para as equações propostas por eles.

Considerando que o ensaio metabólico foi feito com frangos na fase pré-inicial de criação e que nessa fase a ave não está totalmente desenvolvida em relação ao trato gastrointestinal, a rejeição da hipótese nula, ou seja, a ausência de relação dos dados determinados com os dados preditos, era esperada.

4 CONCLUSÃO

A validação das equações de predição com os dados obtidos *in vivo*, na fase pré-inicial de criação de frangos de corte, não foram suficientes para a avaliação dos modelos propostos.

5 REFERÊNCIAS

ALBINO, L. F. T. et al. Tabela de composição de alimentos concentrados: valores de composição química e de energia determinados com aves em diferentes idades. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 10, n. 1, p. 133-146, Nov./Dez.1981.

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. Lavras: Ed. UFLA, 2006. 301p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 15, de 29/10/2003. **Diário Oficial [da] União**, Brasília, nº 211, 30-10-2003, Seção 1, p. 78-82.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Projeções do Agronegócio : Brasil 2013/2014 a 2023/2024 projeções de longo prazo / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Assessoria de Gestão Estratégica. – Brasília : MAPA/ACS, 2014. 100 p.

BRUMANO, G. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos protéicos determinados com frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2297-2302, Dez. 2006.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: Agro Comunicação, 2002. 430p.

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

COMPÊNDIO BRASILEIRO DE ALIMENTAÇÃO ANIMAL. São Paulo: Sindirações/ANFAL. Campinas CBNA/SDR/MA. 1998. 371p.

DOLZ, S.; BLAS, C. de. 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.

DOZIER, W.A. et al. Apparent metabolizable energy needs of male and female broilers from 36 to 47 days of age. **Poultry Science**, Champaign, v.90, n.3,p. 804-814, jun. 2011.

GARCIA JÚNIOR. A. A. P. **Equações de predição para os valores energéticos de alimentos de origem animal, utilizando o princípio da meta-análise**. 2010. 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

HAN, I. K.; HOCHSTETLER, H. W.; SCOTT, M. L. Metabolizable energy values of some poultry feeds determined by various methods and their estimation using metabolizability of the dry matter. **Poultry Science**, Champaign, v.55, n.4, p. 1335-1342, Jul. 1976.

JANSSEN, W. M. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3rd ed. Beekbergen, Netherlands: Spelderholt Center for Poultry Research and Information Services, 1989.

KATO, R.K. et al. Metabolizable energy of corn hybrids for broiler chickens at different ages. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.35, n.6, p. 1218-1226, nov./dez., 2011.

LEESON, S.; CASTON, L.; SUMMERS, J. D. Broiler response to dietary energy. **Poultry Science**, Champaign, v. 75,n.4, p. 529-535, Apr. 1996.

LESSIRE, M. et al. A methodological study of the relationship between the metabolizable energy values of two meat meals and their level of inclusion in the diet. **Poultry Science**, Champaign, v.64, n.9, p.1721-1728, 1985.

LESSON, S.; SUMMERS, D. J. **Commercial poultry nutrition**. 2. ed. Canada: University Books, 1997. 350 p.

MONTGOMERY, D. C., E. A. PECK, AND G. C. VINING. 2012. **Variable selection and model building**. Pages 327–366 in **Introduction to Linear Regression Analysis**. 5th ed. D. C. Montgomery, E. A. Peck, and G. C. Vining, ed. John Wiley and Sons, New York, NY.

MARIANO, F.C.M.Q. et al. Prediction equations of energetic values of feedstuffs obtained using meta-analysis and principal components. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.9, p.1634 -1640, Jul.2012.

MARTOSISWOIO, A.W.; JENSEN, L.S. Available energy in meat and bone meal as measured by different methods. **Poultry Science**, Champaign, v.67, n.2, p.280-293, Feb.1988.

MATTERSON, L.S. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: University of Connecticut, 1965. 11p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington: National Academy of Science, 1994. 155 p.

NUNES, R. V. et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n. 4, p. 1217-1224, jul./ago. 2005.

OLIVEIRA, V. et al. Variabilidade da composição química, física e microbiológica de farinhas de carne e ossos. **Revista da FZVA**, Uruguaiiana, v.16, n.2, p.173-186, Fev. 2009.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Viena: R Foundation for Statistical Computing, 2011. Software.

ROBBINS, D.H.; FIRMAN, J.D. Evaluation of the metabolizable energy of poultry by-product meal for chickens and turkeys by various methods. **International Journal of Poultry Science**, v.5, n.8, p.753-758, 2005.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

ROSTAGNO, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV. Departamento de Zootecnia, 2011. 252 p.

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.; Slinger, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with the evaluation of fats. **Poultry Science**, v.42, n.2, p.1275-1279, Mar.1963.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2002. 235p.

SOUZA, R. M. **Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves**. 2009. 123 p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

TUCCI, F. M.; LAURENTIZ, A. C.; SANTOS, E. A. Determinação da composição química e dos valores energéticos de alguns alimentos para aves. **Acta Scientiarum: animal sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 85-89, jan. 2003.

