



Equações de predição para estimar os valores energéticos de alimentos concentrados de origem vegetal para aves utilizando a metanálise¹

Germano Augusto Jerônimo do Nascimento^{2*}, Paulo Borges Rodrigues³, Rilke Tadeu Fonseca de Freitas³, Antônio Gilberto Bertechini³, Renato Ribeiro de Lima⁴, Luiz Eduardo Avelar Pucci²

¹ Projeto financiado pelo CNPq.

² Pós-graduação em Zootecnia da UFLA.

³ Departamento de Zootecnia da UFLA. Pesquisador do INCT-CA.

⁴ Departamento de Ciências Exatas da UFLA.

RESUMO - Este trabalho foi realizado visando obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável (EMAn) de alimentos concentrados de origem vegetal comumente utilizados nas rações de aves utilizando-se o princípio da meta-análise. Dados com valores de EMAn e composição química dos alimentos (proteína bruta, PB; extrato etéreo, EE; matéria mineral, MM; fibra bruta, FB, fibra em detergente neutro, FDN e fibra em detergente ácido, FDA) foram utilizados para estimar a EMAn considerando a composição química desses alimentos. Foram incluídos os efeitos de sexo em três níveis (macho, fêmea e mistos); idade em quatro níveis (1^a e 2^a semanas de vida; 3^a e 4^a semanas; 5^a e 6^a semanas; acima ou indefinido), e metodologia empregada no metabolismo em dois níveis (coleta total - CT; alimentação forçada + CT). O arranjo fatorial entre os efeitos (3 × 4 × 2), totalizando até 24 grupos, foi submetido à análise dos mínimos quadrados ponderados. Adotou-se o procedimento de Stepwise para estudar a associação entre as variáveis e, então, utilizou-se o Proc Reg do SAS para ajustar o modelo de regressão linear múltipla. Duas equações melhor se ajustaram para estimar a EMAn dos alimentos concentrados, EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA (R² = 0,84) e EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN (R² = 0,83). As variáveis FDN e FDA dos alimentos são importantes e não podem ser desconsideradas, pois sua retirada do modelo ocasionou redução do coeficiente de determinação de 84% e 83% para 70%.

Palavras-chave: composição química, energia metabolizável, frangos de corte, mínimos quadrados ponderados

Prediction equations to estimate the energy values of plant origin concentrate feeds for poultry utilizing the meta-analysis

ABSTRACT - The present study was carried out to obtain prediction equations to estimate the metabolizable energy values (AMEn) of concentrate feeds of plant origin commonly used in poultry diets, using the meta-analysis principle. A data collection review was made of the studies carried out in Brazil to catalogue information on the metabolizable energy values and chemical composition of the feeds (CP - crude protein; EE - ether extract; ash; CF - crude fiber; NDF - neutral detergent fiber; ADF - acid detergent fiber), to obtain the prediction equations to estimate the metabolizable energy of these feeds, using their chemical composition. The following effects were considered: sex at three levels (male; female and mixed); age at four levels (1st and 2nd week of life; 3rd and 4th week; 5th and 6th week; above or indefinite) and the methodology used in the metabolism assay at two levels (total collection of excreta - TC and forced fed plus TC). The factorial arrangement among the effects (3 × 4 × 2), totaling up to 24 groups, was submitted to the weighed least squares analysis. The Stepwise procedure was adopted to study the association among the variables, and then, the Proc Reg (SAS) as used to fit the multiple linear regression model. Two equations were a better fit to estimate the metabolizable energy of the concentrate feeds, metabolizable energy = 4101.33 + 56.28EE - 232.97ash - 28.86NDF + 10.42ADF (R² = 0.84) and metabolizable energy = 4095.41 + 56.84EE - 225.26ash - 22.24NDF (R² = 0.83). It was observed that the variables neutral detergent fiber and acid detergent fiber were important and that they cannot be disregarded, since their removal from the model reduced the determination coefficient from 84% and 83% to 70%.

