

EQUAÇÕES DE PREDIÇÃO DA ENERGIA DE INGREDIENTES PROTEICOS DE ORIGEM VEGETAL UTILIZADOS NA ALIMENTAÇÃO DE SUÍNOS*

PREDICTION EQUATIONS OF DIGESTIBLE ENERGY FOR PROTEIN INGREDIENTS OF VEGETABLE ORIGIN USED IN SWINE'S DIETS

ECUACIONES DE PREDICCIÓN DE LA ENERGÍA DE LOS INGREDIENTES PROTEICOS DE ORIGEN VEGETAL UTILIZADOS EN DIETAS PARA CERDOS

Juliana da Conceição dos Santos

Graduanda em Zootecnia pela Universidade Federal do Maranhão/UFMA

Jefferson Costa de Siqueira

Doutor em Zootecnia pela UNESP - Jaboticabal

Francisco Loiola de Oliveira

Graduando em Zootecnia pela Universidade Federal do Maranhão/UFMA

Wellyngton Gomes Pereira

Graduando em Zootecnia pela Universidade Federal do Maranhão/UFMA

RESUMO: Objetivou-se elaborar equações de predição da energia de ingredientes proteicos de origem vegetal utilizados na alimentação de suínos. Foi realizada uma revisão na literatura nacional, onde foram selecionadas 36 referências para compor o banco de dados, as quais avaliaram o conteúdo energético e a composição bromatológica de ingredientes concentrados proteicos de origem vegetal, utilizados em rações de suínos. Para estudar a associação entre as variáveis, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson. As equações de predição foram obtidas utilizando-se o método *Stepwise*, considerando-se um nível de significância de até 5% para o estabelecimento dos parâmetros. Para avaliar a acurácia das equações, foram utilizados como variáveis independentes os dados de composição química dos alimentos proteicos apresentados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (2011). Os valores de energia digestível (ED) preditos pela equação não diferiram ($P = 0,935$) dos valores observados nas Tabelas Brasileiras, evidenciando a acurácia desta equação. Por outro lado, os valores de energia metabolizável (EM) preditos superestimaram ($P = 0,0003$) os valores observados em 7,8%, desabonando a utilização dessa equação. Para prever a ED de ingredientes concentrados proteicos de origem vegetal utilizados na alimentação de suínos, em função de sua composição química, recomenda-se a equação: $ED = 4542,51 - 110,073 FB + 57,718 EE - 133,173 MM$ ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,83$) em que FB é o teor de fibra bruta (% na MN), EE é o teor de extrato etéreo (% na MN) e MM é o teor de matéria mineral (% na MN).

Palavras-chave: Modelagem. Nutrição animal. Suinocultura.

ABSTRACT: This study aimed to develop prediction equations of energy content of protein vegetable ingredients used in swine feeds. A review of the national literature was performed with 36 references selected to compose the database. The references evaluated the energy content and chemical composition of protein concentrates ingredients of vegetable origin used in swine diets. To study the association between variables, the Pearson correlation coefficients were calculated. The prediction equations were obtained using the stepwise method considering a significance level of 5% for the establishment of parameters. To evaluate the accuracy of the equations were used as independent variables the data of the chemical composition of protein foods presented in Brazilian tables for poultry and swine (2011). The DE values predicted by the equation did not differ ($P = 0.935$) of the values observed in the Brazilian tables, showing

* Trabalho premiado durante o XXV Encontro do SEMIC, realizado na UFMA, entre os dias 18 a 22 de novembro de 2013.

Artigo recebido em fevereiro de 2014

Aprovado abril de 2014

the accuracy of this equation. On the other hand, the predicted values of ME ($P = 0.0003$) overestimated values from 7.8% disproving the use of this equation. To predict the DE of protein ingredients of vegetable origin used in feed for swine pigs the equation is recommended: $DE = 4542.51 - 110.073 CF + 57.718 EE - 133.173 MM$ ($P < 0.0001$, $R^2 = 0.83$), where DE is the digestible energy (kcal / kg NM), CF is the crude fiber content (% NM), EE is ether extract content (% NM) and MM and the content of mineral matter (% NM).

