



ANTONIO AMANDIO PINTO GARCIA JÚNIOR

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES
ENERGÉTICOS DE FARINHAS DE ORIGEM
ANIMAL PARA AVES, UTILIZANDO O
PRINCÍPIO DA META-ANÁLISE**

LAVRAS – MG

2011

ANTONIO AMANDIO PINTO GARCIA JÚNIOR

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE
FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL PARA AVES, UTILIZANDO O
PRINCÍPIO DA META-ANÁLISE**

Dissertação 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 Não Ruminantes, para obtenção do título de Mestre.

Dr. Paulo Borges Rodrigues
Orientador

Dr. Antonio Gilberto Bertechini
Dr. Édison José Fassani
Coorientadores

LAVRAS – MG

2010

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Garcia Júnior, Antonio Amandio Pinto.

Equações de predição dos valores energéticos de farinhas de origem animal para aves, utilizando o princípio da meta-análise / Antonio Amandio Pinto Garcia Júnior. – Lavras : UFLA, 2010. 57 p. : il.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2010.
Orientador: Paulo Borges Rodrigues.
Bibliografia.

1. Farinha de carne e ossos. 2. Composição química. 3. Energia metabolizável. 4. Modelo de regressão linear múltipla. 5. Mínimos quadrados múltiplos. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 636.50855

ANTONIO AMANDIO PINTO GARCIA JÚNIOR

**EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DOS VALORES ENERGÉTICOS DE
FARINHAS DE ORIGEM ANIMAL PARA AVES, UTILIZANDO O
PRINCÍPIO DA META-ANÁLISE**

Dissertação 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 Não Ruminantes para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 08 de outubro de 2010.

Dr. Antonio Gilberto Bertechini UFLA

Dr. Renato Ribeiro de Lima UFLA

Dr. José Augusto de Freitas Lima UFLA

Dr. Paulo Borges Rodrigues (UFLA)
Orientador

Dr.Édison José Fassani
Coorientador

LAVRAS – MG

2010

Ao meu irmão André Pinto Garcia, pela sua inteligência e perseverança que são características motivadoras e necessárias para a realização desse trabalho.

A minha mãe Raquel Pinheiro Garcia, por amar e acreditar nos seus filhos acima de tudo.

Ao meu pai Antonio Amandio Pinto Garcia, pela sua presença constante, apesar da distância.

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), pelo período de concessão de 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), Renato Ribeiro de Lima (UFLA) e ao José Augusto de Freitas Lima (UFLA), 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.

Aos meus amigos Matheus de Paula Reis e Diego Vicente da Costa, que me ajudaram, constantemente, a superar as dificuldades encontradas.

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

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 e confiança que foi depositada em mim.

RESUMO

O método indireto para avaliação energética dos alimentos se destaca dentre as tecnologias empregadas. Objetivou-se com este trabalho obter equações de predição para estimar valores de energia metabolizável aparente corrigida (EMAn) de alimentos de origem animal comumente utilizados nas rações de aves, utilizando o princípio da meta-análise. Foi realizada uma revisão bibliográfica de estudos realizados no Brasil, para catalogar informações sobre valores de EMAn e composição química dos alimentos de origem animal (proteína bruta- PB; extrato etéreo- EE; matéria mineral- MM; cálcio- Ca e fósforo- P), buscando-se obter equações de predição para estimar a EMAn, utilizando a composição química dos mesmos. Foram considerados os efeitos sexo, idade e metodologia empregada no ensaio de metabolismo dos trabalhos catalogados. Os 30 grupos foram submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados, realizando-se a meta-análise. Adotou-se o procedimento de Stepwise para estudar a associação entre as variáveis, incluindo-as na equação em função de suas importâncias para ajustar o modelo de regressão linear múltipla. Indica-se para farinha de carne e ossos a equação $EMAn = 1.839,20 + 105,60 EE - 176,24 P$ com R^2 de 44%. Indica-se a equação $EMAn = 2.921,91 + 68,40 EE - 48,32410 MM$, com R^2 de 61%, para estimar os valores de EMAn das farinhas de origem animal para aves, sendo a MM considerada a principal variável responsável para explicar a variabilidade da EMAn dos alimentos estudados.

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

ABSTRACT

The indirect method for energy evaluation of feeds stands out among the technologies employed. It was intended through this work to obtain prediction equations to estimate values of corrected apparent metabolizable energy (AME) of feeds of animal origin commonly used in poultry diets, using the principle of meta-analysis. A bibliographical review of studies conducted in Brazil was carried out to catalog information on EMAn values and chemical composition of feeds of animal origin (crude protein- CP; ether extract- EE; mineral matter- MM; calcium- Ca and phosphorus- P), seeking to obtain prediction equations to estimate EMAn by utilizing the chemical composition of the same ones. The effects of sex, age and methodology employed in the metabolism assay of the catalogued works were taken into account. The 30 groups were submitted to the weighted least squares analysis, performing the meta-analysis. The Stepwise procedure was adopted to study the association among the variables, including the same ones in the equation based upon their importance to adjust the multiple linear regression model. The equation $EMAn = 1,839.20 + 105.60 EE - 176.24 P$ with R^2 of 44% is recommended for meat and bone meal. The equation $EMAn = 2,921.91 + 68.40 EE - 48.32410 MM$ with R^2 of 61%, is recommended to estimate the values of EMAn of the meals of animal origin for birds, the MM being deemed the chief responsible variable to account for the variability of the EMAn of the feeds studied.

Keywords: Prediction equation. EMAn. Feeds of animal origin.