WANG, X.; PARSONS, C.M. Effect of raw material source, processing systems, and processing temperatures on amino acid digestibility of meat and bone meals. **Poultry Science**, Champaign, v. 77, n.6, p.834-841, jun.1998.

APÊNDICE A – Tabela 1 Dados tabulados para a determinação das equações de predição dos valores de EMAn para alimentos de origem animal dos artigos nacionais.

Tabela referente aos dados tabulados para a determinação das equações de predição dos valores de EMAn para alimentos de origem animal

ARTIGOS NACIONAIS									
¹ MS (%)	¹ EB (kcal/kg)	¹ EMA (kcal/kg)	¹ EMAn (kcal/kg)	¹ EE (%)	¹ M M (%)	¹ PB (%)	¹ Ca (%)	¹ P (%)	Autor
100.0	6222.47	4751.52	4723.85	20.5	3.34	71.9	0.43	2.0	Priscila
0				5		2		6	D'Agostini
90.35	5622.00	4293.00	4268.00	18.5	3.02	64.9	0.39	1.8	Priscila
				7		8		6	D'Agostini
100.0	5610.04	4590.32	4327.74	18.4	7.53	63.0			Paula,
0				6		5			Aline
94.83	5320.00	4353.00	4104.00	17.5	7.14	59.7			Paula,
				1		9			Aline
100.0	5610.04	4241.27	3861.65	18.4	7.53	63.0			Paula,
0				6		5			Aline
94.83	5320.00	4022.00	3662.00	17.5	7.14	59.7			Paula,
				1		9			Aline
100.0	5610.04	4116.84	3783.61	18.4	7.53	63.0			Paula,
0				6		5			Aline
94.83	5320.00	3904.00	3588.00	17.5	7.14	59.7			Paula,
				1		9			Aline
100.0	5610.04	4244.44	3953.39	18.4	7.53	63.0			Paula,
0				6		5			Aline
94.83	5320.00	4025.00	3749.00	17.5	7.14	59.7			Paula,
				1		9			Aline
100.0	3480.85	2541.49	2112.77	11.4	35.7	46.0			Paula,
0				9	3	0			Aline
94.00	3272.00	2389.00	1986.00	10.8	33.5	43.2			Paula,
				0	9	4			Aline
100.0	3480.85	1892.55	1682.98	11.4	35.7	46.0			Paula,
0				9	3	0			Aline
94.00	3272.00	1779.00	1582.00	10.8	33.5	43.2			Paula,
				0	9	4			Aline
100.0	3480.85	1824.47	1628.72	11.4	35.7	46.0			Paula,
0				9	3	0			Aline
94.00	3272.00	1715.00	1531.00	10.8	33.5	43.2			Paula,
				0	9	4			Aline
100.0	3480.85	1823.40	1646.81	11.4	35.7	46.0			Paula,
0				9	3	0			Aline
94.00	3272.00	1714.00	1548.00	10.8	33.5	43.2			Paula,
				0	9	4			Aline
100.0	3341.69	1449.59	1361.31	11.5	43.6	40.9	17.8	8.6	Gladstone
0				1	6	4	1	9	Brumano

95.11	4698.00	3725.00	3636.00	11.4 1	15.1 0	60.7 5			Fernanda Marcussi Tucci
100.0 0	4154.74	2879.59	2565.37	13.3 6	26.5 0	50.2 7	10.3 5	4.3 3	Ricardo Vianna Nunes
92.93	3861.00	2676.00	2384.00	12.4 2	24.6 3	46.7 2	9.62	4.0 2	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	4102.37	2777.84	2496.48	12.5 7	27.6 4	50.8 7	11.5 2	5.1 9	Ricardo Vianna Nunes
92.41	3791.00	2567.00	2307.00	11.6 2	25.5 4	47.0 1	10.6 5	4.8 0	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	3623.92	1853.47	1669.47	11.1 7	33.2 0	44.8 8	12.9 4	5.4 8	Ricardo Vianna Nunes
89.13	3230.00	1652.00	1488.00	9.96	29.5 9	40.0 0	11.5 3	4.8 8	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	2583.83	1551.96	1350.57	12.7 3	56.9 3	27.0 4	25.6 6	0.3 2	Ricardo Vianna Nunes
96.33	2489.00	1495.00	1301.00	12.2 6	54.8 4	26.0 5	24.7 2	0.3 1	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	5586.10	3099.79	3081.91	4.67	2.29	72.1 0	0.18	0.2 6	Ricardo Vianna Nunes
89.49	4999.00	2774.00	2758.00	4.18	2.05	64.5 2	0.16	0.2 3	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0		1517.90	1288.27	12.1 7	38.8 3	43.4 5	6.92	5.1 2	Ricardo Vianna Nunes
92.76		1408.00	1195.00	11.2 9	36.0 2	40.3 0	6.42	4.7 5	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0		2034.54	1780.90	10.7 4	42.1 3	44.1 2	8.00	6.9 9	Ricardo Vianna Nunes
92.65		1885.00	1650.00	9.95	39.0 3	40.8 8	7.41	6.4 8	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0		2268.60	2013.83	2.55	3.52	91.5 6	0.45	0.3 8	Ricardo Vianna Nunes
78.11		1772.00	1573.00	1.99	2.75	71.5 2	0.35	0.3 0	Ricardo Vianna Nunes