Key Words: broilers, chemical composition, metabolizable energy, minimum square ponderate

Introdução

Na formulação de rações, normalmente são utilizados valores bromatológicos extraídos de tabelas de composição de alimentos, entretanto, esses valores podem variar entre tabelas, segundo Rostagno (1990). Essas diferenças podem estar relacionadas à origem, às proporções e aos tipos de matéria-prima utilizados, além das diferenças no processamento dos alimentos.

Segundo Sakomura & Silva (1998), o conteúdo em nutrientes de vários cereais encontrados nas tabelas de composição não é confiável para a formulação de rações e, entre os fatores que determinam essa diversidade, pode-se citar a variedade. Dessa forma, pode ser pouco seguro para a indústria utilizar os valores de tabela e seria extremamente oneroso e difícil submeter todas as partidas de matéria-prima a ensaios *in vivo*. Como as indústrias podem obter, com relativa facilidade, a composição bromatológica dos alimentos, o uso de regressões baseadas nessas análises químicas pode ser de grande valia.

A importância de determinar equações de predição para o valor energético dos alimentos decorre da dificuldade em efetuar bioensaios e do fato de a maioria dos laboratórios não terem calorímetro. Nesse caso, trabalhar com equações geradas a partir de análises químicas simples pode auxiliar o nutricionista. Além disso, mesmo que os laboratórios tenham calorímetro, a execução de ensaios biológicos é dispendiosa e demorada (Albino, 1980).

A composição química e os valores energéticos dos alimentos variam com diversos fatores (Lopes et al., 1990) e a necessidade de combinar informações provenientes de dados coletados sob diferentes condições é muito antiga. O procedimento com métodos estatísticos para combinar ou comparar resultados de estudos distintos, mas relacionados, é definido como meta-análise (Kirby, 1993).

O crescente volume de publicações científicas gerado pelo desenvolvimento de pesquisas e as conclusões, algumas vezes destoantes, obtidas em diferentes trabalhos sobre o mesmo tema são as duas principais motivações de pesquisadores em compilar informações publicadas. Assim, procedimentos estatísticos, como a metanálise, vêm sendo utilizados para obtenção de uma resposta única e confiável para um conjunto de resultados publicados (Giannotti, 2004).

Apesar das críticas e dos problemas enfrentados pela meta-análise, as evidências indicam que é um procedimento estatístico aceito gradativamente pela comunidade científica e sua aplicação tem aumentado em todos os campos das ciências (Cooper, 1990).

Objetivou-se com este trabalho obter equações de predição para estimar os valores de energia metabolizável utilizando-se a composição química dos alimentos concentrados de origem vegetal comumente utilizados na alimentação de frangos de corte aplicando-se o princípio da metanálise para agrupar e ajustar os dados.

Material e Métodos

Utilizaram-se valores de energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMAn) e composição química dos alimentos concentrados de origem vegetal (energéticos e proteicos) usualmente utilizados na formulação de rações para aves (Tabela 1). As informações foram provenientes de ampla revisão bibliográfica, incluindo o máximo possível de estudos realizados no Brasil nos últimos 40 anos.

Como as características de clima e solo variam entre países, visando obter dados de situações o mais semelhante possível, utilizaram-se apenas dados obtidos no Brasil, pois, de acordo com Albino & Silva (1996), a composição química dos alimentos é bastante variável e está relacionada à espécie e variedade do grão, à origem e às condições climáticas e de solo em que são produzidos.

Para catalogação, as informações foram analisadas como completas e incompletas. As completas foram aquelas que apresentavam em sua composição proteína bruta (PB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fibra bruta (FB), fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA), e as incompletas aquelas que apresentavam apenas PB, EE, MM e FB.

Foram catalogadas 293 informações completas (197 para dados de alimentos energéticos e 96 para proteicos) e 574 registros para todas as informações (completas e incompletas): 375 e 199 informações para alimentos energéticos e proteicos, respectivamente. Os concentrados energéticos foram considerados os alimentos que apresentavam em sua composição menos de 18% de FB e menos de 20% de PB. Os concentrados proteicos, por sua vez, foram aqueles com menos de 18% de FB e mais de 20% de PB na matéria seca (MS).