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO..... | 9 |
| 2 | REVISÃO DE LITERATURA..... | 11 |
| 2.1 | Alimentos de origem animal..... | 11 |
| 2.1.2 | Farinha de carne e ossos..... | 11 |
| 2.2 | Valores energéticos dos alimentos..... | 12 |
| 2.3 | Variações na composição química dos alimentos..... | 15 |
| 2.4 | Fatores que afetam a EM dos alimentos para aves..... | 17 |
| 2.4.1 | Composição química dos alimentos..... | 17 |
| 2.4.2 | Idade das aves..... | 17 |
| 2.4.3 | Métodos de determinação da energia metabolizável..... | 18 |
| 2.4.4 | Consumo e níveis de substituição do alimento..... | 19 |
| 2.5 | Meta-análise..... | 20 |
| 2.6 | Principais dificuldades da meta-análise..... | 22 |
| 2.6.1 | Seleção dos estudos – o que incluir..... | 22 |
| 2.6.2 | Vícios de publicação..... | 23 |
| 2.6.2 | Outros problemas da meta-análise..... | 24 |
| 2.7 | Equações de predição da energia metabolizável..... | 24 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS..... | 28 |
| 3.1 | Informações utilizadas para obtenção das equações de predição por meio da meta-análise..... | 28 |
| 3.2 | Metodologia empregada para realização da meta-análise..... | 29 |
| 3.3 | Critérios empregados para a catalogação (inclusão) das informações..... | 29 |
| 3.4 | Formação de grupos homogêneos de trabalhos..... | 30 |
| 3.5 | Modelo de regressão para a meta-análise..... | 31 |
| 3.7 | Estrutura entre as variáveis e obtenção das equações de predição..... | 33 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 35 |
| 4.1 | Farinha de carne e ossos..... | 35 |
| 4.1.1 | Coeficiente de variação e amplitude..... | 35 |
| 4.1.2 | Coeficiente de correlação..... | 37 |
| 4.1.3 | Equação de predição para farinha de carne e ossos..... | 38 |
| 4.2 | Alimentos de origem animal..... | 40 |
| 4.2.1 | Coeficiente de variação e amplitude..... | 40 |
| 4.2.2 | Coeficiente de correlação..... | 42 |
| 4.2.3 | Equação de predição para alimentos de origem animal..... | 43 |
| 5 | CONCLUSÕES..... | 48 |
| | REFERÊNCIAS..... | 49 |

1 INTRODUÇÃO

A perspectiva da demanda de proteína animal para alimentação humana é crescente. Este fato direciona as pesquisas com aves para alternativas que diminuam o custo de produção. A alimentação representa cerca de 70% do custo total de produção mostrando ser um parâmetro importante na tentativa de diminuição desse custo.

Pesquisas na área de nutrição de aves vêm sendo realizadas em busca de melhor utilização de ingredientes de origem animal que são subprodutos de abatedouros de animais. Estes alimentos são caracterizados por conter na sua composição química altos teores de nitrogênio e energia sendo classificados como vantajosos para a utilização na alimentação animal.

Os valores energéticos dos subprodutos utilizados para alimentação de aves, é essencial para o sucesso na formulação de rações mais eficientes que atendam as exigências nutricionais nas diferentes fases do desenvolvimento animal. Existem dois tipos de classificação de métodos para a determinação dos valores energético dos alimentos. Os métodos diretos e indiretos.

Os métodos diretos ou convencionais requerem a utilização de uma bomba calorimétrica e de ensaios metabólicos, sendo metodologias trabalhosas, demoradas e dispendiosas; em contrapartida, como método indireto, surgem às equações de predição, que são baseadas na composição proximal dos alimentos e são obtidas rotineiramente em laboratórios. É considerada uma alternativa rápida, prática e econômica na avaliação nutricional dos alimentos.

O método indireto utiliza as equações de predição para a avaliação da composição química dos alimentos. As equações de predição são geradas a partir de análises químicas simples como nitrogênio, energia bruta, extrato etéreo e matéria mineral, cálcio e fósforo, no caso de alimentos de origem animal.

As equações de predição podem ser obtidas através da meta-análise, que foi definida como a “análise das análises” por Glass (1976, p.4) ou a “análise estatística de uma grande coleção de resultados de análises de estudos individuais com o propósito de completar as descobertas”. Alguns trabalhos envolvendo a meta-análise vêm sendo realizados com o objetivo de coletar informações de dados provenientes de diferentes condições, comparando resultados distintos, porém relacionados.

Objetivou-se com este trabalho gerar equações de predição, utilizando o princípio da meta-análise, para valores energéticos de farinhas de origem animal, comumente utilizados para frangos de corte.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Alimentos de origem animal

2.1.2 Farinha de carne e ossos

A crescente expansão do setor avícola gerou uma demanda maior de matérias-primas para a fabricação de ração. Dos subprodutos da indústria de carne oriundos de abatedouros industriais, a farinha de carne e ossos tem sido considerada de grande importância na alimentação animal, por apresentar uma boa fonte de nutrientes e oferta constante no mercado. A farinha de carne e ossos (FCO) é um ingrediente largamente utilizado em dietas para frangos de corte, atuando geralmente como redutor nos custos de formulações.

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. Trata-se de um ingrediente rico em proteína bruta (PB), cálcio (Ca) e fósforo (P).

Contudo, um dos maiores problemas relacionados com proteínas de origem animal é o fato de haver muita variação entre produtos. Isso significa que o zootecnista não pode incluir o produto nas fórmulas sem uma análise cuidadosa dos seus valores nutricionais (SARTORELLI, 1998). Por isto, pesquisas são realizadas com intuito de se conhecer adequadamente a composição química da farinha de carne e ossos, assim como a biodisponibilidade, para que se possa atender às exigências dos animais em suas diferentes fases de criação, obtendo-se, desse modo, o máximo desempenho.

2.2 Valores energéticos dos alimentos

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). 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.

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 Albino et al. (1992), para se obter sucesso na formulação de rações para aves, um dos aspectos mais importantes é o conhecimento preciso do conteúdo energético dos alimentos, o que possibilita um fornecimento adequado de energia para as aves.

A quantidade de energia presente no alimento não determina quanto desta energia efetivamente foi utilizada pelo animal.

Na figura 1 está representado o fracionamento da energia ingerida.