100.0 0	2393.56	2105.72	2.75	8.01	84.7 5	0.39	0.4 7	Ricardo Vianna Nunes
91.37	2187.00	1924.00	2.51	7.32	77.4 4	0.36	0.4 3	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	2718.57	2342.46	3.56	2.93	88.6 2	0.31	0.4 0	Ricardo Vianna Nunes
90.93	2472.00	2130.00	3.24	2.66	80.5 8	0.28	0.3 6	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	3151.31	2967.84	17.7 7	20.8 7	58.3 5	3.85	3.3 1	Ricardo Vianna Nunes
92.66	2920.00	2750.00	16.4 7	19.3 4	54.0 7	3.57	3.0 7	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	3077.76	2963.08	20.1 4	21.1 8	53.7 2	5.84	2.9 7	Ricardo Vianna Nunes
91.56	2818.00	2713.00	18.4 4	19.3 9	49.1 9	5.35	2.7 2	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	3772.02	3357.40	14.5 4	14.2 4	65.1 4	2.25	2.4 1	Ricardo Vianna Nunes
91.41	3448.00	3069.00	13.2 9	13.0 2	59.5 4	2.06	2.2 0	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	1988.81	1910.09	16.1 9	33.9 0	43.9 8	7.29	3.7 9	Ricardo Vianna Nunes
96.54	1920.00	1844.00	15.6 3	32.7 3	42.4 6	7.04	3.6 6	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	1948.38	1798.34	13.9 1	33.1 3	49.9 4	6.68	6.2 3	Ricardo Vianna Nunes
95.31	1857.00	1714.00	13.2 6	31.5 8	47.6 0	6.37	5.9 4	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	2735.54	2420.03	11.3 9	4.75	78.2 2	2.54	0.7 9	Ricardo Vianna Nunes
91.28	2497.00	2209.00	10.4 0	4.34	71.4 0	2.32	0.7 2	Ricardo Vianna Nunes
100.0 0	5848.48	4167.28	14.3 7	16.4 7	60.6 3	3.39	2.2 2	Adriana Helena do Nascimento

95.17	5566.00	3966.00	13.6 8	15.6 7	57.7 0	3.23	2.1 1	o Adriana Helena do Nasciment
100.0 0	5192.37	4623.57	13.4 8	14.1 3	62.4 7	3.50	3.8 1	o Adriana Helena do Nasciment
90.19	4683.00	4170.00	12.1 6	12.7 4	56.3 4	3.16	3.4 4	o Adriana Helena do Nasciment
100.0 0	4081.54	3296.30	10.9 4	26.8 9	51.1 3	3.60	3.1 0	o Adriana Helena do Nasciment
92.71	3784.00	3056.00	10.1 4	24.9 3	47.4 0	3.34	2.8 7	o Adriana Helena do Nasciment
100.0 0	4533.49	3773.38	14.8 9	23.5 2	52.7 7	3.14	2.2 6	o Adriana Helena do Nasciment
91.96	4169.00	3470.00	13.6 9	21.6 3	48.5 3	2.89	2.0 8	o Adriana Helena do Nasciment
100.0 0	5243.16	4106.28	15.2 5	13.5 2	62.4 6	3.79	3.8 8	o Adriana Helena do Nasciment
93.15	4884.00	3825.00	14.2 1	12.5 9	58.1 8	3.53	3.6 1	o Adriana Helena do Nasciment
100.0 0	4998.40	3615.48	12.0 8	19.4 9	57.4 6	6.81	4.2 7	o Adriana Helena do Nasciment
93.57	4677.00	3383.00	11.3 0	18.2 4	53.7 7	6.37	4.0 0	o Adriana Helena do Nasciment
100.0 0	5763.79	3825.07	17.4 2	14.1 2	75.1 4	2.79	1.9 9	o Adriana Helena do Nasciment
89.75	5173.00	3433.00	15.6 3	12.6 7	67.4 4	2.50	1.7 9	o Adriana Helena do

100.0 0	4394.17	2867.33	16.6 5	28.3 8	48.2 8	12.0 3	6.4 9	Nasciment o Adriana Helena do Nasciment o
93.92	4127.00	2693.00	15.6 4	26.6 5	45.3 4	11.3 0	6.1 0	Adriana Helena do Nasciment o
100.0 0	4733.16	2864.17	16.9 7	26.0 4	51.0 2	6.41	3.7 2	Adriana Helena do Nasciment o
91.44	4328.00	2619.00	15.5 2	23.8 1	46.6 5	5.86	3.4 0	Adriana Helena do Nasciment o
100.0 0	5761.06	3403.76	5.20	3.82	84.6 9	0.76	3.1 3	Adriana Helena do Nasciment o
90.40	5208.00	3077.00	4.70	3.45	76.5 6	0.69	2.8 3	Adriana Helena do Nasciment o
100.0 0	5792.98	3625.06	6.05	1.55	85.5 2	0.31	1.5 3	Adriana Helena do Nasciment o
90.04	5216.00	3264.00	5.45	1.40	77.0 0	0.28	1.3 8	Adriana Helena do Nasciment o
100.0 0	5895.39	3925.76	1.48	1.78	88.5 4	0.27	1.0 5	Adriana Helena do Nasciment o
88.90	5241.00	3490.00	1.32	1.58	78.7 1	0.24	0.9 3	Adriana Helena do Nasciment o
100.0 0	5781.83	3678.33	2.64	1.98	91.5 1	0.02	1.4 6	Adriana Helena do Nasciment o
89.47	5173.00	3291.00	2.36	1.77	81.8 7	0.02	1.3 1	Adriana Helena do Nasciment o
100.0	5657.53	3709.70	2.88	1.71	79.5	0.25	1.3	Adriana