KEYWORDS: Modeling. Animal nutrition. Swine.

RESUMEN: Este estudio tiene como objetivo desarrollar ecuaciones de predicción de la energía de los ingredientes proteicos vegetales empleados en la alimentación de cerdos. En una revisión de la literatura nacional fue desarrollada y seleccionada 36 referencias para componer la base de datos. Los estudios evaluaron el contenido energético y la composición química de los ingredientes proteicos vegetales utilizados en dietas de cerdos. Para estudiar la asociación entre las variables, se calcularon los coeficientes de correlación de Pearson. Las ecuaciones de predicción se obtuvieron utilizando el método Stepwise considerando un nivel de significación de 5% para el establecimiento de los parámetros. Para evaluar la precisión de las ecuaciones se utilizaron como variables independientes los datos sobre la composición química de los alimentos ricos en proteínas que se presentan en Tablas Brasileñas para Aves y Cerdos (2011). Los valores de ED predichos por la ecuación no diferenciaron ($P = 0,935$) de los valores observados en las tablas brasileñas, demostrando la exactitud de esta ecuación. Por otro lado, los valores predichos de EM ($P = 0,0003$) sobrestimaron los valores observados en 7,8%. Para predecir la ED de los ingredientes vegetales proteicos utilizados en la alimentación de cerdos, se recomienda la ecuación: $ED = 4542,51 - 110,073 FC + 57,718 EE - 133,173 MM$ ($P < 0.0001$, $R^2 = 0,83$), donde ED es la energía digestible (kcal / kg MN), FC es el contenido de fibra cruda (% MN), EE es el contenido de extracto etéreo (% MN) y MM y el contenido de material mineral (% de MN).

PALABRAS CLAVE: Modelado. Nutrición Animal. Porcicultura.

1 | Introdução

A suinocultura contribui significativamente para suprir a crescente demanda mundial por alimentos, por ser importante fonte de proteína animal, porém o custo com a produção é elevado, considerando os preços do milho e do farelo de soja, principais ingredientes utilizados nas rações, em torno de 65% dos custos totais de produção são referentes à alimentação nas granjas suinícolas (ALBUQUERQUE et al., 2011; PORTELA et al., 2012).

A energia é o principal componente nutricional da ração, sendo o fator limitante para um bom desempenho. Ela é fornecida pela oxidação dos nutrientes que compõem as dietas. Portanto, é imprescindível a determinação precisa do valor energético dos alimentos. De acordo com o NRC (1998), a composição química do alimento é o principal determinante do seu conteúdo energético, tendo efeito positivo as concentrações de extrato etéreo e efeito negativo as concentrações de minerais e fibra bruta (POZZA et al., 2008).

Para se formular rações eficientes, também é necessário conhecer o valor proteico dos ingredientes, o qual é medido em porcentagem de proteína bruta (PB). Nas rações, normalmente as fontes proteicas correspondem a 25% dos custos, porém este valor pode sofrer alteração em função de possível desbalanceamento ou deficiência de aminoácidos, com consequente alteração da produção (ALBINO; ROSTAGNO; FONSECA, 1992). A proteína forma o principal constituinte do organismo animal, sendo, pois, indispensável para o crescimento, reprodução e produção, além de contribuir como fonte de energia. Devido ao rápido crescimento, os suínos necessitam de quantidades consideráveis de proteína em suas rações, e, conseqüentemente, não havendo especial cuidado no fornecimento desse nutriente, o ganho de peso e a rentabilidade são prejudicados.

Para a maioria das fases de produção, uma formulação adequada de ração é obtida com a combinação dos alimentos energéticos, também fornecedores de proteína, e alimentos proteicos com alto teor de energia.