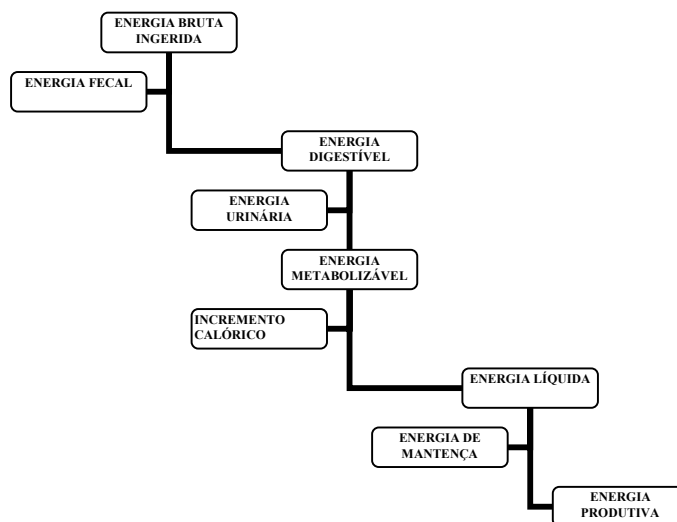


Figura 1 Fracionamento de energia ingerida
Fonte Bertechini (2006)

Dessa forma, devem ser realizados bioensaios para determinação da energia metabolizável (EM) dos alimentos. A energia da excreta é composta da energia proveniente de uma fração não assimilada do alimento e de uma fração de origem endógena que é independente da dieta. Quando essa última fração não é considerada nos cálculos, denomina-se energia metabolizável aparente (EMA); entretanto, quando a mesma passa a ser considerada, define-se como energia metabolizável verdadeira (EMV).

A metodologia para determinação do conteúdo energético desses ingredientes pode resultar em diferentes valores de EM (KATO, 2005). Os valores energéticos dos alimentos para aves podem ser determinados por vários métodos. O método tradicional de coleta total de excretas Sibbald e Slinger (1963), o da alimentação precisa Sibbald (1976), e o método rápido de Farrel (1978), destacando-se também o uso de equações de predição, que se baseiam na composição química dos alimentos. 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).

Das metodologias disponíveis, a metodologia de avaliação energética mais utilizada é aquela denominada de “tradicional”, que apresenta como característica primária a utilização de uma dieta basal fornecida a um grupo de aves controle; nesta dieta, uma parte é substituída pelo ingrediente a ser avaliado, com consumo *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.

Paula et al. (2002), porém, trabalhando com farinha de vísceras e farinha de carne e ossos para frangos de corte com diferentes níveis de inclusão dos alimentos teste, utilizando o método de coleta total de excretas inferiram que os valores de EMA e EMAn diminuiriam à medida que se aumentou o nível de substituição, da mesma forma o erro padrão da média também diminuiu a medida que se aumentou o nível de substituição, ou seja, quanto maior o nível de substituição menos variáveis serão os dados obtidos.

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.

2.3 Variações na composição química dos alimentos

No passado, era comum no Brasil o uso de tabelas estrangeiras para se obterem os valores de composição química e energética dos alimentos. Na década de 40, nos Estados Unidos, o Conselho Nacional de Pesquisa (NRC) iniciou uma série de publicações sobre as exigências nutricionais de várias espécies. Em 1959, a entidade lançou tabelas sobre composição dos alimentos, periodicamente revisadas (ROSTAGNO; NASCIMENTO; ALBINO, 1999). Assim, pela inexistência de dados nacionais, por vários anos foram, e continuam muitas vezes sendo utilizados, os valores de composição de alimentos e recomendações nutricionais de tabelas publicadas nos Estados Unidos (SCOTT; NESHEIN; YOUNG, 1982; NRC, 1994) e para uma maior precisão na formulação e balanceamento das rações, é imprescindível o conhecimento da composição química e de valores energéticos dos alimentos, bem como de suas limitações de uso.

Segundo Dale (1999), variações nos valores de composição entre lotes de um mesmo alimento são inevitáveis, além das variações provenientes dos ingredientes melhorados geneticamente e que estão disponíveis para a indústria de rações, bem como novos subprodutos.

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

A 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. A precisão dos valores de composição química, energética e digestibilidade de nutrientes, além de necessária, torna-se primordial na busca da redução dos custos e de uma melhor produtividade (AZEVEDO, 1996).

Brumano et al. (2006), através do método tradicional de coleta total de excretas, analisaram a composição química e os valores de energia metabolizável de dez alimentos protéicos para frangos de corte em diferentes idades. Encontraram valores de EMAn (kcal/Kg), na matéria natural, no primeiro (21 a 31 dias) e segundo (41 a 50 dias) períodos, que foram respectivamente, 1.249 e 1.573 para farinha de carne e ossos 36 %; 1.391 e 1.766 para farinha de carne e ossos 45%; 3.055 e 3.077 para farinha de peixe; 2.990 e 3.172 para farinha de vísceras de aves de alto teor de gordura e concluíram que os valores de EMA e EMAn de todos os alimentos obtidos no segundo período experimental foram superiores aos do primeiro período.

Nascimento (2005) realizaram ensaios de metabolismo utilizando o método total de excretas no intuito de determinar valores de EM das farinhas de vísceras e de penas com vários níveis de inclusão em diferentes idades das aves. O experimento era constituído por dez tratamentos, sendo que a ração referência era substituída por 5 níveis de inclusão (5, 10, 20, 30 e 40%) tanto de farinha de carne e ossos como de farinha de vísceras e avaliadas em dois períodos. O primeiro começou aos 16 dias e segundo aos 30 dias de idade e concluíram que com o aumento do alimento-teste na ração, houve diminuição nos valores de energia do alimento. Os valores de EMAn da farinha de vísceras foram de 3.442 e 3.209 kcal/kg e da farinha de penas, 3.219 e 3.323 kcal/kg, quando determinados com aves de 16 a 23 dias e 30 a 38 dias de idade, respectivamente.

2.4 Fatores que afetam a EM dos alimentos para aves

2.4.1 Composição química dos alimentos

Primariamente, os teores de energia dos alimentos são afetados pela concentração de nutrientes dos mesmos, onde alimentos com altos teores de lipídeos ou de carboidratos apresentam maiores valores de energia metabolizável que aqueles ricos em proteína ou fibra (BORGES et al., 1999). Longe e Tona (1988) encontraram valores de energia metabolizável verdadeira (com base na matéria seca) variando de 3800 a 4000 kcal /kg para cereais (milho e sorgo), 3450 a 3680 kcal /kg para tubérculos (batata e mandioca), 3000 a 3110 kcal /kg para concentrados de origem animal (farinha de sangue e farinha de peixe) e 8280 a 8850 kcal /kg para óleos vegetais (óleo de palma e óleo de coco).

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.