Os procedimentos estatísticos foram realizados para determinar a equação de predição e estimar os valores da EMAn desses alimentos. Inicialmente, realizou-se o procedimento para as informações completas e subsequentemente para todas as informações (completas e incompletas). Observaram-se os resultados estatísticos para cada análise separadamente, considerando o coeficiente de determinação (r^2) para as equações de predição ajustadas, em cada caso em particular.

Tabela 1 - Alimentos concentrados catalogados

Aveia grão	Farelo de trigo	Milho grão	Farelo de amendoim	Fermento dessecado de cerveja
Centeio grão	Farelo de trigo animal	Milho gelatinizado	Farelo de babaçu	Farelo de soja reintegrado
Cevada grão	Farelo de trigo grosso	Milho opaco grão	Farelo de canola	Farelo de soja alta proteína
Farelinho de trigo	Farelo de trigo humano	Milho, subproduto industrial	Farelo de coco	Gérmen de milho
Farelo de arroz	Farelo de mandioca	Quebrado de arroz	Farelo de colza	Gérmen de trigo
Farelo de arroz desengordurado	Farinha de algaroba	Quirera de arroz	Farelo de girassol	Glúten de milho
Farelo de arroz integral	Farinha de mandioca	Raspa integral de mandioca	Farelo de glúten de milho	Levedura de cerveja
Farelo de arroz solvente	Farinha de trigo clara	Sorgo baixo tanino	Farinha de glúten de milho	Soja extrusada
Farelo de canjiqueiro de milho	Farinha de trigo escura	Sorgo grão	Farinha morena	Soja tostada
Farelo de casca de milho	Gérmen de milho	Sorgo moído	Farelo de mamona	Soja concentrado protéico
Farelo de gérmen de milho	Gérmen de milho desengordurado	Sorgo sacarino	Farelo de soja	Soja cozida
Farelo de gérmen de milho desengordurado	Gérmen de milho fino	Trigo grão	Farelo de soja texturizada	Soja grão
Farelo de gérmen de milho solvente	Milheto	Trigo moído	Farelo de torta de algodão	Soja integral Jet Sploder
Farelo de mandioca	Milheto moído	Trigo mourisco grão	Farelo de torta de amendoim	Soja micronizada
Farelo de quirera de milho	Milho	Triguilho	Farelo de torta de colza	Soja torrada
Farelo de resíduo de mandioca	Milho alta gordura	Triticale	Farelo de torta de girassol	Soja integral desativada
Farelo de resíduo de milho	Milho canjica	Farelo de algodão	Farelo de torta de soja solvente	Torta de linhaça

Para conversão dos resultados de cada estudo para uma métrica comum, realizou-se determinação de grupos considerando os efeitos que influenciam o valor energético dos alimentos diretamente, ou seja, que não modificam sua composição química e que ocasionam variabilidade no seu valor energético, por exemplo a metodologia empregada no ensaio de metabolismo (coleta total ou alimentação forçada + coleta total), sexo e idade dos animais experimentais.

Após a identificação desses efeitos nos trabalhos revisados, foram determinados códigos para cada efeito em particular e, a partir daí, foram feitos agrupamentos desses códigos para determinação dos grupos submetidos à análise dos mínimos quadrados ponderados realizando-se o procedimento da metanálise.

Portanto, para o efeito sexo, obtiveram-se três códigos (machos = 1, fêmea = 2 e animais mistos = 3); para idade, quatro códigos (1 e 2ª semanas de vida = 1; 3 e 4ª semanas = 2; 5 e 6ª semanas = 3; acima dessas idades ou indefinido = 4), enquanto para metodologia apenas dois códigos (coleta total de excretas – CTE = 1, alimentação forçada + CTE = 2). A formação dos grupos foi realizada em um fatorial $3 \times 4 \times 2$, com três códigos de sexo \times quatro de idade \times dois de metodologias, totalizando até 24 grupos, mas não necessariamente todos efetivados.