0						5		8	Helena do Nasciment o
90.87	5141.00		3371.00	2.62	1.55	72.2 9	0.23	1.2 5	Adriana Helena do Nasciment o
100.0 0	6004.01		3989.30	11.2 2	3.31	81.9 7	0.47	1.2 3	Adriana Helena do Nasciment o
89.74	5388.00		3580.00	10.0 7	2.97	73.5 6	0.42	1.1 0	Adriana Helena do Nasciment o
100.0 0	4376.37	3267.93	2973.59	14.5 2	40.9 9	45.1 5	11.5 7	7.9 4	Kamilla Ribas Soares
95.81	4193.00	3131.00	2849.00	13.9 1	39.2 7	43.2 6	11.0 9	7.6 1	Kamilla Ribas Soares
100.0 0	3370.00	2528.08	2147.46	8.47	42.1 1	48.5 4	12.3 3	7.2 7	Kamilla Ribas Soares
96.16	3240.00	2431.00	2065.00	8.14	40.4 9	46.6 8	11.8 6	6.9 9	Kamilla Ribas Soares
100.0 0	4970.00	4434.81	3784.55	9.99	16.0 1	72.5 8	3.87	2.9 8	Kamilla Ribas Soares
92.27	4590.00	4092.00	3492.00	9.22	14.7 7	66.9 7	3.57	2.7 5	Kamilla Ribas Soares
100.0 0	5070.00	3.90	3404.60	12.2 4	14.3 9	70.4 0	4.36	3.3 3	Kamilla Ribas Soares
98.69	5000.00	3.85	3360.00	12.0 8	14.2 0	69.4 8	4.30	3.2 9	Kamilla Ribas Soares
100.0 0	5581.94	2803.75	2776.06	3.87	3.06	85.5 2	0.42	0.3 3	Heloisa Helena de Carvalho Mello
93.91	5242.00	2633.00	2607.00	3.63	2.87	80.3 1	0.39	0.3 1	Heloisa Helena de Carvalho Mello
100.0 0	5581.94	3270.15	3236.08	3.87	3.06	85.5 2	0.42	0.3 3	Heloisa Helena de Carvalho Mello

93.91	5242.00	3071.00	3039.00	3.63	2.87	80.3 1	0.39	0.3 1	Heloisa Helena de Carvalho Mello
100.0 0	5581.94	3371.31	3330.85	3.87	3.06	85.5 2	0.42	0.3 3	Heloisa Helena de Carvalho Mello
93.91	5242.00	3166.00	3128.00	3.63	2.87	80.3 1	0.39	0.3 1	Heloisa Helena de Carvalho Mello
100.0 0	5600.59	2787.56	2757.85	4.28	2.82	87.1 6	0.40	0.3 7	Heloisa Helena de Carvalho Mello
94.24	5278.00	2627.00	2599.00	4.03	2.66	82.1 4	0.38	0.3 5	Heloisa Helena de Carvalho Mello
100.0 0	5600.59	3474.11	3434.85	4.28	2.82	87.1 6	0.40	0.3 7	Heloisa Helena de Carvalho Mello
94.24	5278.00	3274.00	3237.00	4.03	2.66	82.1 4	0.38	0.3 5	Heloisa Helena de Carvalho Mello
100.0 0	5600.59	3598.26	3551.57	4.28	2.82	87.1 6	0.40	0.3 7	Heloisa Helena de Carvalho Mello
94.24	5278.00	3391.00	3347.00	4.03	2.66	82.1 4	0.38	0.3 5	Heloisa Helena de Carvalho Mello
100.0 0	5337.62	3972.83	3943.20	16.8 9	14.1 6	61.7 7	5.82	1.7 4	Heloisa Helena de Carvalho Mello
97.89	5225.00	3889.00	3860.00	16.5 3	13.8 6	60.4 7	5.70	1.7 0	Heloisa Helena de Carvalho Mello
100.0 0	5337.62	4008.58	3974.87	16.8 9	14.1 6	61.7 7	5.82	1.7 4	Heloisa Helena de Carvalho Mello
97.89	5225.00	3924.00	3891.00	16.5 3	13.8 6	60.4 7	5.70	1.7 0	Heloisa Helena de Carvalho