2.4.2 Idade das aves

Podem ocorrer diferenças nos valores de EMAn de um mesmo alimento para aves de idades diferentes. Nascimento (2005), trabalhando com pintos de corte machos de 16, 23 e de 30 a 38 dias de idade, para se determinar os valores de EMAn da farinha de vísceras e farinhas de penas com diferentes níveis de inclusão, observaram que os valores de EMAn da farinha de vísceras foi menor

quando foram utilizadas aves adultas, o que também pode ser atribuído ao balanço de nitrogênio das aves mais velhas. Em relação à EMAn da farinha de penas foi observado que as aves aproveitaram mais energia com o aumento da idade. Evidencia-se, assim, que aves mais adultas utilizam mais energia que aves jovens, pois o aproveitamento dos nutrientes é maior (ALBINO et al., 1992).

Brumano et al. (2006) trabalhando com frangos de corte em diferentes idades, encontrou valores de EMA e EMAn das farinhas estudadas no período de 41 a 50 dias de idade, superiores aos valores obtidos no período de 21 a 30 dias de idade em 12,95%.

Mello et al. (2009) determinando a EMAn de duas farinhas de penas, duas farinhas de vísceras e plasma sanguíneo com aves de diferentes idades concluíram que os valores energéticos destes alimentos aumentam de acordo com a idade das aves. Portanto, ao formular rações para aves, deve-se considerar que os valores energéticos dos alimentos diferem em cada idade.

2.4.3 Métodos de determinação da energia metabolizável

Os métodos de coleta total e o uso de óxido crômico como indicador, são citados como métodos bastante precisos na determinação da EM quando comparados com o método de alimentação forçada de Sibbald.

O método de coleta total de excretas é amplamente utilizado para a determinação de EMA e EMAn de alimentos comumente utilizados na alimentação de aves.

Nascimento et al. (2002), utilizando quatro métodos para determinar o valor energético de farinhas de penas e vísceras para aves, concluíram que o método de Sibbald de alimentação forçada, usando galos intactos ou

cecectomizados, proporcionou valores menores quando comparado com os valores determinados pelo método tradicional usando pintos e galos intactos.

Albino et al. (1992) determinando valores de energia metabolizável de alguns alimentos para aves utilizando diferentes metodologias concluíram que o valor energético de uma das farinhas de carne e ossos foi menor quando determinado pelo método de Sibbald em relação ao método tradicional.

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

2.4.4 Consumo e níveis de substituição do alimento

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

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

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

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

Dolz e Blas (1992), estudando o efeito de níveis de substituição de farinha de carne e ossos na determinação de EMAn utilizando galos adultos, encontraram diferenças significativas quando o nível de inclusão passou de 6% para 12%, resultando em uma diminuição de 5,5% nos valores de EMAn. Não se observou diferença para EMAn quando o nível de inclusão variou de 12% para 24 %.

2.5 Meta-análise

A meta-análise é uma ferramenta estatística que auxilia os pesquisadores a chegarem a 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; THIJS, 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, 2009); (SOUZA, 2009); (ALVARENGA, 2009).

2.6 Principais dificuldades da meta-análise

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 .

2.6.2 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 (1976), “maçãs e laranjas podem legitimamente serem combinados no estudo de frutas. Segundo Costa (1999), porém, 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 Equações de predição da energia metabolizável

Para se formularem rações de uma forma mais eficiente é necessário conhecer com maior precisão os valores energéticos dos alimentos, os quais podem ser determinados por métodos diretos e indiretos.

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 das rações (ALBINO; SILVA, 1996).

Portanto, 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, 1997).

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. Portanto, a utilização dos dados da análise proximal nas equações de predição apresentou dados mais profícuos quando comparado com os valores das tabelas (OST, 2005).

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

Rodrigues et al. (2002) elaboraram equações para 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 $EMVn = 2857,3 - 38,29FB + 61,02EE$ ($R^2 = 98\%$).

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

Dale et al. (1990 citado 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, obtendo-se a melhor equação 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) determinando os valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e elaborando equações de predição em função de parâmetros químicos e físicos de seis farinhas de carne e ossos (FCO), observaram 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: $EMAn = +6589,97 - 50,10MM - 34,96PD$, com $R^2 = 0,88$, sendo MM = matéria mineral e PD = proteína digestível em pepsina a 0,02%, com $R^2 = 0,87$.

3 MATERIAL E MÉTODOS

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

As informações utilizadas neste trabalho foram referentes aos valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e a composição química dos alimentos de origem animal usualmente utilizados na formulação das rações avícolas. Esses dados foram provenientes de uma ampla e minuciosa revisão bibliográfica, de modo a incluir o máximo possível de estudos sobre o tópico em questão. Portanto foram pesquisados anais de congressos e simpósios, bibliotecas e base de dados catalogados no portal periódicos da CAPES, à exemplo do Web of Science, dentre outros.

A revisão de literatura incluiu trabalhos publicados e realizados no Brasil nos últimos 30 anos, com a finalidade de se obter o máximo de informações e minimizar os erros que pudessem influenciar na análise dos dados.

Foram catalogadas 53 informações de origens diversificadas (farinha de vísceras, peixe, mista e suína) e 43 informações de experimentos realizados com farinha de carne e ossos. As informações cadastradas no presente estudo para a realização da meta-análise, estão representados na Tabela 1.

Tabela 1 Número de informações cadastradas no presente estudo para realização da meta-análise.

| | |
|----------------------------|----|
| Alimentos de origem animal | 96 |
| Farinha de Carne e Ossos | 43 |

3.2 Metodologia empregada para realização da meta-análise

Após a revisão, as informações obtidas foram tabuladas de acordo com o alimento, com a metodologia empregada no ensaio de metabolismo para determinação do valor energético, o sexo e a idade dos animais utilizados nos experimentos, assim como também a composição química do alimento em estudo. Estas informações, após tabuladas e agrupadas, foram analisadas aplicando-se os princípios da meta-análise procurando identificar a equação que melhor estimasse a EMAn como função da composição química.

3.3 Critérios empregados para a catalogação (inclusão) das informações

A revisão de literatura seguiu alguns critérios necessários para um ideal ordenamento das informações e, para uma melhor viabilização das análises estatísticas subsequentes. Os critérios:

- a) trabalhos realizados com frangos de corte nos últimos trinta anos, independentemente da idade e sexo desses animais;
- b) trabalhos que determinaram a EMAn e composição química de farinhas de origem animal, conforme metodologia descrita por Matterson et al. (1965).
- c) trabalhos que continham catalogação dos valores de EMAn e da composição química dos alimentos (PB, EE, MM, Ca e P) no banco de dados, com base na matéria seca (MS);

3.4 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.