A determinação dos valores de energia digestível e metabolizável dos alimentos utilizados na formulação de dietas para suínos é, em geral, estimada pelo método direto, ou seja, por meio de ensaios biológicos com animais de diferentes idades e pesos, envolvendo coleta total de fezes ou a utilização de indicadores. Porém, em situações práticas, esse método muitas vezes se torna inviável, pois demanda tempo, infraestrutura, recursos financeiros e mão-de-obra altamente qualificada, o que dificulta esta determinação pela indústria suinícola (POZZA et al., 2008; ZONTA et al., 2004; ROSTAGNO, et al. 2007).

Consideradas uma forma indireta de determinação energética, as equações de predição constituem um método fácil e preciso para determinar os valores energéticos dos alimentos. Estabelecidas em função da composição química dos alimentos, têm sido importante ferramenta para aumentar a precisão no processo de formulação de rações, de tal forma que possam corrigir os valores energéticos, de acordo com as variações (origem dos alimentos, variedade, processamento, ataque de pragas e doenças) que influenciam na composição química dos ingredientes (NASCIMENTO et al., 2011). Devido à elevação nos custos da produção com o uso das técnicas diretas de determinação energética, a utilização de equações de predição para corrigir o valor energético dos alimentos torna-se o meio mais rápido e econômico (FERREIRA et al., 1997), uma vez que a análise químico-bromatológica dos alimentos é relativamente fácil e acessível para as indústrias de rações.

O procedimento estatístico utilizado para comparar informações de dados provenientes de diferentes condições com resultados de estudos distintos, mas relacionados, definido por Glass (1976) como metanálise, tem sido adotado constantemente nas áreas de ciências agrárias com o objetivo de obter equações de predição dos valores energéticos dos alimentos (SOUZA, 2009).

A metanálise consiste num conjunto de métodos que busca sintetizar as informações quantita-

tivas de estudos independentes, com o objetivo de explicar a variação dos efeitos obtidos nesses estudos. De acordo com Luis (2002), a metanálise consiste em extrair informações de dados preexistentes e, através da combinação dos resultados e aplicação de técnicas estatísticas, sintetiza-se suas conclusões ou até mesmo cria-se uma nova conclusão.

Diante do exposto, objetivou-se elaborar equações de predição da energia digestível e metabolizável de ingredientes proteicos de origem vegetal utilizados na alimentação de suínos.

2 | Metodologia

Foi realizada uma revisão na literatura nacional, na qual foram identificados trabalhos que determinaram a composição química e os valores de energia digestível (ED) e metabolizável (EM) de alimentos concentrados proteicos (PB > 20%; FB < 18%) de origem vegetal, tradicionais ou alternativos, utilizados na alimentação de suínos.

Os artigos foram pesquisados através dos portais: Scielo, Periódicos CAPES e IBICT, sendo extraídos das seguintes revistas: *Revista Brasileira de Zootecnia*, *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, *Revista Ciência e Agrotecnologia*, *Acta Scientiarum*, *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*, *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*.

Foram identificadas, no total, 70 referências bibliográficas, das quais 36, publicadas entre os anos de 1982 e 2012, foram selecionadas para constituir o banco de dados, tendo atendido os seguintes critérios de inclusão: 1) Estudos realizados no Brasil, que avaliaram a composição química e os coeficientes de digestibilidade e/ou metabolizabilidade da energia de ingredientes utilizados na alimentação de suínos; 2) Estudos que avaliaram ingredientes concentrados proteicos (PB > 20%; FB < 18%), tradicionais ou alternativos, de origem vegetal; 3) Ensaio de metabolismo que utilizaram o método de coleta total ou parcial com uso de indicadores nas determinações; 4) Estudos realizados com suínos em períodos compreendidos entre o desmame e o abate.

Das 36 referências selecionadas para compor o banco de dados, foram catalogadas 77 informações, das quais 48 apresentaram informações incompletas sobre a composição química e conteúdo energético e 29 completas, apresentando as seguintes variáveis de composição química e conteúdo energético: energia digestível (ED), energia metabolizável (EM), energia bruta (EB), matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra bruta (FB), extrato etéreo (EE), matéria mineral (MM), fósforo total (P) e cálcio (Ca). Dentre as 77 informações, 33 foram utilizadas para gerar a equação de predição da ED e 30 foram utilizadas para gerar a equação de predição da EM.