100.0 0	5337.62	4110.74	4078.05	16.8 9	14.1 6	61.7 7	5.82	1.7 4	Mello Heloisa Helena de Carvalho
97.89	5225.00	4024.00	3992.00	16.5 3	13.8 6	60.4 7	5.70	1.7 0	Mello Heloisa Helena de Carvalho
100.0 0	5315.09	4077.21	4043.51	15.6 6	13.9 0	61.3 0	5.21	1.9 3	Mello Heloisa Helena de Carvalho
97.91	5204.00	3992.00	3959.00	15.3 3	13.6 1	60.0 2	5.10	1.8 9	Mello Heloisa Helena de Carvalho
100.0 0	5315.09	3936.27	3903.58	15.6 6	13.9 0	61.3 0	5.21	1.9 3	Mello Heloisa Helena de Carvalho
97.91	5204.00	3854.00	3822.00	15.3 3	13.6 1	60.0 2	5.10	1.8 9	Mello Heloisa Helena de Carvalho
100.0 0	5315.09	3945.46	3918.91	15.6 6	13.9 0	61.3 0	5.21	1.9 3	Mello Heloisa Helena de Carvalho
97.91	5204.00	3863.00	3837.00	15.3 3	13.6 1	60.0 2	5.10	1.8 9	Mello Heloisa Helena de Carvalho
100.0 0	5051.57	3077.68	3045.86	1.45	9.38	78.6 5	0.16	0.5 4	Mello Heloisa Helena de Carvalho
91.14	4604.00	2805.00	2776.00	1.32	8.55	71.6 8	0.15	0.4 9	Mello Heloisa Helena de Carvalho
100.0 0	5051.57	4007.02	3960.94	1.45	9.38	78.6 5	0.16	0.5 4	Mello Heloisa Helena de Carvalho
91.14	4604.00	3652.00	3610.00	1.32	8.55	71.6 8	0.15	0.4 9	Mello Heloisa Helena de Carvalho
100.0 0	5051.57	3845.73	3797.45	1.45	9.38	78.6 5	0.16	0.5 4	Mello Heloisa Helena de

91.14	4604.00	3505.00	3461.00	1.32	8.55	71.6 8	0.15	0.4 9	Carvalho Mello Heloisa Helena de Carvalho Mello
87.39	4593.00	2277.00	2240.00		2.35	80.6 6	0.34	0.3 4	Mônica Regina da Silva Scapim
87.48	4470.00	2143.00	2103.00		2.26	80.9 7	0.33	0.3 4	Mônica Regina da Silva Scapim
87.67	4189.00	1800.00	1759.00		2.31	80.6 7	0.33	0.3 4	Mônica Regina da Silva Scapim
87.77	4185.00	1572.00	1534.00		2.14	80.5 9	0.33	0.3 3	Mônica Regina da Silva Scapim
92.97	2626.00	1151.00	1218.00	12.4 0	43.6 5	34.9 9	16.8 8	9.9 6	Sartorelli SA
91.76	2715.00	1024.00	980.00	9.25	44.1 5	36.5 2	16.7 6	9.3 7	Sartorelli SA
92.53	3496.00	2379.00	2344.00	17.5 8	34.4 9	39.9 4	13.3 5	7.3 1	Sartorelli SA
91.34	3264.00	2032.00	2080.00	13.4 9	36.1 9	41.0 8	14.2 4	7.1 8	Sartorelli SA
93.82	3492.00	2132.00	2076.00	14.9 3	36.5 7	41.8 4	14.0 8	6.9 1	Sartorelli SA
91.06	3350.00	2165.00	2075.00	11.0 9	34.9 8	43.3 6	12.9 0	8.0 9	Sartorelli SA
90.95	4011.00	2671.00	2604.00	15.9 8	26.1 4	47.5 5	10.7 7	5.2 4	Sartorelli SA
95.85	3813.00	2025.00	1987.00	11.8 8	30.5 0	51.7 3	12.0 0	6.2 4	Sartorelli SA
96.73	3899.00	2438.00	2437.00	10.2 8	29.3 5	54.4 0	13.3 6	6.2 5	Sartorelli SA
94.53	4226.00	2241.00	2092.00	11.9 6	23.9 3	56.3 0	8.68	4.4 7	Sartorelli SA
93.62		1850.00	1750.00	8.80	44.9 3	30.4 7	17.1 1	7.9 4	Denise Martins da Silva Azevedo
92.60		1590.00	1460.00	9.12	44.3 6	37.1 4	16.8 0	7.8 9	Denise Martins da Silva Azevedo
93.06		1330.00	1390.00	8.86	44.4	39.0	16.7	7.8	Denise