Os efeitos considerados foram: o sexo, a idade dos animais e 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 daí foram feitos agrupamentos dos códigos para determinar os grupos que serão submetidos à análise por mínimos quadrados ponderados (que será explicado posteriormente) a fim de considerar os efeitos supracitados, e realizar o procedimento da meta-análise.

Para o efeito sexo, foram definidos 3 grupos (machos = 1, fêmea = 2 e animais mistos = 3); já para idade quatro grupos (1 e 2ª semana de vida = 1; 3 e 4ª semanas = 2; 5 e 6ª semanas = 3; acima dessas idades ou indefinido = 4), enquanto para metodologia, apenas dois grupos (Coleta total de excretas = 1, Alimentação forçada + Coleta total de excretas = 2) e para os alimentos cinco grupos (farinha de carne e ossos = 1, farinha de vísceras = 2, farinha de peixe = 3, farinha mista = 4, farinha suína = 5).

Na tabela 2 estão representados os trabalhos catalogados com suas respectivas fontes de referência.

Tabela 2 Subprodutos de origem animal catalogados no trabalho, com suas respectivas fontes de referência.

| | |
|------------------------------|--|
| Farinha de Carne e Ossos | NASCIMENTO (2002); ALBINO (1981); ALBINO (1984); ALBINO (1989); ALBINO (1992); AZEVEDO (1996); TUCCI (2003); BRUMANO (2006); SOARES (2005); PAULA (2002); NUNES (2005); SARTORELLI (1998). |
| Farinha de Vísceras | NASCIMENTO (2002); ALBINO (1992); TUCCI (2003); BRUMANO (2006); MELLO (2009); SOARES (2005); PAULA (2002); D'AGOSTINI (2002); NUNES (2005). |
| Farinha de Peixe | ALBINO (1981); ALBINO (1989); ALBINO (1992); BRUMANO (2006); SOARES (2005); NUNES (2005). |
| Farinha Mista (Bovina/Suína) | NASCIMENTO (2002); MELLO (2009); NUNES (2005). |
| Farinha Suína | NUNES (2005). |

Como foi utilizado o modelo estatístico de regressão linear múltipla, as estimativas dos parâmetros foram determinadas de acordo com o método dos mínimos quadrados ponderados (HOFFMANN; VIEIRA, 1977). Para escolha do fator de ponderação, foram considerados os grupos pré-determinados no estudo, sendo, portanto, o procedimento adotado para tal ponderação, o método dos mínimos quadrados ponderados, onde considera-se o inverso da variância ($1/s^2_i$) para cada grupo.

3.5 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, do 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 $X_i' = [X_{i1}, X_{i2} \dots X_{ip}]$.

Considerando k estudos independentes, pode-se definir:

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

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

Portanto, assume um modelo de regressão linear, $\theta = X\beta$ (1), em que: 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 $\varepsilon = \hat{\theta} - \theta$, 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:

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

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 $\sigma^2 \theta_i$. 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, podem-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 \mathbf{X} como a matriz de delineamento, \mathbf{y} como o vetor de observações e \mathbf{W} como uma matriz diagonal com os pesos, tem-se que o estimador de mínimos quadrados ponderados de β , partindo-se do modelo linear $y = \mathbf{X}\beta + \varepsilon$, é dado por:

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

Comparando-se as equações (3) e (4), observa-se que β é um caso particular de β_w , apenas substituindo a matriz \mathbf{W} , em (4) por Σ^{-1} e \mathbf{y} por θ .

3.7 Estrutura entre as variáveis e obtenção das equações de predição

Para conhecer a estrutura de relações entre as variáveis de composição química e de valores energéticos de cada alimento, são estimadas as correlações

de Pearson, Draper e Smith (1981) entre todos os pares possíveis, utilizando-se o Proc Corr do sistema SAS (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2000).

O modelo de regressão linear múltipla pode ser dado por:

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

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, 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^2_i .

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

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Farinha de carne e ossos

4.1.1 Coeficiente de variação e amplitude

Na Tabela 3, são apresentados os coeficientes de variação (CV's) e a amplitude entre as variáveis de composição química e os valores energéticos das farinhas de carne e ossos.

Tabela 3 Coeficiente de variação (CV) e amplitude para a EMAn e para as variáveis de composição química das farinhas de carne e ossos (valores expressos com base na matéria seca).

| Farinha de carne e ossos | | | | |
|---------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------|
| Variáveis¹ | Valor mínimo | Valor máximo | Amplitude | CV (%) |
| EMAn | 980,0 | 3.433 | 2.453 | 31,03 |
| PB | 30,47 | 67,44 | 36,97 | 17,42 |
| EE | 7,88 | 17,58 | 9,7 | 19,64 |
| MM | 12,67 | 44,96 | 32,29 | 23,04 |
| Ca | 2,5 | 18,77 | 16,27 | 28,59 |
| P | 1,79 | 9,96 | 8,17 | 24,17 |

¹EMAn= 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(%).

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

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. Segundo Dale (1999), variações nos valores de composição entre lotes de um mesmo alimento são inevitáveis, além das variações provenientes dos ingredientes melhorados geneticamente e que estão disponíveis para a indústria de rações, bem como novos subprodutos.

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, é primordial na busca da redução dos custos e de uma melhor produtividade (AZEVEDO, 1996).

Os valores de proteína bruta encontrados correspondem aos obtidos por Rostagno et al. (2005). O mesmo não acontece com os valores mínimos de extrato etéreo, matéria mineral, cálcio e fósforo que, mostraram-se inferiores aos valores tabelados. Este fato evidencia que é inviável a aplicação de dados tabelados desse ingrediente na formulação de rações.

4.1.2 Coeficiente de correlação

Na Tabela 4, estão apresentados os coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e EMAn das farinhas de carne e ossos.