Os dados de composição química e valores energéticos (ED e EM), provenientes dos estudos selecionados, foram tabulados e posteriormente convertidos para a base de matéria natural (MN).

Para a análise descritiva dos dados, foram calculados os valores médios, máximos, mínimos e os coeficientes de variação (%) para cada componente químico e para os valores energéticos dos alimentos. Posteriormente, para estudar a associação entre as variáveis, foram calculados os coeficientes de correlação de Pearson, realizando-se o teste “t” para obter a significância da correlação.

Para a obtenção das equações de predição dos teores de ED e EM, utilizou-se o método de seleção *Stepwise*, em que, após cada etapa de incorporação de uma variável independente no modelo, existe a possibilidade da variável já selecionada ser descartada na etapa seguinte, de acordo com o modelo estatístico (CHARNET et al., 2008):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \dots + \beta_n X_n + e_i$$

Em que, Y_i é o valor observado de ED ou EM (kcal/kg de MN) dos alimentos proteicos referentes à i -ésima referência bibliográfica; X_1, X_2, \dots, X_n são as variáveis independentes correspondentes às concentrações (% na MN) dos componentes químicos dos alimentos proteicos (MS, PB,

EE, MM, FB, etc.); $\beta_0, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ são os parâmetros da equação de regressão múltipla e e_i é o erro aleatório ou resíduo associado às diferenças entre os valores observados e preditos.

O ajuste das equações foi realizado com o auxílio do software SAS 9.0 (*Statistical Analyses System*), por meio do procedimento "Proc Reg", considerando um nível de significância de até 5%.

Para avaliar a acurácia das equações de predição da ED e EM, foram utilizados como variáveis independentes os dados de composição química dos alimentos proteicos apresentados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição dos Alimentos e Exigências Nutricionais (ROSTAGNO; ALBINO; DONZELE et al., 2011). As estimativas da ED e EM, obtidas pelas equações, foram comparadas com os valores referência de ED e EM apresentados em Rostagno, Albino, Donzele (2011), por meio do teste t para amostras pareadas, conforme descrito por Sampaio (2010).

3 | Resultados e discussão

Com base na compilação dos dados publicados na literatura, os valores médios para cada componente químico dos alimentos foram de 90,23% de MS; 37,16% de PB; 6,72% de FB; 7,20% de EE; 4,94% de MM; 0,28% de Ca e de 0,60% P. Para os teores médios de ED, EM e EB, obteve-se 3507, 3121 e 4418 kcal/kg, respectivamente, com base na matéria natural (tabela 1). Com exceção da MS (CV = 2,94), houve alta variabilidade na composição química dos ingredientes especialmente no conteúdo de EE, que variou de 0,27 a 38,65% (CV = 130,03%). Isto se justifica pela eficiência do processo de extração do óleo de ingredientes oleaginosos, de modo que processos menos eficientes resultam em ingredientes com teores de EE superiores.

Tabela 1 - Número de observações, valores médios, máximos, mínimos e coeficientes de variação dos componentes químicos e valores de energia de ingredientes proteicos de origem vegetal utilizados em rações de suínos¹

Parâmetros	MS	PB	EE	MM	FB	Ca	P	EB	ED ²	EM ²
	(%)							(kcal/kg)		
Número de observações	76	77	61	48	57	60	60	58	70	47
Média	90,23	37,16	7,20	4,94	6,72	0,28	0,60	4418	3507	3121
Máximo	96,50	62,44	38,65	12,17	15,68	1,38	3,8	6420	5458	4350
Mínimo	85,5	19,54	0,27	1,95	0,54	0,05	0,15	3728	1983	1820
Coeficiente de variação (%)	2,94	24,91	130,03	33,96	51,46	80,76	77,08	14,76	20,24	19,28

MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FB = fibra bruta; Ca = cálcio; P = fósforo; EB = energia bruta; ED = energia digestível; EM = energia metabolizável.