Como se trabalhou com o modelo estatístico de regressão linear múltipla, as estimativas dos parâmetros foram determinadas de acordo com o método dos mínimos quadrados (Hoffman & Vieira, 1977) e, para escolha do fator de ponderação, utilizaram-se os grupos pré-determinados no estudo. Portanto, o procedimento adotado para essa ponderação foi o método dos mínimos quadrados ponderados, considerando o inverso da variância ($1/\sigma_i^2$) para cada grupo (Hoffman & Vieira, 1977).

Esse fator de ponderação determinou a variância existente para a variável dependente do modelo de regressão linear múltipla dentro de cada grupo, nesse caso, a EMAN dos alimentos utilizados. Entretanto, existem outros fatores que também podem ser testados, e que podem ser analisados e discutidos em trabalhos futuros.

Para elucidar a estrutura de relações entre as variáveis de composição química e de valores energéticos de cada alimento, foram estimadas as correlações de Pearson (Draper & Smith, 1981) entre todos os pares possíveis, utilizando-se o Proc Corr do Sistema SAS (SAS, 1995). As medidas de dissimilaridade a serem utilizadas para compor a matriz de distâncias para todas as variáveis foram estimadas pelo método do vizinho mais próximo e, de acordo com o resultado, caso necessário, o dendograma era obtido para melhor visualização da relação entre as

variáveis. Para esse procedimento, utilizou-se o programa computacional GENES, versão 2006.4.1 (Cruz, 2006).

O ajuste do modelo de regressão linear múltipla foi feito pelo Proc Reg do sistema SAS (Statistical Analysis System, 1995), considerando o seguinte modelo de regressão:

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

em que: Y_i = valor da EMAn do alimento, determinado em ensaio metabólico no i -ésimo estudo; $X_{i1}; \dots; X_{i6}$ = variáveis de composição química do alimento, no i -ésimo estudo, respectivamente, PB, MM, EE, FB, FDN e FDA, ε_i = erro associado à i -ésima observação, assumido normal e independentemente distribuído, com média 0 e variância σ_i^2 .

Para avaliar a importância das variáveis de composição química sobre o valor de EMAn do alimento, estimou-se o coeficiente de determinação parcial de cada variável (Tipo II) no modelo completo e adotou-se o procedimento de seleção de equações ajustadas denominado *stepwise* (Draper & Smith, 1981). Para avaliar a importância dos valores de composição química no valor energético dos alimentos, inicialmente estimou-se o coeficiente de determinação parcial de cada variável no modelo completo.

Resultados e Discussão

Considerando as 293 informações completas, a equação de predição que teve o melhor ajuste para estimar o valor de EMAn dos alimentos concentrados apresentou R^2 de 84%, no entanto, uma segunda equação também pode ser considerada, com R^2 de 83% (Tabela 2). Incluindo as 574 informações (completas e incompletas), a equação de predição obtida, apesar da quantidade maior de dados, apresentou o melhor ajuste para estimar o valor da EMAn desses alimentos, com R^2 de 70%.

Nas 574 informações catalogadas, foram desconsideradas as variáveis FDN e FDA, o que pode justificar a redução do R^2 de 83% e 84% para 70%, uma vez que essas variáveis fizeram parte das equações ajustadas com as 293 informações. Desta forma, serão enfatizados neste trabalho os resultados gerados com as 293 informações catalogadas, uma vez que permitiram melhor ajuste das equações.

A equação que melhor se ajustou para determinar a EMAn dos alimentos concentrados foi $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$, com R^2 de 84% (Tabela 2). As equações com mais de uma variável mostraram melhores ajustes, assim como os teores de FDA são importantes para variabilidade energética desses

Tabela 2 - Equações de predição obtidas para estimar os valores da EMAn dos alimentos concentrados considerando suas composições químicas (com base na matéria seca)

Constante	Coeficiente ¹						R ²
	PB	EE	MM	FB	FDN	FDA	
+4052,25	-	-	-247,55	-	-	-	0,60
+3839,15	-	+53,80	-264,46	-	-	-	0,74
+4095,41	-	+56,84	-225,26	-	-22,24	-	0,83
+4101,33	-	+56,28	-232,97	-	-24,86	+10,42	0,84

¹PB = proteína bruta (%); EE = extrato etéreo (%); MM = matéria mineral (%); FB = fibra bruta (%); FDN = fibra em detergente neutro (%) e FDA = fibra em detergente ácido (%).

alimentos, uma vez que, quando essa variável foi incluída no modelo ajustado da equação, o R^2 da equação de predição melhorou de 83% para 84%.