Tabela 4 Coeficientes de correlação estimados entre todas as variáveis da composição química e EMAn das farinhas de carne e ossos.

| | EMAn¹ | PB¹ | EE¹ | MM¹ | Ca¹ | P¹ |
|-------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| EMAn | 1,00 | --- | --- | --- | --- | --- |
| PB | 0,52* | 1,00 | --- | --- | --- | --- |
| EE | 0,45* | 0,05 | 1,00 | --- | --- | --- |
| MM | -0,56* | -0,84** | 0,30 | 1,00 | --- | --- |
| Ca | -0,48* | -0,74** | 0,21 | 0,78** | 1,00 | --- |
| P | -0,54* | -0,76** | 0,16 | 0,84** | 0,77** | 1,00 |

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; Ca= cálcio; P= fósforo

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

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

Todas as variáveis tiveram correlações significativas com EMAn. A PB (P<0,05) e o EE (P<0,05) se correlacionaram positivamente com EMAn. A MM, Ca e o P apresentaram correlação negativa com EMAn. O EE foi a única variável que apresentou correlação positiva com todas variáveis independentes e com EMAn. Reforçando, assim, a importância do EE na determinação da EMAn através de equações de predição.

A MM foi a variável que apresentou correlação negativa e significativa (P<0,05) com a EMAn. Portanto, se o teor de MM for elevado, por algum

motivo, o teor de energia da farinha de carne e ossos diminui, desse modo, o inverso é verdadeiro.

4.1.3 Equação de predição para farinha de carne e ossos

Considerando-se as informações catalogadas, a equação de predição obtida que apresentou maior coeficiente de determinação (R^2 de 0,44) para EMAn para a farinha de carne e ossos foi $EMAn = 1.839,20 + 105,60 EE - 176,24 P$.

Mesmo com R^2 de 44% e correlação negativa, estatisticamente significativa ($P < 0,05$), quando se considera o conjunto das variáveis no modelo ajustado, a variável apontada como a mais importante no modelo foi o P (R^2 parcial = 0,26), seguida do EE (R^2 parcial = 0,18), que por sua vez, possui correlação positiva e estatisticamente significativa ($P < 0,05$).

As equações preditas para a farinha de carne e ossos podem ser observadas na Tabela 5.

Tabela 5 Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAN da farinha de carne e ossos, em função da composição química das farinhas de carne e ossos (valores expressos com base na matéria seca).

| Farinha de carne e ossos (todas as variáveis) | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------------|
| Constante | PB | EE | MM | Ca | P | R² |
| 3.066,09 | – | – | – | – | -189,85 | 0,26 |
| 1.839,20 | – | 105,60 | – | – | -176,24 | 0,44 |
| Farinha de carne e ossos (exceto Ca e P) | | | | | | |
| Constante | PB | EE | MM | Ca | P | R² |
| 3.045,11 | – | – | -34,92 | – | – | 0,25 |
| 1.889,06 | – | 82,41 | -27,87 | – | – | 0,37 |

¹PB= Proteína Bruta, EE= Extrato Etéreo, MM= Matéria Mineral, Ca= cálcio, P= fósforo.

O ajuste da equação com coeficiente de determinação de 0,44 pode ter sido influenciado em função do número de dados. Mas, pode ser observado que a equação que apresentou o maior número de variáveis foi a que apresentou o maior coeficiente de determinação.

O valor de EMAN encontrado por Rostagno et al. (2005) para farinha de carne e ossos 45% foi de 2.445 Kcal/Kg ao passo que o valor estimado pela equação $1.839,20 = 105,60 \text{ EE} - 176,24 \text{ P}$ foi de 2.364 Kcal/Kg. O valor estimado pela equação diferiu apenas 3,32% do valor encontrado por Rostagno et al. (2005). Portanto, a equação mostrou-se eficiente na predição do valor energético para farinha de carne e ossos.

Considerando a equação $\text{EMAN} = 1.889,06 + 82,41 \text{ EE} - 27,87 \text{ MM}$ que apresentou um coeficiente de determinação de 0,37 que foi gerada sem as variáveis independentes Ca e P, o coeficiente de determinação da mesma sofreu uma diminuição indicando um ajuste menor para estimar a EMAN para farinha

de carne e ossos. Este fato pode ser comprovado pela comparação do valor encontrado por Rostagno et al. (2005) que foi de 2.445 Kcal/Kg com o valor estimado pela equação que foi de 2.117 Kcal/Kg. A diferença entre os valores foi de 13,41%.

Apesar da diferença entre os valores estimados e tabelados ser considerável, a equação que apresentou um coeficiente de correlação de 0,37 pode ser uma ferramenta viável quando se considera a complexidade e o custo das análises de Ca e P.

4.2 Alimentos de origem animal

4.2.1 Coeficiente de variação e amplitude

Na Tabela 6, são apresentados os coeficientes de variação (CV's) e a amplitude entre as variáveis de composição química e os valores energéticos dos alimentos de origem animal.

Tabela 6 Coeficiente de variação (CV) e amplitude para a EMAn e para as variáveis de composição química dos alimentos de origem animal (valores expressos com base na matéria seca).

| Alimentos de origem animal | | | | |
|-----------------------------------|---------------------|---------------------|------------------|---------------|
| Variáveis | Valor mínimo | Valor máximo | Amplitude | CV (%) |
| EMAn | 980,00 | 4.268 | 3.288 | 33,17 |
| PB | 30,47 | 82,14 | 51,67 | 24,86 |
| EE | 1,32 | 20,18 | 18,86 | 45,64 |
| MM | 1,40 | 44,96 | 43,56 | 61,13 |
| Ca | 0,02 | 18,77 | 18,75 | 72,39 |
| P | 0,23 | 9,96 | 9,73 | 64,22 |

¹EMAn= 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(%).

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 adultos. Segundo estes autores, as variações originaram-se de diferentes métodos de processamento e pela falta de padronização dos produtos nacionais.

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

Rostagno et al. (2005), com base em estudos conduzidos na Universidade Federal de Viçosa, elaboraram uma tabela de composição de

alimentos brasileiros, a qual mostrou variações quando comparada às tabelas de outros países em relação aos valores dos subprodutos de origem animal.

4.2.2 Coeficiente de correlação

Na Tabela 7, são apresentados os coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e EMAn dos alimentos de origem animal.