¹Valores expressos com base na matéria natural.

²Valores determinados com suínos pelo método de coleta total ou parcial.

Fonte: Elaborado pelo autor

De acordo com Brum et al. (1999), fatores como a fertilidade do solo, clima, cultivo da planta, condições de armazenamento, amostragem, tipos de processamentos e princípios antinutricio-

nais promovem grande variabilidade na composição nutricional e na qualidade dos ingredientes utilizados nas rações.

A variabilidade na composição química de ingredientes proteicos utilizados nas rações para suínos compromete sua eficiência, pois exerce influência direta sobre o valor nutricional da ração. Portanto, a utilização de equações para estimar os valores energéticos em função da composição química constitui uma alternativa viável e prática para corrigir as variações na ED e EM dos ingredientes (ROSTAGNO et al., 2007). Contudo, é necessário que se tenha informações sobre como os componentes químicos se relacionam com os valores energéticos dos diferentes ingredientes, para que correções adequadas sejam propostas (SIQUEIRA et al., 2011).

A análise de correlação entre os valores energéticos e os componentes químicos dos alimentos (tabela 2) evidenciou que a ED foi negativamente associada à FB ($r = -0,59$) e ao P ($r = -0,57$), e positivamente associada ao EE ($r = 0,70$). Segundo Vieira (2008), a correlação (r) entre duas variáveis pode ser classificada como forte ($0,75 < r < 1,00$ ou $-1,00 < r < -0,75$), moderada ($0,50 < r < 0,75$ ou $-0,75 < r < -0,50$) ou fraca ($0,25 < r < 0,50$ ou $-0,50 < r < -0,25$). Neste contexto, a correlação entre ED e EE ($r = 0,70$) mostrou-se expressiva, podendo ser um indicativo que este componente químico é importante para predizer a ED dos ingredientes proteicos de origem vegetal para suínos.

Tabela 2 - Coeficiente de correlação de Pearson e valor de P entre valores energéticos e componentes químicos de ingredientes proteicos de origem vegetal utilizados em rações de suínos

	ED	EM	EB	MS	PB	FB	EE	MM	Ca	P
ED	1,00 -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
EM	0,95 <0,001	1,00 -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
EB	0,70 <0,001	0,54 0,001	1,00 -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
MS	0,25 0,038	0,09 0,572	0,75 <0,001	1,00 -----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
PB	0,10 0,397	0,17 0,244	0,03 0,829	0,14 0,232	1,00 -----	-----	-----	-----	-----	-----
FB	-0,59 <0,001	-0,63 <0,001	-0,26 0,081	-0,16 0,247	-0,27 0,041	1,00 -----	-----	-----	-----	-----
EE	0,70 <0,001	0,63 <0,001	0,92 <0,001	0,55 <0,001	-0,09 0,504	-0,18 0,188	1,00 -----	-----	-----	-----
MM	-0,18 0,238	-0,16 0,370	0,11 0,516	0,42 0,003	0,47 0,001	-0,19 0,222	-0,04 0,794	1,00 -----	-----	-----
Ca	-0,06 0,643	0,01 0,944	0,38 0,012	0,34 0,008	-0,05 0,692	-0,19 0,186	-0,01 0,933	0,79 <0,001	1,00 -----	-----
P	-0,57 <0,001	-0,62 0,002	0,02 0,916	0,23 0,078	-0,03 0,795	0,51 0,002	-0,03 0,830	0,25 0,097	0,19 0,154	1,00 -----

ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EB = energia bruta; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; FB = fibra bruta, EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; Ca = cálcio; P = fósforo.

Fonte: Elaborado pelo autor

Considerando a EM, observou-se associação negativa com a FB ($r = -0,63$) e P ($r = -0,62$) e correlação positiva com o teor de EE ($r = 0,60$), indicando que possivelmente estes componentes químicos sejam importantes para as correções no conteúdo de EM.

De acordo com Lira (2004), a análise de correlação é uma ferramenta importante para as diferentes áreas do conhecimento, não somente como resultado final, mas como uma das etapas para a utilização de outras técnicas de análise.