				7	6	2	2	Martins da Silva	
92.60	2370.00	2270.00	12.1 2	39.1 3	40.8 0	14.6 9	6.8 6	Azevedo Denise Martins da Silva	
94.31	1810.00	1740.00	10.3 3	40.2 4	42.4 5	16.6 7	7.0 7	Azevedo Denise Martins da Silva	
90.32	2150.00	2050.00	12.3 2	36.7 6	42.5 6	13.0 4	6.4 0	Azevedo Denise Martins da Silva	
92.40	1930.00	1830.00	11.9 5	30.6 6	47.0 3	10.7 8	6.2 0	Azevedo Denise Martins da Silva	
92.03	1330.00	1290.00	11.2 9	17.4 2	55.0 0	9.28	4.6 3	Azevedo Denise Martins da Silva	
95.81	2000.00	1950.00	7.88	25.2 8	60.7 1	9.70	4.4 9	Azevedo Denise Martins da Silva	
91.35	4040.00	3260.00	3190.00	9.77	28.1 5	54.1 2	11.0 6	4.8 1	Albino /84 PAB
91.35	4040.00	3460.00	3280.00	9.77	28.1 5	54.1 2	11.0 6	4.8 1	Albino /84 PAB
87.60	6270.00	3490.00	3130.00	0.66	1.96	75.5 1	0.13	0.3 1	Albino /84 PAB
87.60	6270.00	3370.00	3030.00	0.66	1.96	75.5 1	0.13	0.3 1	Albino /84 PAB
93.58	2951.00	1770.00	1670.00	11.2 4	44.9 6	35.3 6	18.7 7	6.7 1	Albino /92 RBZ
93.18	3636.00	2660.00	2420.00	10.5 0	36.0 8	45.5 0	13.4 9	5.5 2	Albino /92 RBZ
93.25	4289.00	3030.00	2840.00	7.77	25.4 5	49.3 2	7.93	3.6 4	Albino /92 RBZ
89.95	4932.00	2550.00	2230.00	2.55	1.62	84.5 1	0.28	0.2 3	Albino /92 RBZ
96.16	5584.00	4180.00	3920.00	19.1 1	10.5 5	59.6 1	7.09	2.0 4	Albino /92 RBZ
93.58	2951.00	1440.00	1460.00	11.2 4	44.9 6	35.3 6	18.7 7	6.7 1	Albino /92 RBZ
93.18	3636.00	1920.00	2000.00	10.5 0	36.0 8	45.5 0	13.4 9	5.5 2	Albino /92 RBZ
93.25	4289.00	2330.00	2610.00	7.77	25.4 5	49.3 2	7.93	3.6 4	Albino /92 RBZ

89.95	4932.00	2670.00	2790.00	2.55	1.62	84.5	0.28	0.2	Albino /92
						1		3	RBZ
96.16	5584.00	3530.00	3820.00	19.1	10.5	59.6	7.09	2.0	Albino /92
				1	5	1		4	RBZ
89.70	4435.00	2670.00	2670.00	1.56	23.2	68.6	7.11	4.0	Albino /81
					0	0		0	RBZ
89.70	4435.00	2420.00	2350.00	1.56	23.2	68.6	7.11	4.0	Albino /81
					0	0		0	RBZ
89.70	4435.00	2250.00	2290.00	1.56	23.2	68.6	7.11	4.0	Albino /81
					0	0		0	RBZ
92.70	3639.00	1770.00	1700.00	8.95	36.4	51.4	11.1	6.5	Albino /81
					0	0		0	RBZ
92.70	3639.00	1600.00	1350.00	8.95	36.4	51.4	11.1	6.5	Albino /81
					0	0		0	RBZ
92.70	3639.00	1450.00	1410.00	8.95	36.4	51.4	11.1	6.5	Albino /81
					0	0		0	RBZ
89.50	5678.00	1380.00	1390.00	0.22	4.22	89.6	0.23	0.1	Albino /81
						0		8	RBZ
89.50	5678.00	1180.00	1120.00	0.22	4.22	89.6	0.23	0.1	Albino /81
						0		8	RBZ
89.50	5678.00	1510.00	1460.00	0.22	4.22	89.6	0.23	0.1	Albino /81
						0		8	RBZ
96.86	2181.00	1332.00	1420.00	10.9	62.3	20.5	23.3	0.5	Albino /89
				9	9	9	5	0	PAB
90.55	4367.00	2930.00	2450.00	9.11	27.9	48.8	4.17	2.2	Albino /89
				2	1	1		4	PAB
93.34	2177.00	1894.00	1672.00	15.4	10.1	62.7	2.61	1.3	Edney
				2	8	3		7	Pereira da
									Silva
									(2012)
100.0	2332.33	2029.14	1791.30	16.5	10.9	67.2	2.80	1.4	Edney
0				2	1	1		7	Pereira da
									Silva
									(2012)
92.59	2081.00	1798.00	1578.00	11.4	9.45	64.3	2.79	1.5	Edney
				7		0		2	Pereira da
									Silva
									(2012)
100.0	2247.54	1941.89	1704.29	12.3	10.2	69.4	3.01	1.6	Edney
0				9	1	5		4	Pereira da
									Silva
									(2012)
91.06	2316.00	1927.00	1744.00	22.7	11.1	54.5	3.11	1.6	Edney
				7	5	5		9	Pereira da
									Silva
									(2012)
100.0	2543.38	2116.19	1915.22	25.0	12.2	59.9	3.42	1.8	Edney
0				1	4	1		6	Pereira da
									Silva
									(2012)
93.56	5365.00	2878.00	3017.00	18.6	12.5	55.9	3.10	2.0	Cinthia