Tabela 7 Coeficientes de correlação estimados entre todas as variáveis da composição química e EMAn das farinhas de origem animal.

| | EMAn¹ | PB¹ | EE¹ | MM¹ | Ca¹ | P¹ |
|-------------|-------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| EMAn | 1,00 | --- | --- | --- | --- | --- |
| PB | 0,54** | 1,00 | --- | --- | --- | --- |
| EE | 0,21* | -0,46** | 1,00 | --- | --- | --- |
| MM | -0,69** | -0,91** | 0,21* | 1,00 | --- | --- |
| Ca | -0,65** | -0,85** | 0,24* | 0,91** | 1,00 | --- |
| P | -0,68** | -0,85** | 0,20 | 0,93** | 0,92** | 1,00 |

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio; PB= proteína bruta; EE= extrato etéreo; MM= matéria mineral; Ca= cálcio; P= fósforo

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

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

Todas as variáveis, com exceção do EE, apresentaram correlação significativa (P<0,01) com a EMAn. O EE e a PB foram as únicas variáveis que se correlacionaram positivamente com a EMAn (P<0,05 e P<0,01), respectivamente. O EE só apresentou correlação negativa com a PB ressaltando a sua importância direta e indiretamente com a determinação de EMAn.

As demais variáveis apresentaram correlação significativa ($P < 0,01$), porém negativa com a EMAn. O cálcio não apareceu nas equações determinadas, apresentando correlação negativa ($P < 0,01$) com a EMAn e PB, mas apresentou correlação positiva com as demais variáveis. O fósforo apareceu em três das cinco equações geradas e apresentou correlações semelhantes com as do cálcio.

Apesar da PB ($P < 0,01$) e do EE ($P < 0,05$) apresentarem correlação positiva com a EMAn estas variáveis apresentam correlação significativas, porém negativas entre si. Evidenciando, que o EE pode ter influenciado os valores de EMAn dos alimentos de origem animal, atuando direta ou indiretamente através da correlação com outras variáveis.

Com correlações positivas e estatisticamente significativas, as variáveis que influenciam diretamente a EMAn dos alimentos de origem animal são a PB apresentando uma correlação moderada (0,54) e o EE com influência menor sobre a EMAn, uma vez que apresentou correlação mais baixa (0,21), revelando que a EMAn aumenta a medida que aumentam os valores dessas duas variáveis (PB e EE).

Para as variáveis MM e Ca, observa-se que supostamente influenciam a EMAn dos alimentos de origem animal, via EE, já que se correlacionam positivamente ($P < 0,05$) com o mesmo. Mesmo sendo correlações baixas, é importante considerar esses efeitos secundários.

4.2.3 Equação de predição para alimentos de origem animal

Considerando as equações de predição obtidas utilizando todas as variáveis independentes a que teve o melhor ajuste para a EMAn dos alimentos

de origem animal (Tabela 8), foi a que apresentou PB, EE, MM e P na sua composição e coeficiente de determinação de 63%.

As equações preditas para alimentos de origem animal podem ser observadas na Tabela 8.

Tabela 8 Equações de predição obtidas para estimar os valores de EMAn em função da composição química de alimentos de origem animal, obtidos através da meta-análise e respectivos coeficientes de determinação.

| Alimentos de origem animal (todas as variáveis) | | | | | | |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|----------|----------------------|
| Constante | PB | EE | MM | Ca | P | R² |
| 3.527,65 | – | – | -43,31 | – | – | 0,47 |
| 2.921,91 | – | 68,40 | -48,32 | – | – | 0,61 |
| 2.926,86 | – | 68,72 | -32,47 | – | 61,90 | 0,62 |
| 1.337,28 | 19,03 | 84,89 | -15,53 | – | -94,80 | 0,63 |
| 599,0 | 27,69 | 91,75 | – | – | -135,50 | 0,63 |
| Alimentos de origem animal (exceto Ca e P) | | | | | | |
| Constante | PB | EE | MM | Ca | P | R² |
| 3.562,83 | – | – | -44,03 | – | – | 0,49 |
| 2.954,23 | – | 66,98 | -48,63 | – | – | 0,62 |

¹PB= Proteína Bruta, EE= Extrato Etéreo, MM= Matéria Mineral, Ca= Cálcio, P= Fósforo.

Porém, o coeficiente de determinação analisado separadamente, não é um parâmetro de avaliação da confiabilidade das equações geradas. Outros fatores devem ser levados em conta na avaliação entre equações geradas. O número de variáveis participantes do modelo é um fator determinante na escolha da equação. Equações geradas com menor número de variáveis e com

coeficiente de determinação semelhante são geralmente, as escolhidas pelos autores uma vez que o tempo, o número e o custo das análises laboratoriais diminuem.

As equações de predição que apresentaram maiores coeficientes de determinação foram aquelas que continham PB e EE como variáveis independentes na sua composição. Estas variáveis possuem correlações positivas e significativas PB ($P < 0,01$) e EE ($P < 0,05$) com a EMAn. Estes resultados são semelhantes aos apresentados por Dolz e Blass (1992), que, avaliando o valor energético da farinha de carne e ossos a partir de equações de predição, observaram melhor coeficiente de determinação para a equação contendo como variáveis independentes a PB e o EE.

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

As variáveis mais importantes na alteração do valor energético dos alimentos de origem animal que atuam de forma direta são MM (R^2 parcial = 0,47) e EE (R^2 parcial = 0,13). Porém ao se considerar a equação ajustada, $EMAn = 599,0 + 27,69 PB + 91,75 EE - 135,50 P$ percebe-se que a MM (R^2 parcial = 0,0040) saiu para a entrada do P (R^2 parcial = 0,0094).

Rostagno et al. (2005) determinou 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 na sua composição. Comparando os resultados de EMAn obtidos através da equação que obteve maior coeficiente de determinação com os valores tabelados de farinha de carne e ossos 45% Rostagno et al. (2005) observou-se uma pequena diferença sendo 2.358 kcal/kg o valor predito e 2.445 kcal/kg o valor tabelado.

Para a farinha de vísceras 57% o valor obtido através da equação foi 3.112 kcal/kg e o valor encontrado nas tabelas brasileiras é de 3.259 kcal/kg apresentando uma diferença de 4,52% entre os valores. Demonstrando, assim, que a equação gerada pode ser utilizada para a determinação da EMAn de farinha de vísceras.

Para a farinha de peixe 54% o valor obtido através da equação foi 2.375 kcal/kg e o valor encontrado nas tabelas brasileiras foi de 2.627 kcal/kg. Dos valores determinados pela equação que contém o maior coeficiente de determinação, o da farinha de peixe 54% foi o que menos se aproximou dos valores encontrados nas tabelas, mas, mesmo assim, o valor encontrado diferiu 9,6% do valor tabelado.