Para a obtenção das equações de predição dos teores de ED e EM, utilizou-se o método de seleção *Stepwise*, em que, após cada etapa de incorporação de uma variável independente no modelo, existe a possibilidade de a variável já selecionada ser descartada na etapa seguinte. Deste modo o método *Stepwise* forneceu a melhor combinação de parâmetros para estimar os valores de ED e EM dos ingredientes proteicos em função de seus componentes químicos (tabela 3).

Tabela 3 - Equações de predição da energia digestível (ED; kcal/kg) e da energia metabolizável (EM; kcal/kg) de ingredientes proteicos de origem vegetal utilizados em rações de suínos

	Parâmetros da regressão									$(R^2)^1$	P>F ²
	Intercepto	EB	MS	PB	EE	MM	FB	Ca	P		
ED	4542,51	ns	ns	ns	57,72**	-133,17**	-110,07**	ns	ns	0,83	<0,001
EM	3973,39	ns	ns	ns	39,54**	ns	-62,02**	ns	-1179,99**	0,79	<0,001

ED = energia digestível; EM = energia metabolizável; EB = energia bruta; MS = matéria seca; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; MM = matéria mineral; FB = fibra bruta; Ca = cálcio; P = fósforo.

¹Coefficiente de determinação = SQ_{Modelo}/SQ_{Total} .

²Significância do teste "F" para o modelo.

^{ns}Não significativo ($P > 0,05$).

^{**}Significativo ($P < 0,01$).

Fonte: Elaborado pelo autor

A equação de predição da ED (Tabela 3), obtida a partir de dez referências completas ($n = 33$), se ajustou adequadamente aos dados ($P < 0,001$), apresentando coeficiente de determinação (R^2) de 0,83. As variáveis independentes selecionadas para prever a ED a partir das referências completas foram EE, MM e FB. Considerando que, no ajuste desta equação, não foram utilizados os dados de FDN e FDA, a seleção do EE e da FB pelo método *Stepwise* foi coerente, tendo em vista que foram as correlações mais expressivas com a ED (0,70 e -0,59, respectivamente).

A equação de predição da EM (Tabela 3), obtida a partir de dez referências completas ($n = 30$), também se ajustou adequadamente aos dados ($P < 0,001$), apresentando R^2 de 0,79. As variáveis independentes selecionadas para prever a EM foram EE, FB e P, por explicarem a maior parte da variabilidade do conteúdo energético destes ingredientes.

A avaliação de modelos de predição pode ser realizada por meio de ensaios biológicos, por simulação ou por comparação de valores preditos com valores observados em situações reais, constituindo uma etapa determinante para verificar a aplicabilidade (acurácia) dos modelos. Além disso, o ideal é que a avaliação dos modelos envolva comparações com resultados obtidos em condições diferentes daquelas utilizadas para obter os parâmetros das equações (SAKOMURA; ROSTAGNO, 2007; SIQUEIRA et al., 2011).

As equações foram avaliadas considerando-se como referência os valores ED e EM de ali-

mentos proteicos apresentados nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos (ROSTAGNO; ALBINO; DONZELE et al., 2011), utilizando a composição química destes alimentos como variáveis independentes. Os valores preditos pelas diferentes equações foram comparados com os valores de ED ou EM observados (ROSTAGNO; ALBINO; DONZELE et al., 2011) por meio do teste “t” para dados pareados (SAMPAIO, 2010) (Tabelas 4 e 5).

Observou-se que os valores de ED preditos pelas equações não diferiram ($P = 0,935$) dos valores apresentados por (ROSTAGNO; ALBINO; DONZELE et al., 2011), evidenciando a acurácia desta equação. Apesar disso, para a ED foi possível observar grandes desvios para o côco farelo, levedura de cerveja e para o trigo gérmen, sugerindo que esta equação pode não ser adequada para estes alimentos.