				3	6	5		1	Eyng (2010)
100.0 0	5734.29	3076.10	3224.67	19.9 1	13.4 2	59.8 0	3.31	2.1 5	Cinthia Eyng (2010)
93.96	5131.00	3179.00	3487.00	13.3 2	17.3 3	57.3 0	5.11	2.9 1	Cinthia Eyng (2010)
100.0 0	5460.83	3383.35	3711.15	14.1 8	18.4 4	60.9 8	5.44	3.1 0	Cinthia Eyng (2010)
94.01	4991.00	3005.00	3155.00	13.1 5	17.5 3	59.4 5	4.71	1.7 3	Cinthia Eyng (2010)
100.0 0	5309.01	3196.47	3356.03	13.9 9	18.6 5	63.2 4	5.01	1.8 4	Cinthia Eyng (2010)
94.16	4651.00	2145.00	2414.00	15.1 5	22.5 0	49.6 9	4.13	3.1 9	Cinthia Eyng (2010)
100.0 0	4939.46	2278.04	2563.72	16.0 9	23.9 0	52.7 7	4.39	3.3 9	Cinthia Eyng (2010)
91.22	4982.00	3060.00	3238.00	8.84	14.1 6	67.6 8	2.63	2.2 0	Cinthia Eyng (2011)
100.0 0	5461.52	3354.53	3549.66	9.69	15.5 2	74.1 9	2.88	2.4 1	Cinthia Eyng (2011)
90.69	5013.00	3188.00	3181.00	8.17	13.7 1	68.3 3	2.77	2.1 5	Cinthia Eyng (2011)
100.0 0	5527.62	3515.27	3507.55	9.01	15.1 2	75.3 4	3.05	2.3 7	Cinthia Eyng (2011)
94.32	4456.00	2347.00	2603.00	13.4 0	23.9 0	56.1 4	7.83	4.5 0	Cinthia Eyng (2011)
100.0 0	4724.34	2488.34	2759.75	14.2 1	25.3 4	59.5 2	8.30	4.7 7	Cinthia Eyng (2011)
94.21	4468.00	2191.00	2377.00	11.6 4	23.7 1	56.3 0	7.00	4.0 8	Cinthia Eyng (2011)
100.0 0	4742.60	2325.66	2523.09	12.3 6	25.1 7	59.7 6	7.43	4.3 3	Cinthia Eyng (2011)

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo

APÊNDICE B – Tabela 2 Dados tabulados (na Matéria Seca) para a determinação das equações de predição dos valores de EMAn para alimentos de origem animal dos artigos internacionais.

Tabela referente aos dados tabulados para a determinação das equações de predição dos valores de EMAn para alimentos de origem animal

ARTIGOS INTERNACIONAIS									
¹ MS (%)	¹ EB (kcal/kg)	¹ EMA (kcal/kg)	¹ EMAn (kcal/kg)	¹ EE (%)	¹ M M (%)	¹ PB (%)	¹ Ca (%)	¹ P (%)	Autor
92.7			1.73		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.75		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.62		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.65		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.72		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.71		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.72		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.71		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
92.7			1.71		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	
94.8			2.26		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			2.27		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			2.47		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			2.51		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			2.37		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			2.28		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			2.64		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			3.04		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			3.36		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
94.8			2.92		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire (1985)
8					2	8		8	
92.7			3.21		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire (1985)
1					4	0		3	

92.7		3.11		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire
1				4	0		3	(1985)
92.7		2.93		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire
1				4	0		3	(1985)
92.7		2.64		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire
1				4	0		3	(1985)
92.7		2.34		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire
1				4	0		3	(1985)
92.7		1.96		29.8	60.2	9.63	4.6	M. Lessire
1				4	0		3	(1985)
94.8		3.26		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire
8				2	8		8	(1985)
94.8		3.21		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire
8				2	8		8	(1985)
94.8		3.10		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire
8				2	8		8	(1985)
94.8		2.89		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire
8				2	8		8	(1985)
94.8		2.63		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire
8				2	8		8	(1985)
94.8		2.44		27.9	57.6	9.13	4.5	M. Lessire
8				2	8		8	(1985)
92.5		2.06	14.3	23.6	45.4			I. K. Han
0			0	0	0			(1976)
92.5		2.02	14.3	23.6	45.4			I. K. Han
0			0	0	0			(1976)
92.5		2.06	14.3	23.6	45.4			I. K. Han
0			0	0	0			(1976)
92.5		2.06	14.3	23.6	45.4			I. K. Han
0			0	0	0			(1976)
91.9		3.37		9.10	70.5			I. K. Han
0					0			(1976)
91.9		3.40		9.10	70.5			I. K. Han
0					0			(1976)
91.9		3.51		9.10	70.5			I. K. Han
0					0			(1976)
91.9		3.24		9.10	70.5			I. K. Han
0					0			(1976)
92.9		2.16		27.1	59.0			I. K. Han
0				0	0			(1976)
92.9		2.13		27.1	59.0			I. K. Han
0				0	0			(1976)
92.9		2.17		27.1	59.0			I. K. Han
0				0	0			(1976)
92.9		2.15		27.1	59.0			I. K. Han
0				0	0			(1976)
93.6	3.91	2.48	9.10		51.2	8.20	3.9	A. W.
0					5		0	Martosiswoy
93.6	3.91	2.26	9.10		51.2	8.20	3.9	A. W.
0					5		0	Martosiswoy