Conduzindo experimentos para determinar os valores da EMAn de várias amostras de farinha de vísceras de aves e relacionando os resultados obtidos com a análise proximal, por meio de regressões múltiplas, Pesti et al. (1986) observaram melhores ajustes ($R^2 = 0,90$) quando combinaram, duas a duas, as variáveis cinzas, proteína bruta, cálcio e fósforo. Neste trabalho, a matéria mineral compôs todas as equações ajustadas, porém, diferentemente da forma descrita por Pesti et al. (1986), a catalogação dos dados deste estudo não foi realizada com alimentos concentrados de origem animal e sim vegetal.

De acordo com Rodrigues et al. (2002), equações com duas a quatro variáveis estimaram melhor os valores energéticos dos alimentos proteicos testados (oito deles à base de soja), porém, nem todas as equações com esse número de variáveis produziram boas estimativas, pois, apesar de a variável compor a equação, deve estar correlacionada aos valores energéticos.

Zonta et al. (2004) validaram as equações de Rodrigues et al. (2002) e Janssen (1989) observaram que os farelos de soja foram mais bem estimados pela equação de Janssen (1989), $EMAn = 37,5PB + 46,39EE + 14,9ENN$, porém a utilização das equações de Rodrigues et al. (2002), $EMAn = -822,33 + 69,54PB - 45,46FDA + 90,81EE$ ($R^2 = 92\%$) e $EMAn = 2723,05 - 50,52FDA + 60,40EE$ ($R^2 = 90\%$) para prever a EMAn do farelos de soja também foi viável.

Sibbald & Price (1977) discordam da afirmação de que equações de predição são viáveis para determinar os valores energéticos dos alimentos. Esses autores se basearam em um experimento em que foram obtidas a EMA e EMV de 30 amostras de trigo e 28 de aveia, que foram comparadas a valores de EM preditos por dados químicos e físicos obtidos dos grãos. Segundo os autores, as comparações entre os valores preditos e observados para o trigo, tanto para a

EMA quanto para EMV, comprovaram que as predições tiveram pouca precisão e acurácia para aplicação prática. No entanto, de acordo com Sakomura & Silva (1998), vários pesquisadores desenvolveram boas equações de predição para estimar o conteúdo de energia dos ingredientes com base na composição química.

Esse ajuste com R^2 inferior a 90% nos resultados deste trabalho pode estar relacionado à variabilidade entre os alimentos, tanto na EMAn quanto na composição química (Tabela 3).

As correlações entre todas as variáveis da composição química e os valores da EMAn dos alimentos concentrados indicaram que apenas o extrato etéreo teve efeito positivo (0,269) sobre a EMAn, enquanto, para os demais nutrientes, esse efeito foi negativo na seguinte ordem de importância: MM (-0,753), FB (-0,705), FDN (-0,575), FDA (-0,427) e PB (-0,378) (Tabela 4). Ressalta-se que, apesar das altas correlações negativas, a fibra bruta e a proteína bruta não compõem nenhuma das equações obtidas para estimar os valores energéticos dos alimentos concentrados.

Apenas o teor de extrato etéreo correlacionou-se positivamente (0,269; $P < 0,01$) com a energia metabolizável aparente corrigida (EMAn). Em ordem de importância, a matéria mineral foi o nutriente mais importante que se correlacionou negativamente com a EMAn dos alimentos (-0,753), seguida da FB (-0,705), FDN (-0,575), FDA (-0,427)

e PB (-0,378), revelando elevado grau de associação entre essas variáveis e a EMAn dos concentrados de origem vegetal. Portanto, se o teor de uma delas aumenta, o teor energético dos alimentos reduz.