Considerando a EM, observou-se que os valores de energia preditos pelas equações diferiram ($P = 0,0003$) dos valores apresentados por Rostagno, Albino e Donzele (2011), superestimando os valores de EM em 7,8% (Tabela 5), o que desabona a utilização dessa equação.

Com base nos resultados do presente estudo, recomenda-se a equação: $ED = 4542,51 - 110,073 FB + 57,718 EE - 133,173 MM$ ($P < 0,0001$; $R^2 = 0,83$), em que ED é a energia digestível (kcal/kg de MN), FB é o teor de fibra bruta (% na MN), EE é o teor de extrato etéreo (% na MN) e MM é o teor de matéria mineral (% na MN), para prever a ED de ingredientes proteicos de origem vegetal utilizados na alimentação de suínos, por ser uma equação acurada e de fácil utilização, uma vez que os valores por ela preditos não diferiram dos valores de referência.

4 | Considerações finais

Recomenda-se a equação: $ED = 4542,51 - 110,073 FB + 57,718 EE - 133,173 MM$, para prever a energia digestível (kcal/kg de MN) de ingredientes proteicos de origem vegetal utilizados na alimentação de suínos.

A equação $EM = 3973,397 + 39,544EE + 62,015FB + 1179,99P$ superestimou os valores referência de energia metabolizável em 7,8%, não sendo recomendada sua utilização.

Agradecimentos

Ao CNPq, pela concessão de bolsas de iniciação científica em pesquisa.

Tabela 4 - Valores de energia digestível (EDO) de ingredientes protéicos de origem vegetal apresentados por Rostagno et al. (2011) e valores preditos pelas equações estimadas (ED EST)

Alimento	Valor observado	Valor predito	Diferenças
	EDO	ED EST ¹	EDO-ED EST
(kcal/kg de MN)			
Algodão farelo (39%)	2507	2257	250
Amendoim farelo	3475	2967	508
Canola farelo	3019	2603	416
Côco farelo	3030	2347	683
Levedura de cerveja	3474	3991	-517
Milho farelo glúten (21%)	2700	3116	-416
Milho farelo glúten (60%)	4341	4339	2
Soja conc. Protéico	4017	3579	438
Soja farelo (45%)	3425	3280	145
Soja farelo (48%)	3540	3406	134
Soja integral extrusada	4161	4324	-163
Soja integral tostada	3930	4324	-394
Soja integral micronizada	4583	5038	-455
Soja semi-integral extrusada	3760	3619	141
Soja semi-integral tostada	3525	3619	-94
Trigo gérmen	3700	4246	-546
Média	3574,2	3566	8,2
s/\sqrt{n}	142,5	197,5	98,9
Intervalo de confiança (95%)	±303,8	±420,8	±210,7
Significância do teste t	-----	-----	0,9347

¹ED EST = 4542,51 + 57,718EE + 133,173MM + 110,073FB
 Fonte: Rostagno et al. (2011)

Tabela 5 - Valores de energia metabolizável (EMO) de ingredientes protéicos de origem vegetal apresentados por Rostagno et al. (2011) e valores preditos pelas equações estimadas (EM EST)

Alimento	Valor observado	Valor predito	Diferenças
	EMO	EM EST ¹	EMO-EM EST
	(kcal/kg de MN)		
Algodão farelo (39%)	2323	2642	-319
Amendoim farelo	3178	3297	-119
Canola farelo	2787	3008	-221
Côco farelo	2885	3000	-115
Levedura de cerveja	3240	3650	-410
Milho farelo glúten (21%)	2560	3505	-945
Milho farelo glúten (60%)	3929	3924	5
Soja conc. Protéico	3586	3572	14
Soja farelo (45%)	3154	3452	-298
Soja farelo (48%)	3253	3488	-235
Soja integral extrusada	3913	4100	-187
Soja integral tostada	3706	4100	-394
Soja integral micronizada	4330	4527	-197
Soja semi-integral extrusada	3530	3667	-137
Soja semi-integral tostada	3315	3667	-352
Trigo gérmen	3578	3828	-250
Média	3329,2	3589,1	-260,0
s/\sqrt{n}	131,9	117,1	55,4
Intervalo de confiança (95%)	±281,1	±249,5	±118,0
Significância do teste t	-----	-----	0,0003