93.6 0	3.91		2.64	9.10		51.2 5	8.20	3.9 0	o (1988) A. W. Martosiswoy o (1988)
93.6 0	3.91		2.69	9.10		51.2 5	8.20	3.9 0	A. W. Martosiswoy o (1988)
93.6 0	3.91		2.62	9.10		51.2 5	8.20	3.9 0	A. W. Martosiswoy o (1988)
93.6 0	3.91		2.66	9.10		51.2 5	8.20	3.9 0	A. W. Martosiswoy o (1988)
91.7 0	3.99		2.28	9.20		50.0 0	8.20		A. W. Martosiswoy o (1988)
91.7 0	3.99		2.54	9.20		50.0 0	8.20		A. W. Martosiswoy o (1988)
91.7 0	3.99		2.56	9.20		50.0 0	8.20		A. W. Martosiswoy o (1988)
91.7 0	3.99		2.86	9.20		50.0 0	8.20		A. W. Martosiswoy o (1988)
91.7 0	3.99		2.84	9.20		50.0 0	8.20		A. W. Martosiswoy o (1988)
94.9 0			2.73	10.3 0	26.0 0	50.6 2	8.50		A. W. Martosiswoy o (1988)
94.9 0			1.98	10.3 0	26.0 0	50.6 2	8.50		A. W. Martosiswoy o (1988)
94.9 0			2.02	10.3 0	26.0 0	50.6 2	8.50		A. W. Martosiswoy o (1988)
94.9 0			1.41	10.3 0	26.0 0	50.6 2	8.50		A. W. Martosiswoy o (1988)
96.9 0	4.25	3.33	3.14	10.6 0	26.3 9	56.7 0	8.60	2.9 0	O. A. Bolarinwa (2012)
96.9 0	4.25	3.28	3.09	10.6 0	26.3 9	56.7 0	8.60	2.9 0	O. A. Bolarinwa (2012)
96.9 0	4.25	3.26	3.07	10.6 0	26.3 9	56.7 0	8.60	2.9 0	O. A. Bolarinwa (2012)
96.9 0	4.25	3.23	3.04	10.6 0	26.3 9	56.7 0	8.60	2.9 0	O. A. Bolarinwa

									(2012)
96.7 0	4.70	3.32	3.14	11.6 0	21.0 7	59.4 0	6.98	3.5 4	O. A. Bolarinwa (2012)
96.7 0	4.70	3.30	3.11	11.6 0	21.0 7	59.4 0	6.98	3.5 4	O. A. Bolarinwa (2012)
96.7 0	4.70	3.27	3.05	11.6 0	21.0 7	59.4 0	6.98	3.5 4	O. A. Bolarinwa (2012)
93.7 9	3.88	2508.00	2475.00	10.8 0	27.2 7	53.8 2	8.33	3.9 7	Robbins and Firman (2005)
91.8 4	4.13	2577.00	2614.00	10.2 7	28.8 9	50.4 4	9.29	4.7 4	Robbins and Firman (2005)
93.4 9	4.20	2751.00	2786.00	9.65	31.0 6	50.8 8	10.2 6	4.5 3	Robbins and Firman (2005)
92.0 6	4.44	3038.00	3081.00	8.37	23.8 5	58.9 7	8.08	4.3 2	Robbins and Firman (2005)
95.5 8	4.15	2552.00	2594.00	12.2 6	23.3 3	58.5 0	8.26	4.1 7	Robbins and Firman (2005)
94.2 5	4.35	3003.00	3040.00	12.4 4	27.0 1	51.9 4	9.04	4.5 1	Robbins and Firman (2005)
96.5 0	3.24	2820.00	2861.00	11.5 0	26.8 0	51.1 0			Robbins and Firman (2005)
93.6 8	3.52	2168.00	2204.00	8.17	27.3 2	48.3 2	11.8 2	5.9 0	Robbins and Firman (2005)
92.1 7	3.73	2013.00	2052.00	12.1 2	23.6 2	52.4 4	7.45	3.8 0	Robbins and Firman (2005)
94.9 7	3.78	2332.00	2369.00	8.57	34.2 0	50.0 7	12.0 9	6.0 3	Robbins and Firman (2005)
94.8 3	4.35	3079.00	3123.00	9.41	25.7 1	58.9 4	8.93	4.6 0	Robbins and Firman (2005)
92.9 6	3.08	1588.00	1623.00	9.00	37.7 3	45.6 9	13.5 9	6.8 3	Robbins and Firman (2005)

¹Matéria seca (MS); Energia bruta (EB); Energia metabolizável aparente (EMA); Energia metabolizável aparente corrigida para o balanço de nitrogênio (EMAn); Extrato etéreo (EE); Matéria mineral (MM); Proteína bruta (PB); Cálcio (Ca) e Fósforo (P);