Rodrigues et al. (2001) determinaram equações de predição para o milho e subprodutos do milho, tanto energéticos como proteicos, e observaram que a matéria mineral foi fração que mais se correlacionou aos valores energéticos desses alimentos, participando de praticamente todas as equações estimadas, exceto aquela em que a FDN participou isoladamente. Apesar de se correlacionar negativamente ao conteúdo de energia dos alimentos, a correlação entre matéria mineral e EMAn foi alta, correspondendo a 0,93.

Neste estudo, a matéria mineral, além de atuar expressivamente sobre os valores de EMAn dos alimentos, compondo todas as equações ajustadas, foi positiva e significativamente correlacionada a todos os outros nutrientes, como a FB (0,719; $P < 0,01$), a PB (0,678; $P < 0,01$), FDA (0,518; $P < 0,01$), FDN (0,390; $P < 0,01$) e o EE (0,132; $P < 0,05$). No entanto, essas variáveis que se correlacionam com a matéria mineral têm influências supostamente indiretas e menos evidentes sobre a EMAn dos alimentos concentrados, pois, à medida que uma delas se eleva nos alimentos, os teores de matéria mineral têm o mesmo comportamento e, por consequência, a EMAn diminui.

Tabela 3 - Coeficientes de variação para a EMAn e composição química dos alimentos concentrados (valores expressos com base na matéria seca)

Variável ¹	Alimento concentrado (293 informações completas)			
	Valor mínimo	Valor máximo	Amplitude	Coefficiente de variação (%)
EMAn	710	4998	4288	23,91
Proteína bruta (%)	2,82	71,44	68,62	78,61
Extrato etéreo (%)	0,37	26,21	25,84	104,37
Matéria mineral (%)	0,88	11,25	10,37	68,24
Fibra bruta (%)	0,02	15,65	15,63	81,32
Fibra em detergente neutro (%)	1,48	59,29	57,81	59,49
Fibra em detergente ácido (%)	0,68	36,90	36,22	77,87

¹EMAn= energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (kcal de EM/kg).

Tabela 4 - Coeficientes de correlação entre todas as variáveis da composição química e valores da EMAn dos alimentos concentrados

	EMAn ¹	Proteína bruta ¹	Extrato etéreo ¹	Matéria mineral ¹	Fibra bruta ¹	Fibra em detergente neutro ¹	Fibra em detergente ácido ¹
EMAn	1,000						
Proteína bruta	-0,378**	1,000					
Extrato etéreo	0,269**	0,120*	1,000				
Matéria mineral	-0,753**	0,678**	0,132*	1,000			
Fibra bruta	-0,705**	0,303**	0,068	0,719**	1,000		
Fibra em detergente neutro	-0,575**	-0,063	0,111	0,390**	0,763**	1,000	
Fibra em detergente ácido	-0,427**	0,367**	0,160**	0,518**	0,648**	0,583**	1,000

EMAn = energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio.

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

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

Logicamente, o aumento da matéria mineral do alimento resulta em diminuição da matéria orgânica, que é geradora de energia, e, com isso, o valor energético do alimento diminui.

Nagata et al. (2004) validaram as equações propostas por Rodrigues (2000) e concluíram que a equação $EMAn = 4021,8 - 227,55MM$ foi a mais indicada para prever valores da EMAn dos alimentos energéticos analisados (7 híbridos de milho, 1 gérmen de milho, 1 quirera de milho, 2 milhetos e 2 sorgos). Essas referências consolidam os registros de que a matéria mineral realmente é importante na variabilidade energética dos alimentos.

Correlações significativas também foram constatadas entre algumas variáveis que têm efeito indireto sobre os valores de EMAn dos concentrados, como PB e FB (0,303; $P < 0,01$), uma vez que o aumento da proteína bruta do alimento ocasiona aumento da fibra bruta. Assim, os teores de FDN e FDA, por estarem altamente correlacionados aos teores de FB dos alimentos (0,763; $P < 0,01$; 0,648; $P < 0,01$, respectivamente), também têm seus valores elevados, com isso, os valores da EMAn desses alimentos são reduzidos.