¹EM EST (I)1 = 3973,397 + 39,544EE + 62,015FB + 1179,99P

Fonte: Elaborado pelo autor

Referências

- ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; FONSECA, J. B. Utilização de diferentes sistemas de avaliação energética dos alimentos na formulação de rações para frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.*, v. 21, p. 1037-1046, 1992.
- ALBUQUERQUE, D. M. N. et al. Resíduo desidratado de cervejaria para suínos em terminação. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.*, v. 63, n. 2, p. 465-472, 2011.
- ALLEN, M. *Interpersonal communication research: advances through matanalysis*. Mahwah: Lawrence Erlbaum, 2002. 480p.
- ANDRETTA, I. et al. Estudo metanalítico das interações produtivas e nutricionais das micotoxinas na alimentação de suínos e frangos de corte. 2011. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2011.
- BRUM, P. A. R. et al. Determinação de valores de composição química e da energia metabolizável de ingredientes para aves. *CT 236 Embrapa Suínos e Aves*, p. 1-3. Jul. 1999.
- CHARNET, R. et al. *Análise de modelos de regressão linear com aplicações*. 2.ed. Campinas: Unicamp, 2008. 355p.
- FERREIRA, E. R. A. et al. Avaliação da composição química e determinação de valores energéticos e equação de predição de alguns alimentos para suíno. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, v.26, n.3, p.514-523, 1997.
- GLASS, G.V. Primary, secondary, and meta-analysis of research *Educational. Research*, v.6, p. 3-8, 1976.
- LEANDRO, G. *Metanalysis in medical research: the handbook for the understanding and practice of meta-analysis*. Blackwell: [s.n.] 2005. 98p.
- LIRA, S. A. et al. *Análise de correlação: abordagem teórica e de construção dos coeficientes com aplicações*. 2004. Dissertação (Mestrado parcial em Ciências) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba –PN, 2004.
- LUIZ, A. J. B. *Metanalise: definição, aplicações e sinergia com dados espaciais*. Caderno de ciência e tecnologia, Brasília, DF, v. 19, n. 3, p. 407-428, 2002.
- NASCIMENTO, G. A. J. et al. Equações de predição para estimar os valores da EMAn de alimentos protéicos para aves utilizando a meta-análise. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v.40, n.10, p.2172-2177, 2011.
- POZZA, P. C. et al. Composição química, digestibilidade e predição dos valores energéticos da farinha de carne e ossos para suínos. *Acta Scientiarum Animal Science*, Maringá, v.30, n.1, p.33-40, 2008.
- PORTELA, L. B. et al. Níveis de lisina total para suínos em crescimento: otimização do desempenho e redução de custos. In: *REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA*, 49., 2012, Brasília. Anais... Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 2012.
- ROSTAGNO, H. S. et al. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 36, p. 295 - 304, 2007. (Suplemento especial).
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 3.ed. Viçosa, MG: Departamento de Zootecnia; Universidade Federal de Viçosa, 2011. 252p.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAMPAIO, I.B.M. *Estatística aplicada a experimentação animal*. 3.ed. Belo Horizonte: Fundação de Ensino e Pesquisa em Medicina Veterinária e Zootecnia, 2010. 263p.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. *SAS user's guide: statistics*. 5.ed. Cary: SAS Institute, 1985. 956p.
- SIQUEIRA, J. C. et al. Equações de predição da energia metabolizável da torta de babaçu para frangos de corte. *Rev. Bras. Saúde Prod. An.*, Salvador, v. 12, n. 4, p. 1016-1025, 2011.
- SOUZA, R. M. *Equações de predição dos valores energéticos de alimentos para aves*. 2009. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 2009.
- ZONTA, M. C. M. et al. Energia metabolizável de ingredientes protéicos determinada pelo método de coleta total e por equações de predição. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 28, n. 3, p. 1400-1407, 2004.