A equação $EMAn = 2.921,91 + 68,40 EE - 48,32 MM$ que possui um $R^2 = 0,61$, que é apenas 0,09% menor do que a equação que teve o maior R^2 , e uma variável dependente a menos no modelo se mostra como uma equação vantajosa por apresentar valores preditos aproximados quando comparados com os valores gerados pela equação que obteve maior coeficiente de determinação e com os valores das tabelas brasileiras.

Considerando as equações geradas sem as variáveis independentes Ca e P a equação de predição obtida com uma quantidade maior de dados, apresentou ajuste de EMAn de alimentos de origem animal, com um coeficiente de determinação ($R^2 = 0,62$).

A equação que obteve o maior coeficiente de determinação ($R^2 = 0,62$) que foi $EMAn = 2.954,23 + 66,98 EE - 48,63 MM$, demonstrou um menor coeficiente de determinação quando comparada com a equação que obteve o procedimento estatístico realizado com todas as variáveis independentes ($EMAn = 1.337,28 + 19,03 PB + 84,89 EE - 15,53 MM - 94,80 P$) que apresentou um coeficiente de determinação de 0,63.

Este comportamento pode ter acontecido pelo fato de que os procedimentos estatísticos realizados não levaram em consideração as variáveis Ca e P que por sua vez possuem correlação negativa, porém alta com a EMAn. O fato de as mesmas possuírem coeficientes de determinações parciais que contribuem para um melhor ajuste da equação ajuda a explicar o menor coeficiente de determinação.

5 CONCLUSÕES

Indica-se para farinha de carne e ossos a equação que melhor se ajustou para estimar a EMAn foi $EMAn = 1.839,20 + 105,60 EE - 176,24 P$ com R^2 de 44%.

Indica-se a equação $EMAn = 2.921,91 + 68,40 EE - 48,32410 MM$, com R^2 de 61%, para estimar os valores de EMAn das farinhas de origem animal para aves, sendo o MM a principal variável responsável para explicar a variabilidade da EMAn dos alimentos estudados. Quando a variável independente MM não foi considerada no procedimento estatístico o coeficiente de determinação não mudou.

As equações de predição obtidas estimaram valores muito próximos daqueles obtidos por Rostagno et al. (2005), mostrando ser uma ferramenta vantajosa para a determinação da EMAn de alimentos de origem animal.

REFERÊNCIAS

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

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.

ALBINO, L. F. T.; FIALHO, E. T. Avaliação química e biológica de alguns alimentos usados em rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 13, n. 3, p. 291-300, maio/jun. 1984.

ALBINO, L. F. T.; SILVA, M. A. Tópicos avançados em exigências nutricionais para frangos de corte. In: CONGRESSO NACIONAL DE ZOOTECNIA, 14., 1996, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: PUCRS, 1996. p. 59-64.

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. et al. Energia metabolizável aparente e verdadeira de alguns alimentos determinados com galos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 12, p. 1433-1437, dez. 1989.

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, jan./fev. 1981.

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.

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

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

BORGES, F. M. O. et al. Avaliação de métodos para estimar energia metabolizável em alimentos para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 35., 1999, Botucatu. **Anais...** Botucatu: SBZ, 1999. p. 386-388.

BRUM, P. A. R. et al. Composição química e energia metabolizável de ingredientes para aves. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 5, p. 995-1002, maio 2000.

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, MG, v. 35, n. 6, p. 2297-2302, nov./dez. 2006.

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.

D'AGOSTINI, P.; GOMES, P. C.; ALBINO, L. F. T. Valores de composição química e energética de alguns alimentos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 1, p. 128-134, jan./fev. 2004.

DALE, N. Ingredient analysis table: 1999 edition. **Feedstuffs**, Minneapolis, v. 71, n. 31, p. 24-31, July, 1999.

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.

DEGUSSA, A. C. **Digestible amino acids in feedstuffs for poultry**. Frankfurt: [s. n.], 1993. 18 p.

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

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

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

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

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 JR, 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.

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, Nov. 1976.

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

HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. São Paulo: HUCITEC, 1977.

JANSSEN, W. M. A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3rd ed. Beekbergen: WPSA, 1989. 84 p.

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.

KIRBY, K. N. **Advanced data analysis with SYSTAT**. New York: Reinhold, 1993. 475 p.

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

LONGE, O. G.; TONA, G. O. Metabolizable energy values of some tropical feedstuffs for poultry. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 4, n. 65, p. 358-360, Oct. 1988.

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.

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

MELLO, H. H. C. et al. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 38, n. 5, p. 863-868, maio, 2009.

MENTEN, J. F. M. et al. Valores de energia metabolizável de milho e farelo de soja para frangos de corte na fase pré-inicial. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39., 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. 1 CD-ROM.

NASCIMENTO, A. H. et al. Composição química e valores de energia metabolizável das farinhas de penas e vísceras determinados por diferentes metodologias para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 31, n. 3, p. 1409-1417, maio/jun. 2002.

NASCIMENTO, A. H. Valores de energia metabolizável de farinhas de penas e de vísceras determinados com diferentes níveis de inclusão e de idades das aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 34, n.3, p. 877-881, maio/jun. 2005.

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.

NASCIMENTO, G. A. J. **Equações de predição dos valores energéticos dealimentos 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**. 9th 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.

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, 2004.

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

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

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 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.

RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos do milho, 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.

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.

ROSTAGNO, H. S.; NASCIMENTO, A. H.; ALBINO, L. F. T. Aminoácidos totais e digestíveis para aves. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1999. p. 65-83.

ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: UFV, 2005. 186 p.

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, 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.

SCOTT, T. A.; NESHEIN, M. C.; YOUNG, R. J. **Nutrition of the chickens**. 3rd ed. Ithaca: M. L. Scott & Associates, 1982. 562 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**, Champaign, v. 42, n. 1, p. 13-25, Jan. 1963.

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.

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.

SOARES, K. R. et al. Valores de energia metabolizável de alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 238-244, jan./fev. 2005.

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.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS/STAT**: user's guide, version 7.0. Cary, 2000. 325p.

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, 2003.

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

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