Os teores de FDN e FDA, além de apresentarem correlações negativas com a EMAn dos alimentos, são muito importantes na variabilidade energética dos alimentos, pois participam efetivamente do modelo da equação de predição ajustada para estimar os valores da EMAn dos alimentos concentrados ($EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$). Portanto, não podem ser desconsiderados.

Correlações negativas entre os componentes da fibra dos alimentos e os valores da EMAn dos alimentos são explicadas por Smits & Annison (1996) e Philip et al. (1995). De acordo com esses autores, a parede celular das fibras dos vegetais apresenta conteúdo variável de polissacarídeos não-amídicos solúveis (PNA), o que carrega efeito negativo na habilidade das aves em digerir alguns nutrientes, sobretudo amido, proteína e gordura, promovendo redução na absorção dos nutrientes e diminuindo o valor energético dos alimentos.

Todas as variáveis da composição química dos alimentos consideradas neste trabalho são importantes na alteração do valor energético dos alimentos concentrados, todavia, ao considerar o modelo da equação ajustada $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$, com R^2 de 84%, a matéria mineral mostrou-se a variável mais importante, com R^2 parcial de 60% (compondo todas as equações ajustadas), seguida do EE (R^2 parcial = 14,34%), da FDN (R^2 parcial = 9,17%) e da FDA (R^2 parcial = 0,33%).

Dale et al. (1990), citados por Azevedo (1996), analisaram a composição química e os valores energéticos de várias amostras de farinha de vísceras de aves, procedentes de quatro países diferentes, e determinaram equações para estimar a energia metabolizável (EMVn), 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 da composição química e a melhor equação foi obtida quando incluídos EE e MM. Neste estudo, mesmo sem utilizar valores da composição química de alimentos de origem animal para gerar as equações, também ficou evidenciada a importância dos valores de EE e MM no valor energético dos alimentos concentrados.

Quando utilizadas as 574 informações completas e incompletas, ou seja, quando desconsideradas a FDN e FDA, a equação ajustada para determinar a EMAn dos alimentos concentrados foi $EMAn = 3798,11 + 42,76EE - 135,69MM - 71,24FB$, com R^2 de 70%. Mesmo aumentando o número de informações de 293 para 574, o ajuste da equação de predição não foi satisfatório.

Os teores de fibra devem ser considerados em trabalhos realizados para analisar os valores nutricionais de determinados alimentos para aves. No decorrer das revisões para catalogação das informações, observou-se deficiência nesse aspecto, uma vez que, nas publicações nacionais consultadas, vários autores desconsideraram os teores de FDN e FDA, notadamente importantes nas equações de predição obtidas neste estudo.

O teste de multicolinearidade foi realizado entre as variáveis da composição química dos alimentos, de acordo com Montgomery & Peck (1981), utilizando apenas as 293 informações completas ou as 574 informações completas mais incompletas. Não foi comprovada significância estatística em nenhum dos casos. Portanto, não houve necessidade de expor o diagrama dos resultados, conhecido como dendograma, uma vez que não seria possível visualizar inter-relações estatisticamente significativas entre as variáveis em estudo.

Conclusões

Duas equações se ajustam melhor para estimar a EMAn dos alimentos concentrados de origem vegetal: $EMAn = 4101,33 + 56,28EE - 232,97MM - 24,86FDN + 10,42FDA$, com R^2 de 84%; e $EMAn = 4095,41 + 56,84EE - 225,26MM - 22,24FDN$, com R^2 de 83%. A matéria mineral foi a variável mais importante no modelo ajustado. Com isso, são necessárias, análises por meio de comparações

estatísticas futuras das duas equações utilizando a metodologia de ensaios metabólicos com aves. Os teores de FDN e FDA são variáveis importantes e que não podem ser desconsideradas no ajuste de equações de predição para estimar os valores energéticos dos alimentos concentrados de origem vegetal.

Literatura Citada

- ALBINO, L.F.T. **Determinação de valores de energia metabolizável e triptofano de alguns alimentos para aves em diferentes idades**. 1980. 55f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1980.
- 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, MG. **Anais...** Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1996. p.303-318.
- AZEVEDO, D.M.S. **Fatores que afetam os valores de energia metabolizável da farinha de carne e ossos para aves**. 1996. 71f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1996.
- COOPER, H.M. **Integrating research: a guide for literature reviews**. 2.ed. Newbury Park: Sage, 1990. 157p.
- CRUZ, C.D. **Programa GENES – análise multivariada e simulação**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 175p.
- DRAPER, N.R.; SMITH, H. **Applied regression analysis**. 2.ed. New York: John Wiley, 1981. 709p.
- GIANNOTTI, J.D.G. **Meta-análise de parâmetros genéticos de características de crescimento em bovinos de corte sob enfoques clássico e bayesiano**. 2004. 86f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.
- HOFFMANN, R.; VIEIRA, S. **Análise de regressão: uma introdução à econometria**. São Paulo: HUCITEC, Editora da Universidade de São Paulo, 1977. 339p.
- JANSSEN, W.M.M.A. **European table of energy values for poultry feedstuffs**. 3.ed. Beekbergen: Spelderholt Center for Poultry Res. and Information Services, 1989. 84p.
- KIRBY, K.N. **Advanced data analysis with SYSTAT**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1993. 475p.
- LOPES, D.C.; DONZELLE, J.L.; ALVARENGA, J.C. et al. Efeito do nível de carunchamento do milho sobre a digestibilidade de sua proteína e energia para suínos em crescimento. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.19, n.3, p.181-185, 1990.
- MONTGOMERY, D.C.; PECK, E.A. **Introduction to linear regression analysis**. New York: J. Wiley, 1981. 504p.
- NAGATA, A.K.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. Energia metabolizável de alguns alimentos energéticos para frangos de corte, determinada por ensaios metabólicos e por equações de predição. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.3, p.668-677, 2004.
- PESTI, G.M.; FAUST, L.O.; FULLER, H.L. et al. Nutritive value of poultry by-product meal. I. Metabolizable energy values as influenced by method of determination and level of substitution. **Poultry Science**, v.65, n.12, p.2258- 2267, 1986.
- PHILIP, J.S.; GILBERT, H.J.; SWITHARD, R.R. Growth, viscosity and beta-glucanase activity of intestinal fluid in broiler chickens feed on barley-based diets with or without exogenous beta-glucanase. **British Poultry Science**, v.36, n.4, p.599-605, 1995.
- RODRIGUES, P.B. **Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves**. 2000. 204f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2000.
- RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Valores energéticos do milho, do milho e subprodutos do milho, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.6, p.1767-1778, 2001.
- RODRIGUES, P.B.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.31, n.4, p.1771-1782, 2002.
- ROSTAGNO, H.S. Valores de alimentos e de exigências nutricionais utilizados na formulação de rações para aves. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1990, Campinas. **Anais...** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1990. p.11-30.
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, R. Conceitos inovadores aplicáveis à nutrição de não ruminantes. **Caderno Técnico da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Minas Gerais**, v.22, p.125-146, 1998.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT user's guide**. version, 5. Cary, 1995.
- SIBBALD, I.R.; PRICE, K. True and apparent metabolizable energy values for poultry of canadian wheats and oats measured by bioassay and predicted from physical and chemical data. **Canadian Journal of Animal Science**, v.57, n.4, p.365-374, 1977.
- SMITS, C.H.M., ANNISON, G. Non-starch plant polysaccharides in broiler nutrition - towards a physiological valid approach to their determination. **World Poultry Science Journal**, v.52, n.2, p.203-221, 1996.
- ZONTA, M.C.M.; RODRIGUES, P.B.; ZONTA, A. et al. Energia metabolizável de ingredientes protéicos determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. **Ciência e Agrotecnologia**, v.28, n.6, p.1400-1407, 